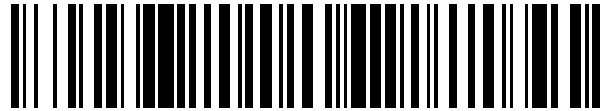


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 525 598**

21 Número de solicitud: 201330932

51 Int. Cl.:

**C05F 11/00** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

**20.06.2013**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**26.12.2014**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (50.0%)  
Ctra. Otri. Casa del Estudiante - C/ Real de  
Burgos, s/n  
47001 VALLADOLID ES y  
UNIVERSIDAD DE BURGOS (50.0%)**

72 Inventor/es:

**MIÑÓN MARTÍNEZ, Jorge;  
RAD MORADILLO, Juan Carlos y  
NAVAS GRACIA, Luis Manuel**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

54 Título: **PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DE ENMIENDA EDÁFICA DE ALGAS E INSTALACIÓN DISEÑADA PARA TAL FIN**

57 Resumen:

Proceso para la producción de enmienda edáfica de algas e instalación diseñada para tal fin.

La presente invención se refiere a un proceso de producción de enmienda edáfica de algas en un fotobiorreactor, que se caracteriza porque comprende al menos las siguientes etapas: introducir un inóculo de algas edáficas representativas de la población característica de un suelo; producir en agitación un medio de cultivo en el interior del fotobiorreactor a partir del inóculo de las algas, agua y nutrientes en forma soluble extraídos de residuos, en concentraciones de algas y nutrientes controladas; e inyectar gases procedentes de una combustión y/o de una fermentación aerobia y/o anaerobia, y controlar el grado de difusión de dicho gas al medio de cultivo. Otro objeto lo constituye la instalación diseñada para tal fin, que contiene una bolsa porosa a los gases e impermeable al líquido dentro del fotobiorreactor por la cual se controla la difusión de los gases al cultivo.

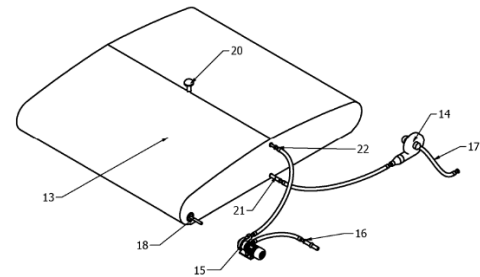


FIG. 2

**DESCRIPCIÓN**

**PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DE ENMIENDA EDÁFICA DE ALGAS E  
INSTALACIÓN DISEÑADA PARA TAL FIN**

5

**Campo técnico de la invención**

La invención se encuadra en el sector técnico de los procesos de obtención de sustancias bioestimulantes para el crecimiento de cultivos, más concretamente en sustancias compuestas por algas y nutrientes procedentes de residuos.

10

**Objeto de la invención**

La presente invención tal y como se expresa en el enunciado de esta memoria descriptiva, se refiere a una instalación y a un proceso para la producción de enmienda edáfica de algas.

15

El proceso de la invención se destaca porque produce algas edáficas autóctonas de los suelos para utilizarlas como enmienda de los mismos suelos. Estas algas son previamente aisladas e identificadas de un suelo concreto, y posteriormente producidas en condiciones controladas dentro de un fotobiorreactor. La producción de éstas se realiza con la adición de nutrientes provenientes de residuos e inyección de gases de efecto invernadero provenientes de combustiones y/o de fermentaciones aerobias y/o fermentaciones anaerobias. En el ámbito de la presente memoria, se entiende como residuo todo efluente formado por sólidos y/o líquidos resultantes de un proceso de transformación para la obtención de un producto.

20

25

Se trata pues de revalorizar los nutrientes potenciales provenientes de residuos en forma de enmienda edáfica, además de metabolizar algunos gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, óxidos de azufre u óxidos de nitrógeno, evitando así los efectos perniciosos de su emisión a la atmósfera.

30

Esta enmienda edáfica obtenida del proceso, denominada así a la aportación que se realiza en suelos para mejorar las características físicas, químicas y biológicas de los mismos normalmente con el fin de favorecer el desarrollo vegetal, constituye un producto nutritivo y bioestimulador para el crecimiento de los cultivos en el suelo donde se aplican. De esta

35

manera, se consigue aumentar la fertilidad de los suelos por medio del incremento de su actividad biológica, en concreto de las algas.

5 El proceso de producción y la instalación asociada al mismo permite ser integrada en cualquier fuente generadora de emisiones y/o de efluentes residuales, permitiendo ser una instalación fija o móvil según la estacionalidad de las emisiones/efluentes.

### **Antecedentes de la invención**

10 Por un lado, existe el problema del cambio climático en el sector primario, y en concreto en la agricultura. La agricultura es generadora de Gases de Efecto Invernadero (GEI), cuantificación que se desarrolla por el cálculo de la huella de carbono. En este sentido la actividad que genera una huella de carbono más amplia en la agricultura, por lo general, es la fertilización nitrogenada, ya que en su fabricación demanda grandes insumos energéticos.

15

En este sentido, el desarrollo de nuevas técnicas que contribuyan a establecer una agricultura sostenible está siendo un punto de interés por empresas y la administración. En los últimos 20 años se han desarrollado nuevas técnicas de agricultura de precisión y conservación para disminuir materias e insumos energéticos. Técnicas que constituyen  
20 medidas pasivas de mitigación de gases de efecto invernadero.

Por otro lado, la pérdida de la fertilidad de los suelos ha sido provocada por las acciones antropogénicas que han menoscabado su diversidad biológica, y que han repercutido negativamente en la productividad de los cultivos que se desarrollan en ellos. Repercusión  
25 que se ha contrarrestado con la incorporación de más insumos fertilizantes y fitosanitarios, estos últimos para el control de nuevas enfermedades y plagas que han surgido de la pérdida biológica del suelo. La incorporación de estos insumos se traduce en un incremento significativo de la huella de carbono en estos cultivos, y se han venido justificando por el fin de obtener alimentos para una población mundial creciente.

30

Esta biota edáfica produce compuestos importantes para la fertilidad de los suelos y la productividad de los cultivos. Dentro de esta biota edáfica conviene resaltar el papel de las cianobacterias que además de producir sustancias bioestimulantes como las demás algas, tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico. También el efecto de estas algas en el  
35 suelo tiene además propiedades biopesticidas, por su control de microorganismos del suelo como son los hongos fitopatógenos.

En el ámbito de sustancias o procesos que favorezcan la actividad biológica del suelo destacamos la patente US8246711 B2, que formula una mezcla de residuos ganaderos, previamente sometidos a un tratamiento para la transformación de estos a compuestos  
5 fácilmente disponibles por la biota del suelo. Es posible complementar esta fórmula con micro-elementos y con microorganismos diversos: hongos, bacterias y algas.

