



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 363 363**

② Número de solicitud: 201131027

⑤ Int. Cl.:  
**C02F 3/32** (2006.01)  
**C02F 103/20** (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫ Fecha de presentación: **17.06.2011**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.08.2011**

⑭ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**01.08.2011**

⑦ Solicitante/s:  
**Universidad Politécnica de Cartagena** (Titular al 80 %)  
**Edificio "La Milagrosa"**  
**Plaza Cronista Isidoro Valverde, s/n**  
**30202 Cartagena, Murcia, ES**  
**Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo**  
**Agrario y Alimentario (IMIDA)** (Titular al 20 %)

⑧ Inventor/es: **Caballero Lajarín, Ana María;**  
**Faz Cano, Ángel y**  
**Lobera Lössel, Juan Bautista**

⑦ Agente: **Temiño Cenicerros, Ignacio**

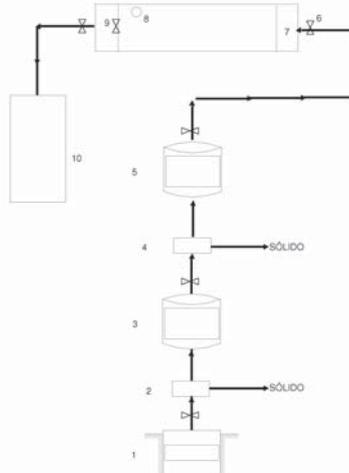
⑤ Título: **Humedal artificial y uso del mismo para la fitopurificación de efluentes líquidos.**

⑥ Resumen:

Humedal artificial y uso del mismo para la fitopurificación de efluentes líquidos.

Humedal artificial (6) del tipo de flujo horizontal subsuperficial no continuo y trabajo por lotes que se caracteriza porque consiste en un cuerpo de sección trapezoidal invertida, con los laterales en pendiente orientada en profundidad hacia un interior y que aloja una pluralidad de plantas macrófitas sustentadas sobre una superficie de arena que descansa sobre una capa de grava en la parte inferior, todo ello de tal forma que cada lote de efluente líquido inunda subsuperficialmente el lecho de grava del cuerpo del humedal sin inundar la superficie de arena pasando inicialmente sobre un gavión de desbaste (7), y produciéndose la salida del efluente depurado hacia una arqueta de recogida (9) por gravedad mediante un tubo de drenaje colocado en el extremo final de salida bajo la superficie del humedal.

Figura 1



ES 2 363 363 A1

**DESCRIPCIÓN**

Humedal artificial y uso del mismo para la fitopurificación de efluentes líquidos.

**5 Campo de la invención**

La presente invención se encuadra en general en el campo de la biorremediación, y en particular se refiere a un procedimiento para la gestión y depuración de aguas de alto contenido en sólidos, materia orgánica, nitrógeno y fósforo procedente de la agricultura y ganadería.

10

**Estado de la técnica**

La población mundial de cerdos en el año 2008 fue de 942 millones de cabezas (FAOSTAT 2008). La distribución del censo es bastante heterogénea, concentrándose la mayor parte en Asia (60%), especialmente en China (47% del censo mundial), seguido del continente europeo (17%), EEUU (7%) y Brasil (4%). Por último se encuentran África (3%) y Oceanía (1%) con una importancia minoritaria dentro del sector.

15

Por tanto, se observa que la producción porcina es uno de los principales motores de la ganadería a nivel mundial. Los valores de producción de purines, según el Anexo I del RD 324/2000 de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas, oscila entre los 17,75 m<sup>3</sup>/año en el caso de cerdas en ciclo cerrado hasta los 0,41 m<sup>3</sup>/año en el caso de los lechones de entre 6 y 20 kg.

20

El purín bruto, al igual que otras excretas de origen animal, puede ser considerado como subproducto utilizable en abonado, previo tratamiento contra patogenicias, o como residuo no aprovechable debido a las condiciones de la explotación ganadera, por ejemplo, por falta de terreno, residuo que debe ser debidamente tratado para eliminar el riesgo de contaminaciones.

25

Actualmente, la gestión de los purines es muy problemática en instalaciones intensivas de ganado porcino, ya que su elevada generación no puede ser absorbida *in situ* para su aprovechamiento como abono, dada la inexistencia de tierra cultivable, en la extensión adecuada, para absorber, de forma sostenible, la cantidad de amoníaco presente en los purines, según los ratios estándares existentes.

30

Como consecuencia de ello, se producen graves problemas de contaminación por nitratos de los acuíferos presentes en el subsuelo, o de los ríos y corrientes superficiales, por la lixiviación de estos compuestos, no fijados como nutrientes debido al exceso presente, y las condiciones en que se encuentran.

35

Además, se debe añadir el aumento de olores desagradables característicos de la acumulación de estos residuos.

Por lo tanto, el abonado mediante purines, que constituya una forma tradicional de eliminación controlada en tierras de cultivo, y que fomentaba el desarrollo sostenible de las dos actividades (ganadera y agrícola), ha pasado a transformarse, tras el gran desarrollo de una de ellas, en una acumulación incontrolada del exceso de residuos ganaderos en tierras, que pasan a ser vertederos, más que parcelas de cultivo, lo que ha hecho necesario el planteamiento de otros sistemas de gestión de purines, que se adecuen al grado de desarrollo actual de ambas actividades de forma ambientalmente correcta.

40

Los distintos tipos de tratamientos de purines pueden agruparse en tratamientos físico químicos que incluyen, por ejemplo, la floculación y separación de sólidos y líquidos, tratamientos biológicos, que incluyen la digestión anaerobia o aerobia de los residuos, y tratamientos térmicos, que incluyen, por ejemplo, la evaporación de los residuos.

