



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 262 432**

② Número de solicitud: 200501126

⑤ Int. Cl.:  
**B01D 53/62** (2006.01)  
**C12P 19/04** (2006.01)  
**C12N 1/12** (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **11.05.2005**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **16.11.2006**

Fecha de la concesión: **19.10.2007**

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **16.11.2007**

⑯ Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**16.11.2007**

⑰ Titular/es:  
**Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
c/ Serrano, 117  
28006 Madrid, ES  
Universidad de Sevilla y  
Universidad de Almería**

⑱ Inventor/es: **García Guerrero, Miguel;  
Moreno Fernández, José;  
García González, Mercedes;  
Martínez Blanco, Antonio;  
Ación Fernández, Francisco Gabriel y  
Molina Grima, Emilio**

⑳ Agente: **No consta**

㉑ Título: **Procedimiento para fijar dióxido de carbono mediante la utilización de un cultivo de cianobacterias.**

㉒ Resumen:

Procedimiento para fijar dióxido de carbono mediante la utilización de un cultivo de cianobacterias.

El objeto de la presente invención es un proceso para fijar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), mediante el cultivo de cualquier cianobacteria fijadora de nitrógeno, halotolerante, y capaz de producir un exopolisacárido que se excreta al medio. La utilización de dicho procedimiento permite reducir o eliminar emisiones de CO<sub>2</sub> que proceden de procesos industriales, por ejemplo de las centrales de generación eléctrica. Otro objeto de la presente invención lo constituye la utilización como biocombustible de un exopolisacárido producido mediante el cultivo de la cianobacteria *Anabaena*, que posee un alto poder calorífico. La utilización de dicho exopolisacárido como biocombustible permitiría reducir el consumo de combustibles fósiles en aquellos procesos industriales que los emplean.

ES 2 262 432 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para fijar dióxido de carbono mediante la utilización de un cultivo de cianobacterias.

5 **Sector de la técnica**

Medio Ambiente. El objeto de la presente invención es un proceso para fijar y eliminar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), proveniente de emisiones de procesos industriales, mediante el cultivo de una cianobacteria fijadora de nitrógeno, halotolerante y capaz de producir un exopolisacárido (EPS).

10 **Estado de la técnica**

El dióxido de carbono o anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), a pesar de ser un gas minoritario en la atmósfera terrestre (0,03%, v/v), constituye uno de sus componentes más importantes, ya que es sustrato en la fotosíntesis, por una parte, y principal producto de la respiración de los seres vivos y de la combustión de los productos energéticos por otra. Actualmente se registra un aumento del nivel de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, del que se hace responsable al incremento en la utilización de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural), que puede conllevar un sobrecalentamiento de la superficie terrestre (efecto invernadero). Un importante problema que afecta al desarrollo económico de muchos países es su elevado nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que puede situarlos en una precaria situación en un futuro mercado de emisiones.

Para resolver estos problemas se hace necesario desarrollar e implantar nuevas tecnologías que permitan generar energía con menores niveles de emisión de CO<sub>2</sub>, así como otras que permitan eliminar CO<sub>2</sub>, reduciendo su nivel en los gases de escape generados industrialmente. El primer aspecto supone una sustitución tecnológica difícil de abordar a corto plazo por muchos países. Respecto al segundo aspecto, se están llevando a cabo diversos estudios que consideran desde la fijación del CO<sub>2</sub> por masas forestales a su retención en el mar, bolsas de gas o suelos petrocálcicos, haciéndose énfasis especial en diversas alternativas de aprovechamiento de la fijación fotosintética del CO<sub>2</sub>.

De hecho, entre las diferentes opciones basadas en favorecer los sumideros naturales de CO<sub>2</sub>, la fijación fotosintética de CO<sub>2</sub> mediante el cultivo de microalgas y cianobacterias es, en principio, la alternativa más prometedora, ya que dichos microorganismos son los más efectivos fijadores de CO<sub>2</sub> del planeta, con rendimientos más de cinco veces superiores a las plantaciones de maíz, constituyendo además uno de los grupos más versátiles de la biosfera. Asimismo, la naturaleza hidráulica de los cultivos facilita su manipulación, así como la instalación de los mismos contiguos a la propia fuente emisora de CO<sub>2</sub>, mientras que, en general, el resto de los propuestos sumideros naturales de carbono solo fijan CO<sub>2</sub> del liberado a la atmósfera, constituyendo contaminación difusa.

