

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 482 440**

21 Número de solicitud: 201201138

51 Int. Cl.:

C02F 3/32 (2006.01)

C12N 1/12 (2006.01)

C12M 1/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

16.11.2012

43 Fecha de publicación de la solicitud:

01.08.2014

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE CÁDIZ (100.0%)
OTRI-Vicerrectorado de I+D+i, C/ Benito Pérez
Galdós, s/n
11002 Cádiz ES**

72 Inventor/es:

**PERALES VARGAS MACHUCA, José Antonio;
GARRIDO PÉREZ, Carmen;
BARRAGAN SÁNCHEZ, Jesús;
RUIZ GONZÁLEZ, Jesús y
ARBIB, Zouhayr**

54 Título: **Proceso de eliminación de nutrientes de aguas residuales mediante fotobiotratamiento con microorganismos fotosintéticos**

57 Resumen:

Proceso de eliminación de nutrientes de aguas residuales mediante fotobiotratamiento con microorganismos fotosintéticos. Consiste en un proceso en el que se emplean dos reactores; uno de contacto, que incluye la separación de la biomasa del agua mediante procesos de filtración por membrana sumergida y un segundo reactor de crecimiento (fotobiorreactor) donde se favorece el crecimiento de la biomasa a expensas solamente de las reservas acumuladas en el reactor de contacto. El proceso permite el tratamiento de forma continuada de día y noche gracias a sus dos modos de operación: Diurno en el que la corriente concentrada saliente del reactor de contacto es enviada al fotobiorreactor y la recirculación al reactor de contacto se realiza desde el fotobiorreactor y Nocturno en el que la corriente concentrada saliente del reactor de contacto es purgada y la recirculación se realiza desde el depósito de purga diurna del fotobiorreactor.

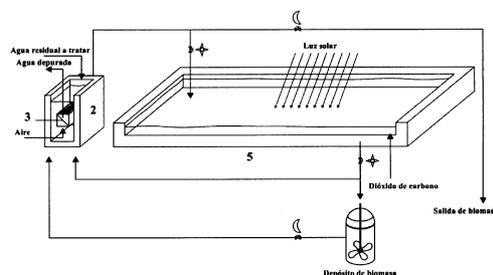


Fig. 2

DESCRIPCIÓN

PROCESO DE ELIMINACIÓN DE NUTRIENTES DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE FOTBIOTRATAMIENTO CON MICROORGANISMOS FOTOSINTÉTICOS.

5 SECTOR DE LA TÉCNICA.

De acuerdo con la Nomenclatura Internacional de la UNESCO para los campos de Ciencia y Tecnología, las áreas científicas a las que corresponde la invención serían:

- 3308 Ingeniería y tecnología del medio ambiente
- 330810 Tecnología de aguas residuales
- 10 339001 Biotecnología de microalgas

De acuerdo con La Nomenclatura estadística de actividades económicas de la Comunidad Europea (NACE), el sector de actividad industrial al que se puede aplicar sería:

- 15 Sección E – Suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación
- 37 Recogida y tratamiento de aguas residuales

ESTADO DE LA TÉCNICA.

- 20 Las elevadas concentraciones de nitrógeno y fósforo habitualmente presentes en las aguas residuales han de ser eliminadas antes de ser vertidas debido a que pueden provocar procesos de eutroficación en los cauces receptores, lo que conllevaría un empeoramiento de su calidad ambiental. Estos nutrientes pueden ser eliminados de las aguas residuales mediante una amplia variedad de procesos biológicos y físico-químicos. Los cuales suelen ser bastante costosos de implantar y operar, además de
- 25 generar importantes cantidades de lodos. Asimismo muchos de los procesos biológicos más habituales para la eliminación biológica de nutrientes son bastante complejos (Jeyanayagam, 2005).

Los procesos de eliminación de nutrientes de las aguas residuales suelen ser grandes consumidores de energía, suponiendo alrededor del 60 al 80% del consumo energético de todo el proceso de depuración de las aguas residuales (Maurer et al., 2003).

- 5 El cultivo de microorganismos fotosintéticos en aguas residuales ofrece la combinación de tres ventajas, la eliminación del exceso de nutrientes con la producción simultánea de biomasa algal y el consumo de CO₂ (Ruiz et al., 2011; Arbib et al., 2012). En el campo de la biotecnología de microorganismos fotosintéticos se ha demostrado que a través de este proceso no solo se pueden
10 eliminar de forma eficiente los nutrientes del agua residual sino que también puede tener un efecto positivo en el balance energético de todo el proceso de depuración de microorganismos fotosintéticos dado que la biomasa algal puede ser utilizada como materia prima para la producción de biocombustibles (Sturm and Lamer, 2011).

- Existen muchos y muy diversos tipos de fotobiorreactores patentados para el cultivo
15 de microorganismos fotosintéticos (US 2012/0088278 A1, US 2012/0107918 A1, CN101280271A, CN102674529A, KR20120073432A) una de las principales desventajas de todos ellos consiste en que operan bajo los mismos tiempos de retención hidráulica y celular, lo que hace que su volumen esté condicionado por la velocidad de crecimiento de los microorganismos fotosintéticos. Una solución a este
20 problema se consigue separando y recirculando parte de la biomasa generada en el proceso para mantener una elevada concentración de biomasa en el fotobiorreactor pudiéndose disminuir su volumen manteniendo la productividad.