Los tratamientos físico-químicos, al igual que los biológicos, tienen las ventajas de que requieren unos relativamente bajos consumos energéticos y el coste de la instalación es medio, y los inconvenientes de los elevados costes de tratamiento debidos al consumo de reactivos y al manejo de los sólidos separados. Ejemplos de ellos los encontramos en patentes como ES2242472, ES2219161, ES2108658, ES2308875 y WO9922581.

Los residuos líquidos, entre los que se encuentran los residuos industriales y los agroganaderos, se someten, habitualmente, a un primer tratamiento físico con el fin de eliminar las materias y cuerpos gruesos y arenosos mediante, por ejemplo, tamizado y/o desbaste y/o centrifugación y/o desarenado y/o desengrasado. A continuación, el efluente resultante de dicho primer tratamiento se somete a un segundo tratamiento consistente en un tratamiento físico-químico, en el que se separan por centrifugación y con la ayuda de floculantes y/o coagulantes las partículas sólidas que no se han separado en el primer tratamiento. Tras el segundo tratamiento se obtienen dos productos, por una parte, un fango que reúne las características de un abono y, por otra parte, una fase líquida que se trata biológicamente en un reactor.

50

Por otro lado, el secado del líquido realizado por evaporación mediante calor también presenta inconvenientes. El sólido obtenido es un abono de calidad desigual. La parte gaseosa generada durante el proceso de ebullición produce emanaciones difícilmente controlables, de olor molesto y con alto contenido en amoníaco. Es así mismo un proceso de precio elevado puesto que hay que aplicar energía y los filtros destinados a tratar las emanaciones gaseosas son de coste elevado. Además, existen serios problemas inherentes al transporte cuando se trata de plantas

55

de tratamiento a nivel comarcal. Por su parte, los tratamientos térmicos requieren unos costes de tratamiento elevados, dadas las correspondientes necesidades energéticas, con el inconveniente adicional de costes de instalación elevados.

5 Un primer procedimiento de tratamiento biológico conocido consiste en dejar reposar los purines en una balsa de recepción, a la espera de que la población bacteriana generada haga disminuir la polución, que en el caso del purín procedente de animales estabulados es fundamentalmente en forma de sustancias contaminantes que contienen nitrógeno y fósforo. Sin embargo, este método no es efectivo, puesto que los purines tienen una tendencia natural a “desactivarse”, es decir, la población bacteriana no aumenta en él. Como consecuencia, la balsa de recepción actúa, simplemente, como un decantador que separa, sólo parcialmente, las fases sólida y líquida del purín. La fase líquida permanece de todos modos en un estado altamente contaminado, contiene partículas sólidas en suspensión, no puede ser utilizada para riego, y no es apta para ser vertida.

15 En las patentes P9800763 y WO 97147561 se describe un procedimiento compuesto por distintos tratamientos, un primer tratamiento físico-químico convencional inicial, un tratamiento biológico mixto anóxico-aerobio, con distintos procesos, y un tratamiento físico-químico convencional para finalizar.

20 Algunos de ellos, consisten en disminuir la carga contaminante de los purines mediante tratamientos físico-químicos combinados con procesos de fermentación aerobia o anaerobia. De todos modos, este tipo de procedimientos resultan caros y no siempre son rentables.

25 Otros procedimientos consisten en concentrar los purines secándolos hasta obtener un sólido, fácilmente transportable y que se emplea como fertilizante. Dichos procedimientos pueden resultar también caros porque implican el tratamiento de grandes cantidades de gases y vapores. Un ejemplo de procedimiento de concentración por secado de los purines y que además comprende etapas de fermentación anaerobia, es el descrito en la patente española ES 2157779.

30 La patente española ES permite reducir notablemente la emisión de amoníaco en las etapas de evaporación y secado, pero debido a la complejidad de los compuestos que constituyen los purines, puede resultar costoso el mantenimiento de las instalaciones.

35 Los sistemas artificiales de fitopurificación, también conocidos por el término inglés “constructed wetlands” (humedales contruidos), son sistemas artificiales que se usan para el tratamiento de agua contaminada. El agua tiene una capacidad intrínseca de auto-purificación, es decir, de eliminar o al menos reducir la concentración de contaminantes mediante mecanismos químicos/físicos y biológicos. Entre los macrófitos emergidos, el más eficaz, particularmente para bacterias reductoras, es *Phragmites australis* que, en virtud de la estructura particular de su aerénquima, crea una zona oxidante alrededor de las raíces, mejorando así los procesos oxidativos. En particular, con respecto a *Phragmites*, el proceso de transferencia de oxígeno es particularmente eficaz y, además, dado que sus rizomas penetran hasta una mayor profundidad que los de otras especies, reducen las regiones en las que pueden tener lugar procesos anaerobios, que conducirían al desarrollo de gases malolientes tales como amoníaco, sulfuro de hidrógeno, mercaptanos, etc.

La patente española ES2283587 es un ejemplo de aplicado a aguas residuales de origen industrial y humano.

