

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 575 120**

51 Int. Cl.:

C05F 7/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.04.2008 E 08736852 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016 EP 2155629**

54 Título: **Método para producir un fertilizante a partir de un lodo**

30 Prioridad:

19.04.2007 FI 20075274

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

24.06.2016

73 Titular/es:

SAVATERRA OY (100.0%)

AHJOTIE 23

96300 ROVANIEMI, FI

72 Inventor/es:

AHO, OLLI

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 575 120 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

Descripción

Método para producir un fertilizante a partir de un lodo

Campo

- 5 La invención se refiere a un método para producir un fertilizante a partir de un lodo, método en el cual el lodo se calienta con vapor sobrecalentado para lograr la higienización para destruir los organismos patógenos.

Antecedentes

Hay diferentes alternativas para tratar un lodo. Por ejemplo, se conocen la digestión que es un tratamiento anaerobio, así como el compostaje que es un tratamiento aerobio, es decir un tratamiento que utiliza oxígeno. Además, se conoce el tratamiento térmico, en otras palabras un tratamiento que se produce por calentamiento.

- 10 De los tratamientos que se producen por calentamiento se conoce por ejemplo el secado de lodos con aire caliente, pero una desventaja de esta técnica es la gran cantidad de energía requerida y la formación de polvo en el material procedente del secado. De los métodos que utilizan calor, también se conoce el tratamiento de lodos con agua caliente, pero un problema con este método es que el agua usada en el método tiene que purificarse, lo cual genera costes. Además, de los tratamientos que se producen por calentamiento, se conocen los métodos que usan vapor de agua normal pero según las observaciones del solicitante no son completamente satisfactorios con respecto a la eficiencia de la purificación y de la economía térmica.

- 15 En la purificación de un residuo o de otro material también es conocido el uso de vapor de agua sobrecalentado. El vapor de agua sobrecalentado es una mezcla gaseosa formada por vapor de agua y gas de combustión. Algunas soluciones conocidas se presentan en la publicaciones US 5656178, US 5613452, US 5413129, DE 4226584, EP 0715902, US 4336329, WO 01/02027 y WO 02/28556, pero las publicaciones se refieren a la esterilización del material, la cual también elimina excesivamente a los microorganismos útiles, impidiendo de este modo el uso del material como fertilizante.

- 20 Con relación al campo de la presente invención, se conoce un método que usa vapor de agua sobrecalentado por la publicación EP 101784 para fabricar un fertilizante a partir de corteza de árbol y lodo. En el método descrito en esta publicación, el lodo se calienta a una temperatura de 120 a 140°C usando vapor de agua sobrecalentado que tiene una temperatura de 140 a 600°C. Sin embargo, el método no da resultados óptimos con respecto a las propiedades fertilizantes del producto final y la economía térmica del método debido a, en particular, la alta temperatura a la que se calienta el material a tratar. Otros métodos de tratamiento de lodos son conocidos por los documentos FR2519965 y WO 0110796.

30 Breve descripción

- Un objeto de la invención es implantar el método de una forma que permita reducir los problemas relacionados con la técnica anterior. Esto se logra con un método según la invención, caracterizado porque el lodo que se calienta a una temperatura de 60 a 100°C con vapor de agua sobrecalentado, el cual es una mezcla gaseosa de vapor de agua y gas de combustión de un combustible, el vapor de agua sobrecalentado que tiene una temperatura de 200 a 600°C para activar el aumento de la cantidad de carbono soluble en el lodo y reiniciar la biodegradación del lodo usando los microorganismos no patógenos que aún permanecen en el lodo después de calentar el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado que se realiza a presión atmosférica normal en una unidad de tratamiento con vapor de agua no presurizado, y realizando el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado como un procedimiento tipo continuo en lugar de un procedimiento cerrado tipo discontinuo.

- 40 En las reivindicaciones dependientes se describen realizaciones de la invención.

La invención está basada en la idea de no calentar el lodo a tratar a una temperatura demasiado alta, aunque aún se usa vapor de agua sobrecalentado que tiene una temperatura suficientemente alta.

- 45 El método según la invención proporciona varias ventajas. La invención permite conseguir un fertilizante de alta calidad con respecto a la economía térmica de una manera que aún es suficientemente económica. Las realizaciones preferidas de la invención y otras realizaciones más detalladas intensifican las ventajas de la invención. En particular, el control de las condiciones de humedad, intensifica las ventajas de la invención.

Lista de figuras

La invención se describirá ahora con más detalle en conexión con las realizaciones preferidas, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 50 La Figura 1 muestra una realización de un aparato para el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado, usado en el método;

La Figura 2 muestra el aparato ilustrado en la Figura 1, visto desde la dirección opuesta;

La Figura 3 muestra una vista de principio de una realización del aparato para el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado, usado en el método;

La Figura 4 muestra la cantidad de carbono orgánico soluble;

La Figura 5 muestra la cantidad de nitrógeno soluble.

5 Descripción de las realizaciones

Con referencia a las Figuras, el método puede usar, por ejemplo, un aparato del tipo mostrado en las Figuras 1 a 3. El aparato según las Figuras 1 a 2 es una unidad móvil soportada por una trama 10 y que comprende los ejes 11 y 12 con los neumáticos 13 a 16 así como pies soporte 17 y un punto de unión 19 para un vehículo tipo tractor.

10 Con respecto a la Figura 3, se ha de advertir que se pretende que las líneas cortas ilustren vapor de agua sobrecalentado sólo a modo de principio, y se pretende que los círculos redondos ilustren el material a tratar sólo a modo de principio, siendo este material, como se mencionó, lodo, particularmente uno o más de los siguientes: lodo municipal, lodo agrícola, lodo de alcantarillado, es decir lodo de plantas de purificación. El lodo, por ejemplo lodo recibido de una planta de purificación de aguas residuales municipal o regional, es lodo que ya ha sido biodegradado, es decir ha sido compostado, una vez, y se usa como punto de partida en el presente método de producir un fertilizante.

15 Para recibir el material a tratar, es decir el lodo, el aparato comprende una tolva receptora 30, hacia la que el lodo puede llevarse, por ejemplo, con un cargador de cubo u otro medio de transferencia, tal como una cinta transportadora o un canal de transferencia. Después del medio de recepción del lodo 30, tal como una tolva receptora 30, en otras palabras debajo de la tolva 30, por ejemplo, el aparato comprende una cinta transportadora de transferencia 32 dispuesta para transportar el material hacia una primera unidad 40 de tratamiento con vapor de agua.