El cultivo de microorganismos fotosintéticos utiliza el CO<sub>2</sub> como fuente de carbono, convirtiéndolo en carbono orgánico fijado en forma de los diferentes compuestos orgánicos que constituyen la biomasa, así como otros productos fotosintéticos que pueden liberar las células, tales como los polisacáridos. Una posible opción para el aprovechamiento de la biomasa y/u otros productos fotosintéticos generados mediante la fijación de CO<sub>2</sub>, es su aprovechamiento como fuente de energía, al ser materiales con considerable contenido energético o calor de combustión. Esta reutilización como combustible de los productos fotosintéticos supone un reciclaje de carbono y conlleva una paralela reducción en el consumo de combustibles fósiles.

La eficiencia y el éxito de la utilización de cultivos de microorganismos fotosintéticos para la fijación de CO<sub>2</sub> dependen en gran medida del microorganismo seleccionado (especie, cepa, etc.), así como del sistema de producción empleado y de la optimización de los parámetros de cultivo. Adicionalmente han de considerarse las propiedades de los productos fotosintéticos generados y las posibilidades de su posterior aprovechamiento. Las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera constituyen un problema global. Sería conveniente desarrollar un sistema que elimine o al menos reduzca las emisiones de CO<sub>2</sub> en las propias fuentes emisoras del contaminante, de manera eficiente, barata, sencilla y versátil, consiguiendo altas tasas de fijación de CO<sub>2</sub>, y generando al mismo tiempo productos fotosintéticos con aplicaciones de interés.

Utilizando el alga verde *Chlorococcum littorale* se ha conseguido fijar cerca de 1 g de CO<sub>2</sub> por litro y día en recipientes de 20 l de capacidad (Kurano N, Ikemoto H, Miyashita H, Hasegawa T, Hata H and Miyachi S (1995). Fixation and utilization of carbon dioxide by microalgal photosynthesis. *Energy Convers. Management* 36 (6-9), 689-692). Con la tecnología que aquí se propone se puede conseguir valores de fijación de CO<sub>2</sub> comprendidos entre 2 y 6 g CO<sub>2</sub> por litro y día.

La patente norteamericana WO0205932 "Photosynthetic carbon dioxide mitigation", utiliza cianobacterias termófilas (*Cyanidium caldarium*) inmovilizadas sobre membranas, empleando un sistema de energía híbrida para su iluminación (convierten la luz solar en electricidad mediante placas fotovoltaicas y suministran luz de 400-700 nm de longitud de onda a las células). El producto de fijación del CO<sub>2</sub> es la biomasa, sin considerar la producción de otros compuestos. La biomasa producida debe ser retirada con asiduidad de las membranas mediante un complejo sistema de limpieza, lo que redundaría negativamente en la economía y rendimiento del proceso, dificultando asimismo su escalado.

En la presente invención, el principal producto de la fijación de CO<sub>2</sub> es un polisacárido que las células excretan al medio. Dicho exopolisacárido (EPS) posee propiedades que le confieren interés práctico para una diversidad de aplicaciones industriales (Bender J, Rodríguez-Eaton S, Ekanemesang UM and Phillips P (1994). Characterization of metal-binding biofloculants produced by the cyanobacterial component of mixed microbial mats. *Appl Environ Microbiol* 60, 2311–2315); De Philippis R and Vicenzini M (1998). Exocellular polysaccharides from cyanobacteria and their possible applications. *FEMS Microbiology Reviews* 22, 151-175; Flaibani A, Olsen Y and Painter TJ (1989). Polysaccharides in desert reclamation: Compositions of exocellular proteoglycan complexes produced by filamentous blue-green edaphic algae. *Carbohydr Res* 190, 235-248; Sutherland IW (1996). Extracellular polysaccharides. En: *Biotechnology, VCH, Weinheim (Rehm, HJ and Reed, G eds.) vol 6, 615-657*). Este sistema utiliza directamente luz solar para el desarrollo de la fijación de CO<sub>2</sub> y permite su fácil escalado.

