

La biomasa en la producción de electricidad en España

CAYETANO ESPEJO MARÍN

INTRODUCCIÓN

La biomasa es una fuente energética renovable integrada por una variedad relativamente amplia de recursos, entre los que cabe citar los residuos agrícolas y forestales, los subproductos biodegradables, residuos industriales, etc., así como los procedentes de cultivos agrícolas o forestales expresamente desarrollados para poder disponer de materias primas energéticas.

La leña, la paja y otras materias vegetales han sido la fuente de calor en sistemas tradicionales a lo largo de muchos siglos. Durante el siglo XIX y parte del XX la madera se utilizó masivamente en la industria, en el ferrocarril y en los barcos. En el mundo rural se sigue empleando la biomasa como fuente de calor. En los países desarrollados se usa de forma marginal y con tendencia decreciente. Por tanto, queda en el campo un potencial energético sin utilizar, y cuya recuperación puede ser positiva. En cambio, en muchas áreas del tercer mundo la biomasa sigue siendo la base energética de una parte de su población (Menéndez, 2001).

En la actualidad la biomasa se aprovecha fundamentalmente para la producción de calor en viviendas (cocinas, hornos, calderas,...) y en usos

* Cayetano Espejo Marín. Dpto. de Geografía. Universidad de Murcia.

industriales (hornos cerámicos, secaderos industriales,...). Sólo una parte, todavía pequeña, se utiliza para generar electricidad.

PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD A PARTIR DE LA BIOMASA

Biomasa primaria y biomasa residual

Varios son los productos combustibles de biomasa que se pueden dedicar a la producción de electricidad:

- *Residuos forestales*. Su aprovechamiento es en la actualidad complicado. Se puede plantear su transformación mediante astillado con la finalidad de hacer posible su transporte en condiciones económicas viables, obteniéndose un producto manejable y de granulometría homogénea.
- *Residuos agrícolas*. Los leñosos tienen características semejantes a los residuos forestales en cuanto a su naturaleza y disposición, es preciso su tratamiento para que sea posible un transporte barato, por lo que es necesario el astillado o compactación del material obtenido en el campo. En el caso de la paja de cereales de invierno, desde el punto de vista tecnológico, existen equipos convencionales de recogida y preparación para el almacenamiento y transporte que han sido adaptados para una aplicación energética.
- *Residuos industriales*. Tienen un origen muy variado, aunque los de mayor importancia cuantitativa en España son los procedentes de la industria del aceite de oliva.
- *Cultivos energéticos*. Constituyen una alternativa actual a los cultivos de cereal tradicional. Su principal característica es la alta productividad, que, unida a que no contribuyen de manera sensible a la degradación del suelo, hace de ellos un combustible adecuado para su aprovechamiento.

Según J. Fernández (2003), las especies dedicadas a producir biomasa con fines energéticos pueden ser de tipo herbáceo o leñoso, y aunque en ocasiones puedan coincidir con especies utilizadas en cultivos tradicionales o en aprovechamientos silvícolas clásicos, en general la fitotecnia y el manejo de las plantaciones variará sensiblemente respecto a los planteamientos clásicos. En la actualidad, los cultivos destinados a

la producción de biomasa con fines energéticos se pueden agrupar en tres tipos:

- *Cultivos oleaginosos* para la producción de aceite transformable en biodiesel para sustitución del gasóleo de automoción.
- *Cultivos alcoholícenos* para la producción de bioetanol utilizable en sustitución total o parcial de las gasolinas de automoción o para la producción de aditivos antidetonantes exentos de plomo.
- *Cultivos lignocelulósicos* para la producción de biocombustibles sólidos utilizables con fines térmicos, para calefacción, usos industriales o generación de electricidad (agroelectricidad). Entre las especies leñosas propias para esta finalidad cabe destacar el chopo (*Populus*. sp.) y los sauces (*Salix* sp.) en zonas húmedas, y algunas pertenecientes a los géneros *Robinia* y *Eucalyptus* en zonas más secas. Entre las especies herbáceas productoras de biomasa lignocelulósica, la más prometedora en la actualidad para España es el cardo (*Cynara cardunculus* L.), especie típica del área mediterránea perfectamente adaptadas a sus condiciones climáticas, y de la que se podrían cultivar en nuestro país cerca de un millón de hectáreas (Fernández, 2000).