45 Los procesos basados en microalgas constituyen una tecnología rentable para la degradación de aguas residuales de origen ganadero, (de Godos *et al.*, 2009; Mulbry *et al.*, 2008). Estudios recientes han mostrado que la actividad de las microalgas es a menudo el factor limitante de este microcosmos simbiótico debido a su alta sensibilidad a contaminantes tóxicos (como el NH<sub>3</sub> tan elevado en las aguas residuales) y a las limitaciones inherentes al suministro de luz (Muñoz *et al.*, 2004; González *et al.*, 2008). Sin embargo, a pesar del hecho de que la microalgas juegan papel clave en los procesos de degradación, pequeños esfuerzos han sido realizados hasta ahora; algunos estudios se basan en la selección de las de las microalgas con un buen funcionamiento y la evaluación de la influencia de especies de microalgas en las funciones del proceso, (Muñoz *et al.*, 2003).

55 Una situación diferente se manifiesta en el estado actual de la técnica en el tratamiento de residuales de alta carga orgánica y nitrogenada. El agudo y progresivo deterioro del medioambiente impone el desarrollo emergente de procedimientos para atenuar el impacto que ejercen estos vertidos.

### Descripción de la invención

60 Así pues la presente invención en un primer aspecto se refiere a un humedal artificial (6) del tipo de flujo horizontal subsuperficial no continuo y trabajo por lotes que se caracteriza porque consiste en un cuerpo de sección trapezoidal invertida, con los laterales en pendiente orientada en profundidad hacia un interior y que aloja una pluralidad de plantas macrófitas sustentadas sobre una superficie de arena que descansa sobre una capa de grava en la parte inferior, todo ello de tal forma que cada lote de efluente líquido inunda subsuperficialmente el lecho de grava del cuerpo del humedal sin inundar la superficie de arena pasando inicialmente sobre un gavión de desbaste (7) para su desbaste, y produciéndose la salida del efluente depurado hacia una arqueta por gravedad mediante un tubo de drenaje colocado en el extremo final de salida bajo la superficie del humedal.

## ES 2 363 363 A1

En una realización más en particular, el lecho del humedal comprende una capa inferior de grava de 23-40 mm de diámetro y una capa superficial de arena. Más en particular, la grava es de material calizo.

En una realización más en particular, las plantas macrófitas son del género *Phragmites*.

En una realización más en particular, la densidad de plantación del humedal es de 10 plantas macrófitas por m<sup>2</sup>.

En un segundo aspecto, la presente invención se refiere al uso de un humedal artificial (6) según se describe en la presente invención para la fitopurificación de efluentes líquidos.

En un tercer aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para la depuración de efluentes líquidos caracterizado porque comprende las siguientes etapas:

- a) Almacenamiento, homogeneización y oxidación del purín bruto en una fosa subterránea (1) con agitador de hélice con turbina,
- b) Separación de fases sólida y líquida en compactador (2) mediante dos etapas:
  - b.1) filtración en filtro o malla,
  - b.2) paso del filtrado de la etapa b.1) por tornillo sinfín y filtrado con filtro cilíndrico,
- c) Aireación, floculación y coagulación de la fase líquida procedente de la etapa b.2) en un depósito (3) en condiciones aerobias,
- d) Espesado de fangos procedente de la etapa c) en el espesador de fangos (4),
- e) decantación de la fase líquida procedente de d) en ausencia de agitación en depósito (5), y eliminación de sólidos existentes en el purín bruto,
- f) fitopurificación del efluente procedente de la etapa e) en humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial (6) según se describe en la presente invención,
- g) biorremediación mediante microalgas del efluente procedente de la etapa f) en balsa de almacenaje (10).

En una realización más en particular, el humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial (6) tiene un tiempo de retención hidráulico comprendido entre 1-2 meses.

En una realización más en particular de la presente invención, las microalgas de la etapa g) son clorofíceas, más en particular son del género *Scenedesmus*.

En una realización más en particular de la presente invención, el tiempo de biorremediación de la etapa g) es de 3 meses.

En una realización más en particular de la presente invención, los efluentes líquidos son purines.

En un cuarto aspecto, la presente invención se refiere a un sistema de depuración de efluentes líquidos que comprende:

- una fosa subterránea (1)
- un compactador (2)
- un primer depósito (3)
- un espesador de fangos (4)
- un segundo depósito (5)

caracterizado porque además comprende un humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial (6) según se describe en la presente invención y una balsa de almacenaje (10).

### Descripción de las figuras

La figura 1 muestra un esquema del procedimiento y del sistema de la presente invención:

- fosa subterránea (1)

## ES 2 363 363 A1

- compactador (2)
- primer depósito (3)
- 5 - espesador de fangos (4)
- segundo depósito (5)
- humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial (6)
- 10 - gavión de desbaste (7)
- tubo hueco de hormigón-testigo control de volumen (8)
- 15 - arqueta de recogida (9)
- balsa de almacenaje (10).

La figura 2 muestra la sección vertical del humedal artificial (6), en el que se aprecia las dos capas del gavión de desbaste (7), la inferior de grava y la capa superficial de arena.

### Descripción detallada de la invención

El purín bruto de la explotación se almacenó en una fosa subterránea (1) con agitador para su homogeneización. A continuación se puso en marcha el agitador de purines situado en el depósito receptor, durante aproximadamente media hora, de tal forma que los purines depositados fueron homogeneizados, facilitando y optimizando el trabajo posterior del compactador (2).

Se utilizó un sistema de alimentación de tipo continuo mediante una bomba sumergible, cuyo caudal era regulado mediante una llave de accionamiento manual que lleva incorporado el equipo a la entrada al compactador (2), y además, una toma de agua supletoria regulada por una llave (manual) por si el producto entrante en el compactador (2) es demasiado espeso.