### Breve descripción de la invención

Tal como se ha mencionado previamente, sería conveniente disponer de un procedimiento de fijación de CO<sub>2</sub> capaz de reducir la concentración de este gas en la atmósfera, acoplado a la generación de un producto orgánico susceptible de aprovechamiento. La presente invención describe un procedimiento para fijar CO<sub>2</sub> mediante la utilización de un cultivo de microorganismos fotosintéticos acoplado a la producción de un exopolisacárido, que posee considerable calor de combustión y otras propiedades que le confieren interés práctico.

Por tanto, en un aspecto, la invención se relaciona con dicho procedimiento para fijar CO<sub>2</sub> que comprende las siguientes etapas:

- a- cultivar un microorganismo fotosintético en un sistema adecuado.
- b- suministrar al cultivo CO<sub>2</sub> u otra forma inorgánica de carbono derivada de él, tal como bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y/o carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), a concentraciones elevadas, y
- c- recoger los productos de la fijación del CO<sub>2</sub> y de otras formas de carbono inorgánico de él derivadas (bicarbonato, carbonato), generados por dicho cultivo.

El microorganismo cultivado es una cianobacteria fijadora de N<sub>2</sub>, halotolerante, que fotosintetiza un exopolisacárido que excreta al medio. Esta cianobacteria puede ser cultivada en sistemas abiertos o cerrados. El suministro de CO<sub>2</sub> (en concentraciones elevadas, y siempre superiores a las naturales atmosféricas) puede realizarse directamente en forma de gas o tras su solubilización en un líquido (como tal CO<sub>2</sub>, como bicarbonato o carbonato) que sería empleado como medio de cultivo. El CO<sub>2</sub> en concentración elevada puede provenir de plantas de generación de electricidad, de cementeras o de plantas industriales que desarrollen procesos generadores de CO<sub>2</sub>.

Como uno de los productos fotosintéticos mayoritarios de la fijación de carbono inorgánico (CO<sub>2</sub>, bicarbonato, carbonato) mediante el cultivo de estas cianobacterias se obtiene un exopolisacárido (EPS) que se libera al medio.

Dicho polisacárido, dadas sus propiedades energéticas, puede ser utilizado como biocombustible, bien en la propia planta que generó el CO<sub>2</sub> contaminante o bien en otras instalaciones.

En una realización particular se utiliza la especie *Anabaena*, y preferentemente la cepa *Anabaena* sp. ATCC 33047, que produce un EPS que posee un calor de combustión similar al del carbón o la madera, de al menos 14 kJ/g.

El procedimiento de la presente invención presenta una alta tasa de fijación de CO<sub>2</sub> y producción de exopolisacárido, pudiendo, en el caso de *Anabaena*, generar al menos 1,3 g de polisacárido además de, al menos, 0,4 g de biomasa por litro y día y fijar 1,6 kg de CO<sub>2</sub> por cada kg de polisacárido producido.

En otro aspecto, la invención se relaciona por tanto con la utilización de dicho procedimiento para reducir o eliminar las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por centrales de generación eléctrica y una diversidad de procesos industriales, pero también, por otra parte, el uso de sus productos como biocombustible posibilita reducir el consumo de combustibles fósiles.

La invención se relaciona además con la utilización del polisacárido generado a partir de la fijación de CO<sub>2</sub> por *Anabaena*, como agente emulsificante, estabilizante o espesante en industria alimentaria, textil, de pinturas, papelera, cosmética y farmacéutica.

Dicho polisacárido también puede ser utilizado para la adsorción, concentración, o eliminación de metales (pesados) en aguas residuales de diversa procedencia (urbanas, industria pesada, minería, etc.), así como para el acondicionamiento y recuperación de suelos para uso agrícola. Igualmente, el EPS puede ser utilizado como agente antiviral, o como sustrato de procesos fermentativos.