20 Para generar vapor de agua sobrecalentado, el aparato comprende una unidad 50 de generación de vapor de agua sobrecalentado, la cual por medio de una línea de distribución 51, por ejemplo, genera vapor de agua sobrecalentado para la primera unidad 40 de tratamiento con vapor de agua. Correspondientemente, el aparato puede comprender una segunda unidad 60 de tratamiento con vapor de agua, para lo cual la unidad 50 de generación de vapor de agua sobrecalentado está dispuesta para proporcionar vapor de agua sobrecalentado vía la línea de distribución 61, por ejemplo. El lodo tratado en la primera unidad 40 de tratamiento con vapor de agua es transferido a la segunda unidad 60 de tratamiento con vapor de agua por medio de uno o más medios de transferencia 71, 72 o medios de transferencia similares. En el ejemplo de las Figuras, el medio de transferencia 71 es, por ejemplo, una cinta transportadora tipo pala, y el medio de transferencia 72 es un medio de transferencia tipo tornillo.

25 Se ha de advertir que no es necesaria ni una tolva receptora 30 separada ni otro medio de recepción 30 separado sino que el material podría llevarse directamente o por medio de un transportador, por ejemplo, a la unidad 40 de tratamiento con vapor de agua o una unidad giratoria 60 de tratamiento con vapor de agua similar a un tambor.

35 En la Figura 2, la unidad 50 de generación de vapor de agua sobrecalentado se muestra solamente con líneas discontinuas con el fin de no cubrir los puntos de unión para la unión de la unidad 50 de generación de vapor de agua, tales como bridas de unión 101 y bridas de unión 102 a 104. En la Figura 2, la brida de unión o el punto de unión 101 similar indican el punto de unión de la línea 51 de distribución de vapor de agua, el cual se muestra más claramente en la Figura 3, para llevar vapor de agua sobrecalentado a la primera unidad 40 de tratamiento con vapor de agua. Correspondientemente, los números de referencia 102 a 104 en la Figura 2 muestran las bridas de unión u otros puntos de unión correspondientes a los cuales está unida la línea de distribución 61, mucho más claramente vista en la Figura 3, para llevar vapor de agua sobrecalentado a la segunda unidad 60 de tratamiento con vapor de agua.

40 En lo que se refiere a la unidad 50 de generación de vapor de agua sobrecalentado, se ha de advertir que es un aparato que genera una mezcla gaseosa a partir de vapor de agua y gas de combustión de un combustible. El combustible cuya combustión genera el gas de combustión requerido puede ser fueloil ligero, por ejemplo.

45 Con respecto a las dimensiones, se ha de advertir que la longitud del aparato mostrado en las Figuras 1 a 2 es, por ejemplo, aproximadamente 20 metros, mientras que el diámetro de la segunda unidad 60 de tratamiento con vapor de agua, tal como el tambor 60, es aproximadamente 1 metro, por ejemplo. La capacidad del aparato para el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado es varios miles de kilogramos por hora.

50 La invención implica un método para producir un fertilizante a partir de un lodo, método en el cual el lodo se calienta con vapor sobrecalentado para lograr la higienización para destruir los organismos patógenos. En el método, el lodo se calienta a una temperatura de 60 a 100°C con vapor de agua sobrecalentado que tiene una temperatura de 200 a 600°C para activar el aumento de la cantidad de carbono soluble en el lodo y reiniciar la biodegradación del lodo usando los microorganismos no patógenos que aún permanecen en el lodo después del calentamiento, realizándose el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado a presión atmosférica normal en una unidad de tratamiento con

vapor de agua no presurizado, y realizándose el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado como un procedimiento tipo continuo en lugar de un procedimiento cerrado tipo discontinuo.

5 En el tratamiento de lodos, la temperatura del vapor de agua sobrecalentado usado en el calentamiento está entre 200 y 600°C. Según las observaciones del solicitante, el intervalo de temperatura de 300 a 600°C, y particularmente 300 a 400°C, es especialmente adecuado en vista del conjunto formado para la viabilidad del método, las propiedades del producto final (fertilizante) y la economía térmica del método.

En el ejemplo de las Figuras, el vapor de agua sobrecalentado se usa tanto en la primera unidad 40 de tratamiento con vapor de agua como en la segunda unidad 60 de tratamiento con vapor de agua.

10 En el ejemplo de las Figuras, hay dos unidades de tratamiento con vapor de agua que usan vapor de agua sobrecalentado, es decir las unidades 40 y 60, pero la invención no está restringida a un número dado de unidades de tratamiento con vapor de agua. Si se usan dos unidades de tratamiento con vapor de agua de acuerdo con una realización mostrada en las Figuras, las unidades son preferiblemente de diferentes tipos, por ejemplo de tal forma que una de ellas es un tambor giratorio. En los ejemplos de las Figuras, la última, es decir la segunda unidad 60 de tratamiento con vapor de agua es un tambor giratorio como este, hecho girar por medio de motores 65, por ejemplo, 15 desde la superficie de contacto 66 de la periferia externa del tambor. La fuerza del motor giratorio 65 del tambor 60, es decir la segunda unidad 60 de tratamiento con vapor de agua, se transmite al tambor a través de, por ejemplo, un sistema de engranajes 67 y un eje 68.

20 Una unidad tipo tolva o la unidad de tratamiento con vapor de agua indicada por el número de referencia 40, en la que la gravedad o una parte del aparato condensa el material para que se haga más denso, es buena en el sentido de que, debido a la densidad del material lodo a purificar, es decir a higienizar, el vapor de agua no puede moverse a través del material muy fácilmente, es decir muy rápidamente, es decir sin emisión de calor.

25 Una unidad 60 de tratamiento con vapor de agua implantada por medio de un tambor giratorio 60 es buena en el sentido de que permite que el material lodo sea purificado, es decir higienizado, entrando en una eficiente interacción con el vapor de agua sobrecalentado. En otras palabras, el material se encuentra en el tambor lo que podría llamarse una cortina o túnel de vapor de agua.

Si el aparato tiene solamente una unidad de tratamiento con vapor de agua, en otras palabras si el lodo viaja solamente a través de una unidad de tratamiento con vapor de agua, la realización preferida implica específicamente un tambor 60, el cual se hace girar, como se mencionó.

30 En una realización preferida, el lodo se calienta a una temperatura de 60 a 90°C. Preferiblemente, el método es tal que el lodo se trata con vapor de agua sobrecalentado durante 20 a 60 minutos, lo más preferiblemente durante 20 a 30 minutos.

35 Durante el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado, la humedad del lodo se monitoriza y controla para impedir el secado sustancial del lodo. El método es preferiblemente tal que durante el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado, la humedad del lodo se monitoriza y controla de tal forma que la humedad cambia en el tratamiento en $\pm 2\%$ como máximo para impedir el secado sustancial del lodo.

40 Uno de los fines del control de la humedad del lodo en el tratamiento con vapor de agua con vapor de agua sobrecalentado es el deseo de impedir que el lodo se seque en tal extensión que se convertiría en polvo en etapas posteriores después del tratamiento con vapor de agua, por ejemplo en una pila al aire libre mientras se encuentra en la etapa de biordegradación, o incluso después, por ejemplo cuando el fertilizante, es decir el producto final del método, es transportado o envasado.

