

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 081**

51 Int. Cl.:

**C12M 1/00** (2006.01)

**C12P 7/14** (2006.01)

**C12P 7/04** (2006.01)

**C12P 7/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.10.2014 PCT/IB2014/065547**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2015 WO15059656**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2014 E 14806078 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 3060673**

54 Título: **Procedimiento de producción de un producto orgánico a partir de una carga de materia carbonada que utiliza una gasificación seguida de una fermentación del gas de síntesis**

30 Prioridad:

**24.10.2013 FR 1360398**

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

**21.11.2017**

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)  
25, rue Leblanc Bâtiment le Ponant D  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**SETIER, PIERRE-ALEXANDRE y  
DELRUE, FLORIAN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 643 081 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 de producción de un producto orgánico a partir de una carga de materia carbonada que utiliza una gasificación seguida de una fermentación del gas de síntesis

Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento de producción de un producto orgánico, en particular de un carburante a partir de una carga de materia carbonada, que utiliza una gasificación de la carga de materia carbonada y una fermentación del gas de síntesis producido por la gasificación mediante microorganismos y agua.

Por "carga de materia carbonada" se entiende cualquier materia que contiene una cantidad de carbono, en particular cualquier materia carbonada de residuos, tal como carbón, coque de petróleo, desechos orgánicos, desechos de materia plástica, etc.

La invención tiene como objetivo mejorar el rendimiento de tal procedimiento de producción de un producto orgánico.

Una aplicación preferida es la producción de etanol o de butanol a partir de residuos de materia plástica.

Estado de la técnica

La gasificación de la biomasa y del carbón se conoce desde hace mucho tiempo. De manera general, se puede definir como una transformación termoquímica de la biomasa o del carbón por la acción del calor en presencia de agente(s) gasificante(s). Se busca generar, al final de la gasificación, una mezcla de gas denominado gas de síntesis (syngas" en inglés) que comprende monóxido de carbono e hidrógeno (CO+H<sub>2</sub>) entre otros.

Así, la gasificación es una reacción endotérmica entre la materia carbonada y el o los agentes gasificantes según las reacciones químicas siguientes:



El gas de síntesis producido está principalmente constituido de los gases CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>. Contiene también unos compuestos minoritarios (NH<sub>3</sub>, HCl, HF, HCN, H<sub>2</sub>S, COS, metales alcalinos, etc.) en estado de vapor que proviene de la materia carbonada o del o de los agentes gasificantes. Finalmente, para gasificaciones a baja temperatura (850°C), se obtiene una parte más o menos importante de compuestos hidrocarbonados en forma gaseosa (alquitrán, CH<sub>4</sub>), que resultan de una oxidación incompleta de la materia carbonada.

Se deben impulsar las reacciones (1) y (2). Por lo tanto, se debe compensar la energía perdida durante estas reacciones endotérmicas. La aportación de calor al reactor de gasificación (gasificador) es o bien directa (modo de funcionamiento denominado autotérmico), según el cual se quema una parte de la materia carbonada que se quiere gasificar, o bien indirecta (modo de funcionamiento denominado alotérmico), según el cual se aporta una fuente de calor externa).

De diseño y construcción simples, los procedimientos de gasificación que utilizan un reactor de lecho fijo o de lecho fluidizado producen un gas relativamente de mala calidad debido a un contenido en alquitrán relativamente alto y de una relación H<sub>2</sub>/CO obtenida relativamente baja. Los reactores de lecho fluidizado tienen, no obstante, la ventaja de tener una retroalimentación importante y a poder ser de dimensiones compatibles con una explotación industrial. Finalmente, los reactores de flujo arrastrado están mejor adaptados para la gasificación de grandes volúmenes de materia carbonada, pudiendo la potencia unitaria de un gasificador de este tipo ser superior a 50 MWth. Debido al tiempo de estancia muy corto de la carga de materia carbonada y temperaturas de funcionamiento muy elevadas, típicamente superiores a 1400°C, el gas de síntesis obtenido por los gasificadores de flujo arrastrado no contiene prácticamente alquitrán, lo que tiene como ventaja evitar una etapa suplementaria de limpieza del gas de síntesis.