Por otro lado, la solicitud de patente CN101781149 contempla la formulación de un biofertilizante formado por bacterias fotosintéticas entre otros, como hongos y compuestos  
10 orgánicos solubles.

En cambio la solicitud de patente JP2007054027, define la formulación de un medio de cultivo para el crecimiento de algas por medio de cenizas volátiles de industrias.

15 En resumen, son estos documentos de patente referenciados, las fórmulas de compuestos fertilizantes que describen en los que se contempla el uso de residuos y de algunos microorganismos fotosintéticos. Es decir estos documentos desarrollan sustancias fertilizantes que tienen como objetivo mejorar favorecer el incremento de la biota en el suelo.

20 Con todo ello, nos encontramos con el reto de conseguir una enmienda favorecedora de biota edáfica para el incremento de la fertilidad de los suelos, que contribuya a mitigar gases de efecto invernadero, que en sí misma constituya una alternativa a la fertilización mineral y que la incorporación de esta enmienda atienda a la rentabilidad de las explotaciones agrícolas susceptibles de incorporarla.

25 Con lo anterior, el reto de conjugar el incremento de fertilidad de los suelos, con la mitigación de gases de efecto invernadero, pasa por potenciar las especies de algas presentes en los suelos. Organismos que tienen la aptitud de fijar carbono en biomasa, constituyendo con ello un sumidero de carbono en los suelos. Unido a esto, algunas algas  
30 como son las procariotas llamadas cianobacterias, tienen la aptitud de fijar nitrógeno atmosférico, disponiéndolo así para los cultivos. Pero en el reto de cómo potenciar a las algas edáficas de forma viable y rentable, la solución pasa por cultivar estas especies fuera del suelo, en condiciones controladas y optimizadas, para posteriormente reintroducirlas y lograr con ello una mayor concentración en los mismos. Pero este cultivo debe satisfacer  
35 una rentabilidad que haga viable el procedimiento en una instalación. Para el control y optimización del cultivo se deben proveer de los niveles de nutrientes adecuados: nitrógeno,

fosforo, potasio, etc. y de la concentración de gases adecuada: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) principalmente. Estos nutrientes están presentes en efluentes líquidos y/o gaseosos que son tipificados de residuos. Por ello la incorporación de estos para el cultivo de las algas se postula con una solución en pro de una mayor rentabilidad del proceso de obtención de la enmienda.

Como se ha indicado, un factor importante en el cultivo de las algas es controlar la correcta concentración de CO<sub>2</sub> en el medio de cultivo y además conjugar que el ratio CO<sub>2</sub> consumido entre el CO<sub>2</sub> inyectado sea máximo en pro de la rentabilidad del proceso y en que el cultivo de estas como enmienda edáfica sea elemento mitigador de gases de efecto invernadero.

En este sentido, son varios los investigadores que han tratado de resolver esta cuestión por medio de distintas tecnologías. Cabe reseñar el empleo de membranas desarrollado en las solicitudes de patente KR20120014387 y US 2011/0247262. Sus respectivos autores desarrollan una lámina donde se adhieren las microalgas de masas fluviales o marinas, consiguiendo así una difusión de gases adecuada para las algas adheridas.

En cambio, en la solicitud de patente internacional WO2009/152175 se describe una bolsa porosa al CO<sub>2</sub> donde se inyecta el gas para que éste difunda al medio de cultivo con el que está en contacto.

También la patente ES2347515 B2 describe un proceso y un sistema mediante el cual se introduce el gas en el interior de un marco conformado por una malla permeable al agua y al gas, para que la lámina de agua que cae sobre ella conforme un sello hidráulico del gas.

### **Descripción de la invención**

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos y superar los retos e inconvenientes mencionados en el apartado anterior, la invención propone una instalación y un proceso para la producción de enmienda edáfica de algas mediante dicha instalación.

En definitiva, las algas susceptibles de ser producidas artificialmente son previamente aisladas del suelo en un inóculo e identificadas (caracterizadas), para posteriormente ser cultivadas en un medio líquido dentro de un fotobiorreactor con la incorporación de nutrientes procedentes de residuos y gases procedentes de combustión y/o de fermentaciones aerobias y/o anaerobias, hasta alcanzar la concentración máxima de algas

en el medio líquido para posteriormente extraerlas del fotobiorreactor y distribuir las sobre los suelos de donde son autóctonas.

Así, el primer objeto de la invención consiste en un proceso de producción de enmienda edáfica de algas en un fotobiorreactor, que se caracteriza por que comprende al menos las siguientes etapas:

- introducir en el fotobiorreactor un inóculo de algas edáficas representativas de la población característica de un suelo, previamente identificadas y aisladas;
- producir en agitación un medio de cultivo en el interior del fotobiorreactor a partir del inóculo de las algas edáficas autóctonas del suelo, agua y nutrientes compuestos por la fase soluble de residuos extraídos de un proceso de separación líquido-sólido y/o un equipo de disolución líquido-sólido. Para ello, el medio de cultivo para la inoculación de la enmienda está constituido por una concentración de 0,0025 a 0,15 gr de materia seca de algas por litro de fotobiorreactor, una concentración de al menos 21,26 mg/L de nitrógeno y de al menos 2,96 mg/L de fósforo proveniente de la fase soluble de residuos. El volumen restante tras aplicar el inóculo de algas y la fase líquida de residuos se enrasa con agua; e
- inyectar gases procedentes de una combustión y/o de una fermentación aerobia y/o anaerobia, y controlar el grado de difusión de dicho gas al medio de cultivo por medio del control de la presión de los gases inyectados y la presión representativa de la columna del medio de cultivo sobre la parte inferior del fotobiorreactor, de tal forma que se activa la inyección cuando la presión de los gases inyectados es menor que la presión de la columna del medio de cultivo en la parte inferior del fotobiorreactor, hasta que se invierte la relación.

El inóculo de algas está formado por al menos una especie de alga contenido en el suelo del que se aísla e identifica, entendiendo como alga tanto las especies de eucariotas como procariotas (siendo las procariotas conocidas como cianobacterias).

El método puede partir de un inóculo de algas preparado, o por el contrario puede comprender una etapa previa de obtención de muestra del suelo, de identificación y aislamiento de las algas para preparar un inóculo.

La fuente de emisión de los gases de combustión puede ser una fuente fija o móvil.

Los nutrientes pueden ser preferiblemente, aunque esto no supone una limitación de la invención, la fase líquida de un digestato (en torno a un 0,4 g/Kg en nitrógeno), fase líquida de purines de ganado porcino (en torno a un 3 g/Kg en nitrógeno), o los lixiviados de escorias y cenizas de procesos de combustión (en torno a un 5 g/Kg de nitrógeno y entorno a un 2 g/Kg de fósforo), todos en forma disponible para el cultivo de las algas.