45 Otra razón para controlar las condiciones en el tratamiento con vapor de agua con vapor de agua sobrecalentado es el deseo de mejorar las propiedades como nutriente del producto final, es decir el fertilizante. Por tanto, el método es, en una realización preferida, tal que la evaporación de amoníaco que contiene nitrógeno o de otro compuesto nitrogenado generado por el lodo se minimiza manteniendo un nivel de humedad y/o una temperatura durante el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado. La humedad se ajusta a un valor suficientemente alto, y la temperatura se ajusta a un valor suficientemente bajo. Esta característica mejora el contenido de nutrientes del producto final, es decir el fertilizante, porque el nitrógeno es un importante nutriente que el suelo fertilizado es capaz de explotar.

50 En una realización preferida, el método es tal que durante el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado la humedad del lodo se controla de tal forma que la cantidad de agua a mezclar con el gas de combustión se cambia al generar vapor de agua sobrecalentado.

55 Con respecto a la unidad 60 de tratamiento con vapor de agua semejante a un tambor, se ha de advertir que el flujo de vapor de agua se dispone en la dirección longitudinal del tambor sustancialmente a través de todo el tambor de tal forma que en el lado de entrada del vapor de agua, el vapor de agua se lleva por la línea de distribución 61, o estructura semejante, al tambor 60, y el vapor de agua se descarga del tambor a, por ejemplo, una cámara de sedimentación 80 o a una estructura similar.

5 El lodo tratado en el tambor 60 se separa del tambor 60, y el material tratado puede posicionarse sobre el suelo, por ejemplo como una pila en la vecindad del tambor. Alternativamente, el lodo tratado puede ser llevado a otros lugares, en cuyo caso el material tratado obtenido por el lado de salida del tambor 60 se lleva a un transportador 90 y además, por ejemplo, se transporta en un camión u otro medio de transporte incluso una larga distancia desde el aparato de tratamiento con vapor de agua.

10 Por tanto, en una realización preferida el método es tal que la rebiodegradación se produce al menos principalmente en otro lugar que en el aparato de tratamiento con vapor de agua que ha realizado el calentamiento del lodo con vapor de agua sobrecalentado. En una realización preferida, la biordegradación del lodo se produce, es decir se realiza, en una pila u otro montón de formación al que se ha transportado el lodo desde la unidad de tratamiento con vapor de agua que ha realizado el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado.

15 Con el fin de conocer cuando el fertilizante está listo, por ejemplo, para su uso directo o para envasar el método es preferiblemente tal que el grado de madurez de la biordegradación del lodo se monitoriza midiendo las emisiones de gas del lodo. En una realización preferida, se miden las emisiones de dióxido de carbono, y lo más preferiblemente, la velocidad máxima de generación de dióxido de carbono en la emisión de dióxido de carbono es menos que 2 mg/g/día. En un experimento, se midió una velocidad de generación de dióxido de carbono de 1,3 mg/g/día en el estado final después del tratamiento con vapor de agua y la biordegradación.

En una realización preferida, la duración de la biordegradación es 1 a 3 meses. Según las observaciones del solicitante, esto da lugar a un buen equilibrio en vista de la madurez y la eficiencia del fertilizante.

20 Volviendo al extremo final del tambor 60 de tratamiento con vapor de agua, es decir las estructuras de la salida, se ha de advertir que por ejemplo en la cámara de sedimentación 80 el aparato comprende un filtro 85, tal como una pantalla tipo rejilla, para impedir que las partículas de la corriente de aire pasen a su través. Dependiendo de la posición del controlador 100, el flujo de vapor de agua de salida que ha perdido calor puede separarse del aparato como tal a través de un canal de descarga 110 o puede separarse a través de un canal de descarga 130 de tal forma que se quema mediante un quemador posterior 120 que quema los gases que tienen olores perjudiciales. La separación del flujo de vapor de agua puede ser facilitada por medio de los ventiladores 111 y 131.

Desde la segunda unidad 60 de tratamiento con vapor de agua, es decir el tambor 60, el vapor de agua se separa así en la cámara de sedimentación 80. Correspondientemente, también desde la primera unidad 40 de tratamiento con vapor de agua el vapor de agua se separa en la cámara de sedimentación 80 a través de un canal de transferencia 88, por ejemplo, el cual se ve en las Figuras 1 a 2.

30 Se ha de advertir que incluso no es la intención calentar el lodo, particularmente lodo municipal, lodo agrícola o lodo de alcantarillado, es decir lodo de plantas de purificación, a una temperatura tan alta como la que tiene el vapor de agua sobrecalentado, porque el fin principal es matar a los organismos patógenos del material mientras que se conservan intencionadamente los organismos que son ventajosos para la biordegradación y el fertilizante. En el tratamiento de higienización llevado a cabo con vapor de agua sobrecalentado, el material a purificar se calienta a una temperatura de 60 a 100°C, la cual es suficientemente alta para matar los organismos patógenos pero suficientemente baja para impedir la esterilización del material a purificar. A una temperatura demasiado alta, si el tratamiento es demasiado largo provocaría que el material se esterilizara, incluso si se usara una temperatura que sólo es demasiado alta momentáneamente, o si el tiempo es algo corto no provocaría necesariamente la esterilización.

40 Los organismos que se pretenden matar en la higienización incluyen enterobacterias, bacterias tipo salmonella, bacterias coliformes, patógenos de las enfermedades de las plantas, malas hierbas, etc. Los organismos que tienen que permanecer en el material tratado, es decir higienizado, en el método son los materiales naturales, inocuos, es decir microorganismos no patógenos.

45 El método es, por naturaleza, un método microbiológico que utiliza vapor de agua sobrecalentado para producir un fertilizante a partir de un lodo, el cual ya ha sufrido una vez biodegradación, usando higienización por calentamiento generado por vapor de agua sobrecalentado para activar la biordegradación que se produce algo más tarde.

Los experimentos del método según la invención han dado lugar, por ejemplo, a las siguientes observaciones.

50 En la disposición experimental 1, se detectó que la capacidad del tratamiento térmico con vapor de agua sobrecalentado, dependiendo de las condiciones (temperatura, velocidad de giro, inclinación del tambor en la dirección longitudinal), fue 50 a 180 t/h (toneladas, es decir 1000 kg, por hora), siendo el consumo de energía 193 MJ/t (megajulios por tonelada, es decir 1000 kg). Por comparación, un método antiguo, es decir el secado del lodo con aire caliente, dio lugar a una capacidad de 50 a 100 t/h con un consumo de energía cerca de diez veces mayor, aunque el valor superior de la capacidad (100 t/h) fue solamente justo más de la mitad del valor superior obtenido con el método de la invención (180 t/h), y además, una diferencia significativa fue que en el secado convencional con aire seco la pérdida de nutrientes útiles para el fertilizante fue considerablemente mayor.

