

NUEVAS FUENTES

Energía de la BIOMASA



■ Jaime A. Moragues

Por: Jaime A. Moragues y Alfredo T. Rapallini

INTRODUCCIÓN

Se entiende por biomasa toda la masa de materia orgánica, no fósil, de origen biológico. Desde el punto de vista energético, se considera dentro de esta clasificación a los árboles y cultivos de alimentos y forrajes, que constituyen lo que podemos llamar biomasa primaria, y los residuos agrícolas, forestales, animales, industriales y urbanos, que constituyen la biomasa secundaria.

De todas las denominadas **fuentes nuevas y renovables de energía**, la biomasa es la que se emplea en una cantidad suficientemente importante como para que figure en la ecuación económica a nivel mundial y fundamentalmente en la de los países en desarrollo. Su empleo se puede incrementar sin afectar su función de fuente de fijación de CO₂ a través de la fotosíntesis, tan importante ante los problemas que se plantean por el incremento de dicho gas por quemado de combustibles fósiles.

No se debe repetir experiencias desafortunadas realizadas en el pasado. La explotación intensiva de la biomasa, especialmente los bosques, fueron realizadas en forma "minera" y no sostenible en el tiempo, únicamente para exportar y no para satisfacer necesidades locales, teniendo dichas explotaciones las características de enclaves aislados del resto del sistema socio-económico del país.

Por lo tanto, un uso racional de la biomasa como fuente de energía, tanto en los aspectos de su producción cuanto de su consumo, va a permitir que ésta siga siendo un combustible ideal para satisfacer los requerimientos de numerosos países por décadas.

RECURSOS

Los recursos de biomasa para uso energético se pueden clasificar en seis grandes grupos que se denominan:

a) Recurso forestal, b) Recurso agrícola, c) Recurso acuático, d) Recurso pecuario, e) Recurso industrial, f) Recurso urbano.

PROCESOS DE UTILIZACION DE LA BIOMASA CON FINES ENERGETICOS

Uno de los criterios más importante para seleccionar el proceso de conversión a utilizar es el contenido de agua de la biomasa. Una biomasa con elevado contenido de humedad puede ser usada sólo en procesos acuosos debido a la pérdida de eficiencia que implica su secado cuando se la quiere emplear, por ejemplo, en combustión directa. La mayoría de la biomasa tiene un contenido de humedad, medida en base húmeda, superior al 70 %, mientras que la madera de árboles recién cortados contienen alrededor del 50 % de agua. Si la madera va a ser usada en combustión directa, el calor necesario para reducir la humedad a un

nivel del 15 %, es equivalente al 20-25 % del poder calorífico de la madera seca. Por cada kg de agua que se desea eliminar, se requiere de 3,5 a 4,5 MJ de energía térmica.

Los dos grandes grupos de conversión de la biomasa en energía son los "procesos termoquímicos" y los "procesos bioquímicos".

PROCESOS TERMOQUIMICOS

En un sentido general, la conversión termoquímica de la biomasa se refiere a la reacción química mediante la cual se libera energía directamente o se convierte la biomasa en combustible gaseoso o líquido. Se pueden clasificar en:

1) Combustión directa

La forma más directa de aprovechamiento de la biomasa es su combustión directa (quemado). La "energía térmica" así obtenida puede ser usada tanto para fines domésticos (cocción, calefacción) como industriales (calor de procesos, generación de energía mecánica o eléctrica, etc.).

La biomasa que más se emplea es la leña. El poder calorífico depende del contenido de fibra (normalmente contiene en peso en seco 40-53 % de celulosa, 20-35 % de hemicelulosa y 19-33 % de lignina), resina y humedad. Como valor indicativo, el poder calorífico máximo de la madera es aproximadamente 20



MJ/kg, cantidad que disminuye con el contenido de humedad. A título comparativo el poder calorífico del carbón de leña de 27 MJ/kg, el del carbón mineral de 30 MJ/kg y el del kerosene de 43 MJ/kg. Las maderas con elevado contenido de resina, como por ejemplo las de pino y abeto, tienen el mayor poder calorífico. Para otros recursos de biomasa empleados en combustión directa, los poderes caloríficos promedios son: bagazo de caña de azúcar sin secar 9 MJ/kg; paja de cereales 16-17 MJ/kg; desechos orgánicos sin secar 13,2 MJ/kg.