De forma paralela al llenado del fotobiorreactor con los elementos que constituyen el medio de cultivo, se activa la inyección de gases al interior del fotobiorreactor. Una vez llenado, el proceso dura hasta que la concentración de algas en el medio de cultivo no experimente incremento en dos días consecutivos. Por ejemplo, el proceso no dura más de 10 días en condiciones de 12 horas de iluminación a una radiación de 30 MJ/m<sup>2</sup>, para un policultivo de algas edáficas autóctonas muestreadas en 42° 30' 43" N, 3° 47' 42" W. Para el control de la evolución de la concentración en el medio de cultivo, se recurren a técnicas de análisis de turbidez. Como se ha dicho, la presión del gas en el interior del fotobiorreactor para conseguir un crecimiento del cultivo óptimo se realiza comparando la presión de inyección y la presión de la columna del medio de cultivo en la parte inferior del fotobiorreactor. Dicha presión se suele medir normalmente mediante sensores de presión, de tal forma que se puede disponer de un sensor de presión a la entrada de gases y otra en la banda inferior perimetral del fotobiorreactor, representativa de la columna de presión del medio de cultivo en el fondo. En el caso más preferido de todos, cuando la presión del gas de la entrada es 1,5 veces menor que la presión de la columna de medio de cultivo, se enciende el equipo de inyección de gases hasta que la presión de gas es al menos 1,5 veces mayor que la presión de la columna del medio de cultivo. De esta forma se consigue una difusión de gas óptima (especialmente del gas de cultivo clave: el CO<sub>2</sub>) para el crecimiento del medio de cultivo.

La agitación del medio de cultivo en el interior del fotobiorreactor se produce por la propia difusión del gas en el mismo. Cuando dicha difusión no provoque una agitación en un rango de 0,10 a 0,25 m/s, que se considera adecuada para un óptimo del cultivo, en una realización preferida se agita el medio de cultivo complementariamente mediante unos medios de agitación. En otra realización también preferida, esta agitación es lograda haciendo recircular el medio de cultivo en el fotobiorreactor, de tal forma que se extrae una parte del medio de cultivo que se produce en el interior y se vuelve a introducir.

En una realización particular de la invención, los gases procedentes de una combustión y/o de una fermentación aerobia y/o anaerobia se inyectan a una bolsa impermeable a los líquidos y porosa a los gases que está contenida en el interior del fotobiorreactor. En este

caso, una de las presiones de los gases se mide en el interior de la mencionada bolsa, donde se alojaría uno de los sensores de presión. En este caso, el control del grado de difusión del gas al medio de cultivo se realiza de la siguiente forma: cuando la presión de gas en la bolsa es 1,5 veces menor que la presión de la columna de medio de cultivo, se enciende el equipo de inyección de gases hasta que la presión es al menos 1,5 veces mayor que la presión de la columna del medio de cultivo. De esta forma se consigue una difusión de gas óptima para el crecimiento del medio de cultivo entra la bolsa y el medio de cultivo.

Una vez producido el cultivo de algas en el interior del fotobiorreactor, dicho cultivo puede emplearse como enmienda edáfica al ser susceptible de introducirse en el suelo de origen, o en un suelo de características físico-químicas similares, de tal forma que se incremente su actividad biológica y mejore en él el crecimiento de la vegetación. Dicho cultivo o enmienda edáfica de algas y obtenibles a partir del proceso descrito en una cualquiera de las variantes anteriores presenta una concentración de al menos 3,80 gr de materia seca de algas por litro.

Por tanto, el método de la presente invención puede presentar una etapa adicional mediante la cual se extrae el cultivo de algas del fotobiorreactor, que puede denominarse en este caso de aplicación concreta de la presente memoria "enmienda edáfica", y se introduce en el suelo para mejorar su actividad biológica. O lo que es lo mismo: la presente invención engloba asimismo un método para incrementar la actividad biológica de un suelo, que comprende introducir en el mismo la enmienda edáfica de algas obtenida a partir del proceso descrito anteriormente, en cualquiera de sus variantes. Dicha introducción puede realizarse mediante técnicas convencionales conocidas en el campo, aunque preferentemente se realiza por pulverización o aspersion, ya que el cultivo de algas obtenido es líquido. Para ello, pueden emplearse equipos de pulverización o aspersion que sean fijos o móviles respecto del suelo: instalaciones de riego o tractores pulverizadores.

Un segundo objeto de la presente invención lo constituye una instalación de producción de un cultivo de algas diseñada especialmente para llevar a cabo el proceso antes descrito de forma óptima, que se caracteriza por que comprende:

- un fotobiorreactor de membrana flexible con al menos un frontal transparente para permitir el paso de la luz, y con al menos una entrada de líquidos, una entrada de gases, una salida de líquidos y una válvula purgadora de gases en su parte superior, cuyo interior está diseñado para alojar el medio de cultivo líquido constituido por el



inóculo de algas edáficas autóctonas extraído de un suelo, el agua y los nutrientes procedentes de residuos;

- un primer equipo de inyección, de líquidos, para el inóculo, el agua y los nutrientes procedentes de residuos, conectable a la entrada de líquidos del fotobiorreactor y a un equipo de separación líquido-sólido y/o a un equipo de disolución líquido-sólido en los que se obtiene una fase líquida a partir de los residuos que contiene los nutrientes a inyectar en forma soluble;
- un segundo equipo de inyección, de gases de combustión y/o de fermentación anaerobia y/o aerobia, conectable a la entrada de gases del fotobiorreactor y a la vez a una bolsa de membrana impermeable al líquido y porosa a los gases ubicada en la parte inferior del interior de dicho fotobiorreactor, adosada a la membrana flexible del fotobiorreactor; y
- un sensor de presión alojado en el interior de la bolsa impermeable y porosa y un segundo sensor de presión en la banda inferior del fotobiorreactor adosado a la membrana flexible del fotobiorreactor, representativa de la columna de presión del medio de cultivo en el fondo.

El dispositivo se caracteriza por que el fotobiorreactor está formado por una membrana flexible con al menos un frontal transparente ("cisterna"), preferentemente de material plástico con una primera entrada para el inóculo, el agua y los nutrientes, una válvula purgadora del aire formado por los gases que se producen en el interior del fotobiorreactor, que se encuentra ubicada en la parte superior de la membrana, y otra entrada para los gases que se inyectan. De este modo, el primer equipo de inyección de la instalación se conecta a la primera entrada del fotobiorreactor, mientras que el segundo equipo de inyección de la instalación se conecta a la segunda entrada del fotobiorreactor, que a su vez es una entrada de la bolsa porosa e impermeable que está ubicada en la parte inferior de su interior.