55 En la disposición experimental 2, el objeto del tratamiento con vapor de agua sobrecalentado fue lodo que había sido compostado durante un año. Antes del tratamiento el número de enterobacterias (parte de las cuales eran

patógenas) fue 120000 cfu/g (unidades formadoras de colonias/ g), pero después del tratamiento el número estaba por debajo de 10 cfu/g, en otras palabras por debajo de la exactitud de la medida, es decir por debajo del límite de detección, siendo el valor legislativo máximo permitido 1000 cfu/g. Asimismo, el número de bacterias clostridiales podría reducirse a un valor que fue menor que la mitad del anterior, en otras palabras el número antes del tratamiento fue 5600 cfu/g y el número después del tratamiento 2700 cfu/g. Dejando sedimentar el lodo después del tratamiento con vapor de agua sobrecalentado, por ejemplo durante 24 horas, se redujo el número de clostridia a la proporción del 10% del original. El Clostridium es una bacteria esporulante, por lo que perdura más durante el tratamiento por calentamiento.

Por tanto, el tratamiento en cuestión no es la esterilización del lodo sino su higienización. Un objeto particular es para destruir posibles patógenos de origen intestinal, es decir salmonella y E. Coli, los cuales pertenecen al grupo de enterobacterias.

En la disposición experimental 3, el objeto del tratamiento con vapor de agua sobrecalentado fue lodo anaerobio bruto sin tratar obtenido de una planta de purificación de aguas residuales. Antes del tratamiento, el número de enterobacterias (parte de las cuales eran patógenas) fue 12000 cfu/g (unidad formadora de colonias/g), mientras que después del tratamiento con vapor de agua sobrecalentado el número estaba por debajo de 10 cfu/g, en otras palabras por debajo de la exactitud de la medida, es decir por debajo del límite de detección, siendo el valor legislativo máximo permitido 1000 cfu/g.

En la disposición experimental 3, también se disminuyó significativamente el contenido de E. Coli. Antes del tratamiento, el contenido de E. Coli fue 17000 cfu/g (unidad formadora de colonias/g), mientras que después del tratamiento el número estaba por debajo de 10 cfu/g, en otras palabras por debajo de la exactitud de la medida, es decir por debajo del límite de detección, siendo el valor legislativo máximo permitido 1000 cfu/g.

Como en la disposición experimental 2, también en la disposición experimental 3 el contenido de Clostridium se redujo menos que el contenido de enterobacterias. Antes del tratamiento, el número de Clostridium fue 7100 cfu/g y después del tratamiento 1500 cfu/g, en otras palabras el número se redujo hasta una proporción de 20%, es decir aproximadamente la quinta parte del original. Sin embargo, dejando sedimentar el lodo durante incluso un tiempo tan corto como 24 horas después del tratamiento con vapor de agua sobrecalentado el contenido de Clostridium se redujo en la proporción de 10%, es decir a la décima parte del original.

Con relación a la disposición experimental 2 (con el lodo ya compostado), se midió lo siguiente con respecto a las propiedades físicas y químicas del lodo.

Tabla 1:

Variable	Antes del tratamiento	Después del tratamiento
Contenido de material seca, % (TS)	57	62
Conductividad (mS/cm)	31	25
pH	7,1	7,4
Cantidad de N-NH ₄ soluble, es decir nitrógeno amoniacal	493	417

Con relación a la disposición experimental 3 (lodo aerobio bruto no tratado), se midió lo siguiente con respecto a las propiedades físicas y químicas del lodo.

Tabla 2:

Variable	Antes del tratamiento	Después del tratamiento
Contenido de material seca, % (TS)	26	28
Conductividad (mS/cm)	220	240
pH	8,3	8,3
Cantidad de N-NH ₄ soluble, es decir nitrógeno amoniacal	3816	3990

La Figura 4 muestra la cantidad de carbono orgánico soluble. En la mitad izquierda de la Figura 4 el punto de partida es compost basado en lodos, mientras que en el lado derecho de la Figura 4 el punto de partida es estiércol de

caballo compostado, es decir una mezcla de estiércol de caballo y compost de lodo. Las designaciones en la parte inferior de la Figura 4 indican lo siguiente:

Inicio: Muestra tomada del material sin tratar

Primer tratamiento: Muestreo después del primer tratamiento con vapor de agua

5 Segundo tratamiento: Muestreo después del segundo tratamiento con vapor de agua

Tercer tratamiento: Muestra tomada después del tercer tratamiento con vapor de agua

1 hora: Muestreo de material que ha sido tratado una vez, realizado una hora después del tratamiento

10 24 horas: Muestreo de material que ha sido tratado una vez, realizado 24 horas después del tratamiento

En el contexto de la Figura 4 y la Figura 5, el lodo se calienta hasta aproximadamente 80°C. Con referencia a las lecturas de la Figura 4, en cada tratamiento se produjo la solubilización de carbono. En otras palabras, el tratamiento con vapor de agua dejando sedimentar el material después de romper las estructuras biológicas, tales como flóculos de lodo, y posiblemente también células en los materiales. Por ejemplo, puede advertirse que en el caso de compost basado en lodos, la cantidad de carbono orgánico soluble había aumentado después del primer tratamiento con vapor de agua desde un valor de 714 mg/kg hasta un valor de 2009 mg/kg, es decir casi tres veces. La solubilización de carbono contribuye al reinicio de la biodegradación, es decir al compostaje: como resultado del reinicio de la biodegradación, el enfriamiento del material después del tratamiento con vapor de agua fue menor debido al calor generado por la biodegradación. Medida en el material tratado solamente una vez con vapor de agua y dejado sedimentar durante 24 horas, la cantidad de carbono soluble había, en el caso de compost basado en lodos, aumentado hasta un valor de 1108 mg/kg desde el valor original de 714 mg/kg, es decir hasta al menos por encima de 1,5 veces el original.

También se detectó un aumento de los compuestos hidrocarbonados, los cuales procedían de la solubilización del carbono ilustrada por la Figura 4. Por ejemplo, puede advertirse que en el caso de compost basado en lodos, el número de compuestos hidrocarbonados había aumentado después del primer tratamiento con vapor de agua desde un valor de 30 mg/kg hasta un valor de 98 mg/kg, es decir por encima de tres veces, y con el segundo tratamiento con vapor de agua el valor fue tan alto como 398 mg/kg, es decir aproximadamente 13 veces comparado con la situación inicial. Medida en el material tratado solamente una vez con vapor de agua y dejado sedimentar durante 24 horas, la cantidad de compuestos hidrocarbonados había, en el caso de compost basado en lodos, aumentado hasta un valor de 260 mg/kg desde el valor original de 30 mg/kg, es decir hasta casi 9 veces el original.

