



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 292 277**

② Número de solicitud: 200402302

⑤ Int. Cl.:

C02F 9/14 (2006.01)

A01C 3/02 (2006.01)

C02F 3/28 (2006.01)

C02F 1/56 (2006.01)

C02F 1/52 (2006.01)

C02F 101/30 (2006.01)

C02F 103/20 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **22.09.2004**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.03.2008**

Fecha de la concesión: **25.09.2008**

⑭ Fecha de anuncio de la concesión: **01.11.2008**

⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente:
01.11.2008

⑰ Titular/es: **Universidad de Cantabria
Pabellón de Gobierno
Avda. de los Castros, s/n
39012 Santander, Cantabria, ES**

⑱ Inventor/es: **Rico Gutiérrez, José Luis;
García Posadas, Hipólito y
Rico de la Hera, Carlos**

⑳ Agente: **No consta**

㉑ Título: **Procedimiento para la gestión integral del estiércol de ganado vacuno lechero.**

㉒ Resumen:

Procedimiento para la gestión integral del estiércol de ganado vacuno lechero que consta de una primera etapa de hidrólisis y acidogénesis, posterior separación físico química del residuo en dos fases, sólida y líquida. Para la fase sólida estabilización y recuperación energética de biogás mediante digestión anaerobia. Para la fase líquida estabilización y obtención de biogás en un reactor anaerobio de alta carga. Recuperación del nitrógeno amoniacal del efluente líquido como fosfato amónico magnésico sólido. El líquido resultante con bajo contenido amoniacal puede aplicarse al terreno, necesitando ahora mucha menor superficie para cumplir la normativa vigente. Este líquido también podría tratarse conjuntamente con agua residual urbana en las plantas biológicas aerobias de tratamiento, o bien mediante tecnología de membranas para obtener un efluente final que podría ser vertido a cauce público cumpliendo la normativa.

ES 2 292 277 B1

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

ES 2 292 277 B1

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la gestión integral del estiércol de ganado vacuno lechero.

5 El proceso de invención, fundamentalmente pensado para solucionar el problema originado por el estiércol en las explotaciones intensivas de ganado vacuno lechero, se refiere a un procedimiento de eliminación de la carga orgánica y de nitrógeno amoniacal del estiércol, siendo su objetivo principal el aprovechamiento del valor energético y agronómico de los residuos generados en la explotación y producir un vertido adecuado a la legislación vigente.

10 El proceso de tratamiento de los residuos de ganado vacuno lechero está caracterizado por el desarrollo en un estercolero controlado de la etapa de hidrólisis de los sólidos, mediante la cual la materia orgánica presente como sólidos en suspensión (SS) será solubilizada, y la etapa de acidogénesis, transformación de los compuestos orgánicos disueltos en ácidos grasos volátiles. De esta forma se evitaría el desarrollo en el estercolero de la etapa de metanización. Posteriormente, una vez alcanzado el grado de desarrollo adecuado de las etapas antes mencionadas, se procederá a la
15 separación físico química de los componentes del residuo en dos fracciones, sólida y líquida. La fracción sólida será estabilizada mediante proceso de digestión anaerobia semisólida, o en su caso estabilizada mediante proceso aerobio de compostaje. Se recuperaría el potencial de biogás presente en la fracción sólida. La fracción líquida será estabilizada mediante proceso anaerobio en reactores de alta carga, y obtención de biogás; esto supondrá una reducción importante del tiempo hidráulico de retención y en consecuencia del volumen del reactor anaerobio. Del efluente de este proceso se puede eliminar el nitrógeno amoniacal recuperándolo como abono en forma de fosfato amónico magnésico sólido (estruvita) La fracción líquida procedente de esta última etapa del proceso global puede destinarse directamente a la aplicación sobre el terreno, necesitando ahora menor número de hectáreas, por haber reducido su concentración al menos unas diez veces, para cumplir el RD 261/1996. Si el destino de este efluente tuviese que ser el vertido a cauce público podría tratarse, en una planta convencional de depuración de aguas residuales urbanas, mezclado con el agua residual urbana para dar un vertido final que cumpla los requisitos según Tabla 3. También este efluente podría ser
25 tratado mediante tecnología de membranas para obtener un efluente final reutilizable en la explotación o vertible a cauce público. Dependiendo de la situación concreta de cada explotación, podrían no ser necesarias algunas de las etapas finales del proceso.

