

## **LA BIOMASA COMO RECURSO ENERGÉTICO**

*Mercedes Ballesteros Perdices  
Jefe de la Unidad de Biomasa  
División de Energías Renovables  
Departamento de Energía  
CIEMAT  
Madrid, 10 de marzo de 2006*

### **1.- INTRODUCCIÓN**

Cuando se piensa en las energías renovables como alternativa a los combustibles de origen fósil, lo primero que viene a la mente es la posibilidad de utilizar la energía solar ya que, la cantidad total de energía procedente del Sol que se recibe en la Tierra supera en más de 10.000 veces la demanda energética total de la Humanidad. Ahora bien, aunque la energía solar que llega a la Tierra es de una magnitud considerable, esta energía llega de forma poco concentrada, y por este motivo el principal problema que hay que resolver, si se quiere utilizar la energía solar, es el establecimiento de sistemas que concentren esa energía dispersa y la transformen en otro tipo que sea de fácil utilización para la actividad humana.

Además de los sistemas artificiales creados por el hombre para la captación y transformación de esta energía, la fotosíntesis es un proceso seleccionado por la naturaleza para aprovechar la energía solar por los seres vivos, a través de los productores primarios de biomasa, es decir los vegetales. Estos seres autótrofos reúnen las dos características básicas que debe poseer cualquier sistema que pretenda aprovechar la energía solar; es decir, la antena captadora de la radiación (aparato fotosintético) y el sistema acumulador, que en caso de los vegetales está constituido por la biomasa primaria, en cuyos enlaces químicos se almacena una parte de la energía captada.

El empleo de la biomasa como materia prima renovable en sustitución de los combustibles fósiles es una medida efectiva para frenar el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera. A las ventajas comunes al resto de las energías renovables como son su carácter autóctono, favorecer el equilibrio regional al encontrarse repartido el recurso por todo el territorio, el respeto por el medioambiente, la creación de más empleo que las fuentes convencionales y, en definitiva, contribuir a la diversificación energética y la generación distribuida geográficamente, objetivos marcados por los planes energéticos tanto a escala nacional como europea, en el caso de la biomasa se unen otras ventajas como la de ser una energía modulable y complementaria a otras necesidades medioambientales, la limpieza de bosques, la prevención de la erosión, la reducción de los daños por incendios y la fijación de la población rural. Cada kilotonelada de madera consumida genera entre 4 y 6 puestos de trabajo. Además, la biomasa es la única fuente renovable capaz de proporcionar combustibles sólidos, líquidos y gaseosos para ser utilizados en la producción de calor, electricidad y biocarburantes para el sector del transporte.

Las políticas energéticas de los países desarrollados, encaminadas a reducir la dependencia de los combustibles fósiles, han impulsado la utilización de la biomasa como materia prima renovable. En España, el Plan de Fomento de las Energías Renovables 1, aprobado en 1999 y recientemente revisado 2, plantea como objetivo que el 12% de la energía que se consuma en España en el año 2010 provenga de fuentes renovables.

En 2004, la biomasa representó más del 50% del consumo total de energías renovables en España. Del total de biomasa consumida el 75% se destinó a la producción de calor (principalmente en el sector doméstico), el 15% a la producción de electricidad y el 5% restante a la producción de biocarburantes.

A pesar de estas cifras, la biomasa es la gran olvidada del sector renovable español ya que está experimentando un desarrollo muy inferior al requerido. Desde la puesta en marcha del

Plan de Fomento 1 , hasta finales del 2004, sólo se ha cumplido el 9% del objetivo total en aplicaciones térmicas y eléctricas y el 45% en biocarburantes. En el nuevo Plan de Energías Renovables 2 se elevan de forma importante los objetivos de biocarburantes, desde 0,5 millones de tep (toneladas equivalentes de petróleo) que contemplaba el Plan de Fomento, a 2,2 millones de tep en 2010. Con respecto a la biomasa destinada a la generación de electricidad el objetivo de crecimiento en el periodo 2005-2010 se sitúa en 1695 MW. Por lo que respecta a la biomasa térmica, el objetivo de incremento hasta 2010 asciende a 583 ktep.