En vista que los principales nutrientes, lo que sigue trata de nitrógeno soluble. Con referencia a la Figura 5, la solubilización de nitrógeno se logró en cada tratamiento. Este es un fenómeno paralelo a un aumento del carbono soluble. Cuando las estructuras biológicas se rompen, también se liberan las proteínas intracelulares que contienen nitrógeno. Los títulos de las barras de la parte inferior de la Figura 5 son como se indicó anteriormente en el contexto de la Figura 4. Por ejemplo, en el caso de compost basado en lodos, la cantidad de nitrógeno soluble había aumentado después del primer tratamiento con vapor de agua desde un valor de 578 mg/kg hasta un valor de 719 mg/kg, en otras palabras hubo un aumento de casi 25%. Con el segundo tratamiento con vapor de agua, el valor fue tan alto como 873 mg/kg, en otras palabras hubo un aumento de más que 50%. Medida en el material tratado solamente una vez con vapor de agua y dejado sedimentar durante 24 horas, la cantidad de nitrógeno soluble había, en el caso de compost basado en lodos, aumentado hasta un valor de 785 mg/kg desde el valor original de 578 mg/kg, en otras palabras hubo un aumento de más que 35%.

Con respecto a otro nutriente principal soluble, es decir el nitrógeno amoniacal, se observó un aumento de la cantidad. Por ejemplo, en el caso de compost de estiércol de caballo, la cantidad de nitrógeno amoniacal había aumentado después del primer tratamiento con vapor de agua desde un valor de 147 mg/kg hasta un valor de 227 mg/kg, en otras palabras hubo un aumento de al menos 50%.

También hubo un aumento de la cantidad de aún otro nutriente principal, es decir fósforo. El aumento del fósforo está relacionado con el hecho de que los ácidos nucleicos intracelulares que contienen fósforo son liberados cuando las estructuras biológicas se rompen. Por ejemplo, en el caso de compost basado en lodos, la cantidad de fósforo había aumentado después del primer tratamiento con vapor de agua desde un valor de 103 mg/kg hasta un valor de 191 mg/kg, en otras palabras hubo un aumento de más que 85%. Con el segundo tratamiento con vapor de agua, el valor fue tan alto como 250 mg/kg, en otras palabras hubo un aumento de más que 142% comparado con la situación inicial. Medida en el material tratado solamente una vez con vapor de agua y dejado sedimentar durante 24 horas, la cantidad de fósforo soluble había, en el caso de compost de lodo, aumentado hasta un valor de 186 mg/kg desde el valor original de 103 mg/kg, en otras palabras hubo un aumento de más que 80%.

Lo que sigue se relaciona con los elementos solubles traza. La solubilización de nutrientes traza también se detectó con respecto a los elementos traza, tales como cobre, manganeso, magnesio y calcio. Por ejemplo, en el caso de

5 compost basado en lodos, la cantidad de calcio soluble había aumentado después del primer tratamiento con vapor de agua desde un valor de 105 mg/kg hasta un valor de 238 mg/kg, en otras palabras hubo un aumento de más que 125%. Medida en el material tratado solamente una vez con vapor de agua y dejado sedimentar durante 24 horas, la cantidad de calcio había, en el caso de compost de lodo, aumentado hasta un valor de 364 mg/kg desde el valor original de 105 mg/kg, en otras palabras hasta aproximadamente 3,5 veces.

Con referencia a todos los aspectos descritos anteriormente, se obtiene un producto que es bien aplicable como fertilizante.

10 Con referencia a las disposiciones experimentales 2 a 3, el contenido de materia sólida se determinó pesándola antes y después del secado. La conductividad, es decir la suma del contenido de iones solubles, se determinó extrayendo las muestras con agua, y la conductividad del extracto se midió con un conductímetro. Correspondientemente, el pH se determinó extrayendo las muestras con agua, y el pH del extracto se midió con un pHímetro. Con referencia a las Figuras 4 a 5, el contenido de enterobacterias se determinó de acuerdo con la norma NMKL 144:00. El contenido de *Escherichia coli* (E. Coli) se determinó de acuerdo con la norma NMKL 125:96. El contenido de Clostridium se determinó de acuerdo con la norma NMKL 56:95.

15 Por medio de la invención, se proporciona un fertilizante que reúne los requisitos de la Fertilizer Act (2007) con la clase correcta del tratamiento de lodos.

20 Por tanto, la invención se refiere a la solubilización de lo que se llama carbono no biodisponible, llevado a cabo con vapor de agua sobrecalentado. Durante el tratamiento con vapor de agua, el carbono no biodisponible, tal como el contenido en los ácidos grasos, cambia desde la forma normal no extraíble a la forma soluble, en la cual está de nuevo disponible para los microorganismos.

25 Por medio del método se solubilizan los ácidos grasos, diferentes esteroides y otros componentes celulares. Estos componentes están normalmente biodisponibles en un lodo. La extensión de la solubilización es incluso más que 5 g/kg (por kilogramo de materia seca). Este fenómeno está representado por el aumento de los compuestos orgánicos extraíbles (ácidos grasos, diferentes esteroides y otros componentes celulares) en un lodo anaerobio, por ejemplo, en la Tabla 3.

Tabla 3:

Contenido de compuestos orgánicos extraíbles (mg/kg)	Aumento (%)
Lodo bruto anaerobio sin tratar: 30	0
Lodo tratado, 1 min después del tratamiento: 98	326
Lodo tratado, 60 min después del tratamiento: 515	1716

La Tabla 4 indica lo mismo en estiércol de caballo tratado con vapor de agua sobrecalentado.

Tabla 4:

Contenido de compuestos orgánicos extraíbles (mg/kg)	Aumento (%)
Estiércol de caballo sin tratar: 262	0
Estiércol de caballo tratado, 1 min después del tratamiento: 397	151
Estiércol de caballo tratado, 60 min después del tratamiento: 721	275

30

El mismo fenómeno puede verse en las Tablas 5 y 6 para COD (carbono orgánico disuelto).

Tabla 5:

COD (mg/kg)	Aumento (%)
Lodo bruto anaerobio sin tratar: 45	0
Lodo tratado, 1 min después del tratamiento: 124	275

Tabla 6:

COD (mg/kg)	Aumento (%)
Estiércol de caballo sin tratar: 12	0
Estiércol de caballo, 1 min después del tratamiento: 94	783

5 Así, la invención se refiere a un método para producir un fertilizante a partir de un lodo que ya ha sido biodegradado una vez. El método comprende calentar el lodo biodegradado con vapor de agua sobrecalentado y a continuación aumentar la cantidad de carbono soluble, después de lo cual se inicia la biorregradación.