30 Antecedentes

Los residuos animales (RA) están caracterizados fundamentalmente por poseer una elevada carga orgánica, alta concentración en nitrógeno amoniacal y abundante presencia de sólidos suspendidos tanto volátiles como fijos. Estos sólidos presentan un elevado porcentaje de carácter coloidal lo que dificulta los procesos de separación de los sólidos suspendidos por decantación.
35

El estado de oxidación la materia orgánica (MO) en los RA y su biodegradabilidad es función de parámetros tales como la naturaleza del animal, estado de producción, tipo de alimentación, sistemas de estabulación, cama de los animales, sistemas de recogida y almacenamiento de los RA, etc. La concentración y características de los sólidos suspendidos (SS) presentes también dependen de factores semejantes a los citados en el caso de la MO. El nitrógeno amoniacal es debido fundamentalmente al proceso de amonificación del nitrógeno orgánico presente en los restos de pienso y en las deyecciones sólidas y líquidas de los animales.
40

Potencialmente los RA constituyen un recurso tanto por la posibilidad de recuperar nutrientes para utilizarles como fertilizantes como desde el punto de vista de obtener energía de la materia orgánica.
45

Hasta el momento actual los RA se han utilizado fundamentalmente como fuente de nutrientes por aplicación directa sobre la tierra de cultivo o los pastizales. La aparición desde hace algunos años de explotaciones intensivas de ganado vacuno lechero ha dado lugar a la presencia de grandes volúmenes de RA en estas explotaciones sin que
50 dispongan de sistemas de almacenamiento, ni de superficies de terreno lo suficientemente grandes para asimilar todos esos residuos como abono en las épocas adecuadas para el crecimiento de los cultivos. En consecuencia, se origina un aporte de nutrientes y MO que determina la aparición de fuentes de contaminación difusas en su origen pero de gran importancia en su intensidad y efectos. Este hecho ha dado lugar a la Directiva del Consejo de 12 de diciembre de 1991 relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en agricultura (91/676/CEE), la cual fue incorporada al ordenamiento español por medio del Real Decreto 261/1996 de 16 de febrero.
55

Se han hecho tratamientos parciales de los residuos, especialmente para los residuos de ganado vacuno (RV) y porcino (RP), fundamentalmente tratamientos biológicos anaerobios con el fin de conseguir una recuperación energética y la estabilización de la MO. Dadas las características de los RV la digestión anaerobia ha sido llevada a cabo en reactores con agitación constante o temporal (CSTR) con tiempos hidráulicos de retención (THR) de 30 días operando a 33°C y 15 días de THR, cuando se opera a 55°C.
60

El proceso de tratamiento propuesto está fundamentalmente pensado para solucionar el problema originado por el estiércol en las explotaciones intensivas de ganado vacuno lechero y con ligeras modificaciones sería aplicable en las de porcino. La innovación pretende proporcionar un tratamiento integral de los RV sencillo en el uso y en las instalaciones, que permita separar las fracciones sólida (FS) y líquida (FL) del estiércol y su tratamiento por separado. La FL, es debido a su fluidez, la que produce mayores problemas de contaminación. Si el estercolero es diseñado, mediante compartimentos que almacenen por separado el estiércol producido en diferentes días, simulando un flujo pistón, y
65

gestionado de forma que en él se desarrollen únicamente las etapas hidrolítica y acidogénica, pero impidiendo que se inicie la metanogénica, la FL separada tendrá la mayor parte de su materia orgánica en forma soluble, y presentará una alta biodegradabilidad anaerobia de su materia orgánica expresada como demanda química de oxígeno (DQO_{BD}), entre 83-87%. La productividad metanogénica específica de esta FL será superior a la del estiércol entero, necesitando menos tiempo para la estabilización de la materia orgánica presente en ella. Con estas características, la FL podrá ser tratada en reactores anaerobios de alta carga con THR de 8-12 horas. El tipo de reactor de alta carga elegido sería el Upflow Anaerobic Sludge Bed (UASB), ya que es de tecnología europea, se adapta bien a las características de la fracción líquida a tratar y es el más económico en gastos de inversión y explotación. De esta forma el volumen del reactor anaerobio disminuirá entre 40 y 60 veces, al pasar de THR entre 20-30 días a 8 horas. La producción volumétrica de metano en el reactor UASB alcanzará valores de $11,3 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{m}^3$, valor unas diez veces superior al $1,0 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{m}^3$ día de los reactores convencionales CSTR en los que se trata el estiércol entero. El efluente de la fracción líquida, en caso necesario, podrá más fácilmente recibir tratamientos posteriores que eliminen el nitrógeno amoniacal y la materia orgánica no biodegradable todavía presentes. De esta forma podría ser vertido a cauce público cumpliendo normativa o ser reutilizado en la explotación. La FS en la cual aproximadamente queda contenido el 90% del fósforo, el 55% del nitrógeno, podrá ser estabilizada mediante digestión anaerobia en condiciones de semisólido en reactores sin ningún tipo de agitación o mediante el proceso aerobio de compostaje. Una vez alcanzado el contenido de humedad y acabado adecuado, podrá ser utilizado como acondicionador de terreno por su aporte en nutrientes.

La presente invención pensada para el estiércol de ganado vacuno es adaptable al tratamiento de residuos de cualquier otro clase de ganados, especialmente a aquella especie de animales que pueden criarse en granjas de manera intensiva como las granjas de porcino. Para el tratamiento de los residuos de otros tipos de animales como los conejos, gallinas, etc. El mayor contenido en sólidos totales (ST) de estos residuos hará innecesarios alguna de las operaciones del proceso de tratamiento propuesto. Con las oportunas correcciones puede aplicarse también al tratamiento de aguas residuales con elevada carga orgánica y nitrogenada, como es el caso de los lixiviados de vertederos de residuos sólidos urbanos (RSU) y de las plantas de compostaje de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU).

