

¿SE CONSIDERA LA BIOMASA COMO UNA ALTERNATIVA ENERGÉTICA?

Parte 1: ENERGÍA

IS CONSIDERED THE BIOMASS AS AN ENERGETIC ALTERNATIVE?

RESUMEN

Este artículo comienza situando el potencial de la biomasa en el marco de las diversas fuentes de energía, ya sean renovables o no. Se insiste en el concepto de residuo orgánico como biomasa, ya que sus posibilidades de valorización son muy importantes.

Palabras clave: Biomasa, residuo orgánico, valorización.

ABSTRACT

The first part of the article places biomass amongst the different sources of both renewable and non-renewable energy. Organic waste, as it is considered a type of biomass, is of the great importance due to its rate of generation and therefore its enormous potential for electricity generation.

Key words: Biomass, organic waste, evaluation.

1 INTRODUCCIÓN

Para paliar el efecto que puedan tener los gases de efecto invernadero sobre el cambio climático, la UE ha elaborado la Directiva 2003/87/CE, en la que fija los cupos de emisión de CO₂ para cada país de la **Unión Europea** y la cantidad asignada a cada sector.

En el caso de España, como en muchos otros países, la mayor parte de la cantidad de CO₂ antropogénico procede del sector de la generación de energía, precisamente debido al consumo de los combustibles fósiles. El esquema y el espíritu de la Directiva consiste en fijar unos cupos de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en términos de CO₂ para cada país que, en caso de ser excedidos, deben compensarse mediante los mecanismos flexibles establecidos: mercado de CO₂, mecanismo de desarrollo limpio e iniciativas de aplicación conjunta. Los estados, por su parte, trasladan a los sectores afecta-

dos los cupos de emisión y en el caso de la industria se establecen límites para cada centro productivo emisor. La industria, pues, recurre a los citados mecanismos y al ahorro energético para cumplir con sus obligaciones.

Se considera que las fuentes de energía renovable tienen un importante papel que desempeñar en la diversificación del suministro de la energía en la UE. Por ello, en los últimos años, se han fijado tres objetivos:

- Para 2005, el 2% de toda la gasolina y el gasóleo que se utiliza en el transporte por carretera debe sustituirse por biocombustible, elevándose ésta cifra al 5,75% en 2010 (Directiva 2003/30/CE). En España, la cifra del 2% quedó lejos de su objetivo en 2005. Es de esperar que el cumplimiento en el 2010 sea más real.

- Para 2010, el 22,1% de la electricidad deberá generarse a partir de fuentes de energía renovables (Directiva 2001/77/CE). Este punto constituye la columna vertebral de este artículo.

- En 2010, el 12% del consumo interior bruto de energía primaria deberá proceder de fuentes renovables.

En la práctica, se considera que en España tan sólo la energía procedente de la biomasa y la eólica tienen posibilidades reales de crecimiento.

Muchas veces se ha denunciado que las autoridades no responden con decisión al reto que supone la implantación masiva de las energías renovables, si bien hay que reconocer tímidos esfuerzos como el expuesto en el *Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000 - 2010* cuyos objetivos en esta materia se resumen en la Tabla 1.



Xavier Elías

Ingeniero Industrial

Director de la Borsa de Subproductes de Catalunya

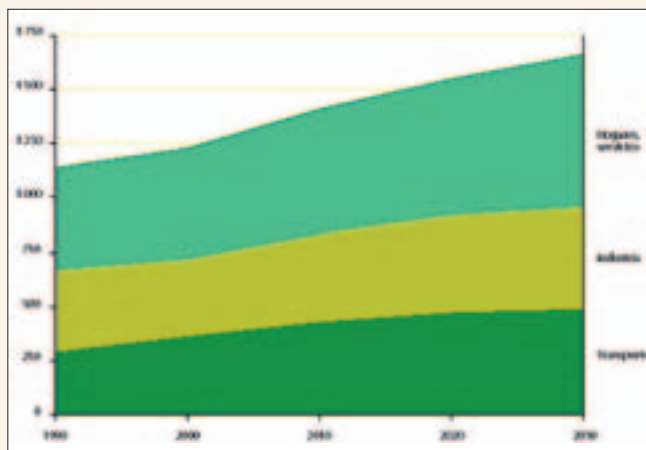
Recibido: 16/10/06

Aceptado: 27/11/06

Tabla 1. Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000 – 2010
Valores en ktep. (Fuente IDAE)

Fuente de energía	2001	2010
Minihidráulica (< 10 MW)	415	594
Eólica	623	1.852
Biomasa	3.664	9.465
Biogás	114	150
Biocarburantes	51	500
Solar fotovoltaica	2	19
Solar térmica	35	336
Solar termoeléctrica	0	180
RSU	247	415
Geotérmica	8	3
TOTAL	5.159	13.514

Figura 1. Evolución y estimación del consumo de energía para distintos sectores en millones de tep.