De esta manera, los purines brutos entran a presión al cuerpo cilíndrico del compactador (2), y después de una primera separación en un filtro o malla especial, el concentrado de sólidos pasa por un tornillo sinfín a un filtro cilíndrico, mientras, el resto del volumen de purín que no pueda ser procesado en ese momento es retornado al depósito de recepción de purines por medio de una manguera de igual calibre que la que alimenta el compactador (2). El filtro cilíndrico consiste en una serie de varillas de acero inoxidable agrupadas con una distancia entre ellas de 0,5 mm, expulsando a través de estos orificios los líquidos (fase líquida). La fase sólida, que permanece en el interior del cilindro es comprimida contra el “regulador de expulsión”, pudiéndose modificar su contenido en agua mediante la colocación de pesas en un brazo de palanca exterior de dicho regulador, variando así la humedad con que se obtiene esta fase sólida. Mediante la acción del compacter sobre el purín en bruto, se obtuvieron dos fases:

Fase líquida: que con este tipo de compacter y el purín empleado, que contenía menos del 10% de materia seca, obteniéndose por término medio, entre 5000 y 6000 litros por hora de trabajo.

Fase sólida: con este tipo de compacter y el purín empleado en este ensayo, que contenía menos del 10% de materia seca, obteniéndose por término medio, entre 375 y 450 kg/h de trabajo.

La fase líquida es conducida, mediante una tubería de PVC, a primer depósito (3) En este depósito se inyecta el aire de forma intermitente a esta fase, mediante la acción de un compresor de aire, creando unas condiciones aerobias que permiten el desarrollo de una flora bacteriana (Nitrosomas y Nitrobacter) que degrade el nitrógeno amoniacal y la urea presente en los purines de cerdo y convirtiéndolos en nitritos, luego en nitratos, con lo cual se reduce la carga de urea y amoníaco del purín que tanto frena la utilización de esta fase líquida en agricultura como agua de riego. En esta etapa, las partículas en suspensión flocculan y coagulan.

Después de 3 días esta fase líquida se hace pasar por un espesador de fangos (4). Los fangos se desplazan al interior del tambor y salen con una concentración muy superior a la inicial. El proceso está automatizado y monitorizado. Los sólidos más finos retornan acumulándose junto con los otros obtenidos anteriormente y la fase líquida se almacena en un segundo depósito (5) donde se deja decantar 10 días eliminándose de esta manera la mayor parte de los sólidos existentes en el purín bruto.

Otra característica propia e innovadora del procedimiento es que el proceso de fitodepuración se ha llevado a cabo mediante el uso de un humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial (6) que trabaja por lotes de efluente líquido, no de flujo continuo como en el resto de humedales artificiales conocidos.

## ES 2 363 363 A1

Por ello su diseño difiere de los demás por la incorporación a estos humedales de llaves de paso de entrada y salida así como sus dimensiones y modo de empleo respetando unos tiempos de retención hidráulicos, (TRH).

5 Una vez decantado el efluente líquido se utiliza para el llenado del humedal artificial (6) mediante la acción de una bomba y apertura de llave de entrada hasta su capacidad máxima. El efluente líquido porcino permanece en el humedal artificial (6) un tiempo de retención hidráulico comprendido entre 1 y 2 meses de tal forma que con este TRH se obtiene un mayor rendimiento de eliminación de contaminantes.

10 El efluente se suministra mediante tuberías y apertura de llaves de paso de una manera tal que el nivel de agua siempre se mantiene por debajo de la superficie del lecho. El efluente no cae sobre la arena sino sobre un gavión de desbaste (7) para evitar que ésta sea arrastrada hacia el interior y permitiendo un desbaste. La pendiente hacia el otro extremo facilita el drenaje del agua. La superficie superior es generalmente horizontal. La salida del efluente depurado del humedal hacia una arqueta se realiza por gravedad mediante un tubo de drenaje colocado bajo la superficie, evitándose los problemas de mal olor. Por lo tanto, se soluciona uno de los problemas comentados anteriormente.

20 A continuación se describe el diseño empleado para el proceso de fitodepuración, el cual no debe entenderse como limitante del alcance de la presente invención. El diseño del humedal artificial (6) de flujo horizontal por lotes es el siguiente:

- Longitud de la zanja: 27 m y delimitado por bordillos de hormigón.
- Impermeabilización con láminas de polietileno de alta densidad (HDPE).
- 25 - Profundidad: 100 cm.
- Ancho en profundidad: 200 cm.
- Ancho en superficie: 250 cm.
- 30 - Gavión para desbaste: corresponde al primer metro de los 27 m de longitud, en el extremo del inicio de la zanja y relleno de grava 23 y 40 mm de diámetro de tamaño y 100 cm en profundidad.
- Longitud de plantación: 26 m.
- 35 - Material de relleno en la zona de plantación: 80 cm de profundidad de grava de entre 23 y 40 mm de diámetro de tamaño y una capa superficial de arena de 20 cm.
- Planta seleccionada: *Phragmites australis*.
- 40 - Densidad de plantación: 10 plantas por metro cuadrado.
- Pendiente en profundidad: 1%.
- 45 - Arqueta de recogida (9) de efluentes: 150 cm de ancho, 100 cm de largo, 100 cm de profundidad y delimitado por bordillos de hormigón.
- Llaves de paso: entrada y salida del efluente en humedal artificial (6).

50 Las gravas empleadas fueron de origen calizo, roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato cálcico. Se caracterizó por la presencia de grandes cavidades comunicadas entre sí y con el exterior por medio de canales que permitió un mayor crecimiento y multiplicación de los microorganismos responsables de los procesos de degradación del material orgánico.