Descripción de la invención

Se hace la descripción para los RV aunque es adaptable a otros RA como ya se ha indicado anteriormente.

Las etapas del proceso de tratamiento son las siguientes:

1. Mantenimiento del RV en estercolero en sistema flujo pistón, que permita controlar la permanencia del estiércol durante el tiempo necesario.
2. Separación físico-química del residuo obtenido en el apartado anterior con el fin de obtener una FL y otra FS (S1).
3. Tratamiento biológico del sólido S1, mediante digestión anaerobia semisólida o proceso aerobio de compostaje. Utilización de la fracción sólida ya estabilizada como acondicionador de terreno
4. Tratamiento anaerobio de la FL con lo que resulta un biogás y un efluente (EL1).
5. Eliminación físico-química de la carga amoniacal en el efluente del proceso anaerobio (EL1) mediante la adición de compuestos de magnesio y fósforo, con lo que se obtiene un fertilizante sólido (S2) KNH_4PO_4 fosfato amónico magnésico, conocido como estruvita, utilizable como abono y un efluente (EL2).
6. Tratamiento de EL2. Son posibles diferentes actuaciones, que se señalarán más adelante, mediante las que se obtiene un efluente, EL3, que puede ser vertido a cauce público o reutilizado en la explotación ganadera.

Desarrollo del proceso

1. Mantenimiento de los RV en estercolero

Los RV serán almacenados inicialmente en un estercolero con flujo pistón, de esta manera el THR de todo el estiércol sería el mismo al no producirse el mezclado del estiércol producido en días diferentes. El contenido en ST de los RV oscila habitualmente entre 60-120 g ST/l. En el estercolero se producirá la fase hidrolítica para solubilizar la MO presente en forma sólida; ésta será la etapa limitante del proceso. También se llevará acabo la etapa acidogénica en la que la MO biodegradable soluble será transformada en ácidos grasos volátiles (AGV). El control de THR junto con el flujo pistón, permitirá evitar el desarrollo de la etapa metanogénica en el estercolero, impidiendo que los AGV sean allí utilizados en las reacciones metabólicas. En todas las explotaciones ganaderas existe como mínimo un estercolero; bastaría con introducir algunas modificaciones en el diseño para permitir el flujo pistón. Se podría mediante tabiques de hormigón separar el estercolero en calles con una inclinación del 2% para favorecer el desplazamiento del estiércol. También podría ser la división del estercolero en compartimentos más pequeños, accesibles, que se irían llenando y vaciando una vez cumplido el THR. El llenado sería por gravedad y el vaciado mediante bombeo.

ES 2 292 277 B1

Experimentalmente se ha determinado en el laboratorio cuál es la influencia que las variables: concentración de SV, temperatura de operación y THR tienen en la cinética del proceso. A escala laboratorio se operó con tres diferentes concentraciones de SV en el estiércol (40, 60, 80 g SV/l), a tres temperaturas (20, 35 y 55°C) durante un tiempo de 25 días.

En la Figura 1 “Evolución de la DQO_{AGV} para el sistema con 80 g SV/l a 20, 35 y 55°C”, se presenta la evolución de los AGV para los estercoleros de RV con 80 g SV/l operados a 20, 35 y 55°C. Se puede observar como a la temperatura de 55°C los AGV desaparecen debido al desarrollo del proceso de metanización, mientras que a 20 y 35°C las concentraciones finales son muy similares. Hay un desfase temporal a la temperatura de 20°C para alcanzar la misma concentración que a la temperatura de 35°C.

En la Figura 2 “Evolución de la DQO_{acida} para el sistema con 80 g SV/l a 20, 35 y 55°C”, se presenta la evolución de la DQO_{acida} debida a los AGV presentes y al CH_4 producido ($DQO_{acida} = DQO_{AGV} + DQO_{CH_4}$). Ahora el valor es próximo a los 50000 mg/L para la temperatura de operación de 55°C, en este caso toda la DQO_{acida} fue debida al CH_4 producido, ya que no quedaban AGV al final del periodo de experimentación, como puede apreciarse en la Figura 1. Para las temperaturas de operación de 20 y 35°C toda la DQO_{acida} fue mayoritariamente debida a los AGV presentes, ya que la metanización prácticamente no se había iniciado ni a la temperatura de 35°C. En la Tabla 1 se puede apreciar los valores de la DQO_{acida} específica después de 25 días. Se puede comprobar la dependencia de la temperatura en los valores de la DQO_{acida} ya que controla la extensión de la etapa hidrolítica.

TABLA 1

DQO_{acida} específica a 20, 35 y 55°C al cabo de 25 días

<i>SV (g/l)</i>	<i>mg DQO_{aci}/g SV (20°C)</i>	<i>mg DQO_{aci}/g SV (35°C)</i>	<i>mg DQO_{aci}/g SV (55°C)</i>
40	262	448	579
60	306	396	568
80	344	374	602

2. Separación físico-química

La MO de los RV que después de su paso por el estercolero aún se encuentre en forma sólida al someterla a un proceso de digestión anaerobia necesitaría una primera etapa de hidrólisis de la materia orgánica en estado sólido. Esta etapa es muy lenta, es la limitante como se indicó en el apartado anterior relativo al estercolero. Se requerirían tiempos de residencia hidráulicos (TRH) muy grandes.