## **2. BIOMASA DISPONIBLE CON FINES ENERGÉTICOS**

La disponibilidad de una biomasa (renovable) que pueda utilizarse con fines energéticos posee dos soluciones principales: la biomasa de origen residual y la procedente de cultivos energéticos

### **2.1. Biomasa de origen residual**

Puede definirse como el conjunto de materiales biomásicos generados en las actividades de producción, transformación y consumo, que en el contexto en el que se generan no tienen valor económico. La biomasa residual dependiendo de su origen puede clasificarse en: residuos agrícolas, forestales, ganaderos y agroindustriales.

Los residuos agrícolas comprenden todas las partes de los cultivos alimentarios o industriales que no son consumibles o comercializables. Generalmente se trata de residuos lignocelulósicos que se suelen quemar en las propias tierras de labor. Los residuos agrícolas leñosos proceden principalmente de las podas de olivos, viñedos y frutales, por lo que su producción tiene un carácter estacional. La eliminación de estos residuos presenta beneficios medioambientales, y puesto que estos productos no tienen actualmente valor en el mercado, sino que por el contrario su eliminación constituye un coste inevitable para el agricultor, su aprovechamiento puede considerarse un beneficio para éste y el precio de esta biomasa sería el del coste de las actividades de recogida, astillado y transporte.

En el caso de los residuos agrícolas herbáceos como la paja de cereales de invierno existen equipos convencionales de recogida y preparación para el almacenamiento y transporte habitualmente empleados. Al contrario de lo que ocurre con los residuos leñosos, para los herbáceos existe un cierto mercado, por lo que el agricultor recibe un cierto ingreso por la venta del subproducto.

La explotación anual de los bosques da lugar a la recuperación de maderas y troncos, mientras quedan en el terreno cortezas, ramas y hojas (alrededor de 3,5 toneladas por hectárea y año) que aparecen en forma de residuos. Lo mismo ocurre con la biomasa resultante del aclareo del bosque que no es recogida. Desde un punto de vista tecnológico, la mecanización de los trabajos para hacer posible el aprovechamiento de los residuos forestales es complicada. Se puede plantear su recogida mediante astillado con el fin de hacer posible su transporte en condiciones económicas adecuadas, obteniéndose un producto manejable y de granulometría homogénea. Para ello, existe una gama de maquinaria en el mercado, aunque de cara al futuro puede esperarse el desarrollo de mejores equipos y procedimientos de astillado y la incorporación de equipos de compactación para aumentar la densidad del material para el transporte. La obtención de residuos forestales implica una serie de operaciones de limpieza, astillado y transporte que superan sensiblemente el precio al que puede pagarse esta biomasa para usos energéticos, pero cuya realización está justificada desde el punto de vista medioambiental.

Los residuos de las industrias agroalimentarias corresponden a aquellos de naturaleza orgánica que son producidos por las industrias derivadas de la agricultura (aceite de oliva, azucareras, fábricas de cervezas, destilerías, etc.) y la ganadería (mataderos, lecherías, etc.). La legislación vigente relativa al control de estos efluentes ha conducido a una mejor recuperación de estos residuos industriales.

## **2.2. Cultivos energéticos**

Son cultivos específicos dedicados exclusivamente a la producción de energía. Estos cultivos, a diferencia de los agrícolas tradicionales, tienen como características principales su gran productividad de biomasa y su elevada rusticidad, expresada en características tales como resistencia a la sequía, a las enfermedades, vigor, precocidad de crecimiento, capacidad de rebrote y adaptación a terrenos marginales. Entre los cultivos energéticos se puede incluir cultivos tradicionales (cereales, caña de azúcar, semillas oleaginosas) y otras no convencionales (cynara, patata, sorgo dulce) que están siendo objeto de numerosos estudios para determinar sus necesidades de cultivo.

## **3. POSIBILIDADES PARA LA UTILIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA BIOMASA**

Para la utilización de los residuos forestales, agrícolas y cultivos energéticos de tipo leñoso o herbáceo (fundamentalmente paja de cereal) y residuos de cultivos agrícolas industriales (algodón) se emplean tecnologías que van desde la combustión directa (con mayor o menor grado de pretratamiento) hasta tecnologías sofisticadas de obtención de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, gas de gasógeno, carbón vegetal, etc.

