

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 904**

51 Int. Cl.:

**C12P 19/04** (2006.01)  
**D21C 5/00** (2006.01)  
**C10L 5/44** (2006.01)  
**F23G 5/02** (2006.01)  
**F23G 5/04** (2006.01)  
**F23G 7/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.08.2011 E 11741698 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2015 EP 2606140**

54 Título: **Procedimiento para la conversión de biomasa de origen vegetal y proceso de combustión**

30 Prioridad:

**19.08.2010 NL 1038175**

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

**28.12.2015**

73 Titular/es:

**NEWFOSS HOLDING B.V. (100.0%)  
Oostwijk 25  
5406 XT Uden, NL**

72 Inventor/es:

**VOS, DIRK JAN y  
RUSTENBURG, SIMON**

74 Agente/Representante:

**POLO FLORES, Luis Miguel**

**ES 2 554 904 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

Procedimiento para la conversión de biomasa de origen vegetal y proceso de combustión

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento para la conversión de biomasa, en el que la biomasa es de origen vegetal. La invención también se refiere a un proceso de combustión que comprende la obtención de un producto de biomasa a partir de biomasa de origen vegetal y a la combustión del producto de biomasa.

10 **[0002]** Finalmente, la presente invención también se refiere a un procedimiento para la elaboración de un material en bloque para la construcción, que comprende la obtención de un producto de biomasa a partir de biomasa de origen vegetal, y la conversión del producto de biomasa en un material en bloque.

15 **[0003]** La producción de energía renovable ha sido objeto de numerosos estudios durante las últimas décadas. La energía renovable puede presentarse en varias formas, por ejemplo en forma de biomasa, en particular, la biomasa de origen vegetal. La biomasa de origen vegetal puede quemarse, produciendo energía directamente en forma de calor, o puede convertirse en prácticos portadores de energía, por ejemplo, líquidos combustibles, tales como hidrocarburos o alcoholes, y gases combustibles como el metano.

20 **[0004]** Sin embargo el manejo y la conversión de la biomasa de origen vegetal es difícil debido a sus características físicas, en particular a su morfología, y debido a que la biomasa contiene componentes que alteran los procesos de combustión o de conversión o que resultan peligrosos durante los mismos. Los componentes indeseables de la biomasa de origen vegetal comprenden, por ejemplo, hidratos de carbono, cloruros, sales de metales alcalinos y alcalinotérreos, en particular potasio, sales de calcio y magnesio, sales de amonio, nitrógeno y azufre en forma ligada a péptidos o proteínas, precursores de cenizas y agua. Los olores desagradables pueden afectar el medio ambiente durante la manipulación de la biomasa, en particular, cuando se seca o cuando se quema.

**[0005]** Se han realizado numerosos intentos para el tratamiento de la biomasa con el fin de convertirla en una forma adecuada para la producción de energía o de portadores de energía. Tales tratamientos incluyen medidas, como

- 30 – la molienda, el corte, el fresado, u otros tratamientos mecánicos con el objetivo de reducir el tamaño de las partículas;
- la extrusión, el prensado o el tratamiento térmico destinado a la destrucción o la apertura de la estructura celular de la biomasa o la eliminación de agua;
- 35 – el calentamiento o tostado exhaustivo para lograr la fusión o pirólisis, dando lugar a combustibles tales como el carbón, el alquitrán o el gas; y
- el tratamiento con ácidos o bases fuertes o agentes oxidantes, con el objetivo de convertir los componentes lignocelulósicos de la biomasa y hacerlos digeribles por enzimas.

40 **[0006]** En el informe ECN, ECN-C-1-050 titulado "Cascadering van maaisel", de J. van Doorn, E.R.P. Keijser and H.W. Elbersen (Energy Centrum Nederland (E.C.N.), Westduinweg 3, NL-1755ZG Petten, The Netherlands), se describe un procedimiento para la conversión de la hierba cortada. El procedimiento descrito comprende las etapas de

- 45 – tratamiento de la hierba cortada por extrusión, o por vapor y extrusión,
- remojo de la hierba cortada tratada de esa manera en agua, y
- la recuperación de una fase sólida a partir de la mezcla resultante, obteniéndose un producto de hierba.

50 **[0007]** Según el informe de ECN, el propósito de tratar la hierba cortada por extrusión, o vapor y extrusión, es para destruir la estructura celular de la hierba, de modo que, durante el remojo, los componentes presentes dentro de la estructura celular se hacen accesibles a la extracción.

55 **[0008]** El proceso descrito mitiga sólo algunas de las dificultades asociadas con la manipulación y la conversión de la biomasa de origen vegetal. En particular, se afirma que la eliminación del nitrógeno se completa como máximo al 50 %, mientras que a veces resulta difícil que se elimine algo de nitrógeno, y es probable que la insuficiente eliminación del nitrógeno esté provocada por el hecho de que las especies de hierba cortada examinadas no fueron procesadas en fresco, sino solamente tras el envejecimiento. La eliminación de la humedad del producto de la hierba, según se afirma, es insuficiente, necesitando probablemente una etapa de secado adicional. Un problema asociado con el proceso descrito es que los pasos de extrusión y tratamiento con vapor son de alto consumo energético.

60 **[0009]** La presente invención proporciona un procedimiento para la conversión de biomasa en un producto de biomasa, que es apto para su uso como combustible, en el que la biomasa es de origen vegetal y contiene microorganismos presentes de forma natural en la biomasa. El procedimiento comprende

- 65 – la elaboración de una suspensión mediante la dispersión de la biomasa que contiene los microorganismos presentes de forma natural en un líquido acuoso, manteniendo la suspensión en condiciones idóneas para la

digestión aeróbica de los microorganismos, a fin de obtener una suspensión que contiene el producto de la biomasa como una fase sólida dispersa, y

- la recuperación del producto de la biomasa mediante un lavado en el que se utiliza el agua como líquido de lavado y el secado del producto de la biomasa.

5 **[0010]** El procedimiento de la invención incluye la recuperación de la suspensión de una fase sólida, que produce el producto de la biomasa. El procedimiento de la invención puede incluir además la recuperación de una fase líquida a partir de la suspensión, que proporciona un extracto de la biomasa.

10 **[0011]** En una forma de realización del procedimiento de la invención, el líquido acuoso puede ser agua. En otra forma de realización del procedimiento de la invención, el líquido acuoso puede contener al menos una parte del extracto de la biomasa que se obtuvo anteriormente en el procedimiento de la invención.