### Descripción detallada de la invención

En un aspecto, la invención se relaciona con un procedimiento para fijar CO<sub>2</sub> mediante la utilización de un cultivo de microorganismos fotosintéticos, en adelante procedimiento de la invención, que comprende las siguientes etapas:

## ES 2 262 432 B1

- a) cultivar dicho microorganismo en un sistema adecuado
- b) suministrar al cultivo CO<sub>2</sub> u otra forma inorgánica de carbono derivada de él, tal como bicarbonato (=HCO<sub>3</sub>) y/o carbonato (=CO<sub>3</sub>), a concentraciones elevadas, y
- c) recoger los productos de la fijación del CO<sub>2</sub> y de otras formas de carbono inorgánico de él derivadas (bicarbonato, carbonato), generados por dicho cultivo,

5

10

siendo el microorganismo cultivado cualquier cianobacteria fijadora de nitrógeno, halotolerante, y capaz de producir un exopolisacárido (EPS) que se excreta al medio.

15

El procedimiento de la invención contempla que el cultivo del microorganismo seleccionado pueda realizarse tanto en sistemas abiertos como cerrados. El cultivo de microorganismos en sistema abierto es más económico, pero en contrapartida permite escaso control de parámetros importantes para la adecuada marcha del proceso. Los sistemas de cultivo cerrado permiten un mejor y más estricto control de las condiciones de operación del cultivo, que redundan en productividades superiores y productos de mayor calidad, pero se trata de sistemas más sofisticados y más caros. En una realización particular de la invención se utilizó un sistema de cultivo cerrado, concretamente un fotobiorreactor tubular cerrado, colocado a la intemperie. En otra realización particular de la invención se constató la viabilidad del cultivo, a la intemperie, en estanques abiertos de 1 y 10 m<sup>2</sup> de superficie.

20

25

El aporte de carbono inorgánico a concentraciones elevadas mencionado en el punto b) del procedimiento de la invención se efectúa bien directamente en forma de CO<sub>2</sub> gas o bien tras su solubilización en un líquido (como tal CO<sub>2</sub>, bicarbonato y/o carbonato) que posteriormente se utiliza como medio de cultivo del microorganismo. La concentración de CO<sub>2</sub> inicial suministrada al cultivo, en todos los casos es superior a la atmosférica, 0,03% (v/v). La fuente emisora de dicho CO<sub>2</sub> puede seleccionarse entre una planta de generación de electricidad, una cementera, o una planta de procesos industriales, entre otras.

30

En una realización particular de la invención se suministra el CO<sub>2</sub> en forma de gas, el cual se inyecta a un fotobiorreactor tubular cerrado a través de sus válvulas de entrada de gases. En otra realización particular de la invención sería posible suministrar el CO<sub>2</sub> fijado en agua de mar que se utilizaría posteriormente como medio de cultivo. La utilización de agua de mar no repercutiría negativamente en el crecimiento del microorganismo puesto que se trata de una cepa halotolerante.

35

Mediante el procedimiento de la invención y como consecuencia de la fijación de CO<sub>2</sub>, se obtienen diversos productos fotosintéticos, de los que al menos uno es un exopolisacárido (EPS), pudiendo llegar a constituir este EPS el producto fotosintético mayoritario.

