

Valorización energética de residuos y energía de la biomasa

Dr. Francisco Jarabo
Universidad de La Laguna

La biomasa residual

Con el desarrollo de la civilización industrial aparecen los residuos cada vez con mayor pujanza en la vida cotidiana actual. A medida que la sociedad obtiene mayores niveles de renta, los residuos constituyen un problema creciente por su magnitud y consecuencias. Diariamente se producen cantidades muy elevadas de desperdicios, tanto en zonas urbanas como rurales. Teniendo en cuenta que la mayor parte de estos residuos son de carácter orgánico, es decir, constituyen la *biomasa residual*, se comprende su potencial para la producción de energía, ya que se producen de forma continua y su eliminación constituye un importante problema.

La **biomasa** es la materia viva formada a partir de la luz solar, que se almacena en forma de energía química. Pero sólo una parte de esta biomasa es utilizada y la que lo es, es mayormente devuelta a la naturaleza como residuo. Estos residuos de producción, transformación o consumo, fundamentalmente orgánicos, permiten definir el concepto de **biomasa residual**.

Se siguen varios criterios para clasificar los distintos tipos de residuos, entre los que cabe destacar la naturaleza de su origen o los tipos de materiales que los constituyen. Si se centra el estudio en los residuos orgánicos, se pueden considerar tres grandes sectores de actividad de los producen:

- **Residuos agrarios**, producidos como consecuencia de actividades agrarias de tres tipos: agrícolas, forestales y ganaderas.
- **Residuos industriales** de conservas vegetales, producción de aceites y vinos y comercialización de frutos secos.
- **Residuos urbanos**, generados diariamente en grandes cantidades en los núcleos de población y que son de dos tipos: residuos sólidos urbanos y aguas residuales.

La gestión de los residuos es, en general, una actividad costosa. Hasta hace muy poco tiempo prevalecía el concepto de eliminación o vertido al entorno, intentándose aprovechar los fenómenos naturales para degradar la biomasa. No obstante, al aumentar de forma continua la producción de residuos, se ha ido produciendo una sobrecarga para el medio ambiente que puede llegar a hacerse irreversible en sus consecuencias.

Por ello se plantean cada vez con más insistencia los métodos de aprovechamiento, el más importante de los cuáles es la **valorización energética** de la biomasa residual, intentando convertirla no sólo en una actividad de interés económico, sino también de interés social, debido a los beneficios que reportaría.

Procesos de valorización energética: Clasificación

Generalmente la biomasa no es adecuada como tal para reemplazar a los combustibles convencionales, lo que hace necesaria su transformación previa en combustibles de mayor densidad energética y física, para lo que existen varios procedimientos que generan una gran variedad de productos. Así, la biomasa es transformada en vectores de energía (calor, combustibles, electricidad) que conducen a la forma de energía útil requerida por un proceso determinado (energía mecánica, electricidad específica).

Algunos combustibles pueden obtenerse de la biomasa por **extracción directa** (plantas productoras de hidrocarburos). Aunque los productos así obtenidos pueden ser utilizados directamente como combustibles, generalmente se modifican los aceites extraídos mediante **procesos químicos**, también aplicables a aceites residuales, siempre que su origen sea la biomasa.

Los **procesos termoquímicos** de conversión se basan en someter la biomasa a la acción de altas temperaturas y pueden clasificarse en tres amplias categorías, dependiendo de que el calentamiento se lleve a cabo con exceso de aire (**combustión**), con cantidades de aire limitadas (**gasificación**) o en ausencia completa del mismo (**pirólisis**). Los residuos idóneos para ser sometidos a estos procesos son los de bajo contenido en humedad y alto en lignocelulosa (astillas, pajas, cáscaras, etc.).

Los **procesos bioquímicos** de conversión se aplican a la biomasa con alto

contenido en humedad, y están basados en la acción de microorganismos. La **fermentación alcohólica** de hidratos de carbono mediante levaduras para la producción de etanol y la **digestión anaerobia** de biomasa celulósica mediante bacterias para la producción de metano, son las dos categorías en las que se clasifican estos procesos.