15 **[0012]** La presente invención también proporciona un proceso de combustión que comprende las etapas de

- elaboración de una suspensión por dispersión de una biomasa en un líquido acuoso, en el que la biomasa es de origen vegetal y contiene microorganismos presentes de forma natural en la biomasa,
- mantenimiento de la suspensión en condiciones idóneas para la digestión aeróbica por los microorganismos a fin de obtener una suspensión que contiene un producto de biomasa como una fase sólida dispersa,
- 20 - recuperación del producto de la biomasa de la suspensión, incluyendo un lavado que utiliza agua como líquido de lavado, y
- la combustión del producto de la biomasa.

25 **[0013]** La presente invención proporciona también un procedimiento para la conversión de biomasa en un producto de biomasa, que es apropiado para su uso como combustible, en el que la biomasa es de origen vegetal y contiene microorganismos presentes de forma natural en la misma. El procedimiento comprende

- la elaboración de una suspensión mediante la dispersión de la biomasa que contiene los microorganismos presentes de forma natural en un líquido acuoso,
- 30 - mantenimiento de la suspensión en condiciones idóneas para la digestión aeróbica de los microorganismos, a fin de obtener una suspensión que contiene el producto de la biomasa como una fase sólida dispersa,
- recuperación del producto de biomasa,
- recuperación de una fase líquida a partir de la suspensión que da lugar a un extracto de la biomasa, y
- separación del extracto de biomasa en un efluente acuoso que contiene sales, y un concentrado acuoso que
- 35 contiene compuestos orgánicos neutros.

40 **[0014]** La invención también proporciona un procedimiento para la elaboración de un material en bloque para la construcción, procedimiento que comprende la conversión de biomasa en un producto de biomasa, que es apto para su uso como combustible, en el que la biomasa es de origen vegetal y contiene microorganismos presentes de forma natural en la misma, incluyendo las etapas de

- elaboración de una suspensión mediante la dispersión de la biomasa que contiene los microorganismos presentes de forma natural en un líquido acuoso,
- mantenimiento de la suspensión en condiciones idóneas para la digestión aeróbica de los microorganismos a fin de obtener una suspensión que contiene el producto de la biomasa como una fase sólida dispersa, recuperando el producto de biomasa y
- 45 - recuperación del producto de la biomasa que comprende un lavado que utiliza agua como líquido de lavado, y el secado del producto de la biomasa, y la conversión del producto de la biomasa en un material en bloque para la construcción.

50 **[0015]** Se ha descubierto que el proceso inventado es energéticamente eficiente y respetuoso con el medio ambiente, dado que emplea condiciones moderadas, y permite el uso de ciclos de reciclaje. El proceso inventado es eficiente en la eliminación de componentes no deseados de la biomasa. Por ejemplo pueden eliminarse en gran medida hidratos de carbono, como mono- o disacáridos, sales de metales alcalinos y alcalinotérreos, en particular

55 potasio, sales de calcio y magnesio, sales de amonio, cloruros, otras sales, azufre y nitrógeno, y combinaciones de los mismos. Además, la morfología del producto de la biomasa hace que los líquidos, por ejemplo el extracto de la biomasa o el agua, puedan eliminarse con relativa facilidad a partir del producto de la biomasa, lo que también se suma a la eficiencia del proceso, en particular a la eficiencia energética.

60 **[0016]** Sin querer limitarse a la teoría, se cree que el ejercer fuertes fuerzas mecánicas y calor sobre la biomasa mediante la extrusión y el tratamiento con vapor, tal y como lo enseña la técnica anteriormente citada en el presente documento, tiene un efecto desfavorable sobre la capacidad de extracción y procesabilidad de la biomasa. Por ejemplo, puede provocar la desnaturalización de las proteínas presentes en la biomasa, de modo que estas se hacen prácticamente insolubles en la fase acuosa y, por tanto, muestran una fuerte tendencia a permanecer en la fase sólida.

65 También se cree que el ejercer fuerzas mecánicas elevadas y calor sobre la biomasa puede provocar que las partículas

de la biomasa adquieran un tamaño demasiado pequeño para permitir una manipulación eficiente. Por ejemplo, durante la eliminación del líquido de la biomasa mediante prensado, el atascamiento de las partículas dentro de la biomasa puede dificultar o impedir un flujo del líquido para salir de la misma. Además, las partículas pequeñas pueden obstruir los filtros y membranas de los equipos que puedan utilizarse en la recuperación de la biomasa y productos líquidos. Con respecto a estos problemas, la presente invención proporciona una mejora.

**[0017]** El lector experto apreciará que, además de la destrucción de la estructura celular de la biomasa, el ejercer fuerzas mecánicas elevadas y calor sobre la biomasa, según lo que nos enseña la técnica anterior, citada anteriormente en el presente documento, también provoca la destrucción de los microorganismos presentes de forma natural en la biomasa, produciendo una biomasa estéril.

**[0018]** Por lo tanto, es sorprendente que, mientras que la técnica anterior enseña la destrucción de la estructura celular de la biomasa y los microorganismos presentes de forma natural en la biomasa, la presente invención muestra que es posible obtener resultados convenientes utilizando en el procedimiento una biomasa que contiene estructuras celulares intactas, microorganismos vivos y enzimas activas. Sin querer limitarse a la teoría, se cree que los microorganismos y/o enzimas asociados con los microorganismos son capaces de digerir componentes de la planta, tales como membranas y paredes celulares, haciendo que los componentes de la biomasa presentes dentro de la estructura celular estén accesibles para la extracción. La extracción implica la extracción de los componentes de la biomasa a la fase líquida de la suspensión. También se pueden extraer los microorganismos de la biomasa a la fase líquida. Los componentes extraídos pueden o no estar sometidos a un proceso de digestión adicional.

**[0019]** El procedimiento de la invención emplea biomasa de origen vegetal. En general, ese tipo de biomasa contiene materiales lignocelulósicos. La biomasa puede comprender biomasa acuática, como algas, algas marinas y lemnas de la misma. Preferiblemente, la biomasa puede consistir en biomasa terrestre, en particular, residuos forestales o residuos agrícolas. La biomasa puede consistir en restos de plantas, tales como piezas de madera, hojas y raíces. Ejemplos de biomasa terrestre adecuada pueden ser virutas de madera, hojas, caña, paja, plantas de maíz o partes de las mismas, plantas de col o alguna de sus partes, hojas de remolacha azucarera, plantas de semillas de lino o partes de las mismas, el bagazo de la caña de azúcar, plantas de tomate después de la cosecha, paja de arroz, y, en particular, hierba cortada, y sus mezclas. La biomasa para su uso en la invención puede o no haber sido sometida a un proceso desecado, o la biomasa puede o no haber sido ensilada.