En el tratamiento de los residuos biodegradables, incluyendo residuos ganaderos, los de depuradora y efluentes líquidos de industrias alcoholeras y oleícolas, aparece como elemento prioritario la componente medioambiental, siendo la valoración energética un elemento de disminución de costes. La tecnología básica asociada con el tratamiento de estos residuos es la biodegradación anaerobia seguido de una combustión del gas obtenido.

## **4. PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA DE LA BIOMASA**

Las técnicas para obtener energía de la biomasa pueden dividirse en función de la materia orgánica que hay que valorizar (disponibilidad, porcentaje de humedad, etc.), de la naturaleza de las técnicas utilizadas (termoquímicas, biológicas, etc.) o de los productos recuperados (combustibles sólidos, líquidos y gaseosos).

### **4.1. Aplicaciones térmicas**

Las aplicaciones domésticas de la biomasa más extendidas en la actualidad son las cocinas o chimeneas abiertas de muy bajo rendimiento energético. Sin embargo, existen posibilidades tecnológicamente más avanzadas para utilizaciones individuales con mejores rendimientos energéticos y ya existen en el mercado calderas de biomasa con recuperador de calor. Una aplicación con gran interés para el sector doméstico y servicios es el caso de las redes de calefacción centralizada, que consiste en una planta térmica central con un sistema de distribución con conducciones que abastece a varios puntos de consumo.

Las aplicaciones térmicas industriales pueden utilizar biomasa en hornos cerámicos, en secaderos industriales o de productos agrícolas y en calderas. Es una alternativa en la que los problemas técnicos están resueltos, y el problema está en tener que establecer cauces comerciales para la distribución del combustible.

## 4.2. Aplicaciones eléctricas

La gran ventaja de la producción de electricidad es que la venta del producto está resuelta puesto que el vertido de electricidad a la red está regulado. La generación de electricidad con biomasa se hace mayoritariamente con tecnología convencional. Los equipos principales: caldera y turbina de vapor, son bien conocidos y existe una amplia oferta de estos equipos en el mercado.

Aunque actualmente existen aplicaciones eléctricas de la biomasa, en proyectos de cogeneración, en industrias que generan residuos biomásicos como el sector del papel y de la madera, la utilización de biomasa para generar electricidad en España es todavía escasa. Se están desarrollando proyectos de generación eléctrica mediante combustión integrada en un ciclo de vapor sencillo, que harían posible disponer de centrales de hasta 50 MW de potencia con rendimientos entre 18 y 30%. Las plantas de generación de electricidad con biomasa utilizan el esquema clásico de las centrales termoeléctricas: generación de vapor para alimentar una turbina donde se expande hasta alcanzar una baja presión, la turbina acciona un alternador que transforma la energía mecánica en electricidad.

Un parámetro de referencia a considerar es, que el orden de magnitud de consumo anual de biomasa en generación de electricidad es de unas 6.000 a 10.000 t por cada MW de potencia instalada. Este rango depende del rendimiento de la instalación, del número anual de horas de funcionamiento, y de la calidad de la biomasa y su poder calorífico.

La gasificación, por otro lado, puede aportar en un futuro un aumento sustancial del interés de la biomasa disminuyendo las inversiones específicas, mejora de los rendimientos y reducción de los costes de explotación.

## 4.3. Biocarburantes

Más de la mitad de la energía primaria consumida en España corresponde al petróleo, y una gran parte de este petróleo se utiliza en el sector del transporte. Además del elevado consumo de energía, el sector del transporte se caracteriza porque prácticamente todo el petróleo en Europa procede del exterior y a corto plazo no se perfila ningún sustituto para los combustibles de automoción. La política energética de la Unión Europea ha definido objetivos claros para reducir la alta dependencia energética de los productos petrolíferos y aumentar la seguridad del suministro de un combustible sostenible en el sector del transporte. Además, la política europea sobre medioambiente demanda combustibles limpios que reduzcan los riesgos ambientales. En este contexto, la Comisión Europea ha aprobado la Directiva 2003/30/CE 3 para fomentar el uso de biocarburantes en el sector del transporte. La Directiva insta a los Estados miembros para que tomen las medidas necesarias para asegurar que en el año 2005 un porcentaje mínimo del 2% del combustible para el transporte vendido en su territorio sean biocarburantes. Esta cantidad aumentará progresivamente, de manera que la sustitución alcance el 5,75% en el año 2010. En España, el Plan de Energías Renovables 2 ha revisado los objetivos anteriores para adecuarse a la nueva Directiva y considera la producción de un total de 2.250.000 tep de biocarburantes en el año 2010.