- En el campo de los microorganismos fotosintéticos, una opción tecnológica para la separación de la biomasa del medio de cultivo son las tecnologías de membrana, si
25 bien su uso está centrado en el proceso de cosechado y deshidratación del efluente del fotobiorreactor (Ahmad et al. 2012; Bhave et al. 2012; Lee et al. 2012; Ríos et al. 2012). Sin embargo, algunos autores (Singh and Thomas 2012; Honda et al. 2012) han presentado resultados satisfactorios en depuración de aguas residuales mediante reactores de microorganismos fotosintéticos con tecnología de membrana sumergida
30 (US 2009/0305389 A1, US 2011/0275117 A1, CN101767893A).

Referencias mencionadas

- Ahmad AL, Mat Yasin NH, Derek CJC, Lim JK. 2012. Crossflow microfiltration of microalgae biomass for biofuel production. *Desalination*. 302, 65–70
- Arbib Z, Ruiz J, Alvarez P, Garrido C, Barragan J, Perales JA. 2012. *Chlorella* 5 *stigmatophora* for Urban Wastewater Nutrient Removal and CO₂ Abatement. *Int. J. Phytoremediat.* 14(7):714-725.
- Sturm, B.S.M.; Lamer, S.L..2011 An energy evaluation of coupling nutrient removal from wastewater with algal biomass production. *Applied Energy*, 88, 3499-506
- Bhave R, Kuritz T, Powell L, Adcock D. 2012. Membrane-based energy efficient 10 dewatering of microalgae in biofuels production and recovery of value added co-products. *Environ. Sci. Technol.* 46(10):5599-5606.
- Honda R, Boonnorat J, Chiemchaisri C, Chiemchaisri W, Yamamoto K. 2012. Carbon dioxide capture and nutrients removal utilizing treated sewage by concentrated microalgae cultivation in a membrane photobioreactor. *Bioresour.* 15 *Technol.* 125,59-64.
- Jeyanayagam S.. True Confessions of the Biological Nutrient Removal Process. 2005 *Florida Water Resources Journal*, January, 37-46
- Lee DJ, Liao GY, Chang YR, Chang JS. 2012. Chitosan coagulation-membrane filtration of *Chlorella vulgaris*. *International Journal of Hydrogen Energy.* 20 *37(20):15643-15647.*
- Maurer, M. ; Schwegler, P.; Larsen, T.A.. 2003. Nutrients in urine: energetic aspects of removal and recovery. *Water Science and Technology* Vol 48 No 1 pp 37–46
- Menger-Krug, Eve; Niederste-Hollenberg, Jutta; Hillenbrand, Thomas; Hiessl, Harald. (2012). Integration of Microalgae Systems at Municipal Wastewater 25 Treatment Plants (WTPs): Implications for Energy and Emission Balances. *Environmental Science & Technology*; DOI:10.1021/es301967y

- Powell, N., Shilton, A.N., Pratt, S., Chisti, Y. (2008). Factors Influencing Luxury Uptake of Phosphorus by Microalgae in Waste Stabilization Ponds. *Environmental Science & Technology*, 42, 5958-5962.
- Ríos SD, Salvadó J, Farriol X, Torras C. 2012. Antifouling microfiltration strategies to harvest microalgae for biofuel. *Bioresour Technol.* 119, 406-18..
- 5 Ruiz J, Álvarez P, Arbib Z, Garrido C, Barragán J, Perales JA. 2011. Effect of nitrogen and phosphorus concentration on their removal kinetic in treated urban wastewater by *Chlorella vulgaris*. *Int. J. Phytoremediat.* 13(9):884-896.
- Ruiz J, Arbib Z, Álvarez-Díaz PD, Garrido-Pérez C, Barragán J, Perales JA. 2012. 10 Photobiotreatment model (PhBT): a kinetic model for microalgae biomass growth and nutrient removal in wastewater. *Environ. Technol.* DOI: 10.1080/09593330.2012.724451.
- Ruiz-Martinez A, Martin Garcia N, Romero I, Seco A, Ferrer J. 2012. Microalgae cultivation in wastewater: Nutrient removal from anaerobic membrane bioreactor effluent. *Bioresour. Technol.* 126, 247-253.
- 15 Singh G, Thomas PB. 2012. Nutrient removal from membrane bioreactor permeate using microalgae and in a microalgae membrane photoreactor. *Bioresour. Technol.* 117, 80-85.
- US 2009/0305389 A1. Permeable membranes in film photobioreactors.
- 20 US 2011/0275117 A1. Photobioreactor system unit high specific growth rate and low dilution rate.
- US 2012/0088278 A1. Utilization of wastewater for microalgal cultivation.
- US 2012/0107918 A1. Methods for algal growth in photobioreactors.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION.

La presente invención propone un proceso de tratamiento de aguas residuales mediante tecnología de microorganismos fotosintéticos, como por ejemplo los microorganismos fotosintéticos, con capacidad de eliminar nitrógeno y fósforo de
5 manera eficiente.