40

45

50

En una realización particular de la invención, el microorganismo cultivado pertenece a la especie *Anabaena*, en concreto la cepa *Anabaena* sp. ATCC 33047. Esta estirpe, *Anabaena* sp. ATCC 33047, posee elevada tasa de crecimiento, incluso a elevada densidad de población, tolera amplios intervalos de pH, temperatura, irradiancia y concentración de sales, presenta capacidad de fijar nitrógeno (por lo que no necesita aporte de fertilizante nitrogenado y se reduce el riesgo de contaminaciones), alta productividad y elevada eficiencia para la fijación de CO<sub>2</sub>, siendo de fácil recolección (Moreno J, Vargas MA, Olivares H, Rivas J and Guerrero MG (1998). Exopolysaccharide production by the cyanobacterium *Anabaena* sp. ATCC 33047 in batch and continuous culture. *J Biotechnol* 60, 175-182; Moreno J, Vargas MA, Madiedo JM, Muñoz J, Rivas J and Guerrero MG (2000). Chemical and rheological properties of an extracellular polysaccharide produced by the cyanobacterium *Anabaena* sp. ATCC 33047. *Biotechnol Bioeng* 67, 283-290). Especialmente destacable es su elevada tasa de generación de EPS, que es aún mayor en condiciones de estrés, llegando a mostrar una productividad de EPS al menos 3 veces superior a la de generación de biomasa. Estas características hacen a esta cianobacteria una candidata idónea para su empleo en la biofijación efectiva del CO<sub>2</sub> presente en gases de escape o en otras fuentes contaminantes emisoras de este gas.

55

Dicho EPS producido por la especie *Anabaena* posee un calor de combustión similar al de la madera o el carbón. En una realización particular de la invención, el calor de combustión de dicho EPS es de al menos 14 kJ/g.

60

El procedimiento de la invención proporciona un mecanismo eficaz y eficiente de fijación de CO<sub>2</sub>, acoplado a la producción de un EPS susceptible de ser aprovechado. En una realización particular de la invención se obtuvieron al menos 1,3 g por litro y día de polisacárido además de al menos 0,4 g de biomasa por litro y día. En otra realización particular se verificó la fijación de 1,6 kg de CO<sub>2</sub> por cada kg de polisacárido producido. En otra realización particular de este procedimiento se fijaron entre 2 y 6 g de CO<sub>2</sub> por litro y día.

65

En otro aspecto, la invención se relaciona con la utilización del procedimiento para reducir o eliminar emisiones de CO<sub>2</sub> que proceden de procesos industriales, preferentemente de las centrales de generación de electricidad, y para reducir el consumo de combustibles fósiles en aquellos procesos industriales que los utilizan, mediante su sustitución por productos de fijación de CO<sub>2</sub> obtenidos en dicho procedimiento.

Tanto la biomasa o material celular, como el EPS generado mediante este proceso, utilizando cultivos de la especie *Anabaena*, como la mezcla de biomasa y EPS, pueden ser utilizados para diversos fines, siendo una de sus posibles aplicaciones su combustión para la generación de calor o electricidad, ya que tanto la biomasa como el EPS poseen

considerable calor de combustión (igual o superior a 14 kJ/g). Por lo tanto, en otro aspecto, la invención se relaciona con la utilización del EPS obtenido, como biocombustible. En una realización particular de la invención el EPS obtenido se podría utilizar como biocombustible en la misma planta generadora de las emisiones contaminantes de CO<sub>2</sub>.

5

Los EPS producidos por los microorganismos pueden tener aplicaciones en la industria agroalimentaria y/o farmacéutica (Sutherland IW (1996) Extracellular polysaccharides. En: *Biotechnology VCH, Weinheim (Rehm HJ and Reed G eds.)*, vol 6, 615-657). Los polisacáridos aniónicos son de utilidad para la detección, adsorción, concentración y/o eliminación de iones metálicos de aguas residuales (Bender J, Rodríguez-Eaton S, Ekanemesang UM and Phillips P (1994). Characterization of metal-binding biofloculants produced by the cyanobacterial component of mixed microbial mats. *Appl Environ Microbiol* 60, 2311-2315; Bertocchi C, Navarini L and Cesáro A (1990). Polysaccharides from cyanobacteria. *Carbohydr Polym* 12, 127-153). Igualmente, los EPS pueden utilizarse para inducir la floculación de partículas sólidas en el tratamiento de aguas residuales urbanas, así como en el acondicionamiento y recuperación de suelos para uso agrícola (Flaibani A, Olsen Y and Painter TJ (1989). Polysaccharides in desert reclamation: Compositions of exocellular proteoglycan complexes produced by filamentous blue-green edaphic algae. *Carbohydr Res* 190, 235-248). Algunos polisacáridos de microorganismos, especialmente de los de tipo fotoautótrofo poseen actividad antiviral (Yim JH, Kim SJ, Ahn SH, Lee ChK, Rhie KT and Lee HK (2004). Antiviral Effects of Sulphated Exopolysaccharide from the Marine Microalga *Gyrodinium impudicum* Strain KG03. *Mar Biotechnol* 6, 17-25). Por tanto, otro aspecto de la invención se relaciona con la utilización del EPS generado a partir de los cultivos de la especie *Anabaena* como agente emulsificante, estabilizante o espesante en industria alimentaria, textil, de pinturas, papelería, cosmética y/o farmacéutica, así como su utilización para la concentración y/o eliminación de metales en aguas residuales de diversa procedencia (urbanas, industria pesada, minería, etc.). Asimismo la invención se relaciona con el empleo de este EPS en el acondicionamiento y recuperación de suelos para uso agrícola, como potencial agente antiviral y como sustrato de procesos fermentativos.

