

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 919 149**

51 Int. Cl.:

A01C 3/00

(2006.01)

C10L 5/42

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.04.2017 PCT/CL2017/000009**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.10.2017 WO17181299**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2017 E 17785218 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2022 EP 3453240**

54 Título: **Método de tratamiento de purines para la producción de un producto con alto poder calorífico**

30 Prioridad:

19.04.2016 CL 2016931

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

22.07.2022

73 Titular/es:

**SOCIEDAD DE INVERSIONES Y RENTAS TRICAO
S.P.A. (100.0%)**

**5420, Cerro El Plomo oficina 1903
Las Condes, Santiago, CL**

72 Inventor/es:

CARABALL UGARTE, JOSÉ

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 919 149 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 de tratamiento de purines para la producción de un producto con alto poder calorífico

5 **Sumario**

El objetivo es obtener un biocombustible sólido que comprende lignina a partir del estiércol de ganado vacuno, cabras y cerdos que cumpla con la norma ISO 17225-6 tanto en materia energética como medioambiental, y un método para su obtención.

10 El método se basa principalmente en la separación de contaminantes de lignina. Esto se logra mediante las siguientes etapas: tratamiento del estiércol en el tanque de lavado mediante la alimentación del sistema a un tanque de lavado; lavado del estiércol en el tanque de lavado mediante movimientos rotatorios y ultrasonidos y arrastre de agua; adición de un flujo continuo de agua limpia en el tanque de lavado; separación de líquidos y sólidos; prensado para la eliminación del exceso de agua del biocombustible sólido sin secado, y finalmente secado del mismo.

Aunque existen procedimientos similares con el objetivo de obtener un biocombustible a partir del estiércol, la novedad es que no se combina con otros productos tales como serrín o paja; tampoco existe la necesidad de incorporar procedimientos químicos, ni se somete a procedimientos térmicos o carbonización. Este biocombustible puede o no ser compactado o peletizado para su comercialización.

25 El estiércol de ganado ha sido utilizado como fuente de combustible desde la antigüedad por la humanidad. La acumulación de estiércol así como su quema, sin embargo, presenta una serie de inconvenientes y peligros para la salud humana, entre ellos, mal olor derivado de su descomposición, mal olor, generación de sustancias corrosivas y gases tóxicos al quemarse, junto con la generación de sustancias que manchan y ensucian fachadas e interiores de viviendas y edificios.

30 **Antecedentes**

La presente divulgación describe un método para el tratamiento de purines ("slurries") animales, particularmente estiércol de ganado, para obtener un producto con alto poder calorífico que, al quemarse, libera gases nocivos en baja concentración.

35 Particularmente, la presente divulgación describe un método para el tratamiento de estiércol de ganado, particularmente estiércol de vaca, sin limitar la utilización de la presente invención para el tratamiento de estiércol de otros mamíferos.

40 Este método permite obtener un producto con alto poder calorífico y baja liberación de gases nocivos y cenizas al quemarse, particularmente las correspondientes a la lignina.

45 En la industria ganadera, la producción de estiércol es un problema muchas veces difícil de abordar, ya que es un desecho que puede contaminar las parcelas, las aguas subterráneas, y el medio ambiente en general, si no se maneja adecuadamente. Asimismo, existe una preocupación en el manejo sanitario del estiércol en las industrias lechera y ganadera.

Según la FAO, el sector ganadero es uno de los principales contribuyentes al efecto invernadero en el mundo, siendo altamente nocivo, según un informe emitido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, FA Livestock's long shadow environmental issues and options 2006). Dicho informe indica que el sector ganadero produce niveles de gases de efecto invernadero que medidos en dióxido de carbono (CO₂) equivalente son más altos que los producidos por la industria del transporte.

Además, el mismo informe de la FAO de 2006 indica que la ganadería no solo amenaza el medio ambiente, sino que asimismo es una de las principales causas de la degradación del suelo y los recursos hídricos.

55 En cuanto al coste ambiental en el estudio de la FAO de 2006, se indica que "cada unidad de producción ganadera tiene que reducirse por lo menos a la mitad para evitar que la situación empeore". En particular, el estiércol producido por los sistemas ganaderos puede generar un impacto ambiental negativo si no se controla su almacenamiento, transporte o aplicación, debido a la liberación de gases contaminantes a la atmósfera y la acumulación de micro- y macronutrientes en el suelo y cuerpos hídricos superficiales. En los EE.UU., existen leyes específicas para el manejo y depósito de excrementos animales que impactan a cuerpos hídricos, suelo y atmósfera, las cuales son supervisadas y certificadas por la Environmental Protection Agency (EPA). En Canadá, las normas de manejo y depósito de excrementos animales no son menos rigurosas.

65 En países hispanoamericanos como Argentina, Chile, Colombia y México, la regulación y vigilancia del uso y manejo de excrementos son más limitadas, pues solo se especifican normas para las descargas de contaminantes

al agua, restando importancia a las emisiones a la atmósfera y al suelo, y sin especificaciones claras sobre el estiércol del ganado. (Agroscience vol. 46 no. 4 Mexico may/jun 2012).

Conscientes de que el cambio climático representa una amenaza apremiante con efectos potencialmente irreversibles para las sociedades humanas y el planeta, el 11 de diciembre de 2015 se aprobó el Paris Agreement con miras a acelerar la reducción de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (Project of Agreement – 21st Conference of the Parties on Climate Change - París, del 30 al 11 de noviembre de 2015).

Este Acuerdo presenta la imperiosa necesidad de resolver la gran brecha existente entre el efecto agregado de las promesas de mitigación de las partes o países, expresado en términos de emisiones globales anuales de gases de efecto invernadero en el año 2020, y las trayectorias que deberían seguir las emisiones agregadas para poder mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de los 2 grados centígrados con respecto a los niveles preindustriales, y continuar los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura a 1.5 grados centígrados.

En este acuerdo, cada uno de los países signatarios, se comprometió a trabajar en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, por ejemplo mediante la promoción del uso de energías renovables y no convencionales, y en la sustitución de recursos fósiles.

La presente divulgación presenta un producto de biomasa de alto poder calorífico que es altamente eficiente en la contribución a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. En la práctica permite la sustitución de recursos fósiles por biomasa.

Emisiones de gases de efecto invernadero por la industria ganadera

La industria ganadera es responsable del 18 por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero cuando se mide en CO₂ equivalente. Su participación es superior a la industria del transporte.

El sector ganadero es responsable del 9% de las emisiones de CO₂ antropogénicas. En su mayor parte, estas emisiones derivan de cambios en el uso del suelo, especialmente de la deforestación provocada por la expansión de pastizales para la producción de forraje. Asimismo, la ganadería es responsable de las emisiones de gases con mayor potencial de calentamiento de la atmósfera. Este sector emite el 37% del metano antropogénico (con 23 veces el potencial de calentamiento global (GWP) del CO₂) producido principalmente por la fermentación entérica de los rumiantes. Emite el 65% del óxido nitroso antropogénico (con 296 veces el GWP del CO₂), principalmente a través del estiércol. La ganadería asimismo es responsable de dos tercios (64%) de las emisiones antropogénicas de amoníaco que contribuyen significativamente a la lluvia ácida y la acidificación de los ecosistemas.

Estos altos niveles de emisiones dejan abiertas grandes oportunidades para la mitigación del cambio climático mediante la adopción de medidas dentro de la industria ganadera (FAO Livestock's long shadow environmental issues and options 2006).

Cabe señalar que la industria ganadera es responsable del 20% de la biomasa animal terrestre.

Tal como se describe en la presente divulgación, es necesario proporcionar métodos para el tratamiento de excrementos y estiércol para la obtención de productos con alto poder calorífico que al ser quemados liberen una baja concentración de gases nocivos.