Los biocarburantes se obtienen en la actualidad a partir de productos agrícolas, presentan unas características parecidas a las de los combustibles fósiles y se pueden utilizar en motores sin tener que efectuar modificaciones. Además, poseen ventajas medioambientales ya que no contienen azufre y su utilización como combustibles suponen reducciones importantes en las emisiones de los vehículos.

Aunque la Directiva 2003/30/CE 3 considera biocarburantes una amplia gama de productos (aceites vegetales, biogás, biometiléter, biohidrógeno, biometanol y su derivado el bioMTBE), el biodiesel y el bioetanol son los que se cuentan con un potencial de utilización más amplio y, el sector de los biocarburantes en Europa, está constituido básicamente por estos productos. La producción en ambos sectores en Europa 4 se situó en 1.743.500 toneladas (equivalentes a 1.488.680 tep) en 2003. Esta cifra representa un crecimiento del 26,2% con respecto a 2002.

Para ayudar al cumplimiento de los objetivos de introducción de biocarburantes fijados en la Directiva 2003/30/CE 3 muchos Estados miembros recurren a exenciones fiscales para estos biocombustibles, facilitadas por la Directiva sobre imposición de los productos energéticos 5 , que en su artículo 16 permite exonerar de impuestos especiales a este tipo de biocarburantes abriendo la puerta al desarrollo de estos productos y permitiendo crear en la Unión Europea un mercado de biocarburantes competitivo. En España, los biocarburantes gozan de una exención total sobre impuestos especiales desde el 1 de enero de 2003, conforme dispone la Ley 53/2002 de 30 de diciembre de 2002 6 . Dicho impuesto es modulable, en función de la evolución comparativa de los costes de producción de los productos petrolíferos y los biocarburantes.

#### 4.3.1. Biodiesel

El biodiesel se obtiene a partir de aceites vegetales obtenidos de plantas oleaginosas y encuentra su aplicación en motores Diesel sustituyendo al gasóleo de automoción o mezclados con el mismo en prácticamente cualquier proporción. Según datos del Euroobserver 4 , el sector del biodiesel representa la mayor cantidad de biocarburantes producidos en Europa (Figura 1).

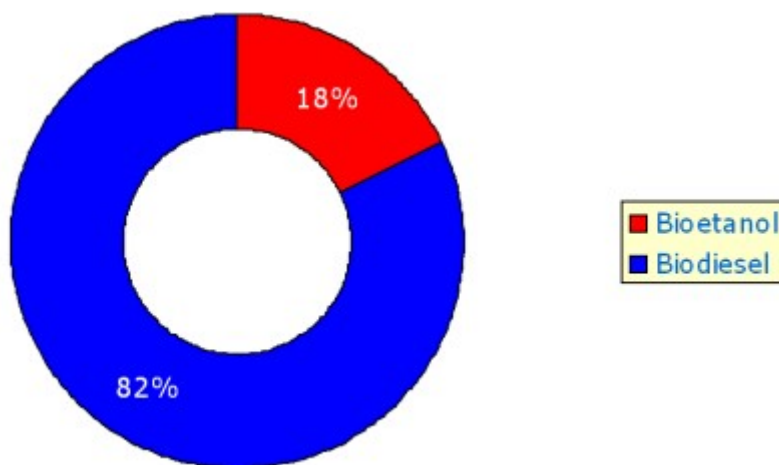


Figura 1.- Producción de biodiesel (1.434.000 toneladas) y bioetanol (309.500 toneladas) en la Unión Europea en 2003

Aunque los aceites vegetales se han utilizado en el pasado como combustible, para su utilización en motores precisan, no obstante, de una preparación consistente en un desengomado y filtración previos. Las semillas son prensadas mecánicamente separándose el aceite y la torta, normalmente se somete a las semillas a un calentamiento previo y a la acción de un solvente, con lo que se logran rendimientos de extracción de aceite cercanos al 100%. La torta que se obtiene como residuo del prensado tiene un alto contenido en proteína y se comercializa para alimentación animal ayudando a disminuir los costes del proceso de extracción.