25

El siguiente ejemplo sirve para ilustrar la invención y no debe ser considerado con fines limitativos de la misma.

### Ejemplo de realización de la invención

30 *Cultivo de Anabaena sp. en fotobiorreactor tubular cerrado*

En esta realización particular de la invención se ha seleccionado la cianobacteria fijadora de N<sub>2</sub> *Anabaena sp.* ATCC 33047, teniendo en cuenta sus especiales características de eficiencia fijadora de CO<sub>2</sub> y su alta productividad.

35

El cultivo de *Anabaena sp.* ATCC 33047 se llevó a cabo a la intemperie en un fotobiorreactor tubular cerrado, siendo la fuente de iluminación la luz solar. Dicho sistema consta de un módulo de captación de luz solar constituido por tubos de material transparente (plexiglás rígido) de 24 mm de diámetro interno y 30 mm de diámetro externo y una longitud total de 90 m, situados horizontalmente en paralelo y conectados entre sí por medio de piezas en forma de "u" del mismo material, con una superficie fotosintéticamente activa de 2,2 m<sup>2</sup> y 55 l de volumen útil. Dos bolas de caucho de diámetro ligeramente inferior al diámetro interior de los tubos circulan para evitar el depósito de células en las paredes de los mismos. Estos tubos se encuentran sumergidos en agua, que actúa como elemento termostatazador del cultivo, en un baño de dimensiones 1,8 × 6,0 × 0,15 m, provisto de circuito cerrado de circulación con elementos calefactores y enfriadores. En este sistema de cultivo, la suspensión celular se agita y se hace circular a través de los tubos por la impulsión de aire estéril a presión generado por un compresor (air-lift). El sistema tubular termina en un cilindro de 52 cm de alto por 26 cm de diámetro externo, situado a 2,8 m de altura desde la horizontal del reactor. En la tapa de este cilindro existen varios orificios para: salida de gas (protegido por un filtro de 0,22 μm), entrada para llenado rápido del reactor, entrada de medio fresco para operar en cultivo continuo y sensor de nivel. En la parte inferior del cilindro se encuentran además las sondas de pH y temperatura. Estas sondas se conectan con una unidad de control.

50

Se procedió a la introducción en el sistema de cultivo de una suspensión de células de *Anabaena sp.* ATCC 33047 con una concentración de clorofila comprendida entre 5 y 10 mg por litro de cultivo. Dicha suspensión se mantuvo en circulación a una velocidad comprendida entre 0,2 y 0,4 m s<sup>-1</sup> por un periodo de 72 horas, durante el que se mantiene el cultivo en régimen estanco, con control de temperatura, máxima de 35°C durante el día y de 18°C durante la noche, y sometido a una irradiación solar. Transcurridas las 72 horas, el cultivo se somete a régimen continuo, con adición continuada de medio de cultivo fresco (que cubre todos los requerimientos nutricionales del microorganismo) durante el periodo de luz. La suspensión celular se mantiene circulando por los tubos durante 45 días.