55 En este procedimiento se ha constatado como sustrato diversas capas de grava de distintos tamaños encontrando que una capa de 80 cm de profundidad de grava de entre 23 y 40 mm de diámetro de tamaño es el que permite una mayor eliminación de fósforo.

60 Este sustrato absorbió cationes de diversos tipos a partir de los efluentes contaminantes y retenidos dentro de su propia estructura, permitiendo que fluya el agua así purificada. Los cationes absorbidos se vuelven a ceder entonces muy lentamente al exterior, de nuevo mediante intercambio catiónico, y por tanto se hacen disponibles para la acción oxidante de los microorganismos que están presentes en la rizosfera.

65 El ión amonio (que, entre los diversos cationes contaminantes, es el que generalmente está presente en la mayor concentración) fue capturado por la grava mediante intercambio catiónico que se cede de nuevo a niveles de concentración inferiores de modo que los microorganismos presentes en la rizosfera, tales como Nitrosomonas y Nitrobacter, lo oxidaron a iones nitrato, estos iones nitrato por un lado fueron usados por algunas plantas y otra parte se redujo a nitrógeno gaseoso (N<sub>2</sub>) mediante bacterias desnitrificantes y liberándose después a la atmósfera.

## ES 2 363 363 A1

Los metales pesados presentes en el efluente, fueron capturados por la grava y fueron absorbidos por las raíces de las plantas y transferidos a la parte aérea (el tallo y las hojas), donde se acumularon.

5 De acuerdo con este procedimiento se ha constatado que la *Phragmites australis* es un macrófito capaz de sobrevivir bajo las altas cargas contaminantes características del efluente porcino.

Además, también se ha constatado entre varias densidades de plantación que una densidad de 10 plantas *Phragmites* por metro cuadrado garantiza una buena cobertura del lecho y propagación de las plantas en el plazo de cortos periodos de tiempo atendiendo a la naturaleza del efluente que estamos tratando y a las condiciones de  
10 operación.

Para la detección del volumen alcanzado se dispuso de un tubo hueco de hormigón (8) incrustado en los 20 cm de capa de arena que fue usado como testigo para visualizar que el llenado se realizara correctamente. Por otro lado, también se dispuso de medidores de volumen para el registro del volumen procesado en cada momen-  
15 to.

El volumen procesado por el humedal depende de sus dimensiones y el grado de desarrollo de la planta. Te-  
niendo en cuenta las dimensiones que anteriormente se han detallado, el volumen en ausencia de gravas y arena  
20 sería:

$$27 \text{ m (largo)} \times 0,80 \text{ m (profundidad)} \times (2 + 2,5)/2 \text{ m (ancho)} = 48,6 \text{ m}^3$$

En este procedimiento se ha constatado que, en los dos primeros años el volumen que es capaz de procesar el  
25 humedal es aproximadamente un tercio del volumen total en ausencia de material de relleno y una sexta parte cuando las raíces de la planta están más desarrolladas, es decir entre 16,2 y 8,1 m<sup>3</sup>.

Finalmente, después del TRH el humedal se vació por gravedad mediante la apertura de una llave a través de un tubo situado casi a la altura del fondo. El efluente líquido pasó a una arqueta y después por acción de una bomba  
30 se condujo a una balsa de almacenaje (10) impermeabilizada con láminas de polietileno de alta densidad (HDPE), delimitada con bordillos de hormigón de 10 m de ancho, 5 m de largo y 2 m de profundidad.

Los procesos previos permitieron que las características del efluente fueran las óptimas para que tuviera lugar el  
35 crecimiento espontáneo de microalgas. El efluente estuvo almacenado aproximadamente 3 meses.

Se ha constatado que de entre todas las microalgas crecidas en la balsa de almacenamiento se aisló una cepa de  
una cloroficea, del género *Scenedesmus* la cual fue la de mayor proporción y la responsable del proceso de biorreme-  
diación.

40 A continuación se muestran los resultados obtenidos de un ejemplo práctico llevado a cabo en una explotación porcina tras la aplicación del procedimiento descrito anteriormente.

Los procesos de almacenamiento, homogeneización, separación de fases, aireación, espesado de fangos y decanta-  
ción en su conjunto permitieron eliminar: 4% de conductividad eléctrica, 53% de sólidos totales en suspensión, 85%  
45 de sólidos sedimentables, 47% de demanda química de oxígeno, 44% de fósforo total, 16% de nitrógeno total kjeldahl, 11% de nitrógeno amoniacal, 20% de nitrógeno orgánico, 9% de cloruro, 26% de bromuro, 28% de sulfato, 9% de ión sodio, 16% de ión potasio, 4% de ión calcio y 6% de ión magnesio. La concentración de nitratos se mantuvo constante sin grandes variaciones.

50 El proceso de fitopurificación permitió eliminar: 9% de conductividad eléctrica, 91% de sólidos totales en sus-  
pensión, 100% de sólidos sedimentables, 75% de demanda química de oxígeno, 64% de fósforo total, 80% de cobre,  
88% de cinc, 43% de nitrógeno total kjeldahl, 40% de nitrógeno amoniacal, 69% de nitrógeno orgánico, 61% de  
bromuro, 3% de ión potasio y el 38% del ión calcio. Se produjo un aumento de concentración nitratos en torno al  
72%.