La separación de las FL y FS permitiría el tratamiento de la primera, que tiene la materia orgánica más fácilmente biodegradable en forma soluble, en reactores anaerobios de alta carga. Esto supondría que el THR de la FL en un reactor anaerobio de alta carga operando a 35°C podría ahora ser de 0,35 días, un valor muy inferior a los 30 días de THR con los que tradicionalmente se opera en un reactor CSTR a dicha temperatura.

Para separar las FS y FL se han tratado los RV al salir del estercolero con una poliacrilamida catiónica fuerte (PAMCF). A partir de ella se prepararon disoluciones de la PAMCF (DPAMCF), con una concentración recomendada de 5 g PAMCF/litro. La dosis de PAMCF a emplear fue linealmente dependiente de la cantidad de ST presentes en los RV. En la Figura 3 “Porcentaje de ST separados en FS para estiércol entero”, se puede observar que la dosis óptima calculada experimentalmente se estableció en 43,8 mg PAMCF/g ST con la que se consiguió una separación de 93,2% ST, cuando se trató estiércol entero. Después de la adición de la DPAMCF, la decantación y el paso a través de un tamiz estático permitirían la separación de las FL y FS.

A escala industrial la operación de separación se realizaría añadiendo la dosis de floculante mediante varias adiciones de la DPAMCF en la tubería de transporte del estiércol y posteriormente pasando el estiércol floculado sobre un tamiz.

ES 2 292 277 B1

En la Tabla 2 se presenta el balance de masas de la separación de las FL y FS de estiércol de vacuno RV.

TABLA 2

Balance de masas de 1 kg de estiércol de vacuno (RV)

	RV (g)	DPAMCF (3 g/L)	FS(S1) (g)	FL (g)
ST	101,24		77,84	22,89
SV	78,70		63,51	14,36
NKT	4,186		2,514	1,735
P₂O₅	1,845		1,628	0,197
K₂O	3,517		1,058	2,407
masa	1000	666	490	1176

Como puede verse en la Tabla 2, el 29,4% de la masa final de los residuos de vacuno quedó retenida en la FS. En la FS también quedó retenido el 77,3% de los ST y el 81,6% de los SV. Respecto a los nutrientes en la FS quedaron retenidos el 59,2% del NKT, el 89,2% del P₂O₅ y el 30,5% de K₂O.

Se realizó un estudio sobre las productividades metanogénicas de las FL y FS, comparándolas con las del RV. En la Figura 4 “Producción acumulada específica de CH₄”, se presentan los resultados de la metanización a 35°C en discontinuo del RV y de las FL y FS (S1) separadas. Las productividades específicas fueron a los 90 días, 593 cm³ CH₄/g SV para la FL, 328 cm³ CH₄/g SV para la RV y 264 cm³ CH₄/g SV para la FS. El tiempo transcurrido hasta que alcanzaron el 90% del valor final de productividad específica fue 21, 47 y 51 días para FL, RV y FS respectivamente. Dado que la biomasa se encuentra en la fracción sólida, el tiempo necesario para la metanización de la FL depende fundamentalmente de la cantidad de siembra de biomasa metanogénica puesta en el reactor de la FL.

En la Figura 5 “Producción acumulada de CH₄ por Kg RV”, se presenta la producción de CH₄ a partir de 1 kilogramo de RV y de las FL y FS separadas de acuerdo con el balance de masas de la Tabla 2. En la figura 5 se puede observar que la FS produjo al cabo de 90 días 16789 cm³ de CH₄, mientras que la FL había producido 8519 cm³ de CH₄, aproximadamente la mitad de lo producido por la FS. Del potencial de producción de CH₄ cuando el estiércol ha sido mantenido en un estercolero controlado, 2/3 quedan en la FS y 1/3 en la FL. Estas relaciones pueden cambiar dependiendo del tipo de almacenamiento del estiércol, tiempo transcurrido desde su producción y siembra de biomasa metanogénica.

3. Tratamiento del sólido S1

La fracción sólida S1 se podrá estabilizar mediante proceso de digestión anaerobia en condiciones de semisólido (170 g ST/l). Estos reactores no tendrían ningún mecanismo de agitación. También podría ser estabilizada la MO mediante el proceso aerobio de compostaje.

4. Tratamiento anaerobio de la fracción líquida, FL

Se realizaron ensayos en discontinuo para conocer la biodegradabilidad anaerobia de la FL separada, obteniéndose valores de DQO_{BD} entre el 83-87%. Posteriormente se llevó a cabo el tratamiento en continuo de esta FL en un reactor anaerobio UASB a una temperatura de 35°C. En las Figuras 6 y 7 se presentan los resultados obtenidos para las distintas velocidades de carga orgánica (VCO, kg DQO/m³ reactor. día) conseguidas en base a aumentar el caudal de la FL afluente, lo que supone una reducción de los THR.

Se operó con THR entre 3 y 0,22 días.