Contaminación del agua

La industria ganadera es un factor clave en el aumento del uso del agua debido a que es responsable del 8% del consumo mundial de agua, principalmente para el riego de cultivos forrajeros (FAO Livestock's Longshadow environmental issues and options 2009). Asimismo, la industria ganadera es probablemente la fuente más importante de contaminación del agua y contribuye en gran medida a la eutrofización, a las zonas "muertas" en las zonas costeras, a la degradación de los arrecifes de coral, al aumento de los problemas de salud para los seres humanos, a la resistencia a los antibióticos, y a muchos otros problemas. Las principales fuentes de contaminación provienen de los desechos animales, antibióticos y hormonas, productos químicos utilizados en curtidurías, fertilizantes y pesticidas para cultivos forrajeros, y sedimentos de pastizales erosionados.

La presente divulgación alivia en parte el efecto que presenta el ganado sobre la contaminación del agua. (FAO Livestock's Longshadow environmental issues and options 2009)

Estado de la técnica

Según la FAO (<http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/es/lead/toolbox/Tech/21Mansto.htm>), las normas holandesas para la mezcla anual de estiércol (incluyendo las heces y la orina, pero excluyendo las aguas residuales) producido por el ganado son:

Vacas lecheras adultas: 23,000 l

Ganado de engorde (1-2 años): 10,000 l

Cerdas con lechones: 4,700 l

Cerdos de engorde: 1,100 l

Pollos de engorde: 11 l

Gallinas ponedoras: 87 l

Particularmente, en la industria ganadera, el estiércol y los purines corresponden habitualmente a una mezcla de heces animales con orina y eventualmente el material de las camas, entendiendo este último como un lugar de descanso y alimentación de los animales.

Además de contener heces y orina, los excrementos pueden estar compuestos por otros elementos tales como los del material de las camas, generalmente paja, y serrín, virutas de madera, productos químicos, arena, restos de comida del ganado, y agua.

Normalmente, los excrementos se aplican en los campos, proporcionando al suelo materia orgánica. El aporte de materia orgánica supone una mejora de la estructura del suelo, así como un aumento de la capacidad de retención de agua.

Por otro lado, los excrementos son fuente de componentes nutricionales para las plantas (N, P, K).

La cantidad de nutrientes y minerales contenidos en los excrementos depende de varios factores, destacándose entre ellos: el tipo de ganado, la alimentación del ganado (directamente relacionado con el destino del animal), y las condiciones ambientales.

Entre los componentes que constituyen los excrementos existen diversos residuos vegetales, entre los que destaca la lignocelulosa y sus derivados.

La lignocelulosa es un material complejo que constituye la estructura principal de las paredes celulares vegetales, y está constituido mayoritariamente por celulosa (40-50%), hemicelulosa (25-30%) y lignina (15-20%). La celulosa es un polímero lineal homogéneo constituido por 7.000 a 15.000 unidades de glucosa unidas por enlaces glucosídicos estabilizados por enlaces de hidrógeno. La hemicelulosa es un heteropolímero ramificado o lineal constituido por 200-400 unidades de varias pentosas, hexosas y ácidos urónicos de estructura amorfa. La lignina es un polímero reticulado amorfo con tres unidades de p-cumaroil fenilpropano, coniferil y alcohol. Para disminuir la dependencia global de los combustibles fósiles, existe una alternativa sostenible de fuentes de energía y productos químicos que se van a explotar. Una de estas posibles fuentes es la biomasa de lignocelulosa como la madera o los residuos agrícolas (Brethauer, S., & Studer, M. H. (2015). Biochemical Conversion Processes of Lignocellulosic Biomass to Fuels and Chemicals-A Review. CHIMIA International Journal for Chemistry, 69(10), 572-581).

El estiércol de vaca se encuentra comúnmente en los desechos agrícolas, disponible a muy bajo coste. Se ha estudiado que el producto obtenido de este tratamiento del estiércol se puede utilizar sin tratamiento previo como combustible o materia prima para combustible.

Hasta el momento se han descrito técnicas para la detección y cuantificación de los contenidos de los principales componentes de las deyecciones (componentes celulósicos y proteicos), en las que un método de separación física sólido/líquido, la hidrólisis de las deyecciones y el cultivo de hongos se utilizan a fin de recuperar hidratos de carbono y proteínas de la materia prima para producir celulosa (Value-Added Chemicals from Animal Manure S. Chen, et al. Pacific Northwest National Laboratory, 2003). En el caso de la recogida de lignina procedente de residuos agrícolas y evaluación de su calidad por diferentes métodos analíticos, se realiza básicamente sometiendo los residuos agrícolas a una reducción a una pasta alcalina, tratándola con ácido fórmico y peróxido de hidrógeno para caracterizar la lignina mediante el método de Klason, espectroscopía FT-IR, análisis elemental, tioacidólisis, SEC, y varios métodos químicos húmedos (Separation and characterisation of sulphur-free lignin from different agricultural residues Christine Rossberg, Martina Bremer, Susanne Machill, Svetlana Koenig, Gerhard Kerns, Carmen Boeriud, Elisabeth Windeisene, Steffen Fischer, Industrial Crops and Products, VOL 73, páginas 81-89, 30 de octubre de 2015).

Entre las técnicas generales más utilizadas para la separación mecánica de fracciones líquida/sólida en excrementos en plantas a escala comercial se encuentran la decantación por centrifugación, tratamiento químico y filtro prensa de banda, filtro de tambor rotatorio y prensa de tornillo, prensa de tornillo y filtro de vibración, y

prensa de tornillo sola. Se considera que solo incluyen métodos de separación mecánica utilizando filtros en movimiento y prensas (Chemical and biochemical variation in animal manure solids separated using different commercial separation technologies Karin Jorgensen, Lars Stoumann Jensen Bioresource Technology 100 (2009) 3088-3096).

Además de las técnicas de separación mecánica de la fracción líquida/sólida del excremento, se ha descrito un método de separación mediante un procedimiento de coagulación-floculación, cuyo protocolo de separación consiste en tomar el excremento bruto almacenado a 4°C y tamizarlo a través de una malla de 1 mm, someterlo después a un procedimiento de coagulación-floculación según las siguientes condiciones y etapas: (1) para el procedimiento de coagulación, se añade una disolución de coagulación y se mezcla durante 2 minutos a 175 rpm; (2) para la floculación, se añade una disolución de poliacrilamida y se mezcla durante 13 minutos a 50 rpm; (3) para la formación de sólidos, se necesita un tiempo de espera: 2 horas cuando se eliminó el sobrenadante, o 5 minutos cuando se usa un filtro de prensa para separar la fracción sólida (Characterization of solid and liquid fractions of dairy manure with regard to their component distribution and methane production J.L. Rico, H. Garcia, C. Rico, I. Tejero Bioresource Technology 98(2007) 971-979).

Otro componente que se puede encontrar en los purines es el metano, un gas que se utiliza como combustible. Se ha estudiado el rendimiento y calidad de este componente cuando se obtiene a partir de excrementos, mostrando sus resultados según el parámetro de sólidos volátiles (VS) (Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure H.B. Moller, S.G. Sommer, B.K. Ahring, Biomass and Bioenergy 26 (2004) 485 - 495)

Además, existen procedimientos de extracción de productos de excrementos para otros fines. Por ejemplo, el documento US 4018899 A describe un procedimiento para la extracción de productos alimentarios a partir de excrementos animales que implica: formar un agua de excrementos en un pozo y permitir que dicha suspensión fermente; después separar dicha suspensión en fracciones sólidas y líquidas, en el que la fracción sólida comprende un componente de ensilaje tal como fibras y granos no digeridos; en el que la fracción líquida comprende nutrientes ricos en proteínas y materiales minerales densos relativamente no digeribles y partículas de fibra, y finalmente separar dichos componentes y después procesar la fracción líquida para su uso como suplemento dietético que contiene cantidades relativamente bajas de minerales no digeribles tales como lignina, hemicelulosa y partículas de fibra.