El fundamento de esta invención se basa en una serie de evidencias experimentales halladas por los autores de la patente, como son:

- Cultivadas en agua residual, las microalgas consumen nitrógeno y fósforo antes de comenzar a crecer (Figura 1)
- 10 • Las microalgas acumulan nutrientes en su interior, por lo que este proceso de asimilación de nutrientes no solo comienza antes que el crecimiento sino a una velocidad mucho mayor que a la que utilizan estos nutrientes para generar nueva biomasa.(Figura 1)
- Esta eliminación inicial de nutrientes previo al crecimiento ocurre en
15 oscuridad a velocidades comparables a las que lo hacen bajo iluminación (Tabla 1).

Al separar ambas etapas en dos reactores; uno de eliminación de nutrientes del agua residual en oscuridad y otro para el crecimiento de la biomasa, no solo se consigue
20 eliminar nutrientes del agua residual con volúmenes de reactor inferiores a los que se requerirían usando procesos en los que asimilación y crecimiento ocurren en el mismo fotobiorreactor, sino que además con un sencillo cambio del modo de operación del proceso se pueden eliminar nutrientes de noche con el exceso de biomasa generada durante el día.

Tabla 1: Tiempo requerido en alcanzarse 10 mg/L de N y 1 mg/L de P en un agua
25 residual puesta en contacto con microalgas (*Scenedesmus obliquus*) en una concentración de 1.5 g/L, sin crecimiento. Concentración inicial de nitrógeno y fósforo de 17.45 y 2.6 mg/L respectivamente.

		Reactor Iluminado	Reactor en oscuridad
Nitrogeno	t_{10} (h)	0.65	0.95
Fósforo	t_l (h)	0.40	0.41

El proceso propuesto aprovecha este efecto separando la fase de almacenamiento rápido de nutrientes por parte de los microorganismos fotosintéticos (luxury uptake) en oscuridad, de la fase de crecimiento bajo iluminación en fotobiorreactores. Para ello es preciso separar la biomasa del medio de cultivo entre ambas fases, para lo cual se propone el uso de tecnologías de separación mediante filtración por membrana. Este proceso en dos fases supone una doble ventaja, permite depurar los mismos caudales de aguas residuales en reactores más pequeños dado que permite operar a tiempos de retención celular mucho más elevados que los tiempos hidráulicos de residencia y en segundo lugar permite depurar las aguas residuales de noche sin necesidad de una fuente luminosa, cosa que los procesos actualmente propuestos para el tratamiento de aguas residuales empleando microorganismos fotosintéticos no contemplan.

La virtud de este proceso radica principalmente en tres puntos:

- El sistema permite que el proceso de eliminación de nutrientes no se limite únicamente a las horas de luz, posibilitando la eliminación de nutrientes del agua residual también durante la noche.
- Se hace independiente el tiempo de retención de sólidos (microorganismos fotosintéticos) en el reactor del tiempo hidráulico de residencia del agua residual. Ha sido demostrado que la eliminación de nutrientes del medio es realizada por los microorganismos fotosintéticos a una mayor velocidad que la de crecimiento (Ruiz et al., 2012), tomando nutrientes más allá de la necesidad instantánea del

microorganismo para crecer, lo cual es conocido como “luxury uptake”. Sin embargo, los procesos de eliminación de nitrógeno y fósforo mediante microorganismos fotosintéticos están condicionados por la velocidad de crecimiento de la biomasa. Dado que los microorganismos permanecen en el reactor el mismo tiempo que el agua residual, se necesitan volúmenes de reactor que garanticen un tiempo hidráulico de residencia superior a la inversa de la velocidad específica de crecimiento de los microorganismos fotosintéticos. Esta separación de los dos procesos se realiza mediante una membrana de filtración sumergida en el reactor, permitiendo que la eliminación de nutrientes no esté supeditada a la velocidad de crecimiento de las los microorganismos fotosintéticos.

- Se divide el proceso en dos fases; una fase de eliminación de nutrientes en un reactor en oscuridad y una segunda etapa de crecimiento de la biomasa en un fotobiorreactor o reactor iluminado. Esto se realiza gracias al aprovechamiento de la capacidad de los microorganismos fotosintéticos de eliminar nutrientes del agua residual sin la presencia de una fuente de luz. La existencia de un reactor en oscuridad permite un abaratamiento en los costes del mismo, tanto en los materiales utilizados como en su menor superficie.

El sistema consta de dos reactores: un reactor que opera en oscuridad e incorpora una membrana de filtración sumergida, con objeto de filtrar el agua residual tratada y separar la biomasa, y un fotobiorreactor para el crecimiento de la biomasa algal. En el primer reactor, o reactor de contacto, se mezcla el agua residual en oscuridad con una corriente de microorganismos fotosintéticos provenientes del fotobiorreactor, o reactor de cultivo. Esta biomasa posee un contenido bajo de nitrógeno y fósforo en su composición fruto del crecimiento de los microorganismos fotosintéticos a expensas de sus reservas de nutrientes en el reactor de cultivo. Esto hace que esta biomasa algal presente un déficit de nutrientes y por tanto pueda incorporar nutrientes (nitrógeno y fósforo). De esta manera, los nutrientes presentes en forma soluble en el agua residual son incorporados y almacenados por los microorganismos fotosintéticos (material particulado) en el reactor de contacto, para lo cual el agua residual y los microorganismos fotosintéticos permanecerán en el mismo el tiempo

suficiente para alcanzar la reducción deseada de la concentración de nitrógeno y fósforo soluble en el agua residual. La fracción particulada conteniendo los nutrientes (biomasa algal) es separada de la soluble (agua residual) mediante un proceso de filtración mediante la membrana inmersa en el reactor de contacto. Esta
5 biomasa cargada de nutrientes es recirculada de nuevo al reactor de cultivo.