55

Durante el proceso, el valor del pH se mantiene entre 8,0 y 8,5 mediante la inyección de CO<sub>2</sub> a través de una electroválvula regulada por un controlador de pH. El CO<sub>2</sub> se inyecta en la zona horizontal del tubo de retorno de la suspensión celular hacia el módulo de captación de luz. El consumo fotosintético de CO<sub>2</sub> por las células de la cianobacteria provoca una elevación del pH del medio, que al superar el valor de 8,5 dispara la inyección de una corriente de CO<sub>2</sub> gas puro, con lo que se acidifica el medio, deteniéndose la inyección de CO<sub>2</sub> una vez que se recupera el valor de pH 8,0.

65

Manteniendo el cultivo en el sistema y condiciones anteriormente señaladas, la concentración de exopolisacárido en el medio alcanzó valores de hasta 8 g por litro, con una productividad de EPS de hasta 4 g por litro y día. La recogida de la suspensión enriquecida con el EPS generado y la biomasa que lo acompaña se realiza de manera continua durante el periodo de luz a un flujo de aproximadamente 2 litros por hora.

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para fijar CO<sub>2</sub> mediante la utilización de un cultivo de microorganismos fotosintéticos que comprende las siguientes etapas:

- a) cultivar dicho microorganismo en un sistema adecuado,
- b) suministrar al cultivo CO<sub>2</sub> u otra forma inorgánica de carbono derivada de él, tal como bicarbonato (=HCO<sub>3</sub>) y/o carbonato (=CO<sub>3</sub>), a concentraciones elevadas, y
- c) recoger los productos de la fijación del CO<sub>2</sub> y de otras formas de carbono inorgánico de él derivadas (bicarbonato, carbonato), generados por dicho cultivo,

15 **caracterizado** porque el microorganismo cultivado en a) es cualquier cianobacteria fijadora de nitrógeno, halotolerante y capaz de producir un exopolisacárido que se excreta al medio.

20 2. Procedimiento para fijar CO<sub>2</sub> según la reivindicación 1 **caracterizado** porque dicho cultivo de microorganismos se realiza en un sistema cerrado, preferentemente en un fotobiorreactor tubular cerrado.

3. Procedimiento para fijar CO<sub>2</sub> según la reivindicación 1 **caracterizado** porque dicho cultivo de microorganismos se realiza en un sistema abierto.

25 4. Procedimiento para fijar CO<sub>2</sub> según cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 3 **caracterizado** porque el CO<sub>2</sub> a concentración elevada se suministra al cultivo en forma gaseosa, preferentemente suministrando dicho gas directamente desde la fuente emisora de CO<sub>2</sub>.

30 5. Procedimiento para fijar CO<sub>2</sub> según cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 3 **caracterizado** porque el CO<sub>2</sub> en concentraciones elevadas se suministra al cultivo fijado en medio líquido, utilizándose posteriormente dicho medio líquido como medio de cultivo del microorganismo.

6. Procedimiento para fijar CO<sub>2</sub> según la reivindicación 5 **caracterizado** porque dicho medio líquido donde se fija el CO<sub>2</sub> y se cultiva el microorganismo, es agua salada, preferentemente agua de mar.

35 7. Procedimiento para fijar CO<sub>2</sub> según cualquiera de las reivindicaciones 4, 5 y 6 **caracterizado** porque la fuente emisora de CO<sub>2</sub> es una planta de generación de electricidad, una cementera, o una planta de procesos industriales.

8. Procedimiento para fijar CO<sub>2</sub> según cualquiera de las reivindicaciones de la 4 a la 7 **caracterizado** porque la concentración de CO<sub>2</sub> suministrado es superior al 0,03% (v/v).

40 9. Procedimiento para fijar CO<sub>2</sub> según cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 8 **caracterizado** porque el producto mayoritario de la fijación de CO<sub>2</sub> generado por el cultivo del microorganismo, es un polisacárido que se libera al medio.

45 10. Procedimiento para fijar CO<sub>2</sub> según cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 9 **caracterizado** porque dicho cultivo de microorganismos es un cultivo de la especie *Anabaena*, preferentemente la estirpe *Anabaena* sp. ATCC 33047.