Como ya se ha descrito, una característica clave de la instalación objeto de la invención es que el fotobiorreactor tiene alojada en su interior una bolsa porosa a los gases e impermeable al líquido, que se encuentra ubicada en la parte inferior del interior de la membrana flexible transparente. En esta bolsa de membrana se inyectan los gases, que van difundiendo al medio de cultivo con el que se encuentra en contacto. Estos gases acceden a la bolsa por medio de la segunda entrada del fotobiorreactor, mediante el segundo equipo de inyección del sistema, que es una conducción procedente de la fuente emisora de dichos

gases tal cual se ha definido (fija o móvil, de combustión y/o de fermentación anaerobia y/o aerobia) y una bomba de impulsión.

5 Se dispone de un sensor de presión en la bolsa porosa a los gases e impermeable a los líquidos y otro adosado en la banda perimetral inferior de la membrana flexible del fotobiorreactor, representativa de la columna de presión del medio de cultivo, para poder comparar la presión de los gases en los dos espacios en los que la bolsa separa el interior del fotobiorreactor. Cuando la presión del gas de la bolsa es 1,5 veces menor que la presión de la columna de medio de cultivo, se enciende el equipo de inyección de gases hasta que 10 la presión de gas es al menos 1,5 veces mayor que la presión de la columna de agua. De esta forma se consigue una difusión de gas óptima en el medio de cultivo. Las señales de ambos sensores son centralizadas de forma inalámbrica y/o alámbrica en un controlador encargado de gobernar de forma automática el funcionamiento del equipo de inyección de gases.

15

De manera preferida, los equipos de inyección de líquidos y de gases comprenden además una bomba de impulsión de los componentes que se introducen en el fotobiorreactor.

20 El fotobiorreactor comprende además una salida de líquidos, por la que se extrae la enmienda edáfica cultivada. En una realización preferida, esta salida de líquidos está conectada al equipo de inyección de líquidos al interior del fotobiorreactor, a fin de desarrollar una agitación adecuada en el medio de cultivo. En una realización preferida también, la salida de líquidos está conectada a un conector de aspiración del equipo de inyección de líquidos, cuya función es evacuar del fotobiorreactor la enmienda edáfica al 25 equipo o dispositivo para su aplicación en suelo.

Esta instalación está especialmente diseñada para producir biomasa de algas de acuerdo con el proceso anteriormente descrito. De esta forma, se obtiene biomasa de algas y/o cianobacterias con múltiples aplicaciones, aunque el objeto principal de la presente 30 invención es el uso de dicho cultivo de algas y/o cianobacterias como enmienda edáfica mediante su reintroducción al suelo del que fue extraído, como se ha explicado anteriormente.

La instalación comprende normalmente aunque no limitativamente un módulo de control del 35 proceso de producción de las algas y de alimentación eléctrica del sistema.

La presente instalación y el método de producción de cultivo de algas que se puede emplear como enmienda edáfica presentan diferencias significativas con respecto a otras invenciones del campo técnico. Concretamente, las diferencias más relevantes del proceso de producción de la enmienda edáfica frente a las demás invenciones antes referenciadas se enumeran a continuación:

- 5 - la presente instalación para producir enmienda edáfica autóctona y poder así incrementar la actividad biológica del suelo parte del aislamiento e identificación de las especies de algas autóctonas del suelo, para posteriormente en condiciones controladas y optimizadas producir éstas en alta concentración previo a su  
10 reincorporación al propio suelo, al contrario que la patente US 8,246,711 que formula una sustancia genérica para favorecer la actividad biológica en el suelo, cualquier suelo, en la que no se tiene en cuenta las propiedades específicas del suelo a tratar y por tanto tampoco las del inóculo a partir del cual se produce la enmienda. Con la presente invención se actúa directamente sobre un suelo concreto incrementando la  
15 población de las algas que contribuyen de manera natural a su actividad biológica. En definitiva, la presente invención no incorpora al suelo microorganismos no autóctonos, como formulan la patente US 8,246,711 y la solicitud de patente CN101781149.
- La presente invención incrementa sólo la población de las algas bacterias del suelo susceptible de enmendar, al contrario de la solicitud de patente CN101781149 y de la  
20 patente US 8,246,711 que tienen como objeto todo tipo de organismos presentes en un suelo: bacterias, hongos y algas, por lo general, favoreciendo sólo a los organismos fotosintéticos que incrementan el sumidero de carbono del suelo.
- A diferencia de la solicitud de patente JP2007054027, la presente invención que nos ocupa no sólo contempla obtener un medio de cultivo a partir de residuos de la  
25 combustión sino de cualquier tipo de residuo, que tras ser sometido al proceso de disolución sólido-líquido o separación sólido-líquido se obtiene una fase líquida con nutrientes en forma asimilable para las algas.
- Al contrario de los documentos de patente mencionados, el presente desarrollo propone extraer las algas edáficas autóctonas y producirlas en condiciones  
30 controladas por medio de nutrientes residuales y emisiones de gases de efecto invernadero, transformándolos así en biomasa biológica autóctona de los propios suelos.

En cuanto a la instalación, en concreto el elemento clave que es la bolsa impermeable a los  
35 líquidos y porosa a los gases para lograr optimizar la concentración de CO<sub>2</sub> en el medio de cultivo:

- Frente a las solicitudes de patente KR20120014387 y US2011/0247262, la presente invención no tiene como objeto que las algas se adhieran a la membrana que constituye el fotobiorreactor, sino cultivarlas en su interior con dosificación de nutrientes y gases, ambos procedentes de fuentes residuales.
- 5 - También en cuanto a la solicitud de patente internacional WO2009152175, la presente invención se diferencia en que no precisa que el fotobiorreactor esté sumergido en ningún líquido. En la presente invención la difusión de gases de efecto invernadero al medio de cultivo se realiza a través de la bolsa porosa impermeable al agua contenida dentro de la membrana flexible transparente que constituye el fotobiorreactor, y la salida de los gases que se producen en el interior del fotobiorreactor se realiza por medio de una válvula purgadora de gases. Esto es diferente al sistema de la solicitud de patente internacional WO2009152175, en el que la entrada y la salida de los gases, en concreto del CO<sub>2</sub> y del O<sub>2</sub>, se realiza por medio de la permeabilidad selectiva de los materiales que se emplean en los tubos porosos.
- 10
- 15 - En cuanto a la patente ES2347515 B2, el cierre de los gases confinados en el interior del marco se realiza por el sello hidráulico que conforma la lámina de agua que cae continuamente sobre dicho marco, al contrario de la presente invención que consigue una difusión y también un almacenamiento de los gases en la bolsa impermeable a los líquidos y porosa a los gases por medio del control de la presión del gas confinado en el interior de dicha bolsa y la presión del medio de cultivo en la lámina inferior.
- 20