En el reactor de cultivo, que debe estar diseñado para que los microorganismos fotosintéticos puedan aprovechar la luz solar, se favorece el crecimiento de la biomasa, a expensas de las reservas de nutrientes tomados en el reactor de contacto, hasta que éstas son agotadas. Esta es la única fase del proceso donde se obtiene un
10 considerable crecimiento de los microorganismos fotosintéticos.

A la salida del reactor de cultivo la biomasa se enviará, como se ha comentado, al reactor de contacto, donde se mezclará nuevamente con el agua residual a tratar. Una parte de la biomasa que sale del reactor de cultivo es purgada y enviada a un depósito de almacenamiento de biomasa con objeto de enviarse al reactor de contacto durante
15 la noche para continuar depurando el agua. Esta biomasa almacenada posee un déficit de nutrientes en su composición y una alta capacidad de incorporación de nutrientes del medio, lo que se conseguirá durante la noche.

El exceso de biomasa (purga) que durante la noche se irá enriqueciendo en nutrientes se retirará del sistema a la salida del reactor de contacto, donde se encuentra más
20 cargada de nutrientes.

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DE LAS FIGURAS

Figura 1.- Evolución de la concentración de biomasa y de nitrógeno total disuelto y fósforo total disuelto en un fotobiorreactor operando en discontinuo conteniendo *Scenedesmus obliquus* cultivada en agua residual urbana.

5

Figura 2.- Esquema de componentes principales.

2.- Reactor de contacto

3.- Membrana sumergible

5.- Fotobiorreactor o reactor de cultivo

10

Figura 3.- Esquema general de funcionamiento.

1.- Agua residual a tratar.

2.- Reactor de contacto

3.- Membrana sumergible

15 4.- Agua residual depurada.

5.- Fotobiorreactor o reactor de cultivo

6.- Deposito de purga diurna de biomasa

7.- Depósito de purga nocturna

8.- Compresor de aire para reactor de contacto (3) y fotobiorreactor (7)

20 C1.- Corriente cargada de microorganismos fotosintéticos procedente del reactor de cultivo (5).

C2.- Corriente de biomasa cargada de nutrientes procedentes del reactor de contacto (2).

25 C3.- Corriente cargada de microorganismos fotosintéticos de bajo contenido en nutrientes, procedente del depósito de almacenamiento diurno (6).

Figura 4.- Esquema de funcionamiento diurno.

- 1.- Agua residual a tratar.
- 2.- Reactor de contacto
- 3.- Membrana sumergible
- 5 4.- Agua residual depurada.
- 5.- Fotobiorreactor o reactor de cultivo
- 6.- Deposito de purga diurna de biomasa
- 8.- Compresor de aire para reactor de contacto (3) y fotobiorreactor (7)
- C1.- Corriente cargada de microorganismos fotosintéticos procedente del reactor de
10 cultivo (5).
- C2.- Corriente de biomasa cargada de nutrientes procedentes del reactor de contacto
(2).

Figura 5.- Esquema de funcionamiento nocturno.

- 15 1.- Agua residual a tratar.
- 2.- Reactor de contacto
- 3.- Membrana sumergible
- 4.- Agua residual depurada.
- 6.- Deposito de purga diurna de biomasa
- 20 7.- Depósito de purga nocturna
- 8.- Compresor de aire para reactor de contacto (3) y fotobiorreactor (7)
- C2.- Corriente de biomasa cargada de nutrientes procedentes del reactor de contacto
(2).
- C3.- Corriente cargada de microorganismos fotosintéticos de bajo contenido en
25 nutrientes, procedente del depósito de almacenamiento diurno (6).

MODO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION.

A continuación, se describe el proceso, basándose para ello en una posible disposición de los principales componentes del sistema, necesarios para llevar a cabo la invención, según se recoge en el apartado de descripción de las figuras y de las
5 figuras.

Es importante tener en consideración que estos componentes y su disposición, deberán ser tomados siempre con carácter amplio y no limitativo, ya que son susceptibles de variación, siempre y cuando ello no suponga una alteración esencial del proceso.

10 El proceso permite el tratamiento de forma continuada, de día y noche, gracias a sus dos modos de operación:

Funcionamiento diurno: El agua residual a tratar, contenida en el depósito (1), es conducida al reactor de contacto (2), donde se mezcla con la corriente cargada en microorganismos fotosintéticos (C1) proveniente del reactor de cultivo (5). En el
15 reactor de contacto (2) el nitrógeno y fósforo soluble del agua residual se incorporará a los microorganismos fotosintéticos. Una vez realizado el proceso de asimilación de nutrientes en el reactor de contacto (2), el agua residual es filtrada a través de una membrana (4) y vertida al medio receptor (5). La biomasa cargada en nutrientes (C2) del reactor de contacto (2) es enviada al reactor de cultivo (5), donde se favorece su
20 crecimiento a expensas de las reservas de nutrientes tomadas en el reactor de contacto (2). La biomasa es mantenida en el reactor de cultivo (5) hasta que aumente la concentración de biomasa hasta tal punto que la concentración de nutrientes en los microorganismos fotosintéticos disminuya lo suficiente como para favorecer la posterior eliminación de nutrientes en el reactor de contacto (2), comenzando
25 nuevamente el ciclo. Una parte de la biomasa generada en el reactor de cultivo (5) será enviada al depósito de almacenamiento diurno (6) durante el día. La cantidad de biomasa conducida al depósito de almacenamiento (6) será igual a la cantidad de biomasa generada en el fotobiorreactor de modo que se mantenga una concentración de biomasa suficientemente elevada y estable en los reactores de contacto y cultivo.