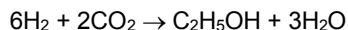
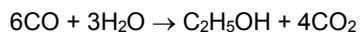
Un ejemplo de gasificación ventajosa, es el de la gasificación de la biomasa ligno-celulósica que permite generar un gas de síntesis y producir aguas abajo o bien unos carburantes líquidos, o bien otros productos orgánicos. Esta gasificación se desarrolla en presencia típicamente de vapor de agua alrededor de 800-900°C para unos reactores de lecho fluidizado. Clásicamente, tal gasificación convierte el carbono de la biomasa con un gas en salida del gasificador de composición media del 20-25% de CO, el 8-12% de CH<sub>4</sub>, el 18-22% de CO<sub>2</sub> y aproximadamente el 38-42% de H<sub>2</sub>, y unos compuestos orgánicos C<sub>2</sub> a C<sub>16</sub> más unos compuestos inorgánicos.

Ya se ha propuesto realizar la fermentación de gas de síntesis mediante microorganismos específicos que son capaces de producir de manera predominante un tipo de carburante en condiciones de baja temperatura y presión.

Estos microorganismos específicos pertenecen principalmente a la familia de las bacterias anaeróbicas del género

*Clostridium*. Por ejemplo, algunas de ellas han podido identificarse para la conversión de gas de síntesis en etanol. La mayoría de estas bacterias utiliza la vía metabólica, denominada ciclo de Wood-Ljungdahl, o la vía reductora de acetilo-CoA.

5 Para la conversión en etanol, las reacciones químicas realizadas por las bacterias son las siguientes:



10 Un medio de reacción específico rico en nutrientes (minerales y trazas de elementos tales como metales y vitaminas) se utiliza para digerir y optimizar el flujo energético en la vía metabólica deseada, maximizando así la producción de carburante o de producto orgánico deseado.

15 Las ventajas esenciales de una síntesis por fermentación mediante microorganismos con respecto a una síntesis por vía química se pueden resumir de la siguiente manera:

- las condiciones de realización de temperatura y de presión son menores,

20 - la utilización de microorganismo como catalizadores biológicos permite tolerar de manera más importante las impurezas presentes dentro del gas de síntesis, así como una gama más amplia de relaciones  $\text{H}_2/\text{CO}$ .

25 Las principales limitaciones de la fermentación de un gas de síntesis están relacionadas con la transferencia de masa entre las fases gaseas y las fases líquidas. Estas limitaciones son el origen de productividades relativamente modestas observadas en la actualidad.

30 Aunque estas tecnologías suscitan de por sí ya mucho interés para la producción de etanol, incluso para mezclas etanol/acetona/butanol, el potencial de estas tecnologías de fermentación es muy superior si se consideran los desarrollos recientes de la ingeniería metabólica y/o de la biología sintética.

35 Así, ya se sabe que la formación de gas de síntesis obtenido por gasificación de materias carbonadas puede permitir, en función de los microorganismos seleccionados, obtener diferentes moléculas tales como el acetato, el formiato, el butirato, el n-butirato, el lactato, el piruvato, el etanol, el butanol o la acetona, y más recientemente, el 2,3-butanodiol.

La concentración de producto orgánico sintetizado en agua es baja, típicamente inferior a 50 g/l para el etanol. Las cantidades de agua necesarias para la síntesis por fermentación son por lo tanto muy importantes.

40 En la actualidad, la mayoría de este agua se reintroduce en el fermentador después de la destilación al mismo tiempo del medio de cultivo de fermentación (agua y nutrientes) y del o de los productos orgánicos finales que se desean obtener.

45 Además, resulta necesario purgar una parte del agua para retener un nivel restringido de contaminante en el medio de fermentación.

De la misma manera, sólo una parte del medio de cultivo liberado del o de los productos orgánicos puede ser reciclada en el fermentador. La otra parte está considerada como un desecho y debe ser tratada como tal.

50 Por otro lado, una separación física entre los sólidos y los líquidos, generalmente por decantación y/o filtración, se efectúa en la salida del fermentador a fin de recuperar los micro-organismos de los cuales una parte puede, llegado el caso, reciclarse en el fermentador. Así como para el medio de cultivo, la otra parte de los microorganismos está considerada como un desecho y debe ser tratada como tal. En general, esta parte de los microorganismos que forman unos desechos se quema.

55 En consecuencia, la cantidad de microorganismos y de agua a tratar en un procedimiento de producción conocido de producto(s) orgánico(s) que utilizan una gasificación seguida de una fermentación, es relativamente importante y requiere mucha energía.