El documento US 2014/0250776 A1 describe un procedimiento para convertir fibras de desecho en combustible sólido, que incluye proporcionar un suministro de desechos animales con fibras de desecho, lavar los desechos de animales, deshidratar los desechos de animales, desprender las fibras de desecho, comprimir las fibras de desecho deshidratadas y desprendidas, para generar una pluralidad de briquetas. La pluralidad de briquetas se torrefacta en un reactor de torrefacción, y se enfría para proporcionar un combustible sólido.

El documento WO 2011/133190 A1 describe un método para obtener un material combustible, que incluye (i) recibir uno o más tipos de biomasa, cada uno de los cuales incluye un material inorgánico, (ii) romper la lignocelulosa en la biomasa, (iii) lavar con disolvente la biomasa rota, (iv) pirolizar la biomasa para producir un biomaterial combustible.

El documento US 2013/0295628 A1 describe un procedimiento para convertir biomasa en biomasa densa en energía para la combustión. La biomasa se extrae para producir un extracto de licor, los oligómeros hemicelulósicos se eliminan del licor, y los sólidos ricos en celulosa en el licor se torrefactan para producir biomasa densa en energía.

El documento US 2015/0143809 A1 describe un método de producción de combustible sólido utilizando residuos orgánicos con alto contenido de agua. El método comprende una etapa de mezclar residuos, una etapa de hidrólisis, una etapa de reducción de presión, una etapa de vacío o presión diferencial, y una etapa de formación de combustible sólido para producir un combustible sólido que tiene un contenido de agua de entre 10 y 20%.

En los documentos WO 2015086869 A1 y ES 2171111 A1, se presentan diferentes procedimientos para el tratamiento del estiércol. El documento WO 2015086869 A1 describe un procedimiento que comprende: (a) separación física sólido/líquido en un efluente líquido que contiene estiércol; (b) separación fisicoquímica de la fracción líquida obtenida en la etapa (a) para obtener una fracción sólida y una fracción líquida; (c) electrocoagulación de la fracción líquida obtenida en la etapa (b) para obtener una fracción sólida y una fracción líquida; y (d) peletización de las fracciones sólidas obtenidas en las etapas (a), (b) y (c) en presencia de materiales químicos o lignocelulosas. Además, este documento indica que el aglomerado sólido obtenido en el procedimiento de peletización, ofrece un alto poder calorífico en la combustión, y el líquido resultante tiene un contenido muy bajo en compuestos nitrogenados. Por su lado, el documento ES 2171111 A1 presenta un procedimiento y una planta de tratamiento de purines, que comprende: (i) realizar un tratamiento fisicoquímico en la fase líquida de los purines para reducir la emisión de amoníaco de dichos purines durante la etapa de evaporación, mediante extracción o fijación por acidificación; (ii) someter la corriente líquida obtenida en la etapa (i) a evaporación a vacío hasta recolectar un concentrado sólido que contiene 20 a 30% en peso de sólidos; y (iii) secar el concentrado sólido de

la etapa (ii) hasta obtener un producto con una humedad máxima de 12%, útil como compost orgánico, o cuando se enriquece con una sal de amoníaco fertilizante.

Asimismo se encontró que en el documento WO 2013007847 A1 se presenta un sistema para el tratamiento de purines mediante electrocoagulación y electrooxidación, que consiste en la inclusión de purines a una balsa de purines mediante un sistema de bombeo, en el que se exponen a un separador de prensa sólido-líquido. Este procedimiento consiste en enviar los sólidos a un contenedor de almacenamiento para secarlos por exposición al aire libre o secarlos artificialmente para obtener compost fertilizante para el suelo, mientras que los líquidos se envían a un tanque de flotación-floculación. En este tanque de flotación-floculación, el lodo producido se envía a un filtro-prensa, desde donde se mezclan con los sólidos obtenidos en el contenedor de almacenamiento, mientras que la materia líquida se envía a una unidad de electrocoagulación para separar los lodos flotantes de los lodos precipitados, y el agua clarificada se envía a un depósito. Los lodos flotantes se transfieren por decantación al filtro-prensa, mientras que los lodos precipitados se purgan, y el agua tratada se envía a un procedimiento en el que se le añade sosa cáustica para elevar su pH y enviarla a una etapa de electrooxidación.

En los documentos WO 2009108761 A1 y US 6149694 A se describen procedimientos para producir combustible a partir de residuos orgánicos. El documento WO2009108761 A1 describe un procedimiento para producir combustible a partir de hidrocarburos líquidos a partir de materiales de desecho orgánicos. El procedimiento consiste en preparar una suspensión a partir de materiales de desecho para obtener una corriente, el volumen de la corriente se acumula en un recipiente con agitación. Posteriormente, la corriente se calienta a aproximadamente 60-700°C y se somete a una presión de 20-600 psi para descomponer los materiales orgánicos sólidos y los materiales inorgánicos por separado.

Además, el documento US 6149694 A introduce un procedimiento para obtener combustible a partir de residuos ganaderos, que comprende: (i) obtener una mezcla que presente una serie de componentes sólidos derivados de residuos ganaderos y un segundo producto de desecho diferente a los residuos ganaderos, en el que los componentes sólidos presenten un contenido de humedad antes de dicha etapa de formación, y en el que la mezcla formada presenta un contenido de humedad menor que el contenido sólido, y (b) formar la mezcla resultante de la etapa (a) en un cuerpo autosostenible que presenta una densidad próxima a 20-40 libras/pie³ aproximadamente.

Los documentos CA 2670530 C, DE 102010019321 A1 y US 20150004654 presentan procedimientos para la separación mecánica de los componentes líquidos y sólidos de los excrementos utilizados como materia prima, para producir pélets combustibles. De ellos, el documento CA 2670530 C describe que dicho pélet tiene aproximadamente 25-75% de materiales celulósicos (celulosa, lignina y hemicelulosa); y aproximadamente entre 14-75% en material celulósico encerado, que corresponde a lignocelulosa a la que se le ha añadido un revestimiento de cera.

En el caso del documento DE 102010019321 A1, presenta un procedimiento para producir pélets combustibles a partir de una mezcla inicial compuesta por componentes líquidos y sólidos, en el que dicho método consiste en las siguientes etapas: separar los componentes sólidos y líquidos, extraer la energía de los componentes líquidos, y secar los constituyentes sólidos.

Finalmente, el documento US 20150004654 describe un procedimiento para producir un pélet de biomasa y azúcar a partir de material celulósico.

La humanidad, desde el principio de los tiempos hasta la fecha, ha utilizado la quema de estiércol como combustible. Sin embargo, es conocido que esto causa varios problemas de salud. Las estimaciones de la OMS sugieren que hasta 6,5% de la carga anual de enfermedades en los países en desarrollo se debe a la quema de combustibles sólidos en el ambiente interior (Combustion of dried animal dung as biofuel results in the generation of highly redox active fine particulates, Particle and Fiber Toxicology 2005, 2:6, 04 de octubre 2005).

Es relevante indicar que el olor que produce la quema directa del estiércol es un factor muy importante debido a que impregna la ropa, la vivienda, y los ambientes completos, además de los evidentes problemas ambientales que ocasiona.

Además de los problemas de salud descritos anteriormente, existen problemas técnicos al utilizar este tipo de combustibles sin tratamiento previo. En calderas se observa corrosión del acero sea cual sea su origen (acero normal, acero al cromo, acero inoxidable). Es posible observar una corrosión de 8 mm por año. (http://www.um.edu.uy/docs/6_comportamiento_de_cenizas_y_suimpacto_en_sistemas_de_%20combustion_de_biomasa.pdf Biomass Ash Behaviour and its Impact on Combustion Systems, Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica, núm. 10 (2012) 69, ISSN 1510-7450, ISSN (en línea) 1688-9584).