Extracción directa y procesos químicos

Actualmente, los procesos de extracción directa más desarrollados son aquéllos que extraen aceites a partir de semillas de plantas oleaginosas (oliva, girasol, maíz, soja, colza). Los **aceites** son las reservas energéticas que las plantas acumulan en sus semillas para proporcionarles alimento suficiente durante la germinación, hasta que lo puedan obtener del entorno. Por su parte, los animales también poseen reservas energéticas de características similares, que reciben en nombre de **grasas** (sebos, mantecas). Aceites y grasas son **lípidos**, denominación genérica que se aplica a los ésteres de glicerina (triacolol) y de ácidos grasos (ácidos orgánicos alifáticos, monobásicos, C_{12} - C_{22}), por lo que también reciben el nombre de **triglicéridos**. La glicerina puede ser separada de los lípidos mediante tres procesos químicos:

- **Hidrólisis:** Reacción con agua que libera la glicerina junto con los ácidos grasos de partida.
- **Saponificación:** Reacción con un hidróxido alcalino que libera la glicerina junto con las sales alcalinas de los ácidos grasos de partida (jabones).
- **Alcohólisis:** Reacción con un alcohol simple que libera la glicerina junto con los ésteres del alcohol simple y los ácidos grasos de partida.

La alcohólisis o **transesterificación** trata de sustituir en un éster (el lípido) un alcohol (glicerina) por otro más simple (generalmente, metanol), produciendo ésteres metílicos derivados, cuyas características son similares a las del gasóleo. De ahí que estos ésteres sintéticos obtenidos a partir de ésteres naturales contenidos en la biomasa reciban el nombre genérico de “**biogasóleos**”. Este proceso se lleva a cabo con un catalizador homogéneo (hidróxido sódico o potásico) para favorecer las condiciones de reacción, se separa la glicerina y se purifica la mezcla de ésteres metílicos, que se destina al uso como combustible.

Procesos termoquímicos

El método de aprovechamiento de residuos sólidos de bajo contenido en humedad más sencillo es la **combustión**. La reacción de oxidación completa no sólo produce gases y cenizas (**incineración**), sino que libera considerables cantidades de energía utilizable. Es por lo que generalmente se complementan los sistemas de incineración con un equipo de recuperación de calor (caldera) y un sistema de utilización del mismo (conducciones de vapor, turbina y generador).

La energía obtenida puede destinarse a la producción de calor (en forma de agua caliente) para el uso doméstico o industrial, y a la producción de electricidad. La eficacia térmica de la combustión es elevada: si los residuos contienen menos del 20% de humedad, pueden obtenerse rendimientos globales del orden del 30%, del mismo orden de magnitud que el de los procesos energéticos a partir de combustibles fósiles.

Bajo la denominación de **gasificación** se engloban los procesos de combustión en condiciones de defecto de oxígeno, con producción de monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno y metano, en proporciones diversas, según la composición de los residuos y las condiciones de operación. La temperatura de gasificación oscila entre 700 y 1.100 °C y el oxígeno se limita entre un 10 y un 50% del teóricamente necesario para la combustión completa.

Según se utilice aire u oxígeno puro, se contemplan dos procesos de gasificación sustancialmente diferentes en cuanto a los productos obtenidos. Así, por gasificación de material biológico con aire, se obtiene “gas de gasógeno” o “gas pobre”, que se utiliza en unidades de combustión para obtener vapor y electricidad. Por otro lado, cuando se opera con oxígeno y vapor de agua, se obtiene “gas de síntesis”, cuya importancia radica en que se puede transformar en combustibles líquidos (metanol y gasolinas).