60 Por lo tanto, existe una necesidad para mejorar los procedimientos de producción de un carburante o cualquier otro producto orgánico que utiliza una gasificación seguida de una fermentación mediante microorganismos y agua, en particular para aumentar su rendimiento material y disminuir el coste de energía de tratamiento de desechos constituidos por dichos microorganismos y el agua.

65 El objetivo general de la invención es responder en parte a esta necesidad.

Un objetivo particular es proponer un procedimiento de producción de un carburante o cualquier otro producto

orgánico que utiliza una gasificación seguida de una fermentación mediante microorganismos y agua, con un rendimiento material aumentado, un coste menor de energía de tratamiento de desechos constituidos por dichos microorganismos y el agua disminuido y además de menor inversión.

5 Descripción de la invención

Para este propósito, la invención tiene por objeto un procedimiento de producción de un carburante, en particular un carburante líquido, o de otro producto orgánico, a partir de una carga de materia carbonada, que comprende las etapas siguientes:

- 10 a/ gasificación de la carga de materia carbonada en un primer reactor, denominado gasificador,
- b/ aguas abajo de la gasificación, la fermentación del gas de síntesis producido según la etapa a/, mediante microorganismos, agua y nutrientes en un segundo reactor, denominado fermentador,
- 15 c/ recuperación, aguas abajo del fermentador, de los microorganismos y del agua;
- d/ inyección de al menos una parte de los microorganismos y, llegado el caso, de al menos una parte del agua recuperada en la entrada del gasificador;
- 20 durante la etapa de recuperación c/:
- una etapa c1/ de separación entre los microorganismos que han servido para la fermentación y la mezcla entre el producto orgánico procedente de la fermentación y el agua, después una destilación de la mezcla para producir el producto orgánico final;
  - una etapa c2/ de ajuste de la concentración de agua en los microorganismos recuperados por la separación.

30 Así, la presente invención propone un procedimiento que puede reciclar al menos una parte sustancial de los desechos que produce (microorganismos y agua) directamente en el gasificador.

Por un lado, eso permite llevar al gasificador agua y carbón suplementario que está presente en los microorganismos y así aumentar el rendimiento materia del procedimiento global.

35 Por otro lado, esto permite ahorrarse el tratamiento del agua y de los microorganismos. Finalmente, la presente invención permite ajustar la relación entre agua y materia carbonada en la entrada del gasificador.

40 El sobrecoste de inversión relacionado con la realización de la presente invención en una instalación existente es bajo ya que, llegado el caso, sólo se necesita la colocación de tuberías suplementarias y de un dispositivo de dosificación suplementario, adaptado para ajustar la concentración en agua en los microorganismos recuperados por la separación, por medio del agua recuperada de la destilación.

45 Para realizar la etapa c2/ de ajuste, es posible, o bien introducir agua en el gasificador, o bien introducir gas, con el fin de compensar el agua en exceso.

Se prefiere la primera posibilidad, ya que necesita menos energía que la segunda.

50 El agua introducida en el gasificador puede provenir en parte o totalmente de la etapa de destilación, o puede provenir de un circuito exterior.

Preferentemente, para eliminar cualquier presencia de impurezas, tales como el alquitrán y/o el CO<sub>2</sub>, entre la etapa a/ de gasificación y la etapa b/ de fermentación, se realiza una etapa a1/ de limpieza del gas de síntesis producido según la etapa a/.

55 Según un modo de realización ventajoso, los microorganismos son unos microorganismos anaeróbicos mesofílicos, preferiblemente seleccionados de entre las especies siguientes: *Clostridium jungdahlii*, *Clostridium carboxidovorans* P7, *Clostridium autoethanogenum*, *Eurobacterium limosum*, *Rhodospirillum rubrum*, *Peptostreptococcus productus*, *Acetobacterium woodii* o *Butyrilbacterium methylotrophicum*. De manera más general, ventajosamente se pueden utilizar todos los microorganismos citados en las tablas 2 y 3 de la publicación [1].

60 La etapa de separación c1/ se realiza preferentemente por microfiltración o por coagulación/floculación con la ayuda de un agente floculante de polímero orgánico, tal como la poliamina o la poliácridamida, seguida de una decantación o de una flotación.

65 Según esta variante, para una concentración en microorganismos recuperados por la separación comprendida entre 100 y 250 gramos/litro de concentrado, el ajuste según la etapa c2/ se realiza preferentemente a fin de obtener una

concentración en microorganismos a inyectar en el gasificador comprendida entre 20 y 100 gramos/litros de solución.