De esta forma, con la presente invención se obtiene una enmienda edáfica óptima con la que se contribuye total o parcialmente a las necesidades, principalmente de nitrógeno de los cultivos del suelo del cual se extrajo la muestra de algas, evitando así el uso de fertilizantes minerales nitrogenados y consiguiendo así reducir la huella de carbono de la agricultura. Por otro lado, la generación de sustancias bioestimulantes que contribuyen a la productividad de los cultivos, que es lo que se ha denominado enmienda edáfica, repercute en la mayor producción de biomasa en el suelo sobre el que se aplica, y con ello en una mayor fijación de carbono. También la acción biopesticida supone una alternativa sostenible a los tratamientos de fungicidas. Además, por medio de esta invención la gestión de los residuos y la captura en biomasa de las emisiones de gases de efecto invernadero producidos en acciones antropogénicas contribuye en el ámbito medioambiental a la mitigación activa de la huella de carbono en el sector primario y en general en los sectores emisiones de gases de efecto invernadero.

35

#### **Breve descripción de las Figuras**

A continuación, para facilitar una mejor comprensión de esta memoria descriptiva y formando parte integrante de la misma, se acompañan unas figuras en las que con carácter ilustrativo y no limitativo se representa el objeto de la invención (sistema y proceso de producción de enmienda edáfica).

**Figura 1.** Muestra el diagrama integral del proceso y la instalación de producción de la enmienda edáfica.

- 1.- Suelo
- 10 2.- Identificación, aislamiento de las algas de un suelo
- 3.- Producir un volumen de inóculo de especies de algas representativas de un suelo previamente identificadas y aisladas
- 4.- Inyección al fotobiorreactor del inóculo de algas
- 5.- Cultivo de enmienda edáfica de algas en fotobiorreactor
- 15 6.- Agua
- 7.- Dilución del medio de cultivo
- 8.- Fase líquida de residuos como nutrientes para el cultivo de algas
- 9.- Adición de fase líquida de residuos en el fotobiorreactor para el cultivo de la enmienda edáfica de algas
- 20 10.- Fuente de gases de combustión, y/o fermentación aerobia, y/o anaerobia.
- 11.- Inyección de gases para el cultivo de enmienda edáfica de algas
- 12.- Extracción del fotobiorreactor de la enmienda edáfica producida y aplicación al suelo (1)

**Figura 2.** Muestra la vista en perspectiva de los elementos que componen el sistema de producción de la enmienda edáfica

Además de los elementos antes descritos, la Figura 2 representa también:

- 13.- Membrana flexible transparente, de material plástico, que constituye el fotobiorreactor,
- 14.- Bomba del equipo de impulsión de gases
- 15.- Bomba del equipo de inyección del líquido
- 30 16.- Toma de líquidos: inóculo, fase líquida de residuos y agua
- 17.- Toma de gases desde la fuente emisora
- 18.- Salida de líquidos por la que se extrae el cultivo de algas producido en el fotobiorreactor
- 20.- Válvula purgadora de gases
- 21.- Primera entrada del fotobiorreactor, de gases, conectada al segundo equipo de
- 35 inyección (14)

22.- Segunda entrada del fotobiorreactor, de líquidos, por la que se introducen el inóculo, los nutrientes y el agua, conectada al primer equipo de inyección (13)

**Figura 3.** Muestra la vista superior del sistema de producción de la enmienda edáfica

5 Además de los elementos antes descritos, la Figura 3 representa también:

23.- Sensor de presión del medio de cultivo

**Figura 4.** Muestra la vista seccionada según el corte A-A del sistema de producción de la enmienda edáfica

10 Además, de los elementos antes comentados, la Figura 4 muestra también el siguiente elemento:

19.- Bolsa impermeable al líquido y porosa a los gases alojada en el interior del fotobiorreactor (13)

15 24.- Sensor de presión de gas en el interior de la bolsa impermeable a los líquidos y porosa a los gases

**Figura 5.** Muestra la vista en perspectiva del sistema de producción de la enmienda edáfica, en una realización alternativa, con el detalle de la conexión del equipo de bombeo de líquidos durante el cultivo de la enmienda edáfica, en que la salida de líquidos (18) está  
20 conectada al equipo de inyección de líquidos (15)

### **Descripción de un ejemplo de realización de la invención**

25 Considerando las realizaciones mostradas en las figuras y la numeración adoptada en las mismas, la instalación y el proceso para la producción de enmienda edáfica de algas que se describe a continuación representa una puesta en práctica preferida de la invención.

30 La presente invención se refiere a una enmienda para suelos constituida por algas edáficas autóctonas extraídas de un suelo concreto y cultivadas de forma controlada, a su procedimiento de obtención y a la instalación para llevar a cabo dicho procedimiento.

El presente procedimiento de producción de enmienda edáfica de algas consta de varias etapas (Figura 1), en la que se ven implicados diferentes elementos de un sistema diseñado para tal fin:

35

- Extraer de un suelo (1) una muestra que contenga algas representativas de su composición;
- Aislar e identificar (2) las algas edáficas del suelo. Para el suelo al que se desea producir la enmienda, y del que se ha extraído la muestra representativa, se identifican y aíslan las 5 algas que constituyen la población biológica de ese suelo.
- Producir un inóculo de las algas (3), e introducir (4) dicho inóculo en el fotobiorreactor para su cultivo como enmienda edáfica de algas (5) El volumen de inóculo generado de las algas aisladas e identificadas (3) es introducido en el fotobiorreactor para el cultivo de la enmienda edáfica de algas (5) constituyendo una concentración de 0,0025 a 0,15 gr de materia seca 10 de algas en el volumen de fotobiorreactor. Previamente tras haber obtenido a través de técnicas de separación sólido-líquido y/o disolución sólido-líquido la fase líquida de los residuos (8), se introduce (9) a razón de conseguir una concentración en nitrógeno de al menos 21,26 mg/L y de al menos 2,96 mg/L de fósforo proveniente de la fase soluble de residuos. Posteriormente, con agua (6) se enrasa (7) hasta completar el volumen del 15 fotobiorreactor.
- De forma paralela al llenado del fotobiorreactor con los elementos que constituyen el cultivo, se activa el llenado de la bolsa impermeable a los líquidos y porosa a los gases (19). Una vez que se han introducido los componentes en el fotobiorreactor, se desencadena el proceso de cultivo que durará hasta que la concentración de algas no experimente 20 incremento en dos días consecutivos, parámetro monitorizado por medio de la medida de la turbidez.
- En el proceso de cultivo se inyectan los gases de combustión y/o fermentación anaerobia y/o fermentación aerobia (10) al fotobiorreactor de cultivo de la enmienda (11), a través de una conducción (17) que evacúa a la bolsa impermeable al agua y porosa a los gases (19). 25 Esta inyección se realiza por medio de control de dos sensores de presión. Uno se localiza en el interior de la bolsa impermeable al agua y porosa al gas (24) y otro sensor se encuentra en la banda perimetral inferior interior del fotobiorreactor, adosado a la membrana (23), representativa de la columna de presión del medio de cultivo (Figura 2). Cuando la presión del gas de la bolsa sea 1,5 veces menor que la presión de la columna de medio de 30 cultivo, se encenderá el equipo de inyección de gases (14) hasta que la presión de gas sea al menos 1,5 veces mayor que la presión de la columna de agua.