Funcionamiento nocturno: El agua residual a tratar (1), es conducida al reactor de contacto (2), donde se mezcla con la corriente cargada en microorganismos fotosintéticos de bajo contenido en nutrientes (C3) proveniente del depósito de almacenamiento diurno (6). Una vez incorporados los nutrientes del agua residual a los microorganismos fotosintéticos en el reactor de contacto (2), el agua residual es filtrada a través de la membrana (3) y vertida al medio receptor (4). La biomasa algal cargada en nutrientes en el reactor de contacto (C2) es retirada del sistema (7).

APLICACIÓN INDUSTRIAL.

10 Este nuevo proceso de depuración puede ser empleado en el tratamiento de aguas residuales urbanas o de cualquier tipo de industria generadora de aguas con elevados contenidos de nitrógeno y/o fósforo.

- Aplicación a la Industria del Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas

15 La aplicación del Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, establece la necesidad de reducir de los efluentes líquidos el contenido en fósforo y nitrógeno cuando el vertido se produce a zona sensible.

20 Actualmente existen en el mercado sistemas capaces de eliminar los nutrientes de los flujos de agua de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales, pero presentan una serie de inconvenientes que son salvados con la tecnología propuesta en esta patente. Los inconvenientes más destacados son:

- Elevada producción de residuos (lodos).
- Complejidad en la operación.
- 25 ○ Elevados costes de inversión en la implantación y operación.

- **Aplicación a la Industrial del Tratamiento de las Aguas Residuales Industriales**

La aplicación del Real Decreto 2116/1998, de 2 de octubre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales industriales cuando se produce vertido a zonas sensibles, hace necesario el tratamiento de las aguas procedentes de ciertas actividades industriales a través de distintos tipos de tratamientos.

Existen aguas residuales industriales como por ejemplo las procedentes de acerías, que presentan elevados niveles de nutrientes, nitrógeno principalmente, pero bajos contenidos en materia orgánica, lo que limita las tecnologías de eliminación de nutrientes mediante procesos biológicos. En estos casos el uso de organismos autótrofos como los microorganismos fotosintéticos permite el tratamiento de esta agua sin la necesidad de una fuente externa de materia orgánica

Este tipo de sistema representa un nuevo concepto ya que concibe el tratamiento como un nuevo proceso de producción de biomasa, biomasa con valor añadido desde el punto de vista energético y medioambiental (generador de energía y captura del CO₂).

REIVINDICACIONES

- 1.- Proceso de eliminación de nutrientes de aguas residuales mediante fotobiotratamiento con microorganismos fotosintéticos, caracterizado porque comprende dos fases; una fase de eliminación de nutrientes en un reactor en oscuridad y una segunda etapa de crecimiento de la biomasa en un fotobiorreactor o reactor iluminado.
- 5
- 2.- Proceso de eliminación de nutrientes de aguas residuales mediante fotobiotratamiento con microorganismos fotosintéticos, según reivindicación 1, caracterizado porque aprovecha la capacidad de los organismos fotosintéticos de asimilar nutrientes en la oscuridad a una velocidad superior a la que estos requieren para multiplicarse, separando la fase de almacenamiento rápido de nutrientes que se realiza en oscuridad, de la fase de crecimiento de la biomasa que se realiza bajo iluminación.
- 10
- 3.- Proceso de eliminación de nutrientes de aguas residuales mediante fotobiotratamiento con microorganismos fotosintéticos, según reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque comprende el uso de dos reactores, un reactor de contacto operado en oscuridad para la incorporación de nutrientes a la biomasa y un fotobiorreactor para el crecimiento de la biomasa algal sin aporte externo de nutrientes, haciendo que para su crecimiento, la biomasa emplee las reservas acumuladas en el reactor de contacto.
- 15
- 20
- 4.- Proceso de eliminación de nutrientes de aguas residuales mediante fotobiotratamiento con microorganismos fotosintéticos, según reivindicación 3, caracterizado porque en el reactor de contacto en oscuridad, además de realizarse la incorporación de nutrientes a la biomasa, se realiza la separación de la biomasa del agua residual tratada mediante procesos de filtración por membrana sumergida.
- 25

5.- Proceso de eliminación de nutrientes de aguas residuales mediante fotobiotratamiento con microorganismos fotosintéticos, según reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque comprende dos fases de operación, para su funcionamiento de forma continuada día y noche, según se describe a continuación:

- 5 Operación diurna: La corriente concentrada saliente del reactor de contacto es enviada al reactor de crecimiento y la recirculación al reactor de contacto se realiza desde el reactor de crecimiento.

- Operación nocturna: La corriente concentrada saliente del reactor de contacto es enviada a un depósito de almacenamiento y la recirculación se realiza desde el
10 depósito de almacenamiento de la purga diurna del fotobiorreactor de crecimiento.