La reacción de gasificación se puede realizar ventajosamente a temperaturas comprendidas entre 700 y 1600°C.

Según una primera variante, el gasificador es un reactor de tipo de lecho fluidizado, realizándose la reacción de gasificación a temperaturas comprendidas entre 800 y 950°C.

Según una segunda variante, el gasificador es un reactor de tipo de flujo arrastrado, realizándose la gasificación a temperaturas comprendidas entre 1400 y 1600°C.

El producto orgánico obtenido mediante el procedimiento según la invención se puede seleccionar entre el acetato, el formato, el butirato, el n-butirato, el lactato, el piruvato, el etanol, el butanol o la acetona, y más recientemente, el 2,3-butanodiol.

La invención se refiere también, en otro de sus aspectos, a una instalación de producción en continuo de un carburante, en particular un carburante líquido, o de otro producto orgánico, a partir de una carga de materia carbonada que comprende:

- un gasificador,
- un fermentador, aguas abajo del gasificador, que comprende en su núcleo unos microorganismos, agua y unos nutrientes adaptados para realizar la fermentación del gas de síntesis producido por el gasificador,

- unos medios de recuperación de al menos una parte de los microorganismos y del agua, aguas abajo del fermentador; estando los medios de recuperación unidos en la entrada del gasificador con el fin de inyectar al menos una parte de los microorganismos y, llegado el caso, de al menos una parte del agua recuperada,

comprendiendo los medios de recuperación:

- un dispositivo de separación entre los microorganismos y la mezcla entre el producto orgánico procedente de la fermentación y el agua que ha servido para la fermentación dentro del fermentador;
- un dispositivo de dosificación, aguas abajo del dispositivo de separación y de un dispositivo de destilación de la mezcla, adaptado para ajustar la concentración en agua en los microorganismos recuperados por la separación.

Según un modo de realización ventajoso, el dispositivo de separación comprende al menos una membrana de filtración, cuya dimensión de poros está adaptada al tamaño de los microorganismos utilizados en la etapa b/ de fermentación, preferentemente comprendido entre 0,1 y 10 µm.

Ajustando la eficacia de la filtración por la membrana de filtración, se puede fijar el contenido en agua en el concentrado de microorganismos. Si resulta insuficiente, en particular en caso de necesidad de más agua para la gasificación si la materia carbonada está muy cargada en carbón por ejemplo, es preferible añadir agua que proviene de la etapa de destilación.

La invención se refiere finalmente a una aplicación preferida del procedimiento que se acaba de describir o de la instalación que se acaba también de describir para producir etanol o butanol a partir de residuos de materia plástica.

#### Descripción detallada

Otras ventajas y características de la invención destacarán mejor a partir de la lectura de la descripción detallada de la invención, realizada a título ilustrativo y no limitativo en referencia a las figuras siguientes, entre las cuales:

- la figura 1 es una vista esquemática del principio de una instalación de producción de etanol a partir de una carga de materia carbonada que utiliza, en continuo, una gasificación, seguida de una fermentación de microorganismos según el estado de la técnica;

- la figura 2 es una vista esquemática del principio de una instalación de producción de etanol a partir de una carga de materia carbonada que utiliza, en continuo, una gasificación, seguida de una fermentación mediante microorganismos según la presente invención.

En el conjunto de la solicitud y en particular en la descripción siguiente, los términos "entrada", "salida", "aguas arriba", "aguas abajo", se utilizan preferentemente con la dirección de transferencia de la carga de materia carbonada y del gas de síntesis en la instalación de producción de un producto orgánico, tal como el etanol, que utiliza el procedimiento según la invención.

Se precisa que las leyendas dadas en las figuras 1 y 2, y en particular los reactores, y dispositivos indicados, lo son sólo a título de ejemplo no limitativo.

5 Se precisa que para más claridad, los mismos elementos en una instalación de producción de etanol según el estado de la técnica y una instalación de producción de etanol según la invención son designados por las mismas referencias.

10 Tal como se ilustra en la figura 1, la instalación I en continuo utiliza un procedimiento de gasificación de una carga de materia carbonada según el estado de la técnica seguida de una fermentación mediante microorganismos para la síntesis del etanol.