**[0020]** La biomasa para su uso en la invención puede utilizarse como tal. Sin embargo, para una manipulación sencilla, y en vista de los equipos específicos del proceso en uso, podría ser conveniente reducir el tamaño de partículas de la biomasa, por ejemplo, mediante trituración, fresado o corte. Convenientemente, la dimensión más grande de las partículas podría estar en el intervalo de 0,1 cm a 5 cm, más convenientemente entre 0,5 cm y 3 cm. Convenientemente, la biomasa podría mezclarse con una segunda biomasa, y la segunda biomasa también podría ser de origen vegetal. Esa segunda biomasa podría no contener microorganismos presentes de forma natural en la biomasa. Una segunda biomasa adecuada podría comprender, por ejemplo, tortas filtrantes u otros flujos de productos secundarios obtenidos en la agricultura y/o elaboración de alimentos, tales como restos de los procesos de extracción de aceite vegetal, o residuos de la elaboración de cerveza.

**[0021]** La biomasa puede contener los microorganismos dentro de sus partículas, o en la superficie de las mismas. En general, los microorganismos presentes de forma natural en la biomasa comprenden microorganismos que son capaces de convertir sacáridos en ácido láctico, sales de ácido láctico, etanol u otros ácidos orgánicos, sales y alcoholes, típicamente en condiciones de crecimiento mesófilo y psicrófilo. Ejemplos de tales microorganismos pueden ser bacterias, levaduras y mohos, y sus combinaciones. Las especies ejemplificadas pueden incluir bacterias de ácido láctico tales como *Lactobacillus*, *Lactococcus* y especies de *Streptococcus*, levaduras tales como especies de *Saccharomyces* y mohos tales como especies de *Aspergillus*.

**[0022]** El proceso de mantenimiento de la dispersión en condiciones idóneas para la digestión puede ser un proceso por lotes, o puede ser un proceso continuo. En un proceso por lotes, el proceso puede llevarse a cabo en un reactor de depósito, por ejemplo un recipiente o una tina abierta o una cubeta. En un proceso continuo, el proceso puede llevarse a cabo en un reactor de depósito, o en un reactor de flujo pistón en forma de, por ejemplo, un tubo o una cubeta. Puede utilizarse una gran variedad de reactores, en serie, o en paralelo. La biomasa puede dispersarse en el líquido acuoso, por ejemplo, mediante la adición del líquido acuoso a la biomasa. Alternativamente, puede añadirse la biomasa al líquido acuoso, o la biomasa y el líquido acuoso pueden introducirse simultáneamente. La acción mecánica, como la agitación suave, puede facilitar la formación de la suspensión. En un proceso continuo, el proceso puede llevarse a cabo pasando un lecho continuo de biomasa a través de uno o de varios recipientes que contienen el líquido acuoso. Convenientemente, la relación de peso del líquido acuoso con respecto a la biomasa puede estar en el intervalo de 1:1 a 50:1, más convenientemente entre 2:1 y 20:1, donde el peso de la biomasa se considera como el peso de la materia sólida de la misma y el peso del líquido acuoso se considera como el total del peso de líquido acuoso introducido y el peso de la humedad presente en la biomasa. El peso de materia sólida de la biomasa y el peso de la humedad presente en la biomasa se calculan a partir del contenido de humedad de la biomasa.

**[0023]** En una forma de realización, el líquido acuoso puede ser agua. El agua puede ser agua del grifo o agua destilada o agua desmineralizada. Puede seleccionarse agua como el líquido acuoso cuando el procedimiento se lleva

a cabo por primera vez. Por otro lado, el agua puede incluir también al menos una parte de agua recuperada durante el procedimiento de la invención que se ha llevado a cabo previamente, en cuyo caso el líquido acuoso incluye el agua como flujo de reciclaje. La aplicación de flujos de reciclaje mejora la eficiencia del proceso.

5 **[0024]** En otra forma de realización, el líquido acuoso comprende al menos una parte del extracto de biomasa obtenido en el procedimiento de la invención que se llevó a cabo anteriormente. En esta forma de realización, el líquido acuoso comprende el extracto de biomasa como flujo de reciclaje, con lo que se mejora la eficiencia del procedimiento, tal y como se explicará más detalladamente más adelante en el presente documento.

10 **[0025]** Las condiciones idóneas para la digestión por los microorganismos pueden comprender una temperatura de al menos 2 °C, convenientemente al menos 5 °C, más convenientemente al menos 10 °C. Típicamente, la temperatura alcanza como mucho los 65 °C, más típicamente como mucho los 40 °C, en particular, como mucho los 30 °C. La presión no es esencial para el proceso. Convenientemente, la presión puede estar en el intervalo de 0,08 MPa a 0,2 MPa absolutos, más convenientemente en el intervalo de 0,09 MPa a 0,15 MPa absolutos, preferentemente en el  
15 intervalo de 0,095 MPa a 0,12 MPa absolutos. En particular, la presión puede ser atmosférica. En la biomasa y/o en el líquido acuoso que se emplea en el procedimiento puede encontrarse suficiente oxígeno de forma natural, facilitando la digestión aeróbica por los microorganismos, y contrarrestando la digestión anaeróbica. Puede ser conveniente airear suavemente la suspensión. El experto en la materia será capaz de decidir sobre la conveniencia o no de aplicar aireación, y sobre los métodos y condiciones de aireación adecuadas. Por ejemplo, la aireación puede efectuarse mediante agitación utilizando un agitador mecánico, o mediante la circulación de fase líquida o mediante la aplicación de un flujo de aire u otro gas.  
20

**[0026]** La digestión por los microorganismos incluye la conversión de mono- y/o disacáridos extraídos de la biomasa a la fase líquida a ácido láctico y/o sales de ácidos lácticos. Esta conversión puede dar lugar a una disminución del  
25 pH de la fase líquida. Además, durante la digestión algunas especies de los microorganismos pueden aumentar en número, como resultado del crecimiento natural, y otras especies pueden morir a causa de la disminución del pH. Como resultado de la selección natural, la composición de la población de microorganismos puede variar durante la digestión. En la práctica general de la invención, la población total puede aumentar de tamaño. Los cambios en la composición de la fase líquida durante la digestión pueden ser supervisados a través de la medición del pH, el índice de refracción, y/o la conductividad eléctrica o resistividad. A lo largo de este documento de patente, el pH se define como el pH medido a 20 °C. La digestión puede llegar a su fin por el agotamiento de los componentes digestibles, por ejemplo, los mono- y/o disacáridos. La digestión de mono- y/o disacáridos puede convertirse en un proceso lento, como resultado de la disminución del pH. Aunque la digestión puede convertirse en un proceso lento, la extracción de componentes de la biomasa en el líquido acuoso puede continuar. Si se desea, se puede aumentar la velocidad de digestión, aumentando el pH mediante la adición de una cantidad adecuada de base a la suspensión, por ejemplo hidróxido de potasio acuoso, hidróxido de sodio o amoníaco acuoso. La suspensión puede mantenerse en condiciones idóneas para la digestión por los microorganismos hasta que la digestión haya llegado a su fin, o, más convenientemente, hasta que la velocidad de los cambios en la composición de la fase líquida sea baja.  
30  
35