55 El proceso de biorremediación permitió eliminar: 19% de conductividad eléctrica, 12% de demanda química de  
oxígeno, 28% de fósforo total, 61% de cobre, 54% de cinc, 62% de nitrógeno total kjeldahl, 64% de nitrógeno amo-  
niacal, 49% de nitrógeno orgánico, 73% de nitrato y 27% de bromuro.

60 El procedimiento logró importantes eliminaciones como 29% de conductividad eléctrica, 93% sólidos totales en  
suspensión, 100% de sólidos sedimentables, 88% de demanda bioquímica de oxígeno en 5 días, 88% de demanda  
química de oxígeno, 86% de fósforo total, 93% de cobre, 94% cinc, 82% de nitrógeno total kjeldahl, 80% de nitrógeno  
amoniacal, 87% de nitrógeno orgánico, 14% de aerobios mesófilos, 77% de coliformes totales 60% de coliformes  
65 fecales y 65% de estreptococos fecales y ausencia de *Escherichia Coli*, *Salmonella* y *Shigella*.

## ES 2 363 363 A1

De forma general, aplicando el procedimiento según la secuencia de los procesos mencionados anteriormente permitió obtener finalmente los resultados mostrados en la tabla 1:

TABLA 1

*Características del purín bruto y porcentajes de eliminación después de aplicar el procedimiento físico-químico y biológico para la depuración de efluentes líquidos porcinos*

	<b>Purín bruto</b>	<b>Rendimiento de eliminación %</b>
<b>Conductividad eléctrica CE (dS/m)</b>	10,33	29
<b>Sólidos Totales en Suspensión STS (mg/L)</b>	23.924	93
<b>Sólidos sedimentables SS (mL/L)</b>	281	100
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	6.494	88
<b>Demanda Química de Oxígeno DQO (mg/L)</b>	10.736	88
<b>Fósforo Total PT (mg/L)</b>	68	86
<b>Cobre Cu (mg/L)</b>	2,07	93
<b>Cinc Zn (mg/L)</b>	9,38	94
<b>Nitrógeno Total NTK (mg/L)</b>	1.544	82
<b>Nitrógeno Amoniacal N - NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/L)</b>	1.208	80
<b>Nitrógeno Orgánico NO (mg/L)</b>	340	87
<b>Aerobios Mesófilos (unidades log)</b>	5,74	14
<b>Coliformes Totales (unidades log)</b>	2,07	77
<b>Coliformes Fecales (unidades log)</b>	1,20	60
<b>Estreptococos Fecales (unidades log)</b>	3,44	65

Estos resultados correspondieron a los valores medios obtenidos de 891 muestras en parámetros físico-químicos y en parámetros microbiológicos en una experiencia llevada a cabo mediante el procedimiento descrito anteriormente.

Estos resultados suponen una eficiencia de depuración de estos efluentes porcinos de tal forma que permite utilizarlos como agua de riego con un contenido en nitrógeno 5,5 veces más bajos que el purín inicial. Suponiendo un avance en la gestión y tratamiento de efluentes porcinos para la obtención de agua de riego con un bajo contenido en nitrógeno así como de otros parámetros.

REIVINDICACIONES

1. Humedal artificial (6) del tipo de flujo horizontal subsuperficial no continuo y trabajo por lotes que se **caracteriza** porque consiste en un cuerpo de sección trapezoidal invertida, con los laterales en pendiente orientada en profundidad hacia un interior y que aloja una pluralidad de plantas macrófitas sustentadas sobre una superficie de arena que descansa sobre una capa de grava en la parte inferior, todo ello de tal forma que cada lote de efluente líquido inunda subsuperficialmente el lecho de grava del cuerpo del humedal sin inundar la superficie de arena pasando inicialmente sobre un gavión de desbaste (7), y produciéndose la salida del efluente depurado hacia una arqueta de recogida (9) por gravedad mediante un tubo de drenaje colocado en el extremo final de salida bajo la superficie del humedal.

2. Humedal artificial (6) según la reivindicación 1 **caracterizado** porque el lecho comprende una capa inferior de grava de 23-40 mm de diámetro y una capa superficial de arena.

3. Humedal artificial (6) según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, **caracterizado** porque la grava es de material calizo.

4. Humedal artificial (6) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las plantas macrófitas son del género *Phragmites*.

5. Humedal artificial (6) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque comprende una densidad de plantación de 10 plantas macrófitas por m<sup>2</sup>.

6. Uso de un humedal artificial (6) según las reivindicaciones 1-5 para la fitopurificación de efluentes líquidos.

7. Procedimiento para la depuración de efluentes líquidos **caracterizado** porque comprende las siguientes etapas:

h) Almacenamiento, homogeneización y oxidación del purín bruto en una fosa subterránea (1) con agitador de hélice con turbina,

i) Separación de fases sólida y líquida en compactador (2) mediante dos etapas:

b.1) filtración en filtro o malla,

b.2) paso del filtrado de la etapa b.1) por tornillo sin fin y filtrado con filtro cilíndrico,

j) Aireación, floculación y coagulación de la fase líquida procedente de la etapa b.2) en un depósito (3) en condiciones aerobias,

k) Espesado de fangos procedente de la etapa c) en el espesador de fangos (4),

l) decantación de la fase líquida procedente de d) en ausencia de agitación en depósito (5), y eliminación de sólidos existentes en el purín bruto,

m) fitopurificación del efluente procedente de la etapa e) en humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial (6) según cualquiera de las reivindicaciones 1-5,

n) biorremediación mediante microalgas del efluente procedente de la etapa f) en balsa de almacenaje (10).

8. procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado** porque el humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial (6) tiene un tiempo de retención hidráulico comprendido entre 1-2 meses.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, donde las microalgas de la etapa g) son clorofíceas.