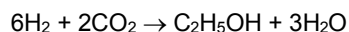
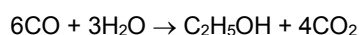
15 Así, la instalación I comprende en primer lugar un reactor de gasificación o gasificador 1, de tipo de lecho fluidizado, alimentado en continuo con, en su entrada 10 por ejemplo, unos desechos de materia plástica desde un depósito de almacenamiento no representado. El reactor 1 de lecho fluidizado puede funcionar preferentemente entre 800 y 950°C. El reactor 1 puede también ser un reactor de tipo de flujo arrastrado (EFR, acrónimo en inglés de "*Entrained flow reactor*") que funciona preferentemente a unas temperaturas comprendidas típicamente entre 1400-1600°C.

20 El gasificador 1 se alimenta también alimentado en su entrada 11 por unos agentes gasificantes, por ejemplo aire u oxígeno.

En la salida del reactor de gasificación 1, se emite una mezcla en bruto de gas de síntesis que comprende para las especies mayoritarias CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y H<sub>2</sub>.

25 La mezcla de gas de síntesis puede sufrir una limpieza en un dispositivo 5 adaptado a fin de extraer los contaminantes o los gases que inhibirán los microorganismos del fermentador 2.

30 Se envía entonces el gas de síntesis limpio hacia un biorreactor 2 o fermentador que utiliza una fermentación mediante microorganismos anaeróbicos mesofílicos, agua y nutrientes presentes dentro del fermentador 2, lo que produce etanol según las reacciones:



35 El agua, el etanol producto y los microorganismos que han servido para la fermentación se extraen entonces a la salida del fermentador 2 y se envían por una línea 20 hacia un dispositivo de separación 3 sólido/líquido que comprende al menos una membrana de microfiltración, es decir cuyos poros son de dimensión comprendida entre 0,1 y 10 µm.

40 Los sólidos constituidos por los microorganismos así separados sufren entonces una purga 30 para quemarse por combustión.

45 La mezcla líquida separada y constituida del agua y del etanol sintetizado se envían por una línea 31 en un dispositivo de destilación 4.

A la salida 40 del dispositivo de destilación 4, se recupera el etanol destilado. Constituye el producto final que se puede utilizar.

50 En la salida 41 del dispositivo de destilación 4, el agua destilada se recupera y para una mayor parte reciclada estando reinyectada en la entrada del fermentador 2, y para la parte restante enviada hacia una unidad de tratamiento de las aguas no representada.

55 A fin de aumentar el rendimiento de la materia y disminuir el coste de energía de tratamiento de desechos constituidos por dichos microorganismos y el agua, en la instalación según el estado de la técnica representada en la figura 1, los inventores han pensado reinyectar los microorganismos y, llegado el caso, al menos una parte del agua recuperada en la entrada 10 del gasificador 1.

60 Así, como se muestra en la figura 2, en una instalación I conforme a la invención, se prevé en primer lugar en la salida del dispositivo de separación 3, una línea 32 de recuperación de los microorganismos recuperados que alimenta la entrada de un dispositivo de dosificación 6.

La instalación I conforme a la invención comprende también una línea 42 de al menos una parte del agua procedente de la destilación 4 que alimenta también la entrada del dispositivo de dosificación 6.

65 Así, el dispositivo de dosificación 6, aguas abajo del dispositivo de separación 3 y del dispositivo de destilación 4 de la mezcla, permite ajustar la concentración en agua en los microorganismos recuperados por la separación,

mediante agua recuperada de la destilación.

La salida del dispositivo de dosificación 6 está unida a la entrada 10 del gasificador 1 mediante la línea 60 a fin de alimentar éste de microorganismos y agua así reciclada.

5 Así, la instalación I según la invención representada en la figura 2 presenta, en comparación con la instalación según el estado de la técnica representada en la figura 1, las ventajas siguientes:

- 10 - reprocesamiento de los desechos de fermentación, a un coste energético bajo;
- reprocesamiento del agua procedente de la fermentación en la etapa de gasificación, este agua se sustrae, si es necesario, del agente gaseificante;
- 15 - aumento del rendimiento material;
- ajuste a voluntad de la relación agua/materia carbonada para la gasificación 1.

Los inventores han realizado los primeros cálculos de ganancia de rendimiento materia.

20 Los datos son los siguientes:

- relación agua/carga de materia carbonada: del 0% al 50%;
- 25 - concentración en microorganismos durante la síntesis 2: de 0,5 a 2 g/l de medio;
- concentración en microorganismos para el bucle de reciclaje 32, 6, 60: de 20 a 100 g/l.