Este problema asimismo ocurre cuando la biomasa proviene del forraje de los animales, las hojas, y las ramas de los árboles, debido a que el cloro se fija en las hojas, la corteza, y todo cultivo de crecimiento rápido.

La presente divulgación corresponde a un producto energético calorífico libre de contaminantes y olor. Siendo este un producto combustible de alto poder calorífico, pero derivado de los desechos animales conocidos como purines.

Debido a la dieta de los animales rumiantes, que se alimentan principalmente de pasto, su procedimiento digestivo utiliza celulosa y hemicelulosa como fuentes de azúcar, dejando como desecho la lignina, que es indigerible, pero con un poder calorífico de aproximadamente 5500-6500 Kcal/Kg. (Estudios de Valoración Energética de Combustibles Forestales para la prevención de incendios Forestales en Sierra de la Primavera (Jalisco Mexico) mediante Calorimetría de Combustión y ensayos de Inflamabilidad, Tesis Antonio Rodríguez Rivas, Universidad de Compostela, España, 2009).

Descripción detallada de la invención

La presente invención está definida por las reivindicaciones adjuntas, y se refiere a un método y, a su vez, al producto obtenido de este método, para el tratamiento de estiércol que permite recolectar la mayor cantidad de lignina como materia prima y/o combustible. El procedimiento utiliza desechos orgánicos del ganado, que consisten en heces y orina y/o purines.

La presente divulgación corresponde a un método para el tratamiento de excrementos que conduce a la obtención de un producto combustible de alta calidad que puede sustituir eficientemente la leña y el carbón, en calderas ya sean de uso doméstico o industrial.

Por calidad se entiende un alto estándar de eficiencia, por medio de mayor cantidad de kilocalorías, menor emisión de gases tóxicos, menor producción de cenizas como residuos de combustión, similar a tener un procedimiento de producción de amoníaco en armonía con los estándares ambientales vigentes, tal como el cuidado del medio ambiente, contribuyendo a disminuir la contaminación ambiental, disminuir la emisión de gases, mejorar el estado sanitario de las empresas ganaderas, y reciclar los líquidos y sólidos involucrados en el procedimiento, reutilizándolos de manera eficiente.

Dicho producto combustible de la presente invención, se obtiene mediante el tratamiento de purines o excrementos para la recolección de lignina como materia prima y/o combustible.

Descripción detallada del procedimiento:

El estanque ("basin") se define como la piscina donde llegan las heces y la orina del ganado. Asimismo, puede estar compuesta por otros elementos, tales como los presentes en el material de cama del ganado (paja y serrín), virutas de madera, productos químicos, arena, restos de comida del ganado, agua, entre muchos otros.

El procedimiento se realiza a través de tres rutas alternativas de alimentación del sistema. En la primera alternativa para alimentación del sistema de la etapa 1(A). El material que sale del estanque llega a un tornillo transportador que, con un filtrado de líquido, que opcionalmente puede ser prelavado con agua desde la etapa 30, se introduce por la parte superior del tornillo. Opcionalmente puede, a través de la etapa 6, ingresar a un molino y después pasar directamente a la etapa 10, donde ingresa al tanque de lavado físico y/o químico. Por su parte, si se selecciona la etapa 7, el material llega directamente a dicho depósito.

El segundo sistema alimenta la etapa 2 (B) alternativa. La bomba del estanque toma los purines y los conduce a través de una manguera que los lleva a la etapa 3, que es un separador tradicional de líquidos y sólidos, se alimenta con agua a través de la etapa 29. El material separado por el separador de líquidos y sólidos se puede dirigir a través de dos caudales independientes, estos son la etapa 4 y la etapa 5. La etapa 4 consiste en tomar el material tratado en el separador y depositarlo directamente en el tanque de lavado físico y/o químico. Opcionalmente, se puede utilizar la etapa 5, llevándolo al molino picador que, a su vez, a través de la etapa 10, llega al tanque de lavado físico y/o químico.

La tercera alternativa de suministro del sistema (C) utiliza la pila de purines, que corresponde a la formada por los residuos de los separadores de líquidos y sólidos de estanques y/o de plantas de biogás o de acumulación de bosta ("duff") pasando opcionalmente de la etapa 8 a la molienda a la etapa 10 al tanque de lavado físico y/o químico, o a través la etapa 9 directamente al tanque de lavado físico y/o químico.

Cualquiera de las alternativas utilizadas (a, b o c), permite llevar el material a un tanque de lavado. El tanque de lavado físico y/o químico funciona a través de movimientos rotatorios y ultrasonido, y acarrea por agua, en el que se desprenden todos los contaminantes interiores y exteriores que vienen con la fibra contaminada. Para esto, se pueden añadir coagulantes o detergentes a través de la etapa 11, y/o añadir un decantador y/o floculantes a través de la etapa 12. Dentro del tanque de lavado físico y/o químico existe un flujo continuo de agua limpia que ingresa por la entrada superior de la etapa 13, y la entrada inferior de la etapa 27, que proviene de la bomba de impulsión de líquido que se alimenta con la etapa 26, procedente a su vez del tanque depurador y acumulador, que se alimenta a través de la etapa 28, y a través de la etapa 15. Por su parte, el tanque de purificación y acumulación de agua de lavado genera un caudal que se representa en la etapa 24 y que alimenta el tanque de concentración

de materiales biológicos e impurezas inertes, que son tratados para convertirlos en compost. Asimismo, dicho tanque de concentración de materiales biológicos e impurezas inertes es alimentado directamente por el tanque de lavado físico y/o químico a través de la etapa 14.

Una vez finalizadas las etapas de lavado realizadas en el tanque de lavado físico y/o químico, el material limpio es expulsado del tanque de lavado a través de la etapa 16, donde llega a un nuevo tanque separador de líquidos y sólidos que presenta una placa magnética, que retiene los elementos ferrosos, y éstos son eliminados a través de la etapa 23 donde van los materiales orgánicos e inorgánicos, y éstos son depositados en el tanque de concentración de materiales biológicos e impurezas inertes. Por su parte, el agua proveniente del nuevo tanque separador de líquidos y sólidos ingresa al tanque de purificación y acumulación de agua de lavado a través de la etapa 25, al mismo tiempo que ingresa agua fresca por aspersión al sistema, haciendo el trabajo de aclarado final del material, que ingresa a través de la etapa 15.

El material terminado se transporta a través de la etapa 17 a la sección de prensado o centrifugación, que elimina el exceso de agua del material, que, posteriormente, se lleva a través de la etapa 18 que consiste en un secador, que es alimentado por aire caliente a través de la etapa 21, que a su vez es alimentado por la caldera, con lo que el material anterior, a través de la etapa 19, ingresa a la picadora con separador magnético. El agua residual del procedimiento de prensa para la eliminación de agua de la lignina se envía al tanque de purificación y acumulación de agua de lavado a través de la etapa 22.

Alternativamente a la etapa 18, esta etapa del procedimiento se puede realizar directamente a través de la etapa 31, que asimismo alimenta la picadora con separador magnético.

El material que se está trabajando dentro de la picadora con separador magnético se puede enriquecer a través de la etapa 33, que le añade aromas o algún químico que aporta propiedades extras que no pertenecen al material.

El material que ha sido procesado se incorpora al procedimiento de peletización a través de la etapa 20.

Finalmente, a través de la etapa 32, se obtienen pélets o briquetas de lignina.

Esta invención además de limpiar la fibra de todo tipo de impurezas por fuera, asimismo es capaz de limpiar la fibra por dentro que está llena de bacterias, enzimas, jugos gástricos que son los encargados de disolver la celulosa y hemicelulosa para transformarlas en azúcares, pero al salir del animal éstos permanecen dentro de la fibra como materiales contaminantes, y al quemarse desprenden olor y gases nocivos para la salud.