El mismo Plan define la biomasa como: *Residuos agrícolas leñosos, residuos agrícolas herbáceos, forestales y cultivos energéticos*. Éstos últimos no se han considerado en el artículo, al no ser aún habituales. Sin embargo, su futuro es bien interesante. Una de las especies leñosas con mejor potencial para su aprovechamiento energético es el chopo ya que se ha avanzado significativamente en la creación de clones modificados genéticamente, obteniéndose híbridos con tasas de crecimiento bastante altas comparadas con otros cultivos forestales, alcanzado rendimientos entre 25 y 35 m³/ha-año. El artículo tampoco considera el biogás puesto que se trata de un residuo secundario.

En resumen, el citado Plan pretende multiplicar por 2,6 los recursos para alcanzar el 12% en términos de energía primaria, que es el objetivo que postula el *Libro Blanco de la Energía Renovable* de la UE.

1.1 LOS RECURSOS DE BIOMASA EN LA UE

Según un estudio de la EEA (**Agencia Europea de Medio Ambiente**) que

evalúa la cantidad de biomasa para obtención de energía renovable que se puede extraer sosteniblemente de Europa (25 países), se cifra y estima el consumo y potencial de energía primaria en forma de biomasa de la siguiente manera:

- Uso de biomasa en 2003: 69 Mtep.
- Potencial en 2010: 190 Mtep.
- Potencial en 2030: 295 Mtep.

El uso de biomasa para alcanzar el objetivo europeo de energía renovable en 2010 sería 150 Mtep, para lo que hay capacidad pero que resulta inalcanzable si se mantiene el actual ritmo de crecimiento. El uso del potencial de biomasa en 2030 supondría evitar la emisión entre 400-600 Mt de CO₂.

El potencial de extracción de biomasa de manera ambientalmente sostenible se puede dividir en bioresiduos, cultivos energéticos y masas forestales. Los datos de potencial energético de estos residuos están elaborados por la EEA y reflejan las

políticas de la UE y las realidades geográficas de todos los países, aunque no incluye datos de Malta, Grecia, Chipre ni Luxemburgo.

Para 2010, la UE ha planificado cubrir las expectativas de energía procedente de la biomasa (190 Mtep) de la manera siguiente:

- Bioresiduos: 103 Mtep.
- Masa forestal: 42 Mtep.
- Cultivos agrícolas: 47 Mtep.

Para alcanzar este objetivo, es preciso trabajar en todos los frentes.

2 LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL MARCO GENERAL DE PRODUCCIÓN

La dependencia de los combustibles fósiles, aumento del consumo energético *per capita* e intensidad energética es más acusado en España que en la media de los países de la UE. La Figura 1 muestra la evolución prevista del consumo energético en la UE para las próximas décadas.

2.1 LA BIOMASA EN EL MARCO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Para evaluar la potencialidad de la biomasa en el marco general de las EE.RR., la Tabla 2 reproduce los escenarios entre los que es posible generar energía eléctrica con la tecnología disponible actualmente.

De la Tabla 2 se pueden extraer diversas conclusiones:

- Tanto en el caso del mínimo de producción (la potencia que se podría instalar ahora mismo) como en el escenario de la máxima producción (la potencia posible en el caso de apurar al máximo las posibilidades actuales), se trata de usar tecnologías experimentadas.

- El capítulo de la biomasa, a pesar de ser importante, no representa un porcentaje significativo del total. No obstante, por sí sola podría solucionar los problemas energéticos si bien ello produciría una situación no sostenible.

- Lo más destacado es señalar que la suma de todas las energías fósiles convencionales no alcanzan el 0,008% del total. Si se tuvieran en

Tabla 2. Escenarios de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables

		Flujo (Potencia) TW	
		Mínimo	Máximo
Solar	Flujo en tierra	27.000	81.900
	Flujo en mar	53.000	720.000
Viento	"Off-Shore"	100	3.000
Olas		200	6.000
Biomasa		30	900
Hidroeléctrica		40.000	1.200.000
Mareas		3	90
Geotérmica	Hidrotérmica	3	75
	Roca caliente	30	900
COMBUSTIBLES FÓSILES		10	300
TOTAL		120.376	2.013.165
% Combustibles fósiles		0,008%	0,015%

Tabla 3. Cantidades de residuos orgánicos producidos en España

	kg/día (BH)	% Humedad	kg/día (BS)
RSU	1,4	35,0%	0,91
Fangos de EDAR	0,8	75,0%	0,21
Residuos forestales	1,5	45,0%	0,83
Agricultura	2,4	50,0%	1,20
Cría del ganado	4,6	60,0%	1,84
Mataderos	2,8	65,0%	0,98
	13,5		5,97

BS Base seca
BH Base húmeda

cuenta los clatratos, cuyo potencial se estima superior al del carbón, gas natural y petróleo juntos, el porcentaje no aumentaría de forma significativa.