40 **[0027]** En la forma de realización de la invención en la que el líquido acuoso es agua, el pH del agua que se emplea puede ser esencialmente neutro, y como tal estar en el intervalo de por encima de 6 a 8,5. Más frecuentemente el pH está en el intervalo de 6,5 a 8,5 o incluso en el intervalo de 7 a 8. Como se ha explicado anteriormente, el pH de la fase líquida disminuirá durante la digestión. El pH puede disminuir hasta que llegue a un intervalo de 5,5 a 7, punto en el que los componentes digeribles pueden estar agotados. En la práctica de esta forma de realización, la suspensión puede mantenerse en condiciones idóneas para la digestión por los microorganismos durante un intervalo de tiempo de 100 a 500 horas, más adecuado, dentro de un intervalo de 150 a 300 horas.  
45

**[0028]** En la forma de realización en la que el líquido acuoso incluye al menos una parte del extracto de la biomasa que se obtuvo anteriormente, el pH del líquido acuoso empleado puede ser generalmente de 6,7 como máximo, convenientemente en el intervalo de 3 a 6, más convenientemente en el intervalo de 4 a 6. Durante la digestión, el pH de la fase líquida puede disminuir. El pH puede disminuir hasta que esté en el intervalo de 3 a 5, más convenientemente en el intervalo de 3,2 a 4,5. En la práctica de esta forma de realización, la suspensión puede mantenerse en condiciones idóneas para la digestión por los microorganismos durante un tiempo de al menos 0,5 horas, más adecuado durante al menos 1 hora, en particular, durante un intervalo de 0,5 horas a 150 horas, más particularmente, durante un intervalo de 1 hora a 100 horas. En general, el tiempo puede estar preferentemente en un intervalo de 10 a 150 horas, más convenientemente en un intervalo de 20 a 100 horas. En un proceso continuo que comprende pasar un lecho continuo de biomasa a través de uno o varios recipientes que contienen el líquido acuoso, el tiempo puede estar preferentemente en un intervalo de 0,5 a 20 horas, más preferentemente en un intervalo de 1 a 10 horas, por recipiente, por ejemplo 2 horas.  
50  
55

60 **[0029]** La utilización de extracto de biomasa como flujo de reciclaje, conforme a la forma de realización anterior tiene varias ventajas. La utilización de un flujo de reciclaje reduce la cantidad de líquido utilizado en el curso de múltiples operaciones por lotes del proceso. En el curso de tales operaciones múltiples, la cantidad de microorganismos presentes en el subsiguiente flujo aumenta como resultado del crecimiento natural y, como resultado de la alimentación de múltiples lotes de biomasa. Por lo tanto, durante las operaciones subsiguientes del procedimiento puede observarse una mayor tasa de digestión. Además, puede haber en el curso de operaciones múltiples un aumento en la  
65

concentración de productos de digestión, por ejemplo ácido láctico y lactatos, en los extractos de biomasa posteriores. Además, puede haber en el curso de tales operaciones múltiples, un aumento en la concentración de materiales que han sido extraídos de la biomasa pero que han eludido la digestión, por ejemplo sacáridos, sales de metales alcalinos, sales de metales alcalinotérreos, péptidos, proteínas y aminoácidos. La concentración de los componentes extraídos y productos de digestión puede aumentar hasta tal punto que el extracto de biomasa se convierta en un material de partida económicamente atractivo para su posterior procesamiento. La persona experta apreciará que se pueden obtener las mismas ventajas de una manera análoga cuando el procedimiento se lleva a cabo como un proceso continuo.

**[0030]** En la operación por lotes del procedimiento, el extracto de biomasa obtenido en una primera operación del procedimiento puede utilizarse de 1 a 6 veces (inclusive) en operaciones subsiguientes del procedimiento. Preferentemente, el extracto de biomasa obtenido en la primera operación del procedimiento puede utilizarse de 3 a 5 veces (inclusive) en operaciones subsiguientes del procedimiento. Por otra parte, puede alcanzarse una operación múltiple en estado continuo mediante el exudado de una parte del extracto de biomasa reciclado, y reemplazando esa parte por agua. De manera análoga, puede alcanzarse un estado de equilibrio en un proceso continuo.

**[0031]** Puede utilizarse cualquier método para la separación sólido-líquido para la recuperación del producto de la biomasa y el extracto de la biomasa de la suspensión, por ejemplo, la sedimentación, la filtración o la centrifugación. En un método típico, puede emplearse una placa filtrante o una pantalla para este propósito. Con este fin, la suspensión puede reposar en la parte superior de una placa filtrante colocada cerca de la parte inferior de un recipiente que contenga la suspensión. Las aberturas de esa placa filtrante serán lo suficientemente pequeñas para evitar básicamente que los sólidos de la suspensión pasen la placa filtrante, mientras que el extracto de biomasa puede pasar el filtro, en particular bajo el efecto de la fuerza de gravedad o por bombeo, dejando el producto de la biomasa en el lado de la placa filtrante adyacente a la suspensión. Como alternativa, puede emplearse una pantalla, en particular una pantalla en línea, las aberturas de la cuál son lo suficientemente pequeñas para evitar básicamente que los sólidos de la suspensión pasen la pantalla y las aberturas de esa pantalla son lo suficientemente pequeñas para evitar básicamente que los sólidos de la suspensión pasen por la placa de filtro, mientras que el extracto de biomasa puede pasar por el filtro, en particular bajo el efecto de la fuerza de gravedad o por bombeo, dejando el producto de la biomasa en el lado de la pantalla adyacente a la suspensión. Como otra alternativa más, la parte inferior del recipiente puede tener una o más ranuras de drenaje o canales de drenaje de dimensiones adecuadas para que el extracto de biomasa pueda pasar por las ranuras o los canales de drenaje y salir del recipiente, mientras que los sólidos de la suspensión básicamente permanecen en el recipiente. Se puede facilitar este proceso ejerciendo presión sobre la suspensión, por ejemplo mediante bombeo, por medio de un pistón o mediante la presurización de la atmósfera por encima de la suspensión. En general, la presión que se ejerce sobre la suspensión será baja, por ejemplo puede estar en el intervalo de 0,0001 MPa a 0,05 MPa, más convenientemente en el intervalo de 0,0005 MPa a 0,02 MPa, preferentemente en el intervalo de 0,001 MPa a 0,015 MPa. Un método preferido de ejercer una presión suave en la suspensión consiste en tener en la parte superior de la suspensión una bolsa de agua flotante. Esa bolsa posee un tamaño y una forma y está hecha de un material flexible, por ejemplo plástico o caucho, de tal manera que la bolsa sea capaz de adaptar su forma a la forma del recipiente para cubrir por completo la suspensión. Si se desea, se puede emplear una pila que incluya dos, tres o cuatro bolsas. La altura total de una o más bolsas típicamente puede estar en el intervalo de 0,1 m a 2 m, más típicamente entre 0,2 m y 1,5 m, por ejemplo 0,5 m o 1 m. Típicamente, el recipiente tiene una forma cilíndrica, preferiblemente tiene una forma circular, elíptica, rectangular o cilíndrica al cuadrado. El recipiente puede estar situado de manera que el eje del recipiente de forma cilíndrica esté situado en dirección horizontal o vertical.