Ejemplo 1. Determinación cuantitativa de los componentes en RIL (residuos industriales líquidos) provenientes de los estados de Los Tilos y Los Robles, Región del Bío-Bío, Chile.

La determinación cuantitativa de los componentes a partir de muestras en RIL de tratamiento de purines para la recolección de lignina como materia prima y/o combustible y otros compuestos químicos se realizó con el objetivo de caracterizar la muestra antes del procedimiento, con el objetivo de conocer los compuestos originales de la muestra antes del procedimiento, y compuestos finales después del procedimiento.

La determinación de nitratos y nitritos se realizó mediante la metodología SM-4110B "Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 22ª Edición 2012".

El método estándar 4110B corresponde a una cromatografía iónica con suspensión química de conductividad del eluyente. Esta técnica consiste en tomar una muestra de agua que se inyecta en una corriente de eluyente que pasa por una serie de intercambiadores iónicos. Los aniones relevantes se separan según sus afinidades relativas a una capacidad baja, el intercambiador de aniones es fuertemente alcalino. Los aniones separados se dirigen a través de un dispositivo supresor que proporciona la supresión continua de la conductividad del eluyente y mejora su respuesta. El supresor del separador de aniones cambia a su forma ácida altamente conductiva, mientras que la conductividad del eluyente se reduce en gran medida. Los aniones separados en su forma ácida se miden por conductividad, que se identifican en función del tiempo de retención en comparación con patrones.

Para la determinación del nitrógeno Kjeldahl se utilizó la metodología 2313-28of 98 según Normas Chilenas Oficializadas, serie NCh 2313 - Residuos Industriales Líquidos.

Para la cuantificación de nitrógeno total, se utilizó la metodología SM-4500NA, que corresponde a la cantidad total de nitrato, nitrilo y nitrógeno Kjeldahl, expresada en mg/l N.

Para la determinación cuantitativa de fósforo disuelto, fósforo total y DQO, se utilizó la metodología 2313-15of97 según las Normas Chilenas Oficializadas, serie NCh 2313 - Residuos Industriales Líquidos.

Para la medida del pH se utilizó, la metodología 2313-1of95 de según las Normas Chilenas Oficializadas, serie NCh 2313 - Residuos Industriales Líquidos.

Para los iones de calcio, fósforo y magnesio, se utilizó SM-3120B "Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 22ª Edición 2012".

La metodología estándar 5310C corresponde a la determinación de metales en agua por espectroscopía de emisión de plasma, partiendo de una preparación de la muestra, a cada línea analítica se le establece un límite de detección, precisión, posiciones óptimas de fondo, intervalo dinámico lineal, e interferencia. La reproducibilidad de la configuración del instrumento y las condiciones de operación se verifican utilizando una relación entre la emisión y la intensidad del ion atómico. El instrumento se calienta durante 30 minutos. Se realiza alineación óptica para policromías. Se comprueba la ranura de entrada del espectrómetro y la alineación de la antorcha de plasma. Entonces se aspira durante menos de 15 segundos después de alcanzar el plasma antes de comenzar con la integración de la señal. Para eliminar el arrastre del patrón previo, se enjuaga durante 60 segundos con un blanco de calibración. El análisis de la muestra se realiza al calibrar con el blanco de calibración. Se enjuaga durante 60 segundos con ácido diluido entre muestras y espacios en blanco. Se coloca una muestra en una cámara nebulizadora, inyectando plasma. La muestra se somete a temperaturas entre 6000 y 8000K. La ionización de alto porcentaje atómico resultante produce un espectro de emisión iónica, que se analiza a través de un monocromador para examinar secuencialmente las longitudes de onda de emisión, o a través de un policromador que supervisa simultáneamente todas las longitudes de onda utilizando un sistema de lectura controlado por un ordenador. El enfoque secuencial proporciona una mayor selección de longitudes de onda, mientras que el enfoque simultáneo puede proporcionar un mayor rendimiento de la muestra.

Para la determinación de COT (carbono orgánico total), se utilizó la metodología SM-5310C "Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 22ª Edición 2012".

La metodología estándar 5310 corresponde a un método de persulfato-UV o una oxidación de persulfato por calor. Utilizando un analizador de carbono orgánico total. El carbono orgánico se oxida a CO₂ por persulfato en presencia de calor o luz ultravioleta. El CO₂ producido puede purgarse de la muestra, secarse, y transformarse con un gas llevado a un analizador infrarrojo no dispersivo, o titularse por análisis colorimétrico, o separarse de la corriente líquida a través de una membrana que permita el paso específico de CO₂ a agua de alta pureza donde se mide un cambio en la conductividad y se compara con el CO₂ que atraviesa la membrana.

Los sólidos fijos totales se analizaron bajo la metodología SM-2540E "Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 22ª Edición 2012".

El método estándar 2540E se puede utilizar para la determinación de sólidos fijos y volátiles cuando se calcinan a 550°C. El residuo que se calcina se obtiene a partir de materia sólida en suspensión en agua, aguas superficiales, agua salada, así como aguas residuales domésticas y agua potable internacional, usando los métodos estándar B, C o D. El residuo se calcina hasta peso constante a 550°C. Los sólidos remanentes representan el total disuelto establecido o sólidos en suspensión, mientras que el peso perdido representa los sólidos volátiles.

Para la cuantificación de DBO₅, se utilizó la metodología 2313-5of51 según Normas Chilenas Oficializadas, serie NCh 2313 - Residuos Industriales.

Tabla 1.- Resultados del análisis de muestras de RIL de los estados de Los Robles y Los Tilos

RIL		
Parámetro	Los Robles	Los Tilos
Nitrato (mg N-NO ₃ /l)	<0.20	<0.20
Nitrito (mg N-NO ₂ /l)	<0.10	<0.10
Nitrógeno Kjeldahl (mg N/l)	1545	768
Nitrógeno total (mg N/l)	1545	768
Fósforo disuelto (mg P/l)	61.7	26
pH	6.92 (18.9°C)	4.98(19°C)
Fósforo total (mg P/l)	264	148
Calcio (mg Ca/l)	853	146
Potasio (mg K/l)	512	243
Magnesio (mg Mg/l)	244	44.2
COT (mg/l)	5725	3240
DBO ₅ (mg/l)	16400	9435
DQO (mg/l)	20826	15948
Sólidos fijos totales (mg/l)	22710	5810

Ejemplo 2. Determinación cuantitativa de componentes de muestra en lodos de los estados de Los Robles y Los Tilos, Región del Bío-Bío, Chile.

La determinación cuantitativa de los componentes de lodos del tratamiento de purines para la recolección de lignina como materia prima y/o combustible y otros componentes químicos se llevó a cabo con el objetivo de caracterizar los componentes de la muestra con el objetivo de conocer los compuestos originales de la muestra antes del procedimiento y los compuestos finales después del procedimiento.

Para la determinación de nitrógeno total, se utilizó la metodología CNA-ME1411 (<http://snifa.sma.gob.cl/SistemaSancion/Documento/DownloadDocumento/526>) "Métodos basados en análisis recomendados CNA para suelos y tejidos".

Para fósforo disponible y fósforo total, se utilizaron las metodologías RML- y RML-0000, respectivamente, según el Reglamento para el manejo de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales según DS 4 (Decreto Supremo 4, http://www.sinia.cl/1292/articles-45936_DS4_92.pdf).

Para los iones de calcio, potasio y magnesio, se utilizó la metodología EPA-6010C "EPA, Test Methods for evaluating Solid Waste SW 846".