Los aceites vegetales sin modificar causan diversos problemas que obligan a la modificación de los motores. Para evitarlos, se recurre a transformarlos químicamente mediante un proceso de transesterificación capaz de mejorar substancialmente las características como carburante de los aceites vegetales.

La obtención del BIODIESEL se basa en la reacción con metanol o etanol (transesterificación) de las moléculas de triglicéridos para producir ésteres. De esta manera se consigue que las moléculas grandes y ramificadas iniciales, de elevada viscosidad y alta proporción de carbono se transformen en otras de cadena lineal, pequeñas, con menor viscosidad y porcentaje de carbono y de características físico-químicas y energéticas más similares al gasóleo de automoción. El proceso químico es relativamente sencillo, sin embargo para producir un biodiesel de calidad deben optimizarse las variables de proceso, tales como el exceso de metanol, la catálisis del mismo, desactivación del catalizador, agitación, temperatura y, en general, todas las variables del proceso.

La producción de biodiesel a partir de aceites vegetales es una tecnología madura, capaz de aprovechar diversas materias primas, que ha alcanzado nivel comercial en muchos países de Europa, Asia y Estados Unidos desde su inicio en pequeñas cooperativas de productores a finales de la década de los 80.

En España existen, en la actualidad, cinco plantas de producción operativas con una capacidad total de producción de 119.627 toneladas al año. Adicionalmente existen tres proyectos de puesta en marcha, dos en construcción y quince en diseño y definición.

#### **4.3.2. Bioetanol y ETBE**

El bioetanol se obtiene por fermentación de medios azucarados obtenidos a partir de remolacha, maíz, trigo y cebada. Tras la fermentación se obtiene un mosto con un grado alcohólico en torno al 10%-15%, concentrándose por destilación para la obtención del denominado "alcohol hidratado" (4-5% de agua) o llegar hasta el alcohol absoluto (99,4% mín. de riqueza) tras un proceso específico de deshidratación. Esta última calidad es la necesaria si se quiere utilizar el alcohol en mezclas con gasolina en vehículos convencionales.

El etanol puede utilizarse como único combustible, realizando modificaciones a los motores, o en mezclas con la gasolina desde un 10% hasta mezclas mucho más altas como el E85. El E-5 es un combustible que contiene hasta el 85% de etanol y sólo un 15% de gasolina, que puede utilizarse en los vehículos denominados FFV (vehículos de combustible flexible). Los FFV están diseñados para poder utilizar indistintamente gasolina y mezclas en cualquier porcentaje hasta un máximo de etanol del 85%. Estos vehículos están disponibles en el mercado en algunos países como Estados Unidos, Brasil o Suecia.

En algunos países se prefiere utilizar mezclas de etanol con gasolina después de transformar el etanol en etil terciario butil éter (ETBE). El ETBE es el producto principal de la reacción en la que interviene una molécula de etanol y otra de isobuteno, lo que equivale a utilizar una tonelada de isobuteno y 0,8 t de etanol para obtener 1,8 t de ETBE. El ETBE es una alternativa al MTBE (metil terciario butil éter), que se obtiene a partir del petróleo y se utiliza como implementador de las gasolinas. El ETBE tiene un índice de octano y un poder calorífico ligeramente superior al MTBE, y su rendimiento de fabricación, a partir del isobuteno, también es más elevado. El ETBE se puede producir en las mismas instalaciones en las que ahora se obtiene MTBE y en los países de la UE se acepta la incorporación del ETBE como complementación de las gasolinas hasta un porcentaje del 10% sin que tenga que realizarse marcado especial, siendo su empleo totalmente aceptado por los fabricantes de automóviles.

El etanol es el biocombustible con mayor producción mundial con unas 18.3 millones de toneladas en el año 2003, principalmente en Brasil y Estados Unidos. En la Unión Europea se produjeron en 2003 más de 300.000 toneladas.