En el caso que la difusión del gas de la bolsa en el medio de cultivo no cause una agitación de 0,10 a 0,25 m/s, se dispondrá de la agitación complementaria con el equipo de inyección 35 de líquidos (15) conectado la entrada de este equipo a la salida de líquidos del

fotobiorreactor (18) y la salida del equipo en cuestión a la entrada de líquidos del fotobiorreactor (22) (Figura 5).

5 En uno de los desarrollos del fotobiorreactor se identifica una membrana flexible transparente (13) que contiene en su interior el medio de cultivo formado por: agua, nutrientes, algas y gases. En el interior del fotobiorreactor se localiza en la parte inferior una bolsa porosa e impermeable al agua (19) a la que se inyectan los gases por la entrada de los gases (21) (figura 3 y figura 4). Los gases en el interior de esta bolsa son introducidos por medio de una bomba de impulsión (14).

10

Para introducir los líquidos en el interior del fotobiorreactor, se dispone de una entrada de líquidos (22) que comunica con el interior contenido por la membrana flexible transparente (18). Estos son introducidos por medio de una bomba de líquidos (15).

15 También se dispone de una salida de líquidos (18) para evacuar el contenido del medio de cultivo al equipo de distribución, una vez se decida que la enmienda edáfica cultivada está en condiciones de ser extraída y utilizada.

20 En la parte superior de la membrana flexible se localiza una válvula purgadora de gases (20), a fin de evacuar los gases que se producen dentro del fotobiorreactor derivados de la propia actividad fotosintética o respiratoria de las algas, de esta forma se controla la presión por encima de la cual deben evacuarse los gases del fotobiorreactor. Logrando así controlar la difusión de los gases inyectados en el medio de cultivo.

25 Cuando se haya alcanzado la concentración máxima de algas en el interior del fotobiorreactor, este líquido será extraído e introducido a un equipo para la distribución (12) en el suelo (1). Es decir, una vez extraída la enmienda edáfica, el producto obtenido (que consta de un cultivo de algas) está listo para distribuirse al suelo de origen.



**REIVINDICACIONES**

1. Un proceso de producción de enmienda edáfica de algas en un fotobiorreactor, que se caracteriza por que comprende al menos las siguientes etapas:
- 5       - introducir en el fotobiorreactor un inóculo de algas edáficas representativas de la población característica de un suelo, previamente identificadas y aisladas;
- producir en agitación un medio de cultivo en el interior del fotobiorreactor a partir del inóculo de las algas edáficas autóctonas del suelo, agua y nutrientes en forma soluble extraídos de residuos mediante un proceso de separación líquido-sólido y/o un equipo
- 10       de disolución líquido-sólido, el medio de cultivo estando constituido por una concentración de entre 0,0025 y 0,15 gr de materia seca de algas por litro de fotobiorreactor, al menos 21,26 mg/L de nitrógeno y al menos 2,96 mg/L de fósforo, siendo el volumen restante de agua; e
- inyectar gases procedentes de una combustión y/o de una fermentación aerobia y/o
- 15       anaerobia, y controlar el grado de difusión de dicho gas al medio de cultivo cultivo por medio del control de la presión de los gases inyectados y la presión representativa de la columna del medio de cultivo sobre la parte inferior del fotobiorreactor, de tal forma que se activa la inyección cuando la presión de los gases inyectados es menor que la presión de la columna del medio de cultivo en la parte inferior del fotobiorreactor, hasta
- 20       que se invierte la relación.
2. El proceso según la reivindicación anterior, donde el inóculo está formado por al menos una especie eucariota y/o procariota de alga, contenido en el suelo del que se aísla e identifica.
- 25
3. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, que comprende además una etapa previa de obtención de la muestra del suelo, identificación y aislamiento de las algas para preparar el inóculo.
- 30
4. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el control del grado de difusión del gas al medio de cultivo se realiza por medio de sensores de presión alojados en el interior del fotobiorreactor, estando un primer sensor de presión ubicado a la entrada de los gases al fotobiorreactor y un segundo sensor en la parte interior inferior del fotobiorreactor, adosado a la membrana flexible del mismo, de tal forma que se activa la
- 35       inyección del gas al interior del fotobiorreactor cuando la presión medida por el sensor ubicado a la entrada del mismo es 1,5 veces menor que la presión medida por el sensor

ubicado en el fondo, y hasta que la presión de inyección del gas es al menos 1,5 veces mayor que la presión de la columna del medio de cultivo.

5. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la agitación del medio de cultivo se realiza mediante unos medios de agitación cuando la agitación que tiene lugar por la propia inyección de los gases no está comprendida entre 0,10 a 0,25 m/s.

6. El proceso según la reivindicación anterior, caracterizado por que comprende una última etapa que consiste en extraer el cultivo del fotobiorreactor y reintroducirlo como enmienda edáfica en el suelo de origen o en un suelo de características físico-químicas equivalentes.

7. Un método para mejorar la actividad biológica de un suelo, caracterizado por que comprende adicionar al mismo la enmienda edáfica de algas obtenible a partir del proceso descrito en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, dicha enmienda presentando una concentración de al menos 3,80 gr de materia seca de algas por litro.

8. Método según la reivindicación anterior, donde la enmienda edáfica se adiciona al suelo mediante pulverización o aspersion, por medio de equipos móviles o fijos respecto del suelo.