2) Pirólisis

Es un proceso de oxidación parcial y controlada (quemado casi en ausencia de aire), a temperatura elevada (~230°C), que permite obtener como producto una combinación variable de combustibles sólidos (carbón vegetal), líquido (efluente pirelélico) y gaseosos (gas pobre).

Los procesos modernos de pirólisis se realizan a temperaturas más elevadas, hasta 700°C.

La composición y cantidades relativas de los productos de la pirólisis dependen de la naturaleza de la biomasa que se emplea y las condiciones operativas (por ejemplo la velocidad de calentamiento y la temperatura máxima). El gas está principalmente formado por monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) e hidrógeno (H₂), mezclados con gran cantidad de dióxido de carbono (CO₂); su poder calorífico es de 8-15 MJ/m³ (el del gas natural es de 34,8 MJ/m³). El combustible líquido o aceite, que resulta de condensar los vapores de la pirólisis por pasaje a través de agua, contiene cantidades sustanciales de hidrocarburos aromáticos; su poder calorífico es del orden de 25 MJ/kg. El carbón vegetal resultante tiene un bajo contenido de azufre, lo que lo hace muy apreciado desde el punto de vista ambiental, con un poder calorífico de 25-30 MJ/kg.

Hasta mediados de la década del 20, cuando se inventó el proceso de síntesis del metanol, la pirólisis de la madera a temperatura moderada era el único método de generación de éste alcohol. Igualmente se empleó este método para la producción de otros productos, como por ejemplo el ácido acético, actualmente reemplazado por procesos petroquímicos. Actualmente, sólo la producción de carbón vegetal reviste importancia cuantitativa, considerándose a los productos líquidos y gaseosos como subproductos de la misma.

El carbón vegetal como combustible sólido presenta la ventaja, frente a la biomasa que le dio origen, de tener un poder calorífico mayor. Sin embargo, la pirólisis significa una pérdida importante de la energía contenida en la biomasa utilizada como materia prima. Su uso se justifica cuando el proceso industrial en el cual se emplea lo requiere como condición imprescindible, como por ejemplo

en la siderurgia, o cuando debe distribuirse o transportarse.

3) Gasificación

La gasificación es un proceso similar a la pirólisis, pero llevado a mayor temperatura y/o presión, en presencia de cantidades limitadas de aire u oxígeno.

La combustión parcial del carbón y el hidrógeno de la biomasa genera sufi-

4) Licuefacción

La licuefacción de biomasa se basa en hidrogenación indirecta. Las moléculas complejas de celulosa y lignina son rotas, el oxígeno es removido, y se adicionan átomos de hidrógeno. El producto de esa reacción química es una mezcla de hidrocarburos que al enfriarse se condensan en un líquido.

En el proceso de licuefacción la biomasa se calienta con vapor y monóxido

Se distinguen dos procesos bioquímicos de conversión de la biomasa:

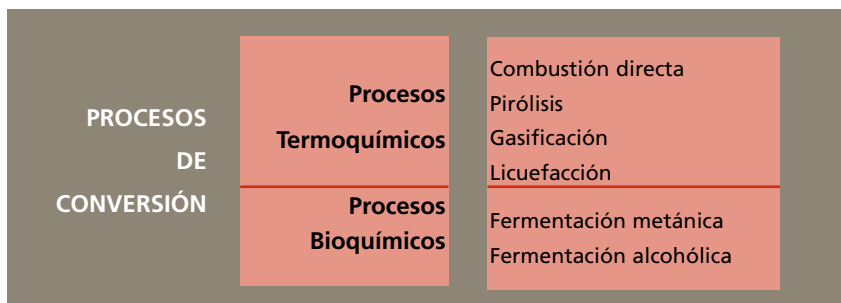
1) Fermentación metánica

La fermentación o digestión metánica es la descomposición bacteriana de materia orgánica en la ausencia de aire, produciendo una mezcla gaseosa, denominada biogas, con un 50 a 70 % de metano, un 30 a 45 % de dióxido de carbono, de 0,5 a 3 % de nitrógeno, 1 % de hidrógeno, 1 % de oxígeno y vestigios de anhídrido sulfuroso y de otros gases. Como la conversión enzimática se produce en un estricto proceso anaeróbico, se considera frecuentemente la fermentación metánica como sinónimo de fermentación anaeróbica. El sedimento o lodo que queda al extraer el biogas, retiene eficientemente nitrógeno presente en la biomasa, proveyendo un excelente fertilizante sin olor para cultivos agrícolas.

El proceso de fermentación metánica es el mismo que ocurre en la naturaleza en la producción del conocido gas de los pantanos.

La conversión de la celulosa en metano se realiza en dos pasos, cada uno catalizado por enzimas diferentes provistas por microorganismos distintos. El primer paso (fase hidrólisis y acidificación) es la rotura de la celulosa, un polímero grande, en materia orgánica soluble (de cadenas cortas y simples), la cual es entonces fermentada como proceso final (fase metanogénica). La temperatura de digestión, mantenida por el calor autogenerado en el proceso, se encuentra generalmente entre 25°C y 45°C. El proceso puede ser acelerado operando a temperatura mayor (50°C a 65°C). Las bacterias responsables de la degradación y producción del gas metano se encuentran presentes en la biomasa que se emplea (estiércol de los animales y lodos cloacales) por lo que no es necesaria la inoculación, ni el cultivo de cepas especiales para la producción de biogas.

Los materiales más utilizados son el estiércol animal, los residuos industriales y urbanos, las algas, los residuos de plantas y toda otra sustancia orgánica con un elevado contenido de humedad. El estiércol, con una dilución de 9 % de sólidos



ciente calor para mantener la temperatura de reacción requerida. Cuando en el reactor sólo se admite oxígeno, el gas producido contiene monóxido de carbono e hidrógeno como combustibles principales, mezclados con dióxido de carbono, lo cual da un gas con un poder calorífico de 14-19 MJ/m³ (el del gas natural es de 34,8 MJ/m³). Cuando la reacción se realiza con aire como oxidante hay un 42 % de nitrógeno en la mezcla y el poder calorífico disminuye a valores de 7 MJ/m³; es el denominado "gas pobre".

Estos gases pueden ser usados directamente como gases con poder calorífico bajo o medio, o pueden convertirse en otros productos más energéticos tales como metano, metanol o componentes de gasolina.

Cabe mencionar dentro del proceso de gasificación la "hidrogasificación", en la cual la biomasa seca se hace reaccionar con hidrógeno gaseoso a temperatura y presión elevada. El producto principal que se genera es el metano con pequeñas cantidades de etano y otros gases. Después de remover el dióxido de carbono, el gas resultante tiene un elevado poder calorífico, mayor que el gas natural por contener más etano.

de carbono, o hidrógeno y monóxido de carbono, a temperaturas de 250 °C a 450 °C y presiones de alrededor de 27 MPa [1] en la presencia de un catalizador. La biomasa no necesita ser seca como en la mayoría de los procesos de gasificación, dado que en el proceso se adiciona agua. La licuefacción de biomasa por hidrogenación se ha logrado a escala pequeña con residuos urbanos, varios residuos agrícolas, pecuarios y forestales, encontrándose el método todavía en etapa de desarrollo.