España lidera la producción de etanol en Europa con una producción anual total de 180.000 toneladas. En la actualidad, en España, existen dos plantas de producción de etanol, Ecocarburantes Españoles y Bioetanol Galicia con una capacidad de producción de 80.000 y 100.000 toneladas/año, respectivamente. Las refinerías españolas con capacidad de producción de MTBE han realizado las modificaciones oportunas en sus instalaciones para poder utilizar etanol en la formulación del aditivo y, actualmente en todas ellas, se produce ETBE utilizando el bioetanol que suministran las dos plantas en funcionamiento. A lo largo de 2006 entrará en funcionamiento, en Babilafuente (Salamanca), una nueva planta con una capacidad de producción anual de 160.000 toneladas. Esta instalación tiene la particularidad de que será la primera instalación industrial que utilizará como materia prima para la producción de etanol, no sólo el grano de cereal (que supondrá el 95% de la producción total) sino también la paja. La utilización de biomasa lignocelulósica es, a medio plazo, la opción más prometedora para la obtención de etanol combustible a bajos costes. Junto a estas instalaciones, existen cinco proyectos en desarrollo que supondrían una capacidad adicional de producción de 545 millones de litros al año.

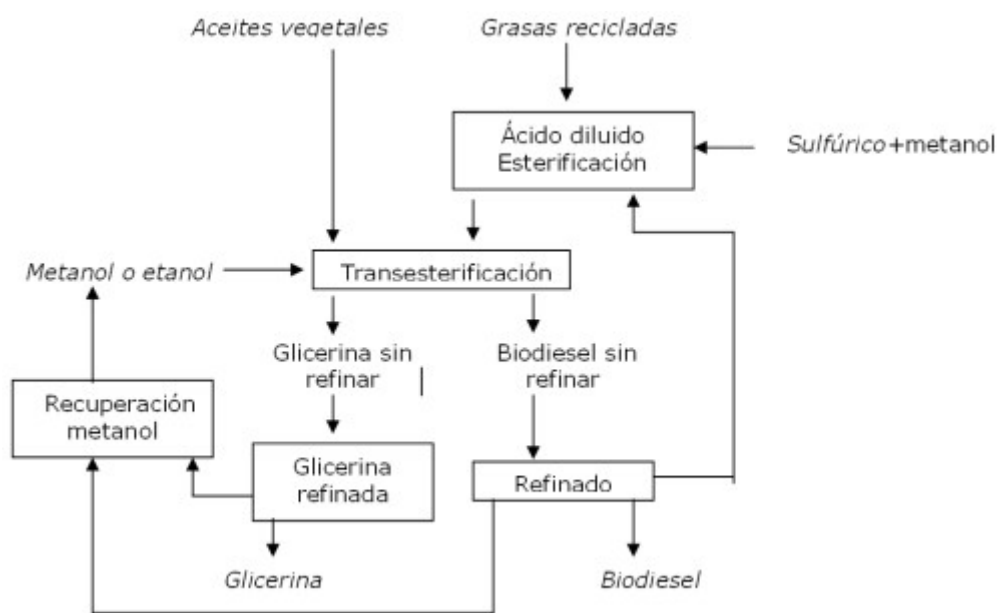


Figura 2.- Proceso básico de producción de biodiesel

## Referencias

1. Plan de Fomento de Energías Renovables
2. IDAE. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 2005. Plan de Energías Renovables en España 2005-2010. pp: 80
3. Directiva 2003/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 8 de mayo de 2003 relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte. (DOCE nº L 123/42, 17-05-03)
4. Biofuels Barometer. 2003. Euroobserver. Systèmes Solaires nº 161. Elaborado por el Consortium of Renewable Energy Promotion Agencies
5. Directiva 2003/96/CE del Consejo de 27 de octubre de 2003 por la que se reestructura el régimen comunitario de imposición de los productos energéticos y de la electricidad (DOCE nº L 283/51, 31-10-2003)
6. Ley 53/2002, de 30 diciembre de Medidas Fiscales, Administrativas y de Orden Social. (Actualizada a fecha 13/02/04), BOE 31-12- 2002. Corrección errores BOE 04/04/03