La metodología EPA-6010C utiliza la técnica ICP-AES, en otras palabras, espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado inducible. Este método describe determinaciones multielementales a través de sistemas ópticos secuenciales o simultáneos y vistas axiales o radiales del plasma. El instrumento mide las características del espectro de emisión a través de espectrometría óptica. La muestra se nebuliza, y la pulverización resultante se transporta a la antorcha de plasma. Los espectros de emisión son elementos específicos producidos por una radiofrecuencia de plasma acoplado inducible. Los espectros se dispersan a través de un espectrómetro de malla, y las intensidades de las líneas de emisión se controlan mediante dispositivos fotosensibles.

Para la determinación del COT se utilizó la metodología CNA-MET7.2 "Métodos basados en análisis recomendados CNA para suelos y tejidos".

Para la medida de pH, se utilizó la metodología CNS-0000 según el Reglamento para el manejo de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales según DS 4. (Decreto Supremo 4, http://www.sinia.cl/1292/articles-45936_DS4_92.pdf).

El porcentaje de humedad, los sólidos fijos totales y los sólidos volátiles totales se determinaron mediante la metodología SM-2540B según el Reglamento para el manejo de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales según DS 4. (Decreto Supremo 4, http://www.sinia.cl/1292/articles-45936_DS4_92.pdf).

Este método estándar 2540 B es aplicable en aguas residuales potables, superficiales, marinas, subterráneas, domésticas, e industriales, en intervalo de hasta 20000 mg/l. La muestra bien mezclada se evapora en una cápsula secada a peso constante en estufa a 103 - 105°C; el aumento en el peso de la cápsula representa los sólidos totales. La temperatura a la que se seca el residuo es importante e interfiere en los resultados, debido a la pérdida de peso por volatilización de la materia orgánica, agua mecánica ocluida, agua de cristalización, y gases de descomposición termoinducida, ya que la ganancia de peso por oxidación depende de temperatura y tiempo de calentamiento.

Tabla 2.- Resultados del análisis de muestras de lodos de los estados Los Robles y Los Tilos, Región del Bío-Bío, Chile.

Lodo		
Parámetro	Los Robles	Los Tilos
Nitrógeno total (mg N/Kg)	1775	1469
Fósforo disponible (mg P/Kg)	676	462
Fósforo total (mg P/Kg)	3272	2419
Calcio (mg Ca/Kg)	5640	2075
Potasio (mg K/Kg)	145	56.1
Magnesio (mg Mg/Kg)	407	193
COT (mg/Kg)	450582	449227
Humedad (%)	76.5	69.5
PH	7.41 (20°C)	7.24 (20.6°C)
Sólidos totales fijados (mg/Kg)	8578	70115
Sólidos totales volátiles (mg/Kg)	226089	235073

Ejemplo 3. Análisis de excrementos y productos intermedios y finales.

A continuación, se presentan los resultados del análisis de los excrementos, descritos como materia prima, antes de ingresar al procedimiento descrito en la presente invención. Los análisis se realizaron con técnica común para cada uno de ellos.

Tabla 3. Resultados del análisis de materia prima.

Parámetro	NORMA (3)	Recepción de muestras (1)	Base seca (2)
Humedad total (%)	UNE-EN 14774-1:2010	8.58	
Humedad residual (%)	UNE-EN 14774-1:2010	8.58	
Cenizas (%)	UNE-EN 14775:2010	22.06	24.13
Material volátil (%)	UNE-EN 15148:2010	55.94	61.19
Carbono fijado (%)	ASTM D3172-13	13.42	14.67
Azufre (%)	ASTM D4239 - 14e2	0.27	0.29
Alto poder calorífico (kcal/kg)	UNE-EN 14918:2011	3571	3906
Bajo poder calorífico (kcal/kg)	UNE-EN 14918:2011	3277	3639

- 5 (1) Recepción de muestras = condición en la que se entrega la muestra al laboratorio
- (2) Base seca= material recibido con 0% de humedad
- (3) Para obtener detalles del apéndice, consultar asimismo el Apéndice para obtener detalles de las Normas.

10

Tabla 4. Resultados del análisis de materia prima.

Parámetro	NORMA (3)	Recepción de muestras (1)	Base seca (2)
Carbono (%)	UNE-EN 15104:2011	34.52	37.76
Hidrógeno (%)	UNE-EN 15104:2011	5.66	5.14
Nitrógeno (%)	UNE-EN 15104:2011	2.14	2.35
Oxígeno (%)	UNE-EN 15296:2011	35.03	29.99
Mn (ppm)	UNE-EN 15297:2011	270	295
As (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Pb (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Cu (ppm)	UNE-EN 15297:2011	100	109
Cr (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Cd (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Mo (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Ni (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
V (ppm)	UNE-EN 15297:2011	50	55
Co (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Zn (ppm)	UNE-EN 15297:2011	120	131
Sb (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Cl (ppm)	UNE-EN 15289:2011	3150.14	3445.88

- 15 (1) Recepción de muestras = condición en la que se entrega la muestra al laboratorio
- (2) Base seca= material recibido con 0% de humedad
- (3) Para obtener detalles del apéndice, consultar asimismo el Apéndice para obtener detalles de las Normas.

20

Tabla 5. Punto de fusión de cenizas de atmósfera reductora de materia prima

Parámetro	Inicial	final
Temperatura de deformación (°C)	1125	1148
Temperatura de reblandecimiento (°C)	1143	1168
Temperatura de la semiesfera (°C)	1158	1178
Temperatura de fluidez (°C)	1225	1220

Tabla 6. Análisis químico de elementos mayores, menores y oligoelementos de cenizas en materia prima.

Parámetro	Resultado
SiO ₂ (%)	2.93
Al ₂ O ₃ (%)	12.33
Fe ₂ O ₃ (%)	10.49
MgO (%)	6.23
CaO (%)	16.23
Na ₂ O (%)	3.97

K ₂ O (%)	3.58
TiO ₂ (%)	0.23
P ₂ O ₅ (%)	0.12
SO ₃ (%)	NS
V ₂ O ₅ (%)	NS
MnO (%)	NS

A continuación, los resultados que se presentan son para el producto intermedio, que corresponde al producto que sale del separador líquido sólido (purines). Se realizaron análisis con técnicas comunes para cada uno de ellos.

5 Tabla 7. Resultados del análisis del producto intermedio.

Parámetro	NORMA (3)	Recepción de muestras (1)	Base seca (2)
Humedad total (%)	UNE-EN 14774-1:2010	6.18	----
Humedad residual (%)	UNE-EN 14774-1:2010	6.18	----
Cenizas (%)	UNE-EN 14775:2010	23.03	24.55
Material volátil (%)	UNE-EN 15148:2010	60.76	64.75
Carbono fijado (%)	ASTM D3172-13	10.04	10.07
Azufre (%)	ASTM D4239 - 14e2	0.19	0.21
Alto poder calorífico (kcal/kg)	UNE-EN 14918:2011	3379	3602
Bajo poder calorífico (kcal/kg)	UNE-EN 14918:2011	3107	3350

(1) Recepción de muestras = condición en la que se entrega la muestra al laboratorio

10 (2) Base seca= material recibido con 0% de humedad

(3) Para obtener detalles del apéndice, consultar asimismo el Apéndice para obtener detalles de las Normas.

15 Tabla 8. Resultados del análisis sobre producto intermedio.

Parámetro	NORMA (3)	Recepción de muestras (1)	Base seca (2)
Carbono (%)	UNE-EN 15104:2011	34.2	36.45
Hidrógeno (%)	UNE-EN 15104:2011	5.23	4.84
Nitrógeno (%)	UNE-EN 15104:2011	0.85	0.91
Oxígeno (%)	UNE-EN 15296:2011	36.43	32.98
Mn (ppm)	UNE-EN 15297:2011	230	245
As (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Pb (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Cu (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Cr (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Cd (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Mo (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Ni (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
V (ppm)	UNE-EN 15297:2011	70	75
Co (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<51
Zn (ppm)	UNE-EN 15297:2011	50	53
Sb (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Cl (ppm)	UNE-EN 15289:2011	694.89	740.63

(1) Recepción de muestras = condición en la que se entrega la muestra al laboratorio

20 (2) Base seca= material recibido con 0% de humedad

(3) Para detalles del apéndice, consultar asimismo la tabla 13

Tabla 9. Punto de fusión de cenizas de atmósfera reductora de producto intermedio.