Aunque la invención ha sido descrita anteriormente con referencia al ejemplo de los dibujos adjuntos, es obvio que la invención no está restringida al mismo sino que puede variar en una pluralidad de vías dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir un fertilizante a partir de lodo, método en el cual el lodo se calienta con vapor sobrecalentado para lograr la higienización para destruir microorganismos patógenos, caracterizado porque el lodo se calienta hasta una temperatura de 60 a 100°C con vapor de agua sobrecalentado, el cual es una mezcla gaseosa de vapor de agua y gas de combustión de un combustible, teniendo el vapor de agua sobrecalentado una temperatura de 200 a 600°C para activar el aumento de la cantidad de carbono soluble en el lodo y reiniciar la biodegradación del lodo usando los microorganismos no patógenos que aún permanecen en el lodo después del calentamiento, realizándose el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado a presión atmosférica normal en una unidad de tratamiento con vapor de agua no presurizado, y realizándose el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado como un procedimiento tipo continuo en lugar de un procedimiento cerrado tipo discontinuo.
2. Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque el lodo que se calienta hasta una temperatura de 60 a 90°C.
3. Un método según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el lodo es tratado con vapor de agua sobrecalentado durante 20 a 60 minutos.
4. Un método según la reivindicación 3, caracterizado porque el lodo es tratado con vapor de agua sobrecalentado durante 20 a 30 minutos.
5. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 4, caracterizado por monitorizar y controlar la humedad del lodo durante el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado para impedir el secado sustancial del lodo.
6. Un método según la reivindicación 5, caracterizado por monitorizar y controlar la humedad del lodo durante el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado de tal forma que la humedad del material cambia en el tratamiento en $\pm 2\%$ como máximo para impedir el secado sustancial del lodo.
7. Un método según la reivindicación 5 ó 6, caracterizado por controlar la humedad del lodo durante el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado de tal forma que la cantidad de agua a mezclar con el gas de combustión se cambia al generar vapor de agua sobrecalentado.
8. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 7, caracterizado por minimizar la evaporación de amoníaco que contiene nitrógeno o de otro compuesto nitrogenado generado por el lodo manteniendo un valor de humedad y/o una temperatura durante el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado.
9. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 8, caracterizado porque el lodo se calienta con vapor de agua sobrecalentado que tiene una temperatura de 300 a 600°C.
10. Un método según la reivindicación 9, caracterizado porque el lodo se calienta con vapor de agua sobrecalentado que tiene una temperatura de 300 a 400°C.
11. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 10, caracterizado porque el lodo a tratar es uno de los siguientes: lodo municipal, lodo agrícola, lodo de alcantarillado, es decir lodo de plantas de purificación.
12. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 11, caracterizado porque el tratamiento de lodos con vapor de agua sobrecalentado se realiza con un aparato de tratamiento con vapor de agua que comprende al menos una unidad de tratamiento con vapor de agua dispuesta para usar vapor de agua sobrecalentado y al que se lleva el material a tratar.
13. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 12, caracterizado por realizar el método con un aparato de tratamiento con vapor de agua que comprende una primera y una segunda unidad de tratamiento con vapor de agua dispuestas para usar vapor de agua sobrecalentado, y por transferir el material tratado en la primera unidad de tratamiento con vapor de agua a la segunda unidad de tratamiento con vapor de agua.
14. Un método según la reivindicación 12, caracterizado por llevar lodo al tratamiento durante el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado en un procedimiento tipo continuo, y separar lodo del tratamiento con vapor de agua sobrecalentado.
15. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 14, caracterizado por monitorizar, después del tratamiento con vapor de agua sobrecalentado durante la biorregradación del lodo, el grado de madurez de la biodegradación del lodo.

16. Un método según la reivindicación 15, caracterizado por monitorizar el grado de madurez de la biorregradación del lodo midiendo las emisiones gaseosas del lodo.
17. Un método según la reivindicación 15, caracterizado por monitorizar el grado de madurez de la biorregradación del lodo midiendo las emisiones de dióxido de carbono del lodo.
- 5 18. Un método según la reivindicación 12 ó 14, caracterizado porque la biorregradación del lodo se produce en otro lugar que en el aparato de tratamiento con vapor de agua que ha realizado el calentamiento del lodo con vapor de agua sobrecalentado.
- 10 19. Un método según la reivindicación 18, caracterizado porque la biorregradación del lodo se produce en una pila u otro montón o formación a la que se ha llevado el lodo desde la unidad de tratamiento con vapor de agua que ha realizado el tratamiento con vapor de agua sobrecalentado.
20. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1 a 19, caracterizado porque la duración de la biorregradación es 1 a 3 meses.