Sin entrar en detalles sobre las particularidades de las diversas alternativas de generación de electricidad a partir de energías renovables, merece la pena resaltar los siguientes extremos:

- La energía eólica, o la de las olas, no generan electricidad de manera continua y por lo tanto el sistema de generación de potencia deberá diseñarse para suplir las carencias en los períodos de calma del viento.

- La energía hidráulica, a pesar de tener un potencial muy superior a la biomasa, es también dependiente de la climatología. En España, los años 2004 y 2005 fueron especialmente secos y el suministro de origen hidráulico fue muy inferior al habitual.

- Aunque la generación de electricidad a partir de la energía solar térmica tiene un brillante futuro, su efectividad queda reducida a las horas de insolación. Por el contrario, la biomasa, por naturaleza, tiene un potencial de crecimiento y regularidad no igualados por ninguna otra fuente. En todo caso, las líneas de investigación deben dirigirse hacia el desarrollo de tecnologías que permitan mejorar el rendimiento de la conversión química/eléctrica.

3. GENERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

Como se indica en la Introducción, el mayor esfuerzo para alcanzar los objetivos de producción de energía renovable debería hacerse en la biomasa denominada residual y por ello haremos hincapié en ella.

Tabla 4. Poder calorífico útil de los residuos orgánicos

	PCI útil (kcal/kg)	PCI (kWh/kg)
RSU	2.065	2,40
Fangos de EDAR	425	0,49
Residuos forestales	1.93	2,24
Agricultura	1.2001,40	
Cría del ganado	1.040	1,21
Mataderos	1.010	1,17

La Tabla 3 muestra una estimación de las diversas cantidades de residuos de naturaleza orgánica que se producen (por habitante y día) como media en España. En la columna central se indica la humedad media en la que suelen generarse estos residuos y en la última columna la producción de materia seca.

Los datos han sido extraídos de diversas fuentes y algunos son de elaboración propia. Se trata de valores promediados a escala nacional, pero las cifras a que dan lugar son de tal envergadura que, aunque se mini-

mizaran, el resultado seguiría siendo sorprendente.

El propio *Plan de Energías Renovables* especifica lo que se incluye en alguna de estas variedades de biomasa:

- RSU son los residuos sólidos urbanos. En 2004, la media en el Área Metropolitana de Barcelona sobrepasó los 1,6 kg/hab - día. Por otra parte, el PCI va en constante aumento debido al incremento de material combustible (envases y embalajes)

en los RSU.

- Los fangos de EDAR. Las directivas europeas obligan a depurar las aguas residuales, lo que se traduce en un incremento de los fangos si bien la gran cantidad de agua asociada supone un inconveniente para la valorización energética. En esta partida también debe añadirse la gran cantidad de residuos fangosos orgánicos procedentes de las actividades industriales y alimentarias.

- Residuos forestales, donde también se incluyen las podas y los residuos de las industrias silvícolas.



Entrada de fango decantado en nave-invernadero con suelo filtrante

- Residuos de la actividad agrícola, muy atractivos desde la óptica de la explotación cuando presentan cierto grado de concentración, como los alperujos. Los cultivos energéticos, en caso de estar incluidos en la tabla, deberían integrarse en este apartado.

- La cría y alimentación del ganado constituye una partida muy importante puesto que generan mucho residuo secundario, como los purines.

- Residuos de mataderos. Las actuales normas de calidad sanitaria suponen una gran producción de residuos (los rechazos en los mataderos son cada vez mayores).

La Tabla 4 reproduce el poder calorífico útil de los residuos indicados en la Tabla 3:

Tabla 6. Potencial eléctrico de residuos orgánicos secos

	% Humedad	PCI (kWh/kg)	MWh/año	MWe
RSU	20,0%	3,1	63.696.744	1.382
Fangos de EDAR	15,0%	3,4	41.141.442	892
Residuos forestales	30,0%	2,6	57.805.814	1.254
Agricultura	35,0%	2,4	84.136.744	1.825
Cría del ganado	30,0%	2,6	177.271.163	3.845
Mataderos	20,0%	3,1	127.393.488	2.763
TOTAL			551.445.395	11.961

Multiplicando las cifras unitarias de producción de residuos por los habitantes, 40.000.000, y por los días del año se obtienen los datos de la Tabla 5, que indica que la cantidad de biomasa generada en España se acerca a las 200 millones de toneladas con un PCI útil ponderado de 1,4 kWh/kg.