Como puede verse en la Figura 6 “VCO afluente vs VCO eliminada operando a 35°C” al aumentar la velocidad de carga orgánica (VCO) afluente, expresada como kg DQO/m³ reactor.día, la velocidad de carga orgánica eliminada no lo hizo en la misma proporción, pudiéndose observar la pérdida de linealidad en la respuesta a partir de una VCO mayor de 30 kg DQO/m³ día. Este resultado indica que la biomasa presente en el reactor aunque procesa más cantidad de la MO de la FL afluente, no es capaz de procesar todo.

En la Figura 7 “Producción volumétrica de metano vs VCO operando a 35°C”, se puede observar la evolución en la producción volumétrica de CH₄ (litros CH₄/litro reactor. día) para los diferentes periodos de operación. Para este parámetro la linealidad en la respuesta se mantuvo hasta velocidades de carga orgánica más altas, llegándose a alcanzar productividades de CH₄ próximas a los 16 litros de CH₄ por litro de reactor y día, valores que son muy superiores a los de 1 l CH₄/l.d encontrados en los reactores anaerobios convencionales de baja carga, tipo CSTR, que tratan estiércol entero.

ES 2 292 277 B1

Teniendo en cuenta la evolución de los parámetros respuesta representados en las Figuras 6 y 7, un valor de 0,35 días para el THR sería posible, aunque un valor más conservativo de THR sería el de 0,50 días para el que tanto la velocidad de carga orgánica eliminada como la velocidad volumétrica de producción de metano se mantuvieron en un rango lineal. En la Tabla 3 se representan los valores medios obtenidos al tratar la FL en un reactor UASB a 35°C con un THR de 0,50 días.

En esta tabla DQO_T representa el valor total de la DQO, la DQO_{sob} el valor de DQO obtenido en el sobrenadante después de centrifugar. AB es la alcalinidad debida al bicarbonato, AV la alcalinidad debida a los AGV. ST y SV son los sólidos totales y volátiles. N-NH₄⁺ es el nitrógeno amoniacal y N-NKT el nitrógeno kheldahl total. P_T es el fósforo total. Dep significa depuración o eliminación del parámetro que le sigue expresado en %. El último parámetro de la segunda columna indica el porcentaje de metano en el biogás.

Como puede observarse se operó con una velocidad de carga orgánica media de 27,9 g DQO/l.d consiguiendo una eliminación en DQO_{total} del 76,1% y del 78,8% en DQO_{sobrenadante}. Respecto a la eliminación de SV se alcanzó un 58,6%, aunque esta eliminación es mayor, ya que parte de los SV presentes en la FL afluente que se encuentran en forma de AGV no son medidos durante su determinación al perderse por volatilización durante el secado en la estufa a 103°C. Las productividades específicas de metano fueron 0,791 l CH₄/g SV_{eliminado} y 0,381 l CH₄/g DQO_{eliminado}.

TABLA 3

Valores medios afluente, efluente para un THR 0,50 días

	Afluente	Efluente		
	7,1	8,3		THR (d) 0,50
pH				
DQO_T mg/l	13826	3342		Bv [g DQO/(l·d)] 27,9
DQO_{sob} mg/l	12764	2700		Dep DQO_T (%) 76,1
DQO_{AGV} mg/l	9351	113		Dep DQO_{sob} (%) 78,8
AB mg CaCO₃/l	1747	6150		Dep SV (%) 58,6
AV mg AcH/l	3323	54		LCH₄/g DQO_{eli} 0,381
ST g/l	14,277	8,126		LCH₄/g SV_{eli} 0,791
SV g/l	8,707	3,606		LCH₄/g DQO 0,293
N-NH₄⁺ mg/l	729	803		LCH₄/g SV 0,466
N-NKT mg/l	1066	945		LCH₄/L/d 8,265
P_T mg/l	116	23		CH₄ (%) 84,6

La producción volumétrica fue 8,27 litros de CH₄ por litro de reactor y día, un valor unas ocho veces superior al conseguido en los reactores de baja carga tratando estiércol entero. Además el porcentaje de CH₄ en el biogás fue 84,6%, un valor alto que facilitará la posterior utilización del biogás.

En un reactor convencional tratando estiércol entero a 35°C el TRH es de 30 días. La reducción a un THR de 0,5 días hace que el tamaño del reactor se reduzca considerablemente, no a 1/60 ya que el empleo de la DPAMCF hace que aumente el volumen de la FL, pero si una reducción en el volumen del reactor en torno a 1/50.

El efluente del proceso anaerobio EL1 no tiene condiciones de vertido debido a que tiene una DQO en torno a 3300 mg/litro y un elevado nivel de NKT, 945 mg/l. Será necesario un tratamiento posterior para pulir ese efluente y dejarlo en condiciones de vertido.