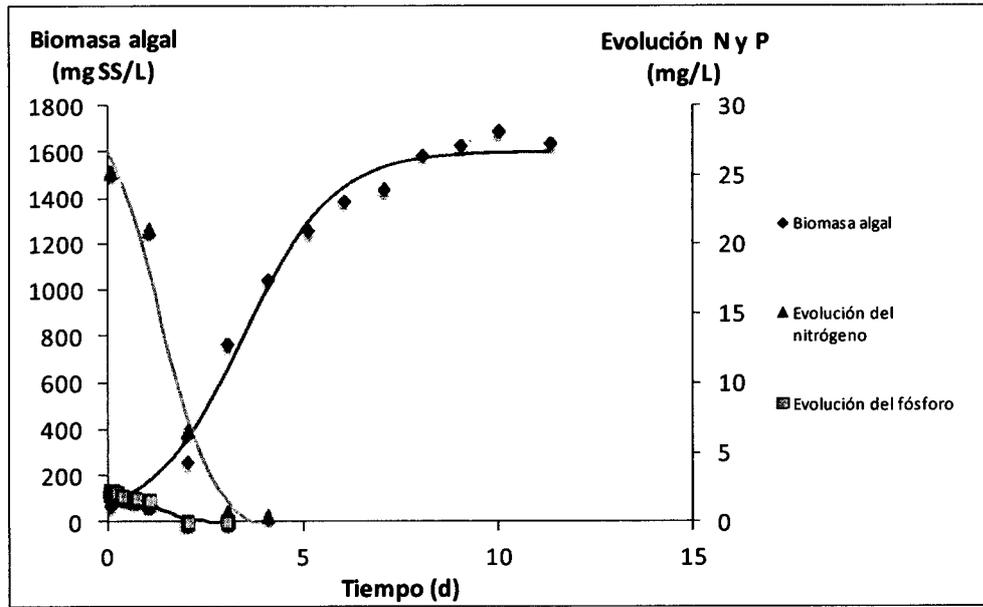


Fig. 1

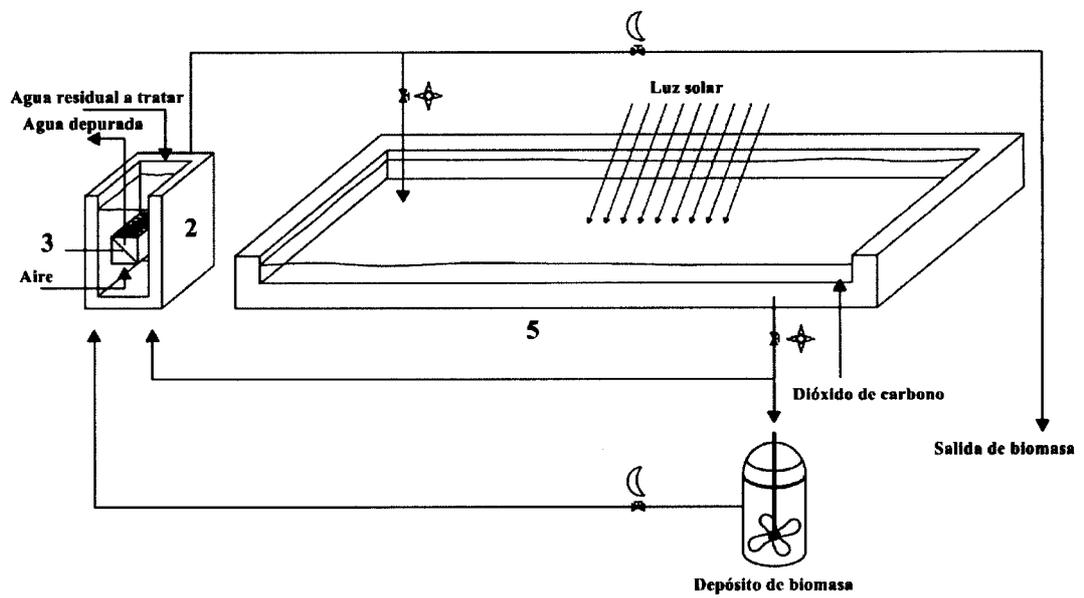


Fig. 2

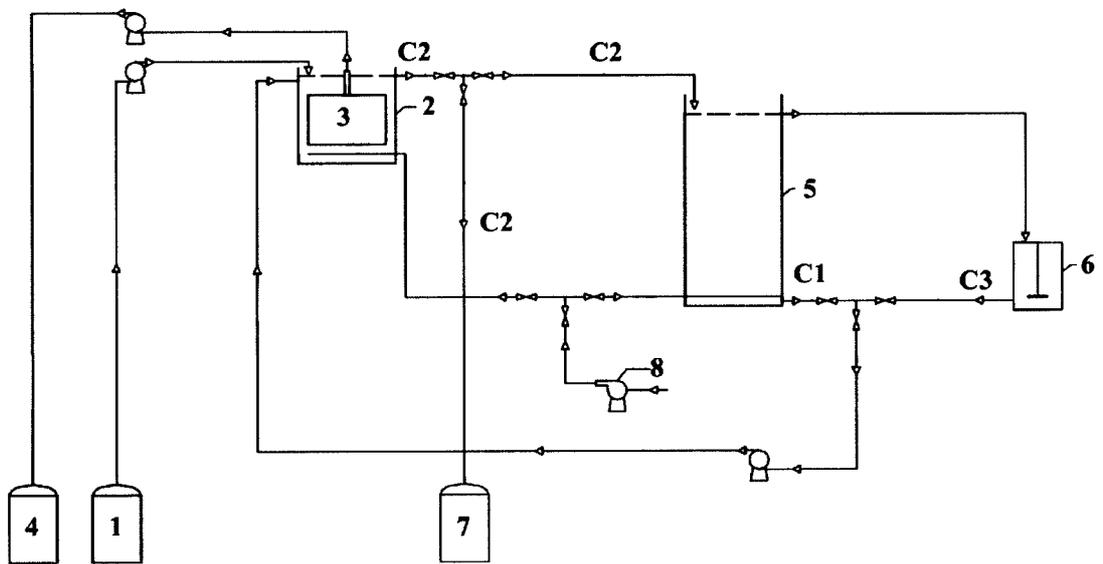


Fig. 3

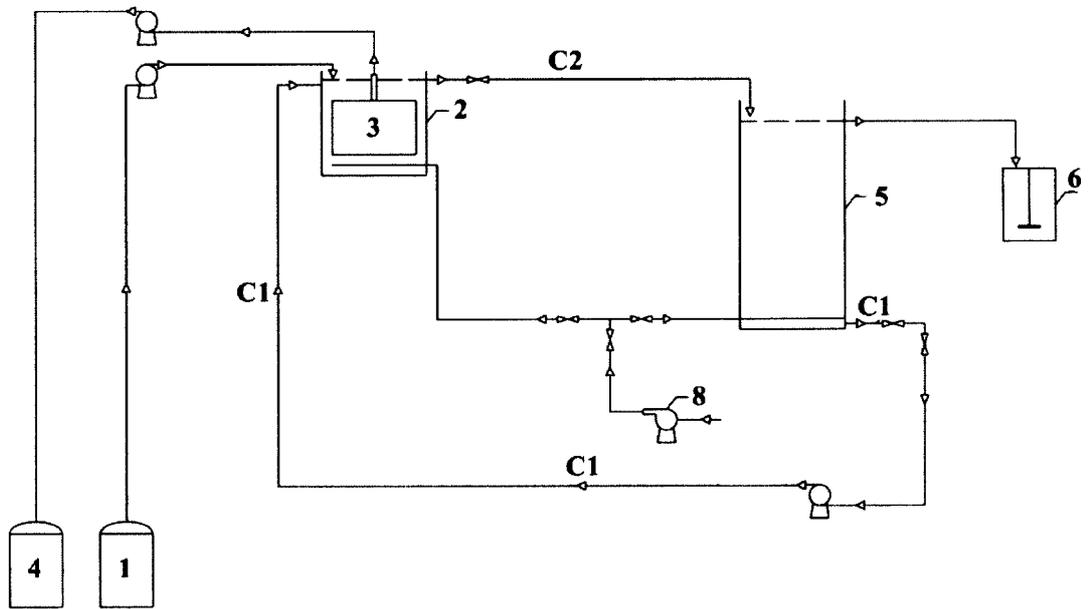


Fig. 4

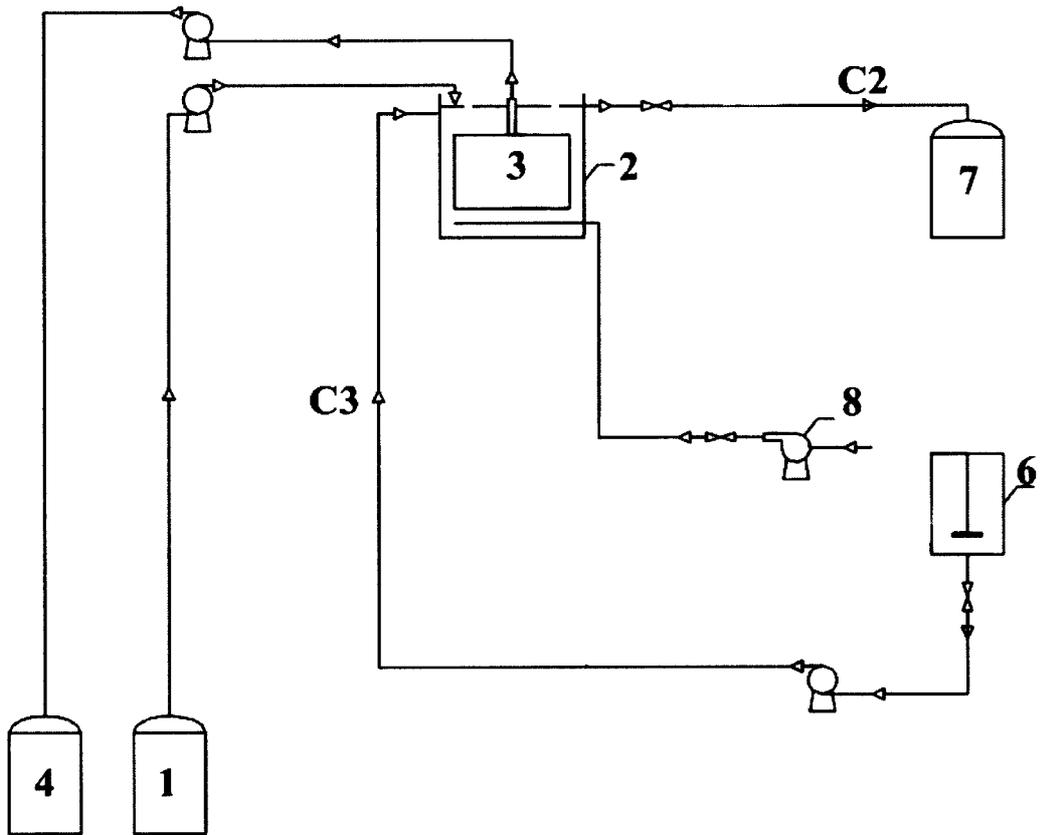


Fig. 5



- ②① N.º solicitud: 201201138
②② Fecha de presentación de la solicitud: 16.11.2012
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2011247977 A1 (SONG KYUNG GUEN et al.) 13.10.2011, figura 1.	1-5
A	YANYAN, SU. et al. Coupled nutrient removal and biomass production with mixed algal culture: Impact of biotic and abiotic factors. Bioresource Technology. 19.05.2012. VOL: 118. Págs: 469-476. ISSN 0960-8524. Doi: 10.1016/j.biortech.2012.05.093.	1-5
A	LOGAN CHRISTENSON et al. Production and harvesting of microalgae for wastewater treatment, biofuels, and bioproducts. Biotechnology Advances. 27.05.2011. VOL: 29 No: 6 Págs: 686-702. ISSN 0734-9750 Doi: 10.1016/j.biotechadv.2011.05.015.	1-5
A	ABDEL-RAOUF, N. et al. Microalgae and wastewater treatment. Saudi Journal of Biological Sciences. 21.04.2012. VOL: 19. No: 3. Págs: 257-275. ISSN 1319-562X. Doi: 10.1016/j.sjbs.2012.04.005.	1-5
A	US 2012088278 A1 (KIM JANE et al.) 12.04.2012, todo el documento.	1-5

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:

<p>Fecha de realización del informe 29.10.2013</p>	<p>Examinador E. M. Ulloa Calvo</p>	<p>Página 1/4</p>
---	--	------------------------------

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

C02F3/32 (2006.01)

C12N1/12 (2006.01)

C12M1/00 (2006.01)

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

C02F, C12N, C12M, A01H