Parámetro	Inicial	final
Temperatura de deformación (°C)	1105	1150
Temperatura de reblandecimiento (°C)	1125	1165
Temperatura de la semiesfera (°C)	1150	1210
Temperatura de fluidez (°C)	1230	1323

Tabla 10. Punto de fusión de cenizas de atmósfera reductora de producto intermedio.

Parámetro	Resultado
SiO ₂ (%)	7.02
Al ₂ O ₃ (%)	18.54
Fe ₂ O ₃ (%)	13.38
MgO (%)	4.09
CaO (%)	11.12
Na ₂ O (%)	4.46
K ₂ O (%)	2.18
TiO ₂ (%)	0.18
P ₂ O ₅ (%)	0.03
SO ₃ (%)	NS
V ₂ O ₅ (%)	NS
MnO (%)	NS

Los resultados para los ensayos de laboratorio obtenidos para este producto final siguiendo las etapas de esta invención, y que se muestran en la tabla 11, muestran que su grado de humedad es sustancialmente menor que los observados en la leña tradicional. Asimismo, los niveles de partículas liberadas tras la combustión muestran mejores niveles que la leña o el carbón. Finalmente, las kilocalorías de este producto son superiores a las de la leña y el carbón.

Tabla 11. Resultados para el análisis del producto final.

Parámetro	NORMA (3)	Recepción de muestras (1)	Base seca (2)
Humedad total (%)	UNE-EN 14774-1:2010	11.18	
Humedad residual (%)	UNE-EN 14774-1:2010	11.18	
Cenizas (%)	UNE-EN 14775:2010	6.95	7.82
Material volátil (%)	UNE-EN 15148:2010	71.69	80.71
Carbono fijado (%)	ASTM D3172-13	10.19	11.47
Azufre (%)	ASTM D4239 - 14e2	0.18	0.21
Alto poder calorífico (kcal/kg)	UNE-EN 14918:2011	3820	4301
Bajo poder calorífico (kcal/kg)	UNE-EN 14918:2011	3490	4003

(1) Recepción de muestras = condición en la que se entrega la muestra al laboratorio

(2) Base seca= material recibido con 0% de humedad

(3) Para detalles del apéndice, consultar asimismo la tabla 13

Tabla 12. Resultados para el análisis del producto final.

Parámetro	NORMA (3)	Recepción de muestras (1)	Base seca (2)
Carbono (%)	UNE-EN 15104:2011	39.47	44.43
Hidrógeno (%)	UNE-EN 15104:2011	6.32	5.71
Nitrógeno (%)	UNE-EN 15104:2011	0.55	0.61
Oxígeno (%)	UNE-EN 15296:2011	46.49	41.17
Mn (ppm)	UNE-EN 15297:2011	70	78.81
As (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Pb (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Cu (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Cr (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Cd (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Mo (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Ni (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
V (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Co (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Zn (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Sb (ppm)	UNE-EN 15297:2011	<50	<50
Cl (ppm)	UNE-EN 15289:2011	416.29	468.68

en la que <50 no es significativo.

(1) Recepción de muestras = condición en la que se entrega la muestra al laboratorio

(2) Base seca= material recibido con 0% de humedad

(3) Para detalles, consultar la tabla 13.

5

Tabla 13. Detalles de las Normas usadas en los análisis para esta invención.

NORMAS USADAS		
ASTM D3172-13	Práctica Estándar para el Análisis Aproximado de Carbón y Coque	http://www.astm.org/Standards/D3172.htm
ASTM D4239 - 14e2	Método de Ensayo Estándar para Azufre en la Muestra de Análisis de Carbón y Coque Usando Combustión en Hornos Tubulares de Alta Temperatura	http://www.astm.org/Standards/D4239.htm
ASTM D4239 - 14e2	Método de Ensayo Estándar para Azufre en la Muestra de Análisis de Carbón y Coque Usando Combustión en Hornos Tubulares de Alta Temperatura	http://www.astm.org/Standards/D4239.htm
UNE-EN 14774-1:2010	Biocombustibles sólidos. Determinación del contenido de humedad. Método de secado al horno. Parte 1: Humedad total. Método de referencia.	http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0045726#.Vx D5C6jhDIU
UNE-EN 14775:2 010	Biocombustibles sólidos. Determinación del contenido de cenizas.	http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0045971#.Vx EDa6jhDIU
UNE-EN 14918:2 011	Biocombustibles sólidos. Determinación del poder calorífico.	http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0046857#.Vx D8BqjhDIU
UNE-EN 15104:2 011	Biocombustibles sólidos. Determinación del contenido total de carbono, hidrógeno y nitrógeno. Métodos instrumentales.	http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0048348#.Vx D8X6jhDIU
UNE-EN 15104:2 011	Biocombustibles sólidos. Conversión de resultados analíticos de una base a otra.	http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0048440#.Vx D-GqjhDIU
UNE-EN 15148:2 010	Biocombustibles sólidos. Determinación del contenido de materia volátil.	http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0045972#.Vx D5hajhDIU
UNE-EN 15289:2 011	Biocombustibles sólidos. Determinación del contenido total de azufre total y cloro.	http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0048352#.Vx EGcqjhDIU
UNE-EN 15296:2 011	Biocombustibles sólidos. Determinación de elementos minoritarios. As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, V y Zn	http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0048507#.Vx D2xqjhDIU
UNE-EN 15297:2 011	Biocombustibles sólidos. Determinación del contenido total de azufre y cloro.	http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0048352#.Vx D4tKjhDIU

Tabla 14. Punto de fusión de cenizas de atmósfera reductora oxidante del producto final.

10

Parámetro	Inicial	Final
Temperatura de deformación (°C)	1105	1120
Temperatura de reblandecimiento (°C)	1120	1133
Temperatura de la semiesfera (°C)	1140	1170
Temperatura de fluidez (°C)	1200	1228

Tabla 15. Análisis químico de cenizas - elementos mayores, menores y oligoelementos en el producto final.

Parámetro	Resultado
SiO ₂ (%)	2.89
Al ₂ O ₃ (%)	12.05
Fe ₂ O ₃ (%)	11.49
MgO (%)	2.75
CaO (%)	15.88
Na ₂ O (%)	2.58

Parámetro	Resultado
K ₂ O (%)	0.82
TiO ₂ (%)	0.15
P ₂ O ₅ (%)	0.03
SO ₃ (%)	NS
V ₂ O ₅ (%)	NS
MnO (%)	NS

Finalmente, valores comparativos entre materia prima que corresponde a excremento sin tratar, después producto intermedio que corresponde al producto obtenido del separador líquido sólido y dos muestras de producto final (muestra 1 y muestra 2)

5

Tabla 16. Poder calorífico, producto intermedio, muestra 1 y muestra 2.