10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9, donde las microalgas de la etapa g) son del género *Scenedesmus*.

11. Procedimiento según la reivindicación 7, donde el tiempo de biorremediación de la etapa g) es de 3 meses.

12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7-11, donde los efluentes líquidos son purines.

13. Sistema de depuración de efluentes líquidos que comprende:

- una fosa subterránea (1)

- un compactador (2)

## ES 2 363 363 A1

- un primer depósito (3)
- un espesador de fangos (4)
- 5 - un segundo depósito (5)
- **caracterizado** porque además comprende un humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial (6) según cualquiera de las reivindicaciones 1-5 y una balsa de almacenaje (10).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Figura 1

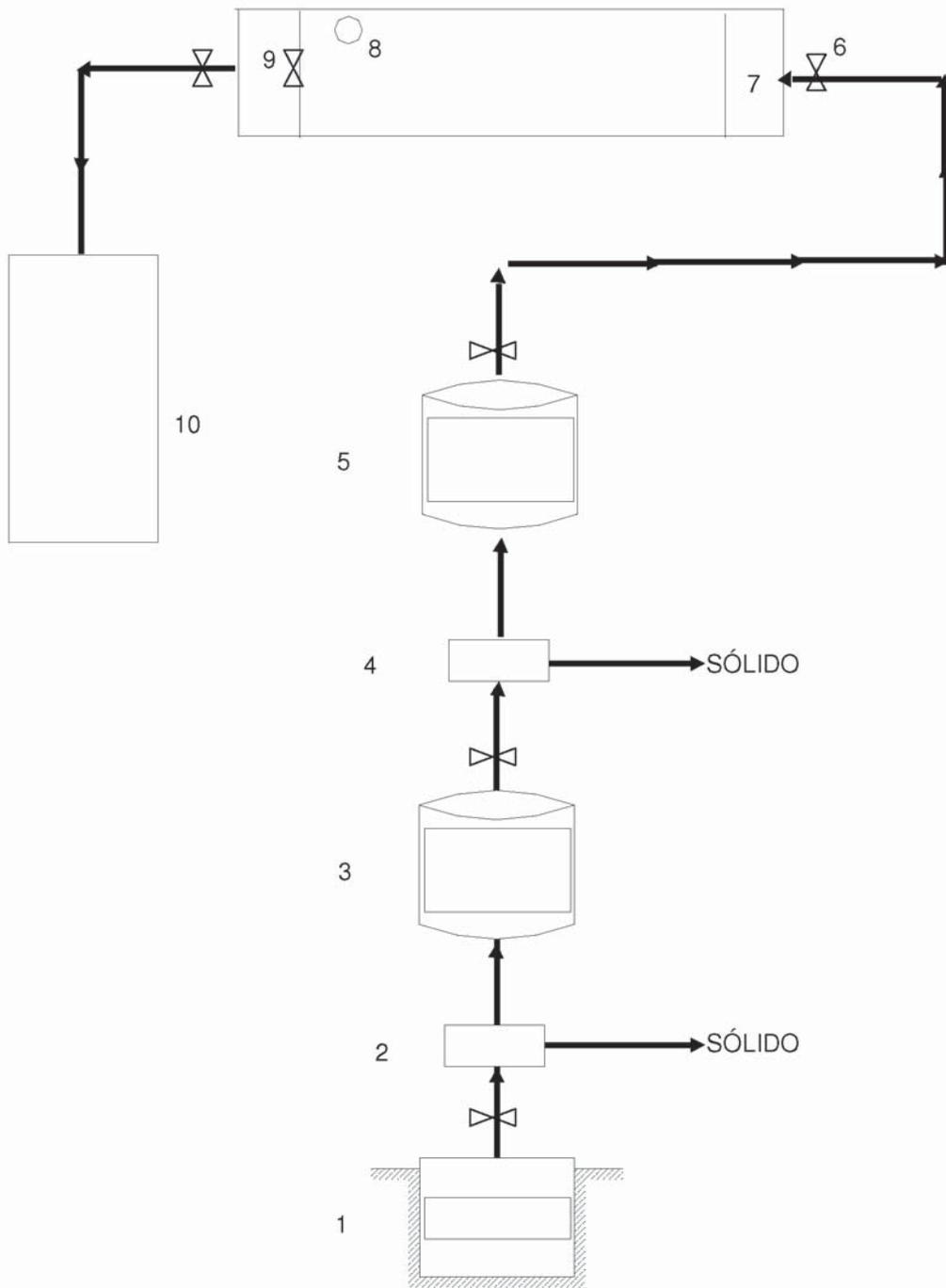
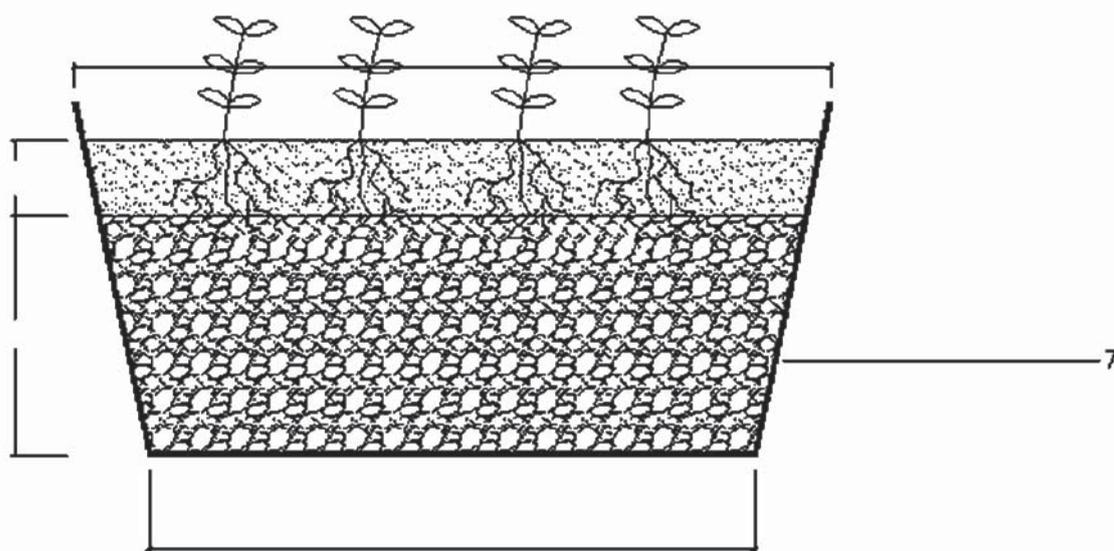