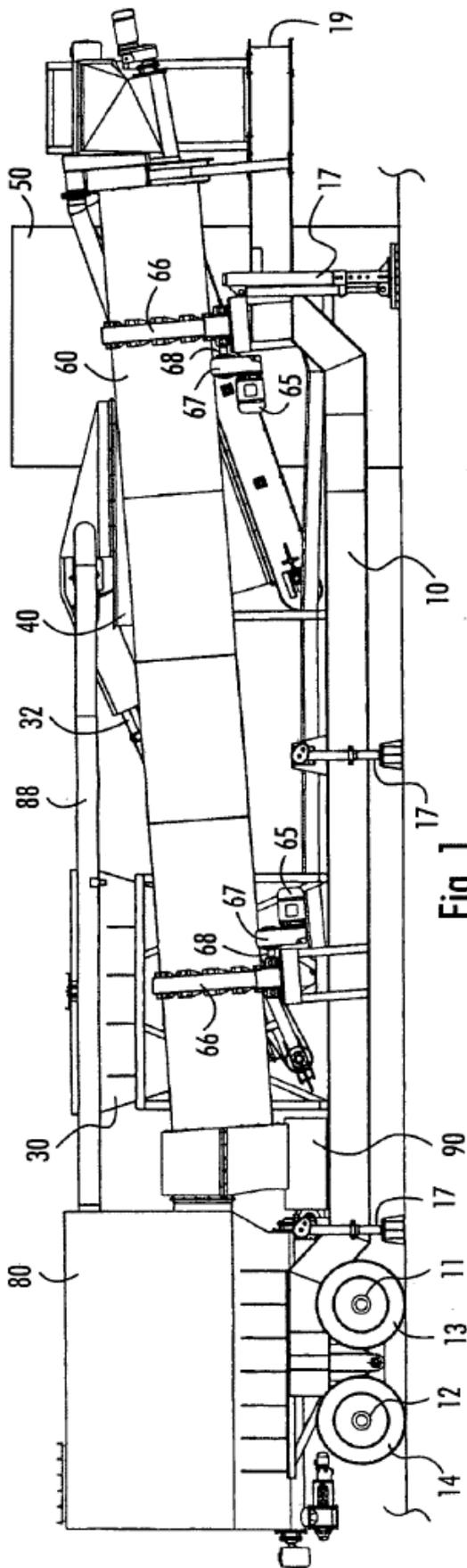


Fig. 1

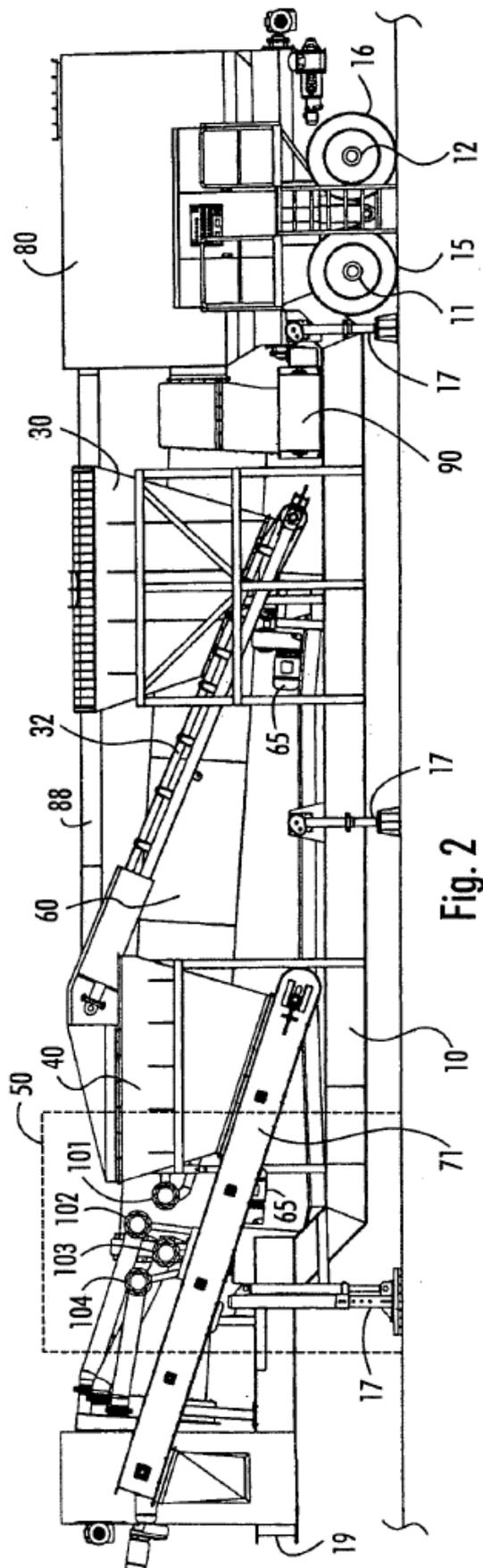


Fig. 2

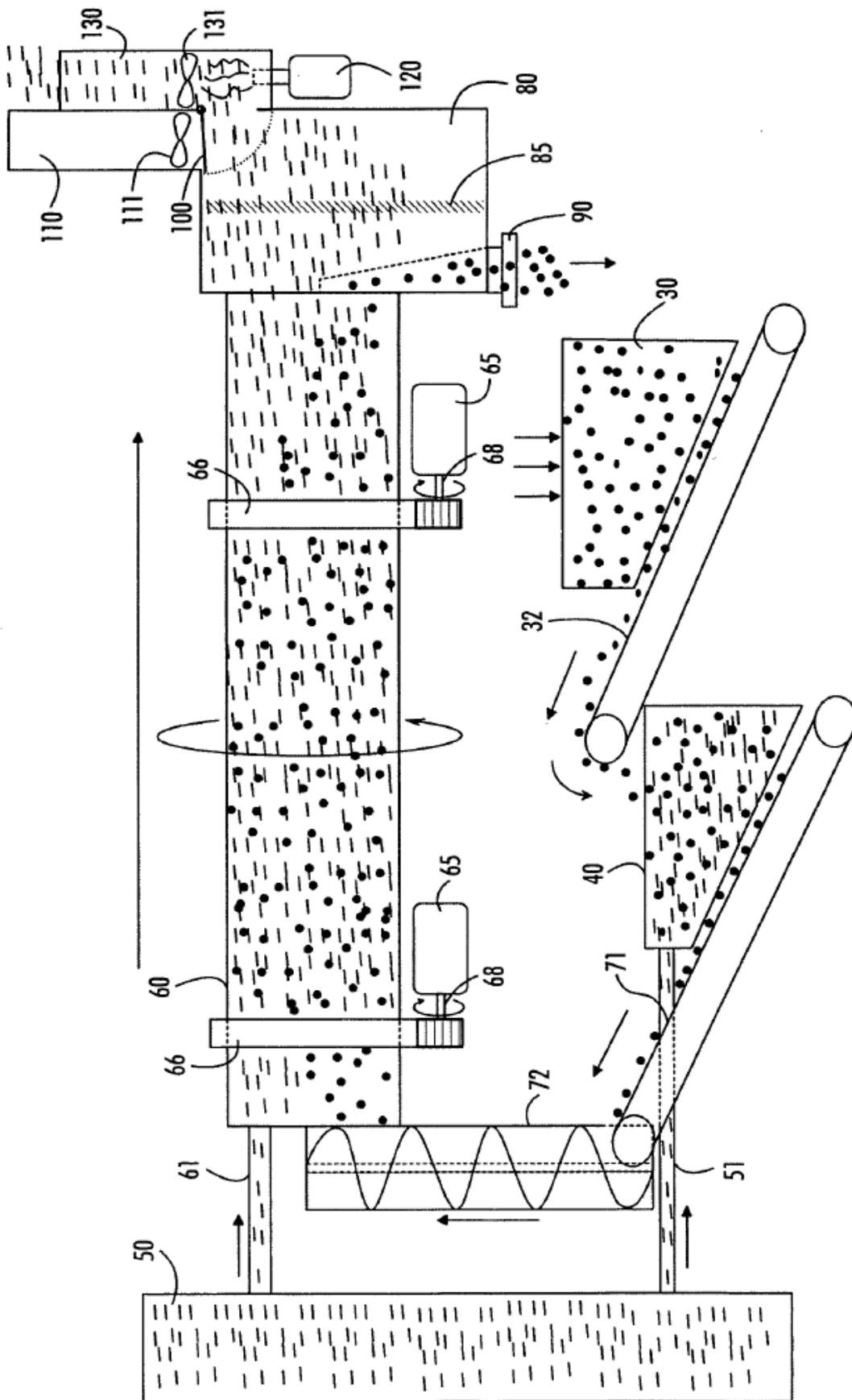