9. Una instalación de producción de enmienda edáfica de algas de acuerdo con el proceso descrito en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que comprende:

- un fotobiorreactor de membrana flexible con al menos un frontal transparente para el paso de la luz, y con al menos una entrada de líquidos, una entrada de gases, una salida de líquidos y una válvula purgadora de gases en su parte superior; cuyo interior está diseñado para alojar el medio de cultivo líquido constituido por el inóculo de algas autóctonas extraído de un suelo, el agua y los nutrientes procedentes de la fase soluble de los residuos extraída mediante técnicas de separación solido-liquido o disolución solido-liquido;

- un primer equipo de inyección, de líquidos, para el inóculo, el agua y los nutrientes procedentes de residuos, conectable a la entrada de líquidos del fotobiorreactor y a un equipo de separación líquido-sólido y/o a un equipo de disolución líquido-sólido en los que se obtiene una fase líquida a partir de los residuos que contiene los nutrientes a inyectar en forma soluble;

- un segundo equipo de inyección, de gases de combustión y/o de fermentación anaerobia y/o aerobia, conectable a la entrada de gases del fotobiorreactor y a la vez a

una bolsa de membrana impermeable al líquido y porosa a los gases ubicada en la parte inferior del interior de dicho fotobiorreactor; y

- un primer sensor de presión alojado en el interior de la bolsa impermeable y porosa y un segundo sensor de presión localizado en banda perimetral inferior del fotobiorreactor, adosada a la membrana flexible del fotobiorreactor.

5

10. La instalación según la reivindicación anterior, donde la membrana flexible es de material plástico.

- 10 11. La instalación según una cualquiera de las reivindicaciones 9 ó 10, donde la fuente de combustión y/o de fermentación anaerobia y/o aerobia es fija o móvil.

- 12. La instalación según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, donde los equipos de inyección comprenden una bomba de impulsión de los líquidos y de los gases al interior del fotobiorreactor y de la bolsa contenida en el interior del fotobiorreactor, respectivamente.

15

13. La instalación según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, donde el fotobiorreactor comprende una salida de líquidos, por la que se extrae el cultivo.

- 20 14. La instalación según la reivindicación 13, donde la salida de líquidos del fotobiorreactor está conectada al equipo de inyección de líquidos al interior del fotobiorreactor para producir agitación en el interior del mismo cuando la agitación en el interior es inferior al rango de 0,10 a 0,25m/s.