La energía térmica disponible aparece en la columna central de la Tabla 5, mientras que la última columna indica la energía eléctrica potencial que puede obtenerse con la tecnología hoy en día disponible partiendo de una tasa de conversión eléctrica del 19%. No deja de ser sorprendente que el resultado final indica que el potencial de generación equivale a seis centrales nucleares.

3.1. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO

Como salta a la vista, el gran problema del aprovechamiento energético de los residuos orgánicos es la humedad, por lo que, en los últimos

Tabla 5. Potencial eléctrico de los residuos orgánicos

	t/año (BH)	MW/año	MW(e)
RSU	20.440.000	49.079.767	1.065
Fangos de EDAR	12.264.000	6.060.698	131
Residuos forestales	21.900.000	49.147.674	1.066
Agricultura	35.040.000	48.893.023	1.060
Cría del ganado	67.160.000	81.216.744	1.762
Mataderos	40.880.000	48.010.233	1.041
TOTAL	197.684.000	282.408.140	6.125

años, se han desarrollado muchos prototipos de secadores y se ha profundizado en los sistemas de secado a partir de una fuente inagotable de energía, el Sol.

La **Universidad de Hohenheim** y la empresa **Thermo-System** desarrollaron en la década de los 90 un sistema de secado de fangos de EDAR por

cificas para cada tipo de fango que actúan a modo de aradas, que va removiendo constantemente el fango. Durante el proceso, el fango es trasladado y mezclado hasta doce veces al día. Para ello, el robot recorre toda la superficie de la nave comandado por un motor eléctrico que sigue las instrucciones de un programa informático. El programa se auto-corrige en función de los valores de temperatura y humedad que va tomando constantemente.

3.2. ESCENARIOS DESPUÉS DEL SECADO

El sistema descrito en el apartado anterior se ha diseñado para fangos o materiales de tamaño de partícula muy pequeño. Es obvio que el encarecimiento o escasez de combustible agudizará el ingenio de los diseñadores para el desarrollo de sistemas novedosos de secado de otros materiales, como pueden ser los RSU, los residuos agrícolas o los forestales, a base de aire calentado por artilugios solares.

A título simplemente ilustrativo, la Tabla 6 muestra las mismas hipótesis de aprovechamiento energético de residuos que las anteriores pero, esta vez, a partir de humedades mas reducidas.

En un país soleado como España, dedicando una cantidad de recursos a la energía de la biomasa podrían obtenerse unos resultados importantes y sostenibles tanto desde el punto de vista ambiental (en los vertederos la materia orgánica es el principal contaminante y además produce ingentes cantidades de gases de efecto invernadero) como económicos. Basta con pensar que esta potencia teórica, casi 12.000 MW(e), equivale a la cuarta parte de la máxima demanda eléctrica española en 2004.

4. PROCESOS DE CONVERSIÓN DE LA BIOMASA EN ENERGÍA

Los procesos convencionales de conversión termoquímica de energía son la incineración, la pirólisis y la gasificación. La primera es la más extendida y produce en primera etapa calor y después vapor y electricidad en ciclo de **Rankine**. Todo ello supone que el rendimiento sea del orden del 20 %, es decir, cada 100 kW de biomasa va a producir 20 kW eléctricos. Además, debe valorarse el factor ambiental ya que los gases se depuran al final del proceso.

En el caso de la gasificación en ciclo abierto, en cambio, primero se depura el gas de síntesis y seguidamente se produce electricidad. El rendimiento es del 30 % si se emplea turbina de gas o mayor si se usa motor. Es la razón para que, al tratarse de un proceso más sostenible, hagamos referencia exclusiva a la gasificación.

4.1. LA GASIFICACIÓN

La gasificación es un proceso térmico que convierte, mediante oxidación parcial a temperatura elevada, una materia combustible o residual en un gas de moderado poder calorífico. Las combustiones, ya sean con defecto o con exceso de aire, son reacciones en estado gaseoso. De ahí que la gasificación tenga como finalidad convertir las sustancias combustibles sólidas en gaseosas.

Las etapas principales del proceso son:

- Secado: Evaporación de la humedad contenida en el sólido. El grado de sequedad preciso depende de la tecnología de gasificación.
- Craqueo: Degradación térmica en ausencia de oxígeno.
- Gasificación: Oxidación parcial de los productos de pirólisis.