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

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, BIOSIS, INSPEC, COMPDX, XPESP, XPESP2, XPOAC, XPTK

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 29.10.2013

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-5	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-5	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2011247977 A1 (SONG KYUNG GUEN et al.)	13.10.2011
D02	YANYAN, SU. et al.	19.05.2012
D03	LOGAN CHRISTENSON et al.	27.05.2011
D04	ABDEL-RAOUF, N. et al.	21.04.2012
D05	US 2012088278 A1 (KIM JANE et al.)	12.04.2012

La solicitud describe un proceso de tratamiento de aguas residuales con microorganismos fotosintéticos.

Los documentos D01-D05 anticipan el tratamiento de aguas residuales mediante microorganismos fotosintéticos:

El documento D01 realiza el tratamiento en un reactor iluminado empleando una membrana sumergida para la separación del agua tratada.

Los documentos D02-D05 resumen técnicas que aúnan el tratamiento de aguas residuales con la producción de biomasa algal, intercalando ciclos de iluminación luz/oscuridad.

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

NOVEDAD Y ACTIVIDAD INVENTIVA (Art. 6.1 y 8.1 L.P.)

La solicitud describe un proceso de tratamiento de aguas residuales con microorganismos fotosintéticos con la particularidad de realizarlo en dos fases, cada una separada físicamente de la otra: una fase de eliminación de nutrientes mediante su asimilación por parte de los microorganismos fotosintéticos, en un reactor de contacto en oscuridad, separando el