**[0032]** En la práctica habitual del método de recuperación descrito en el párrafo anterior, puede suceder que una parte del extracto de biomasa tienda a permanecer en el producto de biomasa. En tal caso, puede resultar apropiado retirar una mayor cantidad del extracto de biomasa del producto de biomasa, aumentando el contenido de sólidos del producto de biomasa. Se ha descubierto que esto se puede lograr de manera efectiva y energéticamente eficiente mediante la aplicación lenta de una fuerza mecánica sobre el producto de biomasa. Por ejemplo, es posible cargar el producto de biomasa en una prensa y aumentar lentamente la presión en la misma. Al aumentar la presión lentamente, es posible disminuir o evitar el taponamiento o el atascamiento dentro del producto de biomasa, al no ser así, ese taponamiento o atascamiento podría dificultar o impedir la salida del extracto de biomasa del producto de biomasa.

**[0033]** Independiente de si el producto de biomasa ha sido sometido al tratamiento descrito en el párrafo anterior o no, es posible lavar el producto de biomasa utilizando agua como líquido de lavado para seguir retirando extracto de biomasa. El lavado puede llevarse a cabo como una sola etapa de lavado. Puede ser preferible aplicar varias etapas de lavado, por ejemplo, hasta 5 etapas (inclusive) de lavado. Cualquier líquido mezclable con el extracto de biomasa puede resultar adecuado como líquido de lavado. El agua es un líquido de lavado muy adecuado. Es preferible aplicar varias etapas de lavado en un proceso de contracorriente en el que se emplea el agua como líquido de lavado en la última etapa del lavado. En un proceso continuo que comprende el paso de un lecho continuo de biomasa a través de varios recipientes que contienen el líquido acuoso, los recipientes pueden estar conectados de manera fluida entre sí para formar una disposición en serie, y se puede mantener un flujo del líquido acuoso en contracorriente con el movimiento del lecho de la biomasa. En este caso, puede introducirse el agua en el primer recipiente de la disposición seriada y el extracto de biomasa puede retirarse del último recipiente de la disposición seriada. Un número adecuado de recipientes en la disposición podría ser entre 3 y 6 (inclusive).

**[0034]** En relación con cada etapa de lavado, es posible separar el efluente a partir del producto de biomasa de una manera similar a la recuperación del producto de biomasa y el extracto de biomasa de la suspensión, como se ha descrito anteriormente en este documento, incluyendo los métodos de retirada del extracto de biomasa del producto de biomasa, como se ha descrito anteriormente. Los efluentes de una o más etapas del lavado, en particular, el efluente del primer lavado de múltiples etapas de lavado a contracorriente, pueden añadirse al extracto de biomasa. Alternativamente, pueden aplicarse los efluentes como el líquido acuoso, o como una parte del líquido acuoso.

**[0035]** El producto lavado de la biomasa puede secarse a fin de lograr un bajo contenido de humedad. Puede emplearse convenientemente una amplia gama de secadores, que operan a una temperatura alta o baja, de un modo continuo o por lotes; que aplican vacío o funcionan a sobrepresión, tal como un secador de vapor; o bien con la biomasa presente como un lecho apilado o como un lecho fluidizado. El secado puede llevarse a cabo, típicamente, a una temperatura máxima de 600 °C, más típicamente a 400 °C como máximo. Preferentemente, el secado puede llevarse a cabo a una temperatura en el intervalo de 25 °C a 600 °C, más típicamente entre 30 °C y 400 °C. Para conseguir una eficiencia energética, el equipo secador puede incluir la secadora, un sistema de calefacción para calentar el producto de la biomasa que entra en el secador, un condensador y un sistema de bomba de calor que recicla la energía que se ha liberado en el condensador al sistema de calefacción. El agua de condensación que se ha obtenido en la etapa de secado puede emplearse en otras partes del proceso, por ejemplo como líquido de lavado o como parte del mismo, o como el líquido acuoso o como parte del mismo. Se ha descubierto que los gases residuales de la etapa de secado contienen pocos componentes malolientes y poco polvo, de modo que es posible manipularlos con facilidad, y son relativamente respetuosos con el medio ambiente. Por lo tanto, puede llevarse a cabo el secado, de forma alternativa, mediante la dispersión del producto de la biomasa en un campo expuesto a la intemperie, en particular para el secado al sol. Es una ventaja de esta invención que, si se desea, es posible dejar el producto de la biomasa en el campo durante un período prolongado de tiempo, por ejemplo durante semanas o incluso durante meses, extendido o amontonado, sin mostrar signos evidentes de podredumbre o generación de calor. Esto representa un método conveniente de almacenamiento al aire libre, como una alternativa atractiva al ensilaje.

**[0036]** El contenido de sólidos del producto de biomasa obtenido conforme a esta invención puede ser al menos un 25 % del peso, típicamente al menos un 50 % del peso, más típicamente al menos un 60 % del peso, preferiblemente al menos un 70 % del peso, más preferiblemente al menos un 80 % del peso, en particular al menos un 90 % del peso. En la práctica habitual de esta invención, el contenido de humedad del producto de biomasa puede ser como máximo el 99 % del peso, más frecuentemente como máximo el 95 % del peso. El contenido de humedad del producto de biomasa puede ser como máximo el 75 % del peso, típicamente como máximo el 50 % del peso, más típicamente como máximo el 40 % del peso, preferiblemente como máximo el 30 % del peso, más preferiblemente como máximo el 20 % del peso, en particular como máximo el 10 % del peso. En la práctica habitual de esta invención, el contenido de humedad del producto de biomasa puede ser como máximo el 1 % del peso, más frecuentemente como máximo el 5 % del peso. A lo largo del presente documento de patente, se define el contenido de humedad como el porcentaje de humedad en % del peso según la norma ISO 11722, y el contenido de materia sólida se define como el 100 % del peso menos el contenido de humedad.