5. Eliminación físico-química de la carga amoniacal presente en el efluente del reactor anaerobio

Existen diferentes procedimientos para la eliminación del nitrógeno amoniacal. Los procedimientos biológicos se describen como los más económicos pero presentan algunos inconvenientes que se soslayan con frecuencia por ser procesos utilizados tradicionalmente, por ejemplo, el costo del proceso de aireación y la necesidad de buscar sustratos

ES 2 292 277 B1

que aporten carbono para los procesos posteriores de desnitrificación. El proceso que se sugiere en esta invención es la eliminación del nitrógeno amoniacal como, fosfato amónico magnésico, ($MgNH_4PO_4$), conocido también como estruvita. Es un proceso sencillo, rápido, con pocas necesidades de instalación, discontinuo en la medida que se quiera, sin las complicaciones inherentes al mantenimiento de una biomasa. Tiene un coste debido a los productos químicos necesarios para la precipitación, pero estos costes pueden compensarse si se comercializa el producto final, puesto que se trata de un abono con cantidades estequiométricas de fósforo, amonio y magnesio, que se puede enriquecer en otros componentes mediante un sencillo proceso de mezcla si fuera necesario, con menor contenido en metales e inertes que los abonos minerales y que es un abono de liberación lenta con lo cual no existe el peligro de “quemado” de los cultivos que se puede producir con otros abonos.

Se han estudiado las condiciones de operación de pH y las proporciones más adecuadas de sales de magnesio y de fósforo para la reducción óptima de nitrógeno amoniacal en el efluente del reactor anaerobio EL1. Existe la posibilidad, también estudiada, de utilizar como aporte de fósforo o magnesio efluentes industriales con concentraciones altas de estos elementos. En este caso se observa además la reducción de la DQO del efluente por dilución, ya que los efluentes industriales utilizados tenían un contenido muy bajo en DQO.

El resultado experimental obtenido indica que mediante el proceso de eliminación físico-químico de la carga amoniacal se puede conseguir obtener efluentes EL2 con un contenido en N amoniacal entre 15-50 mg/L. El sólido obtenido S2, utilizable como abono, tuvo una composición 2,9% N-NKT, 14,6% MgO, 9,1% K_2O , 25,2% P_2O_5 y 0,05% CaO; conteniendo también materia orgánica inerte.

6. Tratamiento del efluente EL2

Las condiciones del efluente EL2 lo hacen apto para utilizarlo directamente para el riego de superficies agrarias, necesitando una superficie 19 veces menor para cumplir la normativa de 170 kg/Ha/año para las zonas de riesgo. Podrían depositarse 3400 m³ de EL2/Ha/año.

Se estudió el tratamiento conjunto de EL2 con aguas residuales urbanas (ARU) mediante sistema biológico aerobio. En el proceso de aireación, el nitrógeno amoniacal se transforma en alguna especie oxidada, a ser posible, en forma de nitrito reduciendo el aporte de oxígeno. Se propone como método la aireación intermitente en la recirculación de fangos y un sistema de agitación lenta en lugar del clásico tanque de aireación o tanque de reacción, con el fin de aprovechar la DQO biodegradable de las ARU como fuente de carbono en el proceso de desnitrificación. Con este procedimiento, experimentalmente se ha reducido en un 84% el consumo de energía para la aireación con relación a un proceso convencional de fangos activos y se obtuvieron efluentes finales EL3 con DQO 170 mg/l, 9 mg N-NH₄⁺/l, 0 mg N-NO₂⁻/l y 2 mg N-NO₃⁻/l, para un THR de 1,2 días, lo que permitiría su vertido a cauce público cumpliendo normativa.

Otra posibilidad estudiada fue el tratamiento del efluente EL2 mediante un sistema de tecnología de membranas (nanofiltración). Los resultados experimentales obtenidos en el proceso de nanofiltración dieron una DQO de 50 mg/l para el efluente EL3, lo que permitiría su vertido a cauce público o su reutilización en la explotación.

ES 2 292 277 B1

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la gestión integral de residuos de ganado vacuno lechero **caracterizado** por:

- Una etapa de hidrólisis y acidogénesis en un estercolero controlado.
- Una separación físico-química de los componentes del residuo en dos fracciones: una sólida y otra líquida.
- Estabilización de la fracción sólida y recuperación energética de biogás mediante proceso de digestión anaerobia semisólida sin agitación.
- Estabilización de la fracción líquida y obtención de biogás mediante proceso de digestión anaerobia en un reactor de alta carga.
- El efluente del punto anterior se somete a un tratamiento para la recuperación del nitrógeno amoniacal como fosfato amónico magnésico.
- La fracción líquida procedente de esta última etapa del proceso puede:
 - Tratarse conjuntamente con agua residual urbana para obtener un efluente final que cumpla los requisitos de vertido a cauces público.
 - Ser tratada mediante tecnología de membranas para obtener un efluente final reutilizable en la explotación o vertible a cauce público cumpliendo normativa.
 - Utilizarlo como agua para el regadío de superficies agrarias.

2. Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado** porque la etapa de hidrólisis y acidogénesis, se desarrollada en un estercolero con flujo pistón o dividido en compartimentos.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado** por la separación de las fracciones sólida y líquida del estiércol mediante la utilización como floculante de una poliacrilamida catiónica fuerte.

4. Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado** por la estabilización de la fracción sólida separada mediante proceso aerobio de compostaje.

5. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** por utilizar reactores anaerobios de alta carga tipo UASB (“Up Flow Anaerobic Sludge Bed”) para estabilizar la materia orgánica de la fracción líquida, en condiciones de operación serían 35°C y un tiempo hidráulico de retención de 0,50 días.