50 11. Procedimiento para fijar CO<sub>2</sub> según la reivindicación 10 **caracterizado** porque fija al menos 1,6 kg de CO<sub>2</sub> por cada kg de polisacárido producido.

12. Procedimiento para fijar CO<sub>2</sub> según la reivindicación 10 **caracterizado** porque mediante el cultivo de microorganismos produce al menos 1,3 g de polisacárido y 0,4 g de biomasa por litro y día.

55 13. Procedimiento para fijar CO<sub>2</sub> según la reivindicación 10 **caracterizado** porque mediante el cultivo de microorganismos fija entre 2 y 6 g de CO<sub>2</sub> por litro y día.

60 14. Utilización de un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 13, para reducir o eliminar emisiones de CO<sub>2</sub> que proceden de procesos industriales, preferentemente de las centrales de generación eléctrica.

15. Utilización de un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 13 para reducir el consumo de combustibles fósiles en aquellos procesos industriales que los emplean, mediante su sustitución por productos de fijación de CO<sub>2</sub> obtenidos en dicho procedimiento.

65 16. Utilización de un polisacárido (sólo o mezclado con biomasa) obtenido según el procedimiento descrito en la reivindicación 10, como biocombustible.

## ES 2 262 432 B1

17. Utilización de un polisacárido (sólo o mezclado con biomasa) según la reivindicación 16 como biocombustible en la misma planta generadora del gas con alto contenido en CO<sub>2</sub>.

5 18. Utilización de un polisacárido obtenido según el procedimiento descrito en la reivindicación 10, como agente emulsificante, estabilizante o espesante en la industria alimentaria, textil, de pinturas, papelera, cosmética y farmacéutica.

10 19. Utilización de un polisacárido obtenido según el procedimiento descrito en la reivindicación 10, para la concentración o eliminación de metales en aguas residuales de diversa procedencia (urbanas, industria pesada, minería, etc.).

20. Utilización de un polisacárido obtenido según el procedimiento descrito en la reivindicación 10, para el acondicionamiento y recuperación de suelos para uso agrícola.

15 21. Utilización de un polisacárido obtenido según el procedimiento descrito en la reivindicación 10, como agente antiviral.

20 22. Utilización de un polisacárido obtenido según el procedimiento descrito en la reivindicación 10, sólo o en combinación con la biomasa, como sustrato de procesos fermentativos.

25

30

35

40

45

50

55

60

65



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 262 432

② Nº de solicitud: 200501126

③ Fecha de presentación de la solicitud: 11.05.2005

④ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: Ver hoja adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	MORENO, J. et al. Chemical and rheological properties of an extracellular polysaccharide produced by the cyanobacterium Anabaena sp. ATCC 33047. Biotechnology and Bioengineering, 2000, vol. 67 (3) páginas 283-290.	18-22
Y	JP 9131175 A (AGENCY IND SCIENCE TECHN) 20.05.1997 (resumen) [en línea] [Recuperado el 10.08.2006] Recuperado de BASE DE DATOS WPI en EPOQUE.	1,10,14
Y	JP 2000060585 A (JAPAN SCIENCE & TECH CORP) 29.02.2000, (resumen) [en línea] [Recuperado el 10.08.2006] Recuperado de BASE DE DATOS WPI en EPOQUE.	1,10,14
Y	PHILLIPS, R.D. et al. Exopolysaccharide-producing cyanobacteria and their possible exploitation: a review. Journal of applied phycology, 2001, vol 13 (4), páginas 293-299.	1,10,14
A	US 2002072109 A1 (BAYLESS et al.) 13.06.2002, todo el documento.	
A	JP 2001354407 A (ZH RIKOGAKU SHINKOKAI) 25.12.2001, (resumen) [en línea] [Recuperado el 10.08.2006] Recuperado de BASE DE DATOS WPI en EPOQUE.	

#### 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

10.08.2006

Examinador

A. Polo Díez

Página

1/2



CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

**B01D 53/62** (2006.01)

**C12P 19/04** (2006.01)

**C12N 1/12** (2006.01)