**[0037]** El producto de biomasa obtenido conforme a la invención tiene un alto contenido de materiales lignocelulósicos. El producto de la biomasa tiene un bajo contenido de metales alcalinos, metales alcalinotérreos, nitrógeno, fosfatos, sulfato, cloruro, proteínas y sacáridos. Típicamente, el producto de la biomasa puede tener un contenido de potasio de hasta el 0,1 % del peso, más típicamente hasta el 0,05 % del peso, en particular hasta el 0,03 % del peso, con respecto al peso de la materia sólida. En la práctica habitual de esta invención, el contenido de potasio frecuentemente es al menos del 0,001 % del peso, más frecuentemente al menos del 0,005 % del peso, con respecto al peso de la materia sólida. Típicamente, la biomasa puede tener un contenido de cloruro de hasta el 0,1 % del peso, más típicamente hasta el 0,05 % del peso, en particular hasta el 0,03 % del peso, con respecto al peso de la materia sólida. En la práctica habitual de esta invención, el contenido de cloruro frecuentemente es al menos del 0,001 % del peso, más frecuentemente al menos del 0,005 % del peso, con respecto al peso de la materia sólida.

**[0038]** El producto de la biomasa es muy apropiado como combustible o material de inicio de procesos de combustión o de conversión, como la gasificación y la pirólisis, ya que tiene un bajo contenido de cenizas, una temperatura de fusión de las cenizas alta, una baja tendencia a causar corrosiones y una baja tendencia a producir emisiones de óxidos de nitrógeno y de azufre. El producto de la biomasa puede emplearse como tal, o junto con otro combustible o material de inicio.

**[0039]** Se ha descubierto que el producto de la biomasa tiene un alto valor calórico. Por ejemplo, sobre la base del peso de la hierba cortada, es posible generar más calor mediante la quema del producto de biomasa obtenido de la hierba cortada mediante el uso de la invención, que el calor que pueda generarse mediante la quema del metano obtenido por digestión anaeróbica (fermentación) de la hierba cortada, incluso incluyendo el calor que, además, pueda obtenerse mediante la quema del digestato coproducido en la fermentación.

**[0040]** El producto de la biomasa puede utilizarse como combustible, independientemente de su contenido de humedad y con independencia de si el producto de biomasa se ha secado, o no. Es decir, el agua presente en el producto de la biomasa puede evaporarse durante el proceso de secado o durante la combustión; esta es una elección

que puede hacer un operador. Una opción respetuosa con el medio ambiente puede ser el secado del producto de la biomasa en el exterior, en particular el secado al sol, antes de su uso como combustible, ya que en este caso el calor de la evaporación del agua es suministrado por el sol y no será a expensas del calor obtenido en el proceso de combustión.

**[0041]** El producto de la biomasa obtenido conforme a la invención también es idóneo para su uso como material de partida en una digestión anaeróbica para la producción de gas metano. El producto de biomasa que se obtiene conforme a la invención es también idóneo para su uso, por ejemplo como material de relleno para plásticos, hormigón o asfalto, o para la elaboración de un material en bloque para la construcción.

**[0042]** El extracto de la biomasa obtenido conforme a la invención puede tener un alto contenido de sales, tales como sales de metales alcalinos, sales de metales alcalinotérreos, lactatos y cloruros, y ácido láctico y compuestos orgánicos neutros, tales como sacáridos. También tiene un contenido relativamente alto de microorganismos. El extracto de biomasa tiene una estabilidad considerable y puede almacenarse durante largos períodos de tiempo, tales como semanas o meses. Si se quiere, se puede concentrar el extracto de biomasa quitándole agua. El agua puede eliminarse del extracto de biomasa, por ejemplo, por evaporación o por aplicación de ósmosis inversa. El agua obtenida de esta manera puede reciclarse, por ejemplo, para su uso como (una parte del) líquido acuoso, o para su uso como líquido de lavado.

**[0043]** Con o sin la eliminación previa del agua, tal y como se describe en el párrafo anterior, el extracto de biomasa puede ser sometido a un proceso de separación, como una filtración por membrana. El extracto de biomasa puede separarse, por una parte, en un efluente acuoso que incluya sales, como sales de metales alcalinos, sales de metales alcalinotérreos, lactatos y cloruros, y ácido láctico y, por otro lado, en un concentrado acuoso que incluya compuestos orgánicos neutros, tales como mono y disacáridos, y proteínas. El extracto de biomasa obtenido conforme a esta invención se comporta de forma favorable en las técnicas de separación por membrana, en términos de una baja colmatación de la membrana y largos períodos de funcionamiento del filtrado. El efluente acuoso o una parte del mismo, puede reciclarse convenientemente como una parte del líquido acuoso. Si se desea, puede retirarse el agua del efluente acuoso y/o el concentrado acuoso por los métodos descritos en el párrafo anterior, y, opcionalmente puede reciclarse, por ejemplo para su uso como (una parte del) líquido acuoso, o para su uso como líquido de lavado.

**[0044]** Los siguientes ejemplos de trabajo representan una ilustración adicional de la invención.

EJEMPLO 1 (conforme a la invención)

**[0045]** Se proporcionó un contenedor con unas dimensiones internas de 3 m x 2 m x 1,7 m (largo x ancho x alto), una base plana, rectangular y horizontal de hormigón, así como cuatro paredes planas, rectangulares y verticales de hormigón, y se colocó en su interior un tablón sólido de madera apoyado por bloques de madera colocados en la parte inferior a distancias regulares. El tablón se colocó de manera que se formó un canal abierto de drenaje (20 cm de ancho y 20 cm de profundidad) en un lado de la parte inferior en la dirección longitudinal del contenedor. El contenedor se cargó con 540 kg de hierba cortada (37 % en contenido de humedad por peso, que representan 200 kg de agua) y 940 kg de agua (una mezcla de agua de lluvia y agua del grifo) con un pH de 6,75, una conductividad eléctrica de 0,62 mS/cm, un índice de refracción de 0 °Brix y una temperatura de 9 °C. A fin de fomentar la obtención y el mantenimiento de una suspensión de la hierba en la fase líquida, se hace circular la fase líquida por bombeo a una velocidad de 5000 kg/h desde la parte inferior del canal de drenaje en una esquina del contenedor hacia la superficie superior de la mezcla de pasto y agua en la esquina opuesta del contenedor. Después de 1 hora, el pH de la fase líquida había alcanzado 6,6, el índice de refracción 1 °Brix, la conductividad eléctrica 4.6 mS/cm, la temperatura 9,5 °C. (A lo largo del presente documento de patente, los valores de pH, el índice de refracción y la conductividad eléctrica se consideran medidos a 20 °C). Se continuó la circulación de la fase líquida.

**[0046]** Al día siguiente, se repitió este procedimiento, produciendo un segundo lote de suspensión. Después de circular la fase líquida durante 168 horas, se combinaron los dos lotes, obteniendo el siguiente resultado: un total de unos 2960 kg de suspensión que consiste en unos 2280 kg de fase líquida y unos 680 kg de fase sólida, siendo la fase líquida un líquido un poco espumoso, claro y de color marrón oscuro, que tiene un olor agrio y fresco con las siguientes características: conductividad eléctrica de 4,8 mS/cm, pH 6,6, refracción 1 °Brix, temperatura 9 °C.