6. Procedimiento según las reivindicación 1 y 5 **caracterizado** por la formación y separación por decantación del fosfato amónico magnésico mediante la adición de reactivos con alto contenido en fósforo y magnesio al efluente del reactor anaerobio de alta carga.

7. Procedimiento según las reivindicaciones 1, 5 y 6 para el tratamiento de la fracción líquida resultante de la eliminación de nitrógeno amoniacal, mediante proceso aerobio convencional mezclada con agua residual urbana o mediante tecnología de membranas en el rango de nanofiltración.

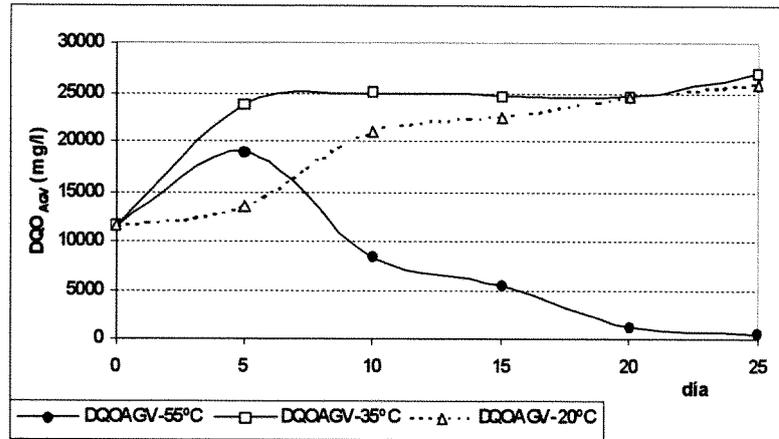


Figura 1.

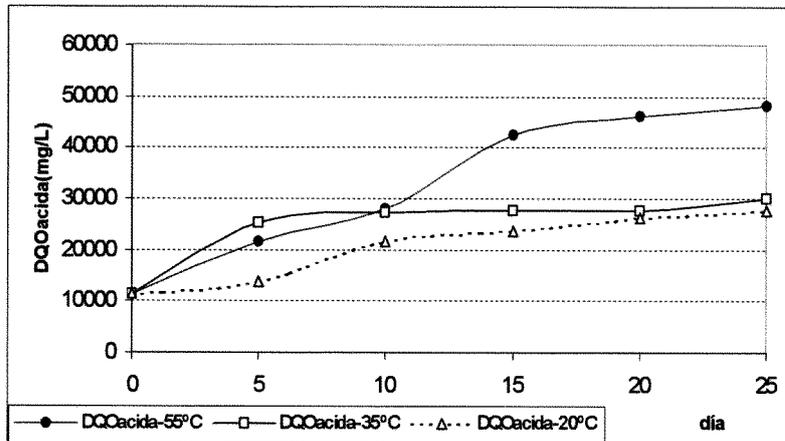


Figura 2.

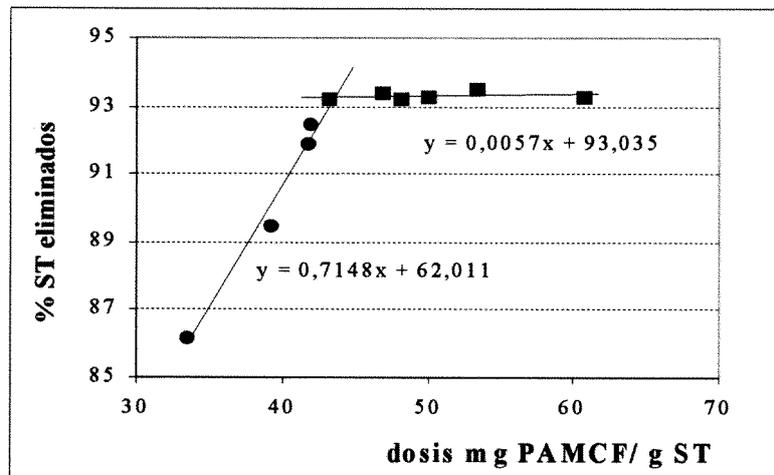


Figura 3.

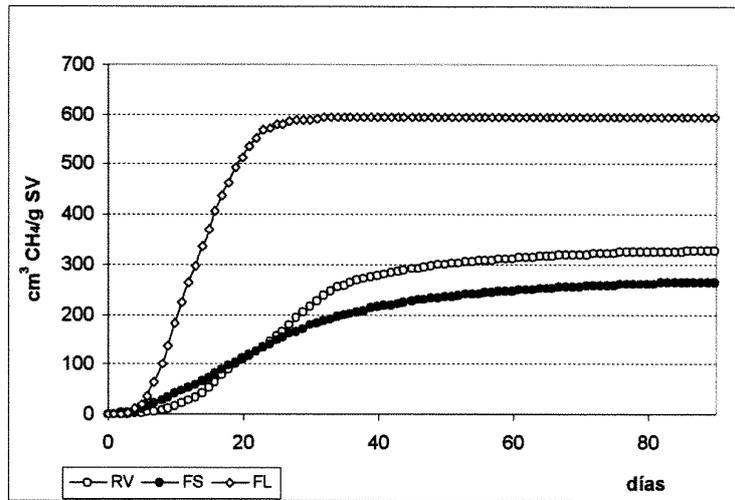


Figura 4.