Figura 2





OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201131027

②② Fecha de presentación de la solicitud: 17.06.2011

③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **C02F3/32** (2006.01)  
C02F103/20 (2006.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	ES 2283587 T3 (GIOVANNI BATTISTA MARCHELLO) 01.11.2007, todo el documento. Citado en la solicitud.	1-13
A	CN 201272717Y A (UNIV SCI&TECHNOLOGY BEIJING) 15.07.2009, (resumen) World Patent Index [bases de datos en línea] Derwent Publications Ltd. (recuperado el 06.07.2011). Recuperado de EPOQUE, DW9016, N° de acceso 2009-L89809.	1-13
A	CN 201770574U U (SHANGHAI MUNICIPAL ENG DESIGN INST) 23.03.2011, (resumen) World Patent Index [bases de datos en línea] Derwent Publications Ltd. (recuperado el 06.07.2011). Recuperado de EPOQUE, DW201135, N° de acceso 2011-E64674	1-13
A	CN 101817590 A (NANJING INST GEOGRAPHY&LIMNOLOGY) 01.09.2010, (resumen) World Patent Index [bases de datos en línea] Derwent Publications Ltd. (recuperado el 06.07.2011). Recuperado de EPOQUE, DW201101, N° de acceso 2010-M06989.	1-13
A	US 2009255862 A1 (HARRISON) 15.10.2009, todo el documento.	1-13

#### 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  
18.07.2011

Examinador  
M. Hernandez Cuellar

Página  
1/5



OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201131027

②② Fecha de presentación de la solicitud: 17.06.2011

③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **C02F3/32** (2006.01)  
C02F103/20 (2006.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	CN 101314511 A (UNIV HUANAN AGRIC) 03.12.2008, resumen) World Patent Index [bases de datos en línea] Derwent Publications Ltd. (recuperado el 06.07.2011). Recuperado de EPOQUE, DW200903, N° de acceso 2009-A46231.	1-13
A	US 5893975 A (ROUX ASSOC INC.) 13.04.1994, todo el documento.	1-13

#### 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  
18.07.2011

Examinador  
M. Hernandez Cuellar

Página  
2/5

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

C02F

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

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 18.07.2011

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-13	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-13	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

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	ES 2283587 T3 (GIOVANNI BATTISTA MARCHELLO)	01.11.2007
D02	CN 201272717Y A (UNIV SCI&TECHNOLOGY BEIJING)	15.07.2009

**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**

La presente invención se refiere a un humedal artificial del tipo del flujo horizontal subsuperficial no continuo y trabajo por lotes que consiste en un cuerpo de sección trapezoidal trapezoidal invertida, con los laterales en pendiente orientada en profundidad hacia un interior y que aloja una pluralidad de plantas macrófitas, preferiblemente del género Phragmites, sustentadas por una superficie de arena que descansa sobre una capa de grava en la parte inferior, preferiblemente de 23-40mm y de material calizo, todo ello de tal forma que cada lote de efluente líquido inunda subsuperficialmente el lecho de grava del cuerpo del humedal sin inundar la superficie de arena pasando inicialmente sobre un gavión de desbaste y produciéndose la salida del efluente depurado hacia una arqueta por gravedad mediante un tubo de drenaje colocado en el extremo final de salida bajo la superficie del humedal.

**1.- NOVEDAD Y ACTIVIDAD INVENTIVA**

El documento D01 describe un sistema artificial de fitopurificación del tipo de flujo horizontal subsuperficial (S.F.S.) o flujo vertical intermitente (V.I.S.), que comprende un lecho de material inerte que tiene una profundidad de entre 0,5 y 1,0 m y está saturado con agua, en el que se plantan macrófitos emergidos, enraizados como por ejemplo Phragmites australis. El material inerte es zeolitita que contiene del 30 al 80% de zeolita natural.

El documento D02 describe un humedal artificial de flujo vertical intermitente que comprende un tanque de sedimentación y un contenedor que regula el paso del agua de forma intermitente bajo el control de un sifón de forma que el agua es tratada en el humedal de flujo vertical a intervalos.

La información aportada en los documentos D01 y D02 no se considera relevante con respecto a la novedad y actividad inventiva de la invención y por tanto, esta Oficina considera que las reivindicaciones 1-13 cumplen con los requisitos de novedad y de actividad inventiva de acuerdo a los Art. 6.1 LP y 8.1 LP respectivamente.