**[0047]** Después se detuvo la circulación de la fase líquida y, en cambio, se bombeó la fase líquida a un contenedor separado de un tamaño similar. De esta manera aproximadamente el 45 % del peso de la fase líquida podría estar separado de la suspensión, produciendo aproximadamente 1350 kg de una primera partida del extracto de biomasa.

**[0048]** Se colocó en el contenedor una bolsa de caucho y fibra de nylon revestida de dimensiones tales que la bolsa se ajuste a las dimensiones horizontales internas del contenedor, cubriendo la suspensión. Luego se llenó la bolsa con agua del grifo y se cerró. La altura de la columna de agua en el interior de la bolsa fue de 50 cm. Una segunda bolsa de dimensiones similares se colocó encima de la primera bolsa y se llenó con agua del grifo hasta que la altura de la columna de agua dentro de la segunda bolsa fue de 50 cm. Se drenó una fase líquida adicional mediante el bombeo desde debajo del canal de drenaje. De esta manera se obtuvieron aproximadamente 500 kg de una segunda partida de extracto de biomasa.

**[0049]** Después se lavó el producto de biomasa que se quedó en el contenedor. Con este propósito, se volvió a dispersar el producto de la biomasa en 1000 kg de agua del grifo y se drenó la fase líquida que se había obtenido de esta forma (1000 kg) mediante el bombeo por debajo del canal de drenaje con las dos bolsas llenas de agua que todavía seguían ahí. El lavado se repitió dos veces. Los efluentes del lavado se combinaron y se almacenaron para su uso en el Ejemplo 2, más adelante.

**[0050]** Muestras de 10 kg del producto de biomasa lavada se transfirieron a una prensa hidráulica de jugo llenando el cilindro de la prensa y se sometieron a presión. En cada prensado, se aumentó la presión dentro de la prensa en 2 minutos de 0,1 MPa a 5 MPa, mientras que el jugo prensado se drenó y se recogió. Tras el prensado, el producto de biomasa tenía un contenido de humedad del 47 % del peso. El peso de cada uno de los bloques del producto de biomasa obtenida fue de aproximadamente de 5 kg.

**[0051]** Los bloques de productos de biomasa fueron cargados en contenedores abiertos (1,5 m de longitud, 1 m de ancho, 1 m de altura), cada contenedor tenía como fondo una paleta de madera y como paredes laterales, cuatro mallas de alambre sujetas por un marco de metal. Las mallas de alambre tenían aberturas de 10 cm x 10 cm para el paso de aire de secado. Los recipientes abiertos no tenían cubierta. Los recipientes abiertos, llenos de bloques de producto de biomasa, se colocaron en un horno de secado en una pila de tres capas de dos por tres contenedores abiertos cada una. El horno de secado se accionó como una secadora de condensación a temperaturas de 45 - 65 °C, durante 96 horas. Después del secado, el producto de biomasa tenía un contenido de humedad del 10 % del peso.

**[0052]** La primera partida del extracto de biomasa se procesó mediante una instalación de filtro de membrana provista con membranas de polímero para nanofiltración enrolladas en espiral, disponibles en el mercado y bujías filtrantes protectoras posicionadas en sentido contrario a la corriente con respecto a las membranas. La instalación del filtro de membrana se accionó a 2,5 MPa (25 bar) y a una velocidad de 200 kg/h, con una producción de 70 - 100 kg/h de permeado y de 100-130 kg/h de concentrado. Durante la operación, el concentrado fue reciclado en el contenedor que incluye el extracto de la biomasa, y el permeado se recogió en otro contenedor similar. En consecuencia, el concentrado se volvió cada vez más concentrado, principalmente en proteínas, mono- y disacáridos, y adquirió un color marrón más oscuro y turbio. El permeado, que incluye cloruros, nitratos y otras sales y ácido láctico, tenía una apariencia de agua clara.

**[0053]** Durante el proceso de nanofiltración, la temperatura del concentrado aumenta lentamente desde aproximadamente 10 °C a aproximadamente 40 °C, provocado por el suministro de energía a los equipos de bombeo de la instalación de filtro de membrana. La temperatura más alta dio lugar a un aumento del 200 % de la capacidad de filtración del proceso. La filtración de membrana se manifestó como un proceso muy eficiente para la eliminación de sales y ácido láctico a partir del extracto de biomasa y para la concentración del extracto de biomasa. Es destacable que el proceso de nanofiltración podría desarrollarse con tiempos de ejecución largos y, sin un prefiltrado que no sea mediante la aplicación de bujías de filtrado, sin ensuciamiento significativo de las bujías de filtrado y las membranas.

**[0054]** El permeado se concentró mediante la eliminación de agua mediante ósmosis inversa aplicando una presión de 7 MPa.

**[0055]** La primera partida de extracto de biomasa, el concentrado obtenido al final del proceso de nanofiltración y los permeados obtenidos al inicio y al final del proceso de nanofiltración se analizaron (véase la Tabla I, a continuación, "DQO" significa demanda química de oxígeno). Los resultados representados en la Tabla I son indicativos de un factor de concentración de 15-20 para el concentrado, con respecto al extracto de la biomasa, y de la presencia de cloruro de potasio a altas concentraciones en el permeado.

Tabla I

	Conductividad eléctrica (mS/cm)	pH	Densidad d <sub>20</sub> (g/o)	Refracción (°Brix)	Contenido de KCl (g/l)	DQO (g/l)	Materia seca (% del peso)
Extracto de biomasa	6,52	3,83	1,002	1	-	6,5-7,5	-
Concentrado	104	4,4	1,072	17	-	140-150	19,5
Permeado al inicio	2,3	3,9	-	0	1,0-1,25	-	-
Permeado al final	11	3,7	-	1	15,0-20,0	-	-
-: no analizado							

EJEMPLO 2 (conforme a la invención)

5 **[0056]** Se repitió el Ejemplo 1 con la diferencia de que se cargó el contenedor con 1000 kg de la hierba cortada y luego se llenó con 2000 kg de efluente de lavado obtenido en el Ejemplo 1, en lugar de agua. Después de circular la fase líquida durante 96 horas, la fase líquida alcanzó un pH de 6,0. Se obtuvieron 1800 kg de extracto de biomasa y 1200 kg de producto biomasa unida. Tras el prensado, el producto de la biomasa tenía un contenido de humedad del 50 % del peso y después del secado, el producto de la biomasa tenía un contenido de humedad del 10 % del peso. Se recogió el jugo (unos 200 kg) obtenido durante el prensado en la prensa hidráulica de jugos.