agua tratada mediante filtración por membrana sumergida, y una fase de crecimiento de la biomasa en un fotobioreactor o reactor iluminado sin aportación de nutrientes. El proceso se realiza de forma continuada día y noche gracias a dos fases operativas que permiten el continuo aporte de microorganismos fotosintéticos al sistema, la fase diurna, en que la corriente concentrada saliente del reactor de contacto pasa al fotobioreactor, y de ahí recircula parte al reactor de contacto, y la fase nocturna, en que la corriente concentrada saliente del reactor de contacto pasa a un depósito de almacenamiento, y la recirculación al reactor de contacto se hace desde un depósito de almacenamiento de purga diurna.

Los documentos más cercanos a la solicitud se corresponden con D01-D05.

El documento D01 emplea un reactor de contacto iluminado para el tratamiento de agua con microalgas, con una membrana sumergida para la separación del agua ya tratada, pero no realiza un crecimiento posterior de las microalgas sobre un fotobioreactor separado.

Los documentos D02-D05 resumen técnicas que aúnan el tratamiento de aguas residuales con la producción de biomasa algal, intercalando ciclos de iluminación luz/oscuridad.

Ninguno de los documentos citados realiza una separación física en dos fases del proceso, una primera en un reactor de contacto para el tratamiento del agua y una segunda en un fotobioreactor para la obtención de biomasa algal para el proceso.

Por tanto, y a la vista del estado de la técnica conocido, las reivindicaciones 1-5 cumplen con el requisito de novedad y actividad inventiva.