30 Con, como hipótesis, un caudal de carga de materia carbonada de 1 t/h, la producción del producto orgánico, tal como el etanol, puede estar ventajosamente comprendida entre 200 y 500 t/h con un caudal de microorganismos a extraer entonces comprendido entre 10 y 20 kg/h.

Así, se obtiene un aumento de rendimiento másico del orden del 1,5%.

35 A pesar de que se describe exclusivamente en referencia al etanol, la instalación de producción puede servir para la obtención de otro producto orgánico en un combustible o un carburante, en particular un carburante líquido, u otro producto de síntesis, y se puede utilizar para la producción a partir de cualquier tipo de cargas de materia carbonada (carbón, coque de petróleo, desechos orgánicos, desechos de materia plástica, etc.).

40 Referencia citada

[1]: "Biomass-derived syngas fermentation into biofuels: Opportunities and challenges" de P. C. Munasinghe, S. K. Khanal \*Department of Molecular Biosciences and Bioengineering (MBBE), University of Hawai'i at Manoa, Agricultural Science, Bioresource (impact factor: 4.25). 07/2010; 101(13):5013-22. DOI:10.1016/j.biortech.2009.12.098.

45

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de producción de un carburante, en particular un carburante líquido, o de otro producto orgánico, a partir de una carga de materia carbonada, que comprende las etapas siguientes:
- 5 a/ gasificar la carga de materia carbonada en un primer reactor, denominado gasificador (1),
- b/ aguas abajo de la gasificación, fermentar el gas de síntesis producido según la etapa a/, mediante microorganismos, agua y nutrientes en un segundo reactor, denominado fermentador (2),
- 10 c/ recuperar, aguas abajo del fermentador, unos microorganismos y agua;
- d/ inyectar al menos una parte de los microorganismos y, llegado el caso, de al menos una parte del agua recuperada en la entrada (10) del gasificador,
- 15 y durante la etapa de recuperación c/:
- una etapa c1/ de separación entre los microorganismos que han servido a la fermentación y la mezcla entre el producto orgánico procedente de la fermentación y el agua, después una destilación de la mezcla para producir el producto orgánico final,
  - una etapa c2/ de ajuste de la concentración en agua en los microorganismos recuperados por la separación.
2. Procedimiento de producción según la reivindicación 1, según el cual entre la etapa a/ de gasificación y la etapa b/ de fermentación, se realiza una etapa a1/ de limpieza del gas de síntesis producido según la etapa a/.
- 25 3. Procedimiento de producción según una de las reivindicaciones 1 o 2, según el cual los microorganismos son unos microorganismos anaeróbicos mesofílicos, preferentemente seleccionados entre las especies siguientes: *Clostridium jungdahlii*, *Clostridium carboxidovorans* P7, *Clostridium autoethanogenum*, *Eurobacterium limosum*, *Rhodospirillum rubrum*, *Peptostreptococcus productus*, *Acetobacterium woodii* o *Butyribacterium methylotrophicum*.
- 30 4. Procedimiento de producción según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, realizándose la etapa de separación c1/ por microfiltración o por coagulación/floculación con la ayuda de un agente floculante a base de polímero orgánico, tal como la poliamina o la poliacrilamida, seguida de una decantación o de una flotación.
- 35 5. Procedimiento de producción según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, según el cual, para una concentración en microorganismos recuperados por la separación comprendida entre 100 y 250 gramos/litro de concentrado, el ajuste según la etapa c2/ se realiza con el fin de obtener una concentración en microorganismos a inyectar en el gasificador comprendida entre 20 y 100 gramos/litro de solución.
- 40 6. Procedimiento de producción según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, según el cual la reacción de gasificación se realiza a temperaturas comprendidas entre 700 y 1600°C.
- 45 7. Procedimiento de producción según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, según el cual el gasificador es un reactor de tipo de lecho fluidizado, realizándose la reacción de gasificación a temperaturas comprendidas entre 800 y 950°C.
8. Procedimiento de producción según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, según el cual el gasificador es un reactor de tipo de flujo arrastrado, realizándose la reacción de gasificación a temperaturas comprendidas entre 1400 y 1600°C.
- 50 9. Procedimiento de producción según una de las reivindicaciones anteriores, seleccionándose el producto orgánico obtenido entre el acetato, el formato, el butirato, el etanol, el butanol o la acetona, el 2,3-butanodiol.
- 55 10. Instalación (I) de producción en continuo de un carburante, en particular un carburante líquido, o de otro producto orgánico, a partir de una carga de materia carbonada que comprende:
- un gasificador (1),
  - un fermentador (2), aguas abajo del gasificador, que comprende en su núcleo unos microorganismos, agua y nutrientes adaptados para realizar la fermentación del gas de síntesis producido por el gasificador,
  - medios de recuperación (3, 6, 32, 42, 60) de al menos una parte de los microorganismos y agua, aguas abajo del fermentador, siendo los medios de recuperación unidos en la entrada (10) del gasificador con el fin de inyectar al menos una parte de los microorganismos y, llegado el caso, de al menos una parte del agua recuperada,
- 60
- 65