La Figura 2 muestra el esquema de un reactor de gasificación diseñado para el tratamiento de biomasa.

El gas obtenido, llamado gas de síntesis, tiene un PCI (Poder Calorífico Interno) moderado, sobretudo si el agente gasificante ha sido el aire. Sin embargo, se puede oxidar perfectamente en una cámara de oxidación y valorizarlo en una caldera de vapor, o bien enfriarlo y una vez depurado

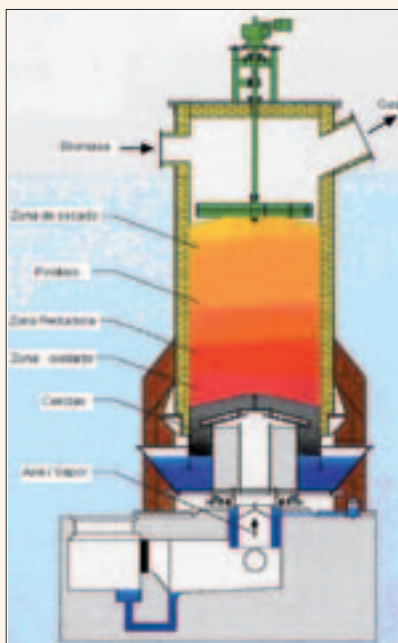


Figura 2. Reactor de gasificación de biomasa

valorizarlo en un motor de combustión interna.

Una ventaja adicional de la gasificación radica en la posibilidad de producir el gas de síntesis para un empleo diferente al de la generación eléctrica, es decir, usarlo para aplicaciones térmicas directas. Tal sería el caso de la oxidación del gas de síntesis en una caldera o en el interior de un horno.

Con el gas de síntesis se puede generar fácilmente electricidad por los sistemas convencionales tras una imprescindible depuración del gas para el correcto funcionamiento de la turbina de gas o el motor de cogeneración. En ese caso, tras la valorización energética no será necesaria una limpieza de los gases producto de la combustión. Si la valorización del gas de síntesis se realiza en ciclo de **Rankine**, generando calor mediante la combustión del gas de síntesis para generar vapor y así producir electricidad, la limpieza de los gases debe producirse antes de su liberación a la atmósfera. En este último escenario debe añadirse que la cantidad de gases procedentes de una incineración siempre son mayores que los resultantes de una gasificación, lo que se traduce en una estación de depuración de gases más reducida. (Conclusión en el próximo número)

5. BIBLIOGRAFÍA

- CARRASCO, J. *Aspectos medioambientales de la producción y uso de la biomasa como recurso energético*. Encuentro Medio Ambiental Almeriense, España. (1998)
- COLIN, F. *Recent developments in sewage sludge processing* eur 13650 Ed. Elsevier. ISBN 1-85166-683-4
- DE JUANA, J. *et al. Energías renovables para el desarrollo internacional* Thomson Editores, España. (2003)
- ELIAS, X. *Comparación de sistemas de conversión energético de fangos de edar*. Ed. Elsevier *Revista Tecnología del agua*. Nº 256. Enero 2005
- ELIAS, X. *La valorización energética de los residuos: una alternativa compatible con el Protocolo de Kíoto*. *Revista Residuos*. Nº 80. Noviembre 2004
- ELIAS, X. *Posibilidades de la pirólisis en el tratamiento de los residuos*. *Revista Residuos*. Nº 68. Noviembre 2002
- ELIAS, X. *Reciclaje de residuos industriales*. Ed. Díaz de Santos. Madrid (2000).
- ELIAS, X. *Secado y tratamiento de fangos de edar*. Ed. Elsevier *Revista Tecnología del agua*. Julio 2002
- ELIAS, X. *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Ed. Díaz de Santos. Madrid (2005).
- ELIAS, X. *¿Usamos todas las energías renovables?* *Revista DYNA*. Nov. 2006. Págs. 28 – 36.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. 2006. *How much Bioenergy can Europe produce without harming the environment*.
- MÉNDEZ I. *La gasificación integrada en ciclo combinado*. *Revista Ibérica. Actualidad Tecnológica*, Febrero de 2004
- MENÉNDEZ, E. *Energía: Factor crítico en la sostenibilidad*. Ed. Netbiblo (2004)
- PORTER, Richard, *Energy savings by waste recycling*. Ed. Elsevier. ISBN 0-85334-353-5
- PROBSTEIN, Ronald F. *Synthetic fuels*. International Student Edition. Ed. McGraw-Hill. ISBN 0-07-Y66489-7 ■