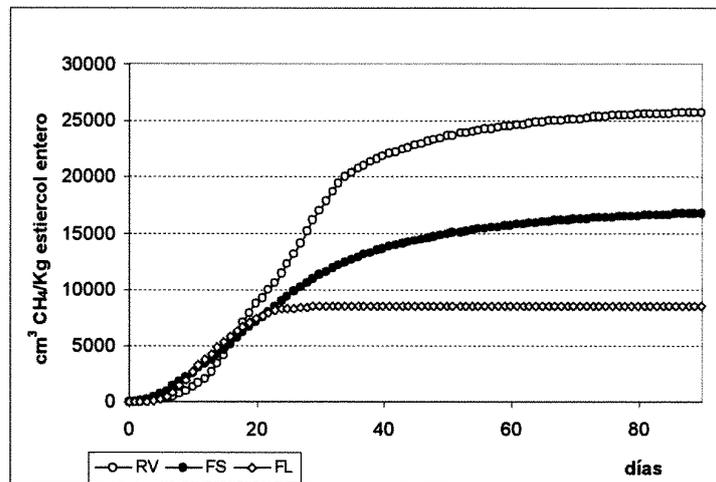


Figura 5.

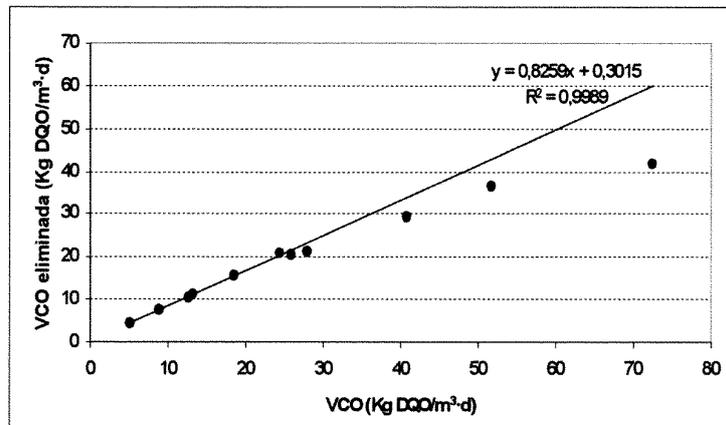


Figura 6.

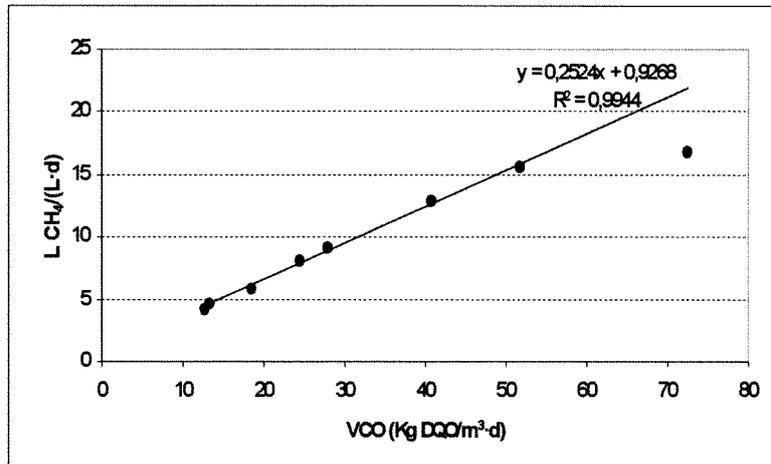


Figura 7.



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 292 277

② Nº de solicitud: 200402302

③ Fecha de presentación de la solicitud: 22.09.2004

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	ZHANG, R.H.; LEI, F. Chemical treatment of animal manure for solid-liquid separation. Transactions of the ASAE.1998. Vol.41, Nº2, páginas 1103-1108.	1,3,4
A	GAVALA, H.N. et al. Treatment of Dairy Wastewater Using Anaerobic Sludge Blanket Reactor. Journal of Agricultural Engineering Research. Mayo, 1999. Vol.73, Nº1, páginas 59-63.	1,5
A	ES 2157774 A1 (ROS ROCA, S.A.) 16.08.2001, todo el documento.	1,6,7
A	EP 0048675 A1 (MÉTALLURGIQUE D'ARMOR (S.E.M.A.) S.A.) 31.03.1982, páginas 1-3; reivindicación 1; figura 1.	1,2
A	WO 2003035560 A1 (COUNCIL OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH) 01.05.2003, páginas 1-4.	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:

Fecha de realización del informe

30.01.2008

Examinador

E. Ulloa Calvo

Página

1/2

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

C02F 9/14 (2006.01)

A01C 3/02 (2006.01)

C02F 3/28 (2006.01)

C02F 1/56 (2006.01)

C02F 1/52 (2006.01)

C02F 101/30 (2006.01)

C02F 103/20 (2006.01)