PROCESOS BIOQUÍMICOS

La conversión bioquímica se basa en ciertas reacciones que ocurren en presencia de enzimas (catalizadores naturales) provistas por microorganismos vivos. Estas reacciones, denominadas fermentaciones, se pueden dividir en dos grandes grupos: las anaeróbicas que se producen en ausencia de aire y las aeróbicas que se producen en presencia de aire. Las primeras pueden dar lugar a productos energéticos y eventualmente residuos sólidos valorables (por ejemplo abonos).

Las segundas tienen poco interés desde el punto de vista de la producción de energía.

do, produce aproximadamente 140 litros de biogas por kg de materia seca y por día.

El biogas obtenido mediante este proceso puede ser empleado igual que el gas natural para cocción, calefacción, accionamiento de motores de combustión interna, refrigeración por absorción, etc. Su poder calorífico depende de la composición; para una relación 60 % metano y 40 % anhídrido carbónico, el poder calorífico es 21,5 MJ/m³.

2) Fermentación alcohólica

La hidrólisis y posterior fermentación de biomasa con alto contenido de azúcares, almidones o celulosa, puede utilizarse para la producción de alcohol etílico (etanol), igual al que resulta de la destilación del petróleo.

Los carbohidratos, compuestos naturales formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, son la materia prima del proceso; se los clasifican en tres categorías generales, en orden de complejidad creciente: azúcares, almidones y celulosas. La materia prima empleada para la producción de alcohol es toda aquella que contenga algunas de esas tres categorías de carbohidratos:

Frutas, caña de azúcar, remolacha, sorgo dulce contienen azúcares y pueden ser usados para la producción de alcohol.

Cereales (trigo, arroz, maíz, cebada, centeno y avena), papa, batata, mandioca, contienen almidones, y se emplean para la producción de etanol, fundamentalmente producción de alcohol para uso en bebidas.

La celulosa y la hemicelulosa constituyen la pared celular de los vegetales. Constituyen el 95 % de la estructura de plantas como el algodón, la madera contiene alrededor del 50 % de celulosa y la paja de los cereales, un 40 %. La mayoría de estas plantas se emplean para la fabricación de papel, con la cual tiene que competir la producción de alcohol a partir de estas fuentes. A la inversa, el empleo del papel que se obtiene de los residuos urbanos puede ser una buena materia prima para producir alcohol.

El etanol es empleado fundamentalmente como combustible para reemplazar las naftas en los motores de combustión interna. Se los usa sólo o mezclado con naftas en una proporción de alcohol de hasta un 20 % en volumen; en este último caso el alcohol debe ser anhidro, lo que implica un tratamiento adicional. El alcohol anhidro tiene un poder calorífico de 32,7 MJ/kg; el hidratado (4 % de contenido de agua por volumen) contiene 23,5 MJ/kg. La mayor experiencia de producción de alcohol fue la de Brasil en 1975, empleando el alcohol en ambas

formas, sólo y mezclado con nafta en una proporción de 20 % de alcohol y 80 % de nafta; el 20 % de la flota de automotores utiliza alcohol hidratado solamente.

La producción de alcohol en ese país es mayoritariamente a partir de caña de azúcar. El alcohol, sólo o en mezcla, es también usado en escala comercial en África del Sur, EE.UU., Kenya, Malawi, Paraguay, Zimbabwe, y se han desarrollado programas experimentales en Costa Rica, El Salvador, Filipinas, Indonesia y Tailandia. En Argentina se utilizó en la década del 80.

OTROS PROCESOS

Existen otros procesos, siendo el más importante la producción de aceites vegetales a partir de plantas oleaginosas como el girasol, soja, maní, semilla de algodón, palma, etc.; en general, las semillas son prensadas mecánicamente para extraer el aceite y puede emplearse solventes para aumentar el rendimiento. En el caso de la soja, el aceite es separado sólo por acción de solventes. Estos aceites permiten reemplazar al gas-oil en los motores de combustión interna, de ahí su importancia energética. También es posible producir combustible para motores diesel por transesterificación de los aceites vegetales formando lo que se ha llamado biodiesel. 