La **pirólisis** consiste en la descomposición del material biológico por la acción del calor (entre 275 y 450 °C) en ausencia de oxígeno. La naturaleza y composición de los productos finales (gases conteniendo hidrógeno, óxidos de carbono e hidrocarburos, líquidos hidrocarbonados y sólidos carbonosos) dependen de las propiedades del residuo tratado, de la presión y temperatura de operación y de los tiempos de permanencia de los residuos en el horno.

Una variante de la pirólisis consiste en añadir al proceso un gas reductor

(monóxido de carbono, hidrógeno o gas de síntesis) a temperaturas entre 300 y 500 °C y a alta presión. A este proceso se le llama “licuefacción” y permite mejorar los rendimientos en combustibles líquidos. Otra variante de la pirólisis es la denominada “gasificación por plasma”, en la que se utiliza un arco de plasma generado por una descarga eléctrica de muy alta tensión. Las temperaturas que se consiguen de esta manera (unos 4.000°C) producen un alto grado de descomposición en el residuo tratado, de tal forma que las sustancias volátiles se convierten en un gas combustible compuesto principalmente de hidrógeno y monóxido de carbono (gas de síntesis), mientras que las sustancias no volátiles quedan reducidas a una escoria inerte.

Procesos bioquímicos

El proceso de aprovechamiento bioquímico menos utilizado por ser específico para los residuos de alto contenido en hidratos de carbono simples (azúcares) o complejos (almidón) es la **fermentación alcohólica**. La fuente de residuos principal de este proceso son los excedentes de cosechas de plantas azucaradas (remolacha, mandioca) o amiláceas (cereales o tubérculos).

Inicialmente el residuo es sometido a un proceso de hidrólisis química o enzimática de los hidratos de carbono para producir azúcares simples (glucosa). Éstos se convierten en etanol por la acción de levaduras bajo ciertas condiciones. El etanol producido se separa por destilación y puede utilizarse como combustible en motores de explosión.

Cuando los residuos sólidos contienen cantidades elevadas de humedad (residuos ganaderos o lodos de depuradora), el método de aprovechamiento más sencillo es la **digestión anaerobia**, una fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que da lugar a una mezcla de gases (principalmente metano y dióxido de carbono), conocida como “biogás” y a una suspensión acuosa o “lodo”, que contiene los componentes difíciles de degradar y los minerales inicialmente presentes en el residuo.

La digestión anaerobia es un proceso ampliamente conocido en la práctica, pudiéndose afirmar que se desarrolla en varias etapas durante las cuáles el material biológico se descompone en moléculas más pequeñas por la acción de diferentes tipos de bacterias. El proceso se lleva a cabo en recipientes estancos llamados “digestores”,

que deben poseer un dispositivo adicional para recoger el gas producido. La cantidad de gas que se puede producir es muy variable, aunque generalmente oscila alrededor de los 350 l/kg de sólidos degradables, con un contenido en metano del 70%. Se puede utilizar como fuente directa de calor (cocina, alumbrado), en calderas de vapor para calefacción o como combustible de motores acoplados a generadores eléctricos.

Bibliografía

- **Jarabo, F., Elortegui y Jarabo, J.;** *Fundamentos de tecnología ambiental*, S.A.P.T Publicaciones Técnicas, Madrid (2000).
- **Jarabo, F. y otros;** *Energías renovables*, 2ª ed., S.A.P.T Publicaciones Técnicas, Madrid (2000).
- **Jarabo, F. y otros;** *La energía de la biomasa*, 2ª ed., S.A.P.T Publicaciones Técnicas, Madrid (1999).
- **Jarabo, F., Pérez, C. y Sanz, M.;** *Energías renovables*, Consejería de Industria y Energía (Gobierno de Canarias) / C.C.P.C., Santa Cruz de Tenerife (1987).
- **Jarabo, F. y Fernández, J.;** *Energías alternativas renovables. ¿Un futuro para Canarias?* , Secretariado de Publicaciones, Universidad de La Laguna, La Laguna (1983).