comprendiendo los medios de recuperación,

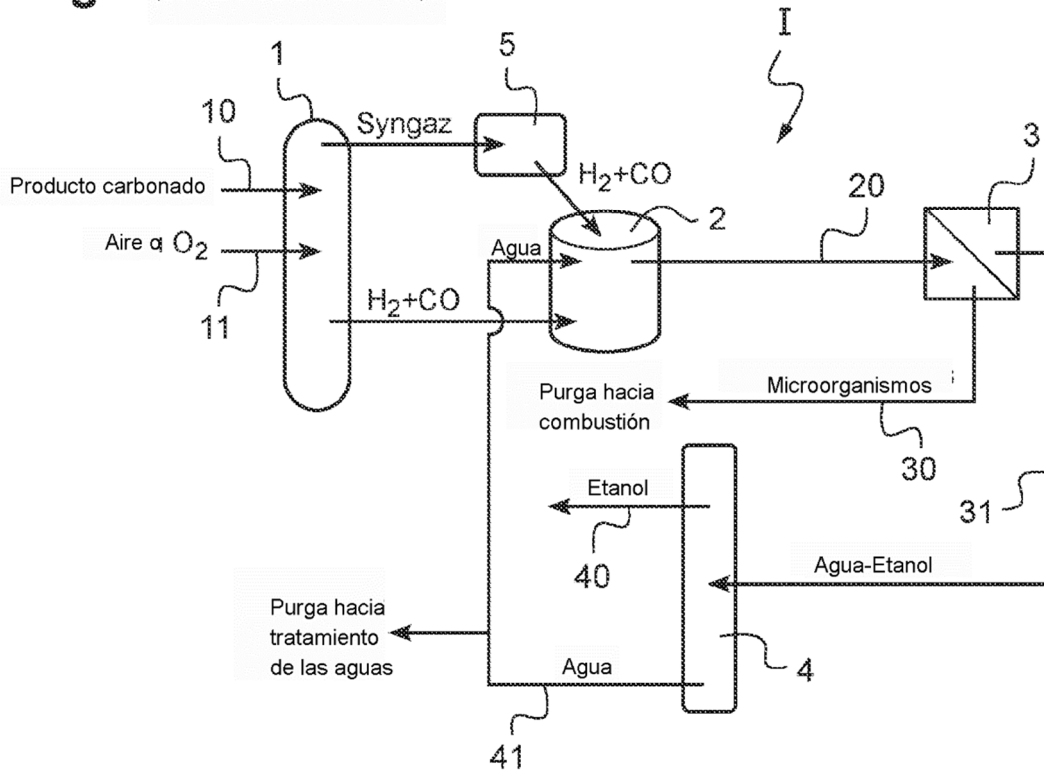
- un dispositivo de separación (3) entre los microorganismos y la mezcla entre el producto orgánico procedente de la fermentación y el agua que ha servido a la fermentación dentro del fermentador,

5 - un dispositivo de dosificación (6), aguas abajo del dispositivo de separación (3) y de un dispositivo de destilación (4) de la mezcla, adaptado para ajustar la concentración en agua en los microorganismos recuperados por la separación.

10 11. Instalación según la reivindicación 10, comprendiendo el dispositivo de separación al menos una membrana de filtración, cuya dimensión de poros está adaptada al tamaño de los microorganismos utilizados en la etapa b/ de fermentación, preferentemente comprendida entre 0,1 y 10  $\mu\text{m}$ .

15 12. Aplicación del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9 o de la instalación según una de las reivindicaciones 10 a 11, para producir metanol o etanol a partir de residuos de materia plástica.

**Fig.1** (ESTADO DE LA TÉCNICA)



**Fig.2**