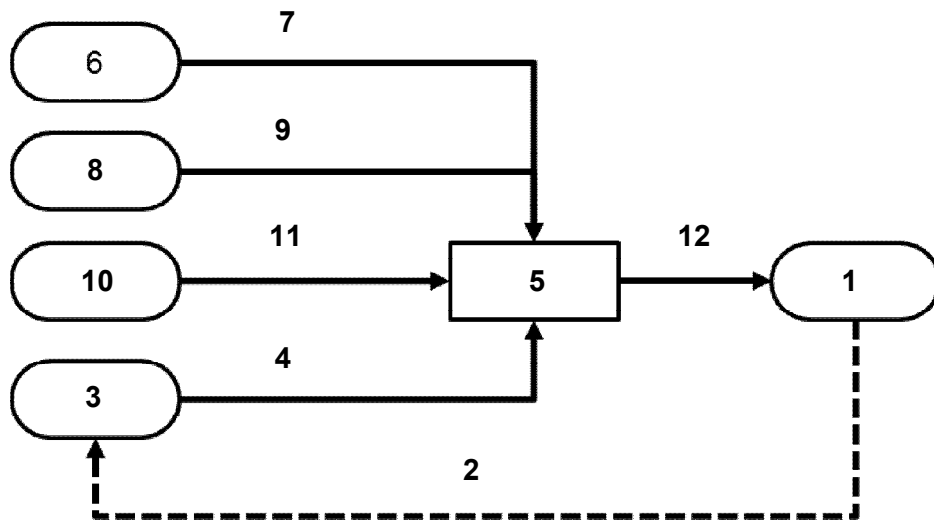


FIG. 1

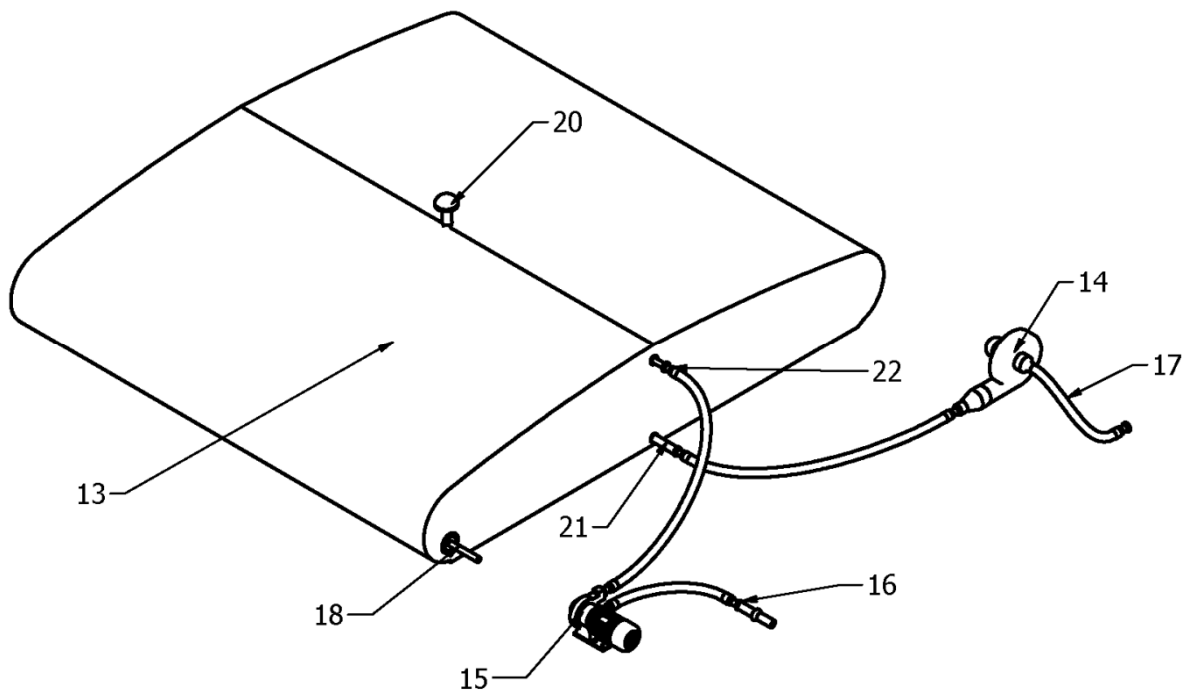


FIG. 2

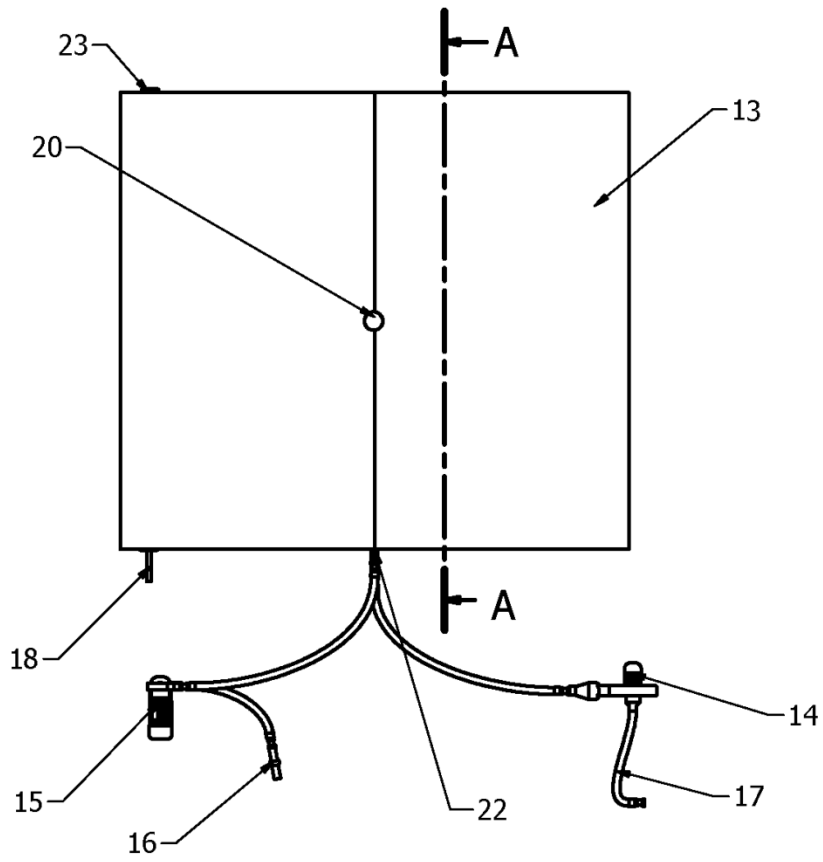


FIG. 3

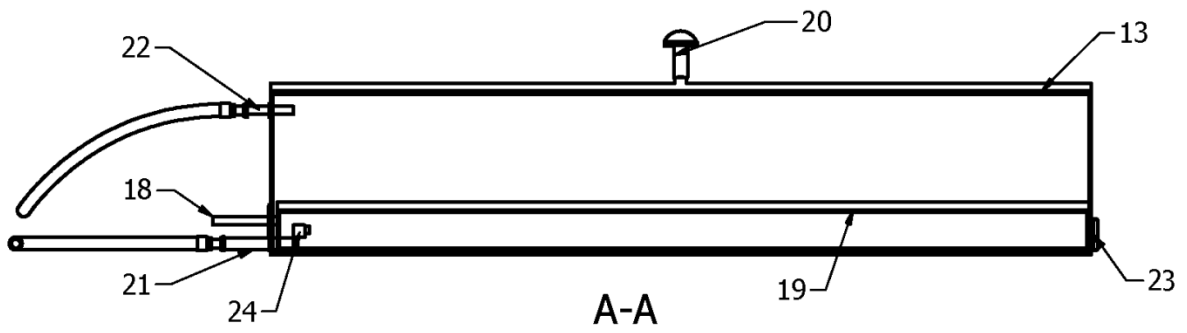


FIG. 4

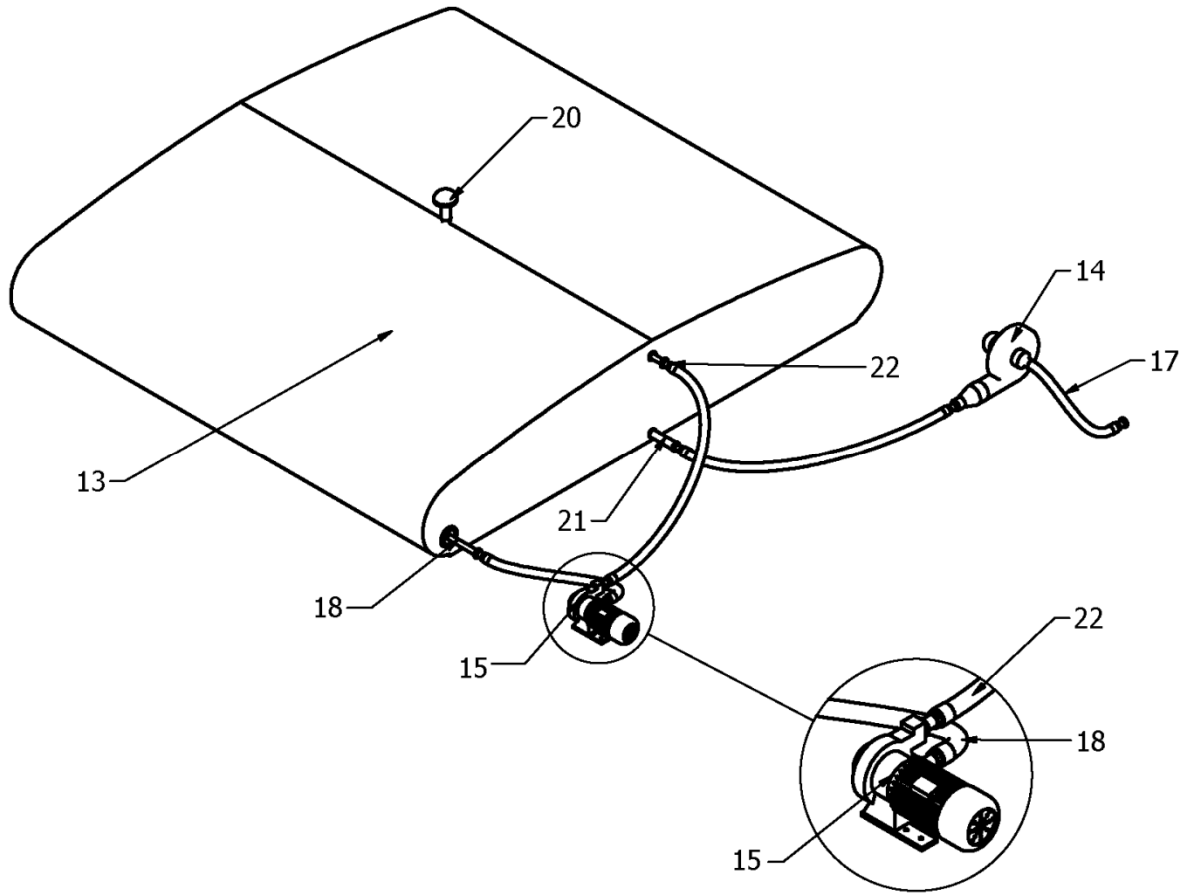


FIG. 5