10 EJEMPLO 3 (conforme a la invención)

15 **[0057]** Se repitió el Ejemplo 2 con la diferencia de que, después de la carga con 1000 kg de la hierba cortada, se cargó el contenedor con 1800 kg del extracto de biomasa obtenido en el Ejemplo 2 y 200 kg de permeado obtenido en el Ejemplo 1, en lugar del efluente de lavado obtenido en el Ejemplo 1. Después de circular la fase líquida durante 48 horas, la fase líquida alcanzó un pH de 4,2. Se obtuvieron 1800 kg de extracto de biomasa y 1200 kg de producto biomasa unida. Tras el prensado, el producto biomasa tenía un contenido de humedad del 50 % del peso y después del secado, el producto biomasa tenía un contenido de humedad del 10 % del peso.

20 EJEMPLO 4 (conforme a la invención)

25 **[0058]** Se repitió el Ejemplo 3 con la diferencia de que, después de la carga con 1000 kg de la hierba cortada, se cargó el contenedor con 1800 kg del extracto de biomasa obtenido en el Ejemplo 3 y 200 kg de permeado obtenido en el Ejemplo 2, en lugar del extracto de biomasa obtenido en el Ejemplo 2 y el permeado obtenido en el Ejemplo 1. Después de circular la fase líquida durante 48 horas, la fase líquida alcanzó un pH de 3,8. Se obtuvieron 1800 kg de extracto de biomasa y 1200 kg de producto de biomasa unida. Tras el prensado, el producto de biomasa tenía un contenido de humedad del 50 % del peso y después del secado, el producto de biomasa tenía un contenido de humedad del 10 % del peso.

**REIVINDICACIONES**

- 5 **1.** Un procedimiento para la conversión de biomasa en un producto de biomasa, que es apropiado para su uso como combustible, en el que la biomasa es de origen vegetal y contiene microorganismos presentes de forma natural en la biomasa. Se trata de un procedimiento que comprende
- la preparación de una suspensión mediante la dispersión de la biomasa que comprende los microorganismos presentes de forma natural en un líquido acuoso,
  - 10 - el mantenimiento de la suspensión en condiciones idóneas para la digestión aeróbica por los microorganismos a fin de obtener una suspensión que contiene el producto de biomasa como una fase sólida dispersa, y
  - que recupera el producto de biomasa, donde la recuperación comprende el lavado utilizando agua como líquido de lavado y el secado del producto de biomasa.
- 15 **2.** Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que el procedimiento incluye además la recuperación de la suspensión de una fase líquida, produciendo un extracto de biomasa.
- 3.** Un procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, en el que el líquido acuoso es agua.
- 20 **4.** Un procedimiento según la reivindicación 3, en el que el pH del agua, medido a 20 °C, se encuentra en el intervalo de 6,5 a 8,5, y en el que la suspensión se mantiene en condiciones idóneas para la digestión por los microorganismos durante un intervalo de tiempo de 100 a 500 horas.
- 5.** Un procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, en el que el líquido acuoso incluye al menos una parte del extracto de biomasa, que se obtuvo en el proceso de la reivindicación 2.
- 25 **6.** Un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 5, en el que el pH del líquido acuoso, medido a 20 °C, se encuentra en el intervalo de 3 a 6, y en el que la suspensión se mantiene en condiciones idóneas para la digestión por los microorganismos durante un intervalo de tiempo de 0,5 a 150 horas.
- 30 **7.** Un procedimiento según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que la biomasa incluye residuos forestales o residuos agrícolas.
- 8.** Un procedimiento según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que los microorganismos presentes de forma natural comprenden microorganismos que son capaces de convertir los sacáridos en ácido láctico o sales de ácido láctico en condiciones de crecimiento mesófilo y psicrófilo.
- 35 **9.** Un procedimiento según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que la relación de peso entre el líquido acuoso y la biomasa está en el intervalo de 1:1 a 50:1, y en el que las condiciones idóneas para la digestión por los microorganismos consisten en una temperatura dentro del intervalo de 5 °C a 40 °C.
- 40 **10.** Un procedimiento según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en el que la recuperación del producto de la biomasa de la suspensión incluye la utilización de una placa filtrante o una pantalla, mientras se ejerce una presión sobre la suspensión, donde la presión se encuentra dentro del intervalo de 0,0005 MPa a 0,02 MPa.
- 45 **11.** Un procedimiento según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que la recuperación del producto de biomasa de la suspensión incluye varias etapas de lavado en un proceso de contracorriente, y en el que el agua se aplica como líquido de lavado en la última etapa del lavado.
- 50 **12.** Un procedimiento según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que la recuperación comprende el secado para conseguir un grado máximo de humedad del producto de biomasa del 20 % del peso.
- 13.** Un proceso de combustión, que incluye las etapas de
- 55 - preparación de una suspensión por dispersión de una biomasa en un líquido acuoso, en el que la biomasa es de origen vegetal y contiene microorganismos presentes de forma natural en la biomasa,
  - mantenimiento de la suspensión en condiciones idóneas para la digestión aeróbica por los microorganismos para obtener una suspensión que contiene el producto de la biomasa como una fase sólida dispersa,
  - que recupera el producto de la biomasa, una recuperación que incluye el lavado utilizando agua como líquido de lavado y
  - 60 - la combustión del producto de la biomasa.
- 14.** Un proceso de combustión según se reivindica en la reivindicación 13, en el que el proceso de combustión comprende el secado del producto de biomasa recuperada de la suspensión mediante la exposición del producto biomasa a las condiciones climáticas externas.
- 65

**15.** Un procedimiento para la conversión de biomasa en un producto de biomasa, que es apropiado para su uso como combustible, en el que la biomasa es de origen vegetal y comprende microorganismos presentes de forma natural en la biomasa. Ese procedimiento comprende

- 5           - la preparación de una suspensión mediante la dispersión de la biomasa que contiene los microorganismos presentes de forma natural en un líquido acuoso,
- el mantenimiento de la suspensión en condiciones idóneas para la digestión aeróbica por los microorganismos a fin de obtener una suspensión que contiene el producto de la biomasa como una fase sólida dispersa,
- la recuperación del producto de biomasa,
- 10          - la recuperación de una fase líquida a partir de la suspensión, que da lugar a un extracto de biomasa.
- la separación del extracto de biomasa en un efluente acuoso que contiene sales, y un concentrado acuoso que contiene compuestos orgánicos neutros.

**16.** Un procedimiento para para la elaboración de un material en bloque para la construcción, donde el procedimiento comprende

- 15          - las etapas de convertir una biomasa en un producto de biomasa según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1-12, y la conversión del producto de biomasa en un material en bloque para la construcción.