Fig. 3

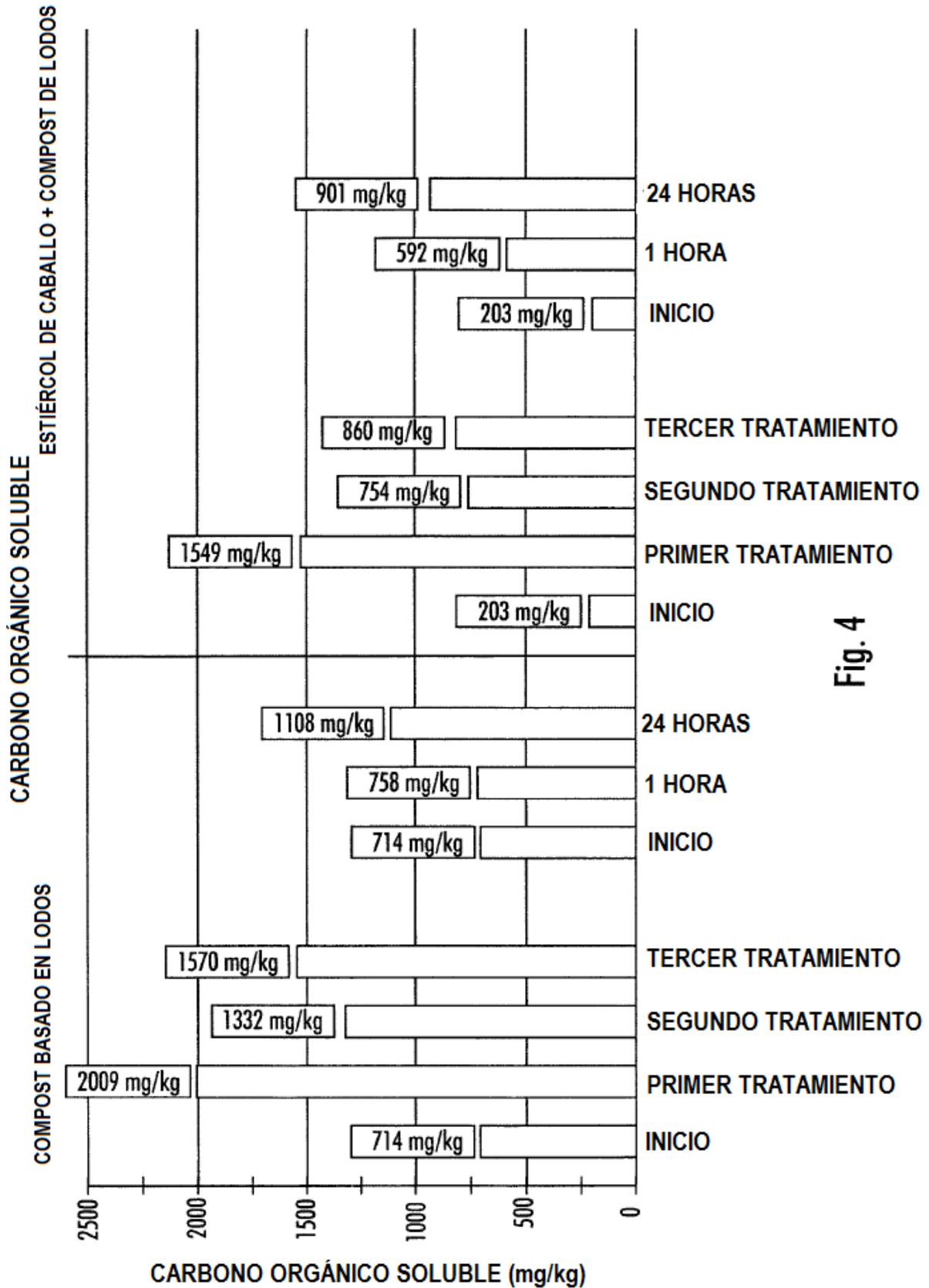


Fig. 4

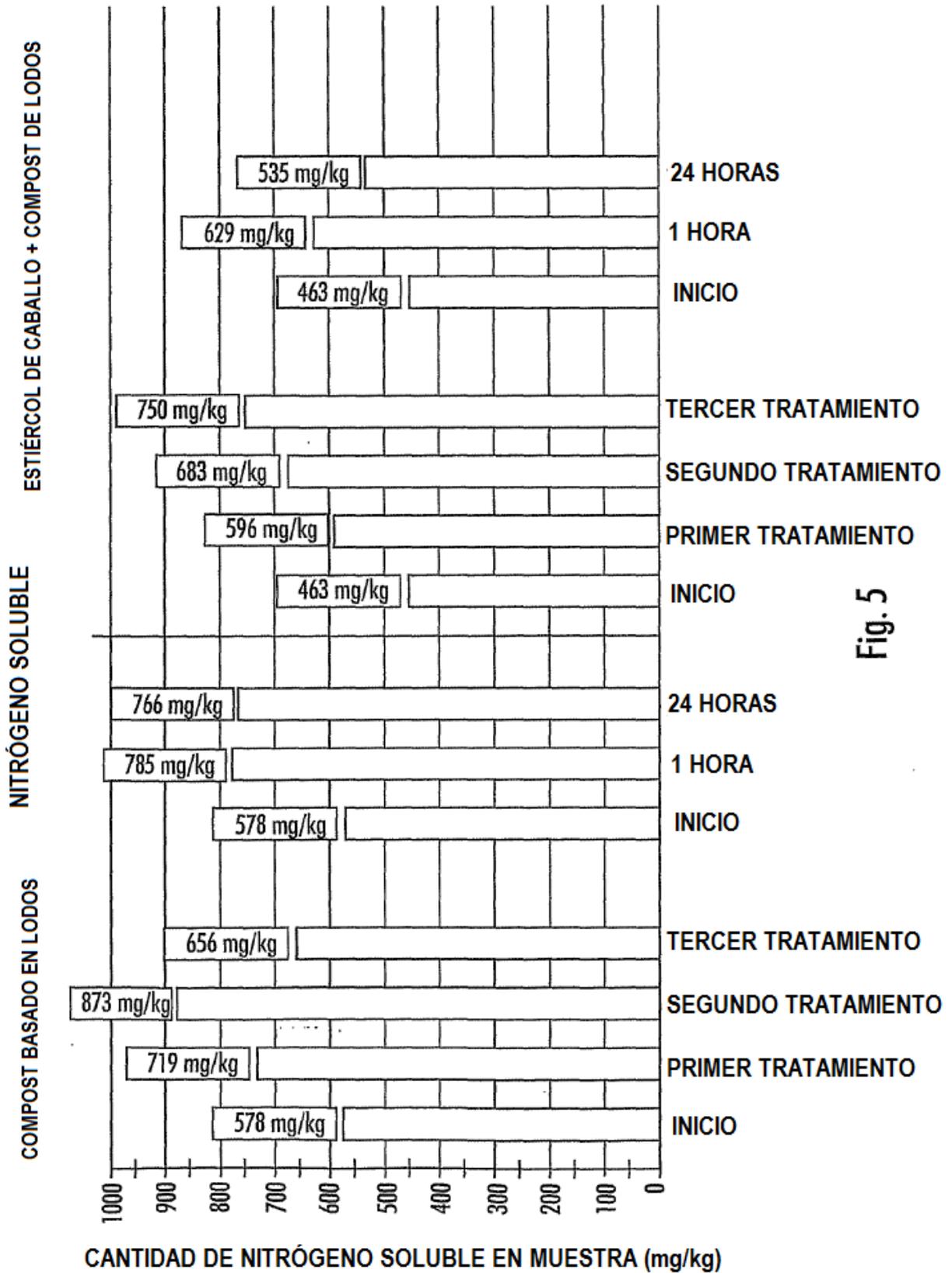


Fig. 5