	Materia prima	Etapas intermedia	Producto final 2	Producto final 1
Alto poder calorífico (kcal/kg)	3906	3602	4301	4545
Bajo poder calorífico (kcal/kg)	3639	3350	4003	4228
% de energía respecto a la materia prima				
Alto poder calorífico	100%	92%	110%	116%
Bajo poder calorífico	100%	92%	110%	116%
% de energía respecto al producto secundario				
Alto poder calorífico	108%	100%	119%	126%
Bajo poder calorífico	109%	100%	119%	126%
Humedad(%)	8.58	6.18	11.18	6.52
Cenizas(%)	24.13	24.55	7.82	4.03
Material de carbono volátil (%)	61.19	64.75	80.71	----
Carbono fijado (%)	14.67	10.7	11.47	----
Kcal perdidas por mayor humedad -1%	39.04	36.08	43.02	45.55
Kcal perdidas por menor humedad - 1%	42.19	39.32	45.89	58.50
atmósfera REDUCTORA				
Temperatura de reblandecimiento °C	1143	1125	1120	----
Temperatura de la semiesfera °C	1158	1150	1140	----
Temperatura de fluidez °C	1225	1230	1200	----
atmósfera OXIDANTE				
Temperatura de reblandecimiento °C	1168	1165	1133	----
Temperatura de la semiesfera °C	1178	1210	1170	----
Temperatura de fluidez °C	1220	1323	1228	----

Ejemplo 4. Diferencias cuantitativas y cualitativas entre la presente invención frente a la quema tradicional de bosta en sus diferentes formas (pélets de bosta, briquetas, o bosta natural).

10

Comparativamente con la quema tradicional de bosta, el producto obtenido de la presente invención es superior en kilocalorías tanto en niveles de alto poder calorífico como de bajo poder calorífico, con un 16% más de kilocalorías. Asimismo, se observa una reducción en los niveles de cloro de 3445 partículas (Bosta) por millón a 100 partículas por millón (invención presentada). (Los resultados se obtuvieron de los ensayos de laboratorio que se presentan en el Apéndice "Ensayos de laboratorio", ver los resultados de la tabla 16).

15

Por su parte, al comparar el producto obtenido de la presente invención frente el producto de la separación líquido-sólido presentado en la publicación WO2015086869A1, el resultado es que el producto de la presente invención presenta 26.5% de kilocalorías más en el poder calorífico alto y bajo. Asimismo, se observa una reducción de los niveles de cloro de 740 partículas por millón (producto con separación sólido-líquido) a 100 partículas por millón (invención).

20

El análisis comparativo muestra otros beneficios (ver la tabla 16), entre los que destacan la eliminación de metales pesados tales como cobre, vanadio y zinc, presentes en muestras de bosta y en producto con separación sólido-líquido.

25

Como se indicó anteriormente (página 15, línea 6), la quema de bosta produjo importantes problemas de salud, así como la emanación de olores (contaminación por olores). Asimismo, es conocido que la utilización de

combustibles con altos niveles de cloro en las calderas reduce la vida útil del producto al oxidar rápidamente cualquier tipo de acero.

5

Tabla 17. Comparación de resultados obtenidos de materia prima, producto final de separación sólido-líquido comercializado actual

		Materia prima	Separación sólido-líquido según el documento WO2015086869A1	Producto obtenido a través de la presente invención.
Alto poder calorífico	(kcal/Kg)	3906	3602	4545
Bajo poder calorífico	(kcal/Kg)	3639	3350	4228
Humedad total	(%)	8.58	6.18	6.52
Cenizas	(%)	24.13	24.55	4.03
Material volátil	(%)	61.19	64.75	80.71
Carbono fijado	(%)	14.67	10.7	11.47
COMPUESTOS DE MATERIA PRIMA				
Azufre	(%)	0.29	0.21	0.11
Carbono	(%)	37.76	36.45	46.62
Hidrógeno	(%)	5.14	4.84	6.07
Nitrógeno	(%)	2.35	0.91	0.61
Oxígeno	(%)	29.99	32.98	41.17
Mn	(ppm)	295	245	78.81
As	(ppm)	<50	<50	<50
Pb	(ppm)	<50	<50	<50
Cu	(ppm)	109	<50	<50
Cr	(ppm)	<50	<50	<50
Cd	(ppm)	<50	<50	<50
Mo	(ppm)	<50	<50	<50
Hg	----	----	----	----
Ni	(ppm)	<50	<50	<50
V	(ppm)	55	75	<50
Co	(ppm)	<50	<50	<50
Zn	(ppm)	131	53	<50
Sb	(ppm)	<50	<50	<50
Cl	(ppm)	3445.88	740.63	100
COMPUESTOS DE CENIZAS				
SiO ₂	(%)	2.93	7.02	2.89
Al ₂ O ₃	(%)	12.33	18.54	12.05
Fe ₂ O ₃	(%)	10.49	13.38	11.49
MgO	(%)	6.23	4.09	2.75
CaO	(%)	16.23	11.12	15.88
Na ₂ O	(%)	3.97	4.46	2.58
K ₂ O	(%)	3.58	2.18	0.82
TiO ₂	(%)	0.23	0.18	0.15
P ₂ O ₅	(%)	0.12	0.03	0.03
SO ₃	(%)	NS	NS	NS
V ₂ O ₅	(%)	NS	NS	NS
MnO	(%)	NS	NS	NS
TOTAL	(%)	56.11	61	48.64

10

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el producto obtenido con el método de la presente invención, con respecto a muestras de materia prima y respecto al producto más cercano del estado de la técnica, en los que se observaron diferencias significativas, tales como mayor poder calorífico alto y bajo y menor porcentaje de compuestos tóxicos.

15

A continuación, se presentan los intervalos de poder calorífico alto, poder calorífico bajo, humedad total, y compuestos tóxicos más relevantes, esperados del producto obtenido de la presente invención.

Los análisis se realizaron según las reglas indicadas anteriormente.

Tabla 18. Resultados del análisis para el producto obtenido de la presente invención

	Unidad	Intervalo
Alto poder calorífico	(kcal/kg)	4200 - 5700
Bajo poder calorífico	(kcal/kg)	4000 - 5300
Humedad total	(p/%)	1 - 10
Ceniza	(p/%)	0 - 10
Azufre	(p/%)	0 - 0.3
Cloro	(p/%)	0 - 0.15
en la que (p/%) corresponde al peso seco.		

5 Descripción de la figura

Figura 1. Diagrama de bloques del tratamiento de purines para la recolección de lignina como materia prima y/o combustible y otros componentes químicos. Las operaciones se muestran en bloques, las líneas de flujo o corrientes se presentan con flechas que indican la dirección del flujo, además se representan con números.

10

REIVINDICACIONES

1. Método para el tratamiento de purines animales para obtener un producto de alto poder calorífico, en forma de pélets o briquetas de lignina, que comprende las etapas siguientes:

- (i) alimentar material a un tanque de lavado físico y/o químico, en el que la alimentación se selecciona de entre la etapa a), la etapa b), o la etapa c):
 - a) transportar el material desde un estanque hasta el tanque de lavado físico y/o químico mediante un tornillo transportador que presenta un filtro de líquido;
 - b) bombear material desde un estanque a través de una manguera a un primer separador de líquidos y sólidos, suministrar agua al primer separador de líquidos y sólidos para obtener una primera fracción líquida y una primera fracción sólida, y depositar la primera fracción sólida en el tanque de lavado físico y/o químico;
 - c) suministrar material al tanque de lavado físico y/o químico, en el que el material de desecho son desechos de separadores de líquidos y sólidos derivados de estanques y/o de plantas de biogás o de acumulación de bosta;
- (ii) suministrar un flujo continuo de agua al tanque de lavado físico y/o químico;
- (iii) lavar el material mediante movimientos rotatorios y ultrasonido y arrastre de agua para obtener un material limpio;
- (iv) separar el material limpio en una segunda fracción líquida y una segunda fracción sólida en un nuevo tanque separador de líquidos y sólidos que presenta una placa magnética;
- (v) prensar o centrifugar la segunda fracción sólida para obtener un material deshidratado;
- (vi) secar el material deshidratado utilizando aire caliente para obtener un material seco;
- (vii) desmenuzar y prensar el material seco para obtener un material procesado; y
- (viii) peletizar el material procesado para obtener pélets de lignina.

2. Método para obtener pélets o briquetas de lignina según la reivindicación 1, en el que el material es estiércol de ganado.