Balance de materia y energía

La recuperación y transformación de biomasa es la opción, entre las energías renovables, que da lugar a mayor creación de empleo. Éste se mantiene a lo largo de la vida de la planta y es mayoritariamente rural. Por tanto, se da un aspecto social positivo que debería ser contemplado por las administraciones públicas. La gestión de la biomasa puede, pese a esto, ser una actividad controvertida desde el punto de vista ambiental. Se darán propuestas que encuentren un amplio consenso respecto a los procesos de recogida y transporte hasta las instalaciones de transformación; pero en otros casos puede haber discrepancias importantes. En cada situación, según E. Menéndez habrá que estudiar los diferentes aspectos presentes en la actividad y en su entorno y estar abiertos a las diferentes sensibilidades de las personas, empresas e instituciones implicadas. La biomasa, antes de su transformación, es un producto cuyo poder calorífico, en la mayoría de los casos, es de tipo medio o bajo y con alto contenido en humedad. Estas características hacen que no se le pueda transportar a largas distancias para su transformación, lo que le confiere un elevado carácter local (Menéndez, 2001).

Parecida es la opinión de S. López (2003), quien afirma que el uso de la biomasa presenta una serie de problemas:

- Baja densidad energética, que obliga a la utilización de procesos de combustión mucho más complejos que los utilizados para combustible convencionales.
- Alto contenido en humedad, que precisa de la desecación de la masa en un proceso previo al de combustión de la misma.
- Dispersión de la producción, que provoca un aumento de los costes de transportes, y por tanto reduce la rentabilidad de las inversiones.
- Corto periodo de almacenamiento, debido a que al ser materia orgánica se producen procesos internos que la pueden degradar, inutilizándola para los fines iniciales para los que estaba destinada.

Consideraciones ambientales

La combustión de la materia orgánica produce dióxido de carbono, uno de los gases con mayor incidencia en el efecto invernadero. Por tanto, la característica que más distingue a la biomasa del resto de energías renovables es la producción de dióxido de carbono en su consumo. Sin embargo, se considera que este efecto está compensado dado que el dióxido originado en su combustión se ha fijado previamente desde la atmósfera en los elementos orgánicos objeto de combustión y, por tanto, su utilización no incrementa la concentración de gases de efecto invernadero (Unesa, 2001).

No obstante, D. Romano (2002) realiza una serie de consideraciones para el desarrollo de la biomasa como energía renovable:

- El balance energético debe ser positivo. La energía obtenida con el aprovechamiento de la biomasa debe ser superior a la necesaria para producirla, transportarla y procesarla.
- El balance del carbono debe ser nulo o negativo. El carbono liberado durante la producción, transporte y aprovechamiento, debe ser inferior al absorbido o fijado por la propia biomasa.
- Se deben utilizar los excedentes tras garantizar la fertilidad del suelo. La realización de balances de materia orgánica puede ser un criterio para calcular los excedentes.
- Es necesario caracterizar previamente la biomasa a aprovechar. Para lo que es preciso determinar posible presencia de residuos tóxicos y realizar

pruebas de combustión o digestión que determinen la formación de tóxicos durante el proceso y las mejores tecnologías a utilizar.

La planta de biomasa de 25 MW de Sangüesa (Navarra) dispone de un dispositivo de control de emisiones que proporciona todos los datos en tiempo real a quienes operan en ella y a las autoridades ambientales. Se conocen asimismo las emisiones generales de la zona en la que se asienta la planta. Estas emisiones están por debajo de los límites marcados por la normativa europea y española para este tipo de instalaciones. Los inquemados de la combustión y las cenizas resultantes de la misma se acumulan en sendas tolvas y son posteriormente utilizados como abonos y fertilizantes agrícolas (EHN, 2004).

INCENTIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE LA BIOMASA

La biomasa en el Régimen Especial de la Producción de Energía Eléctrica

La Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, establece los principios de un nuevo modelo de funcionamiento, en lo referente a la producción, y que están basados en la libre competencia. La Ley hace compatible este fundamento con la consecución de otros objetivos tales como la mejora de la eficiencia energética, la reducción del consumo y la protección del medio ambiente, por otra parte necesarios en función de los compromisos adquiridos por España en la reducción de gases productores del efecto invernadero. Para su ejecución establece la existencia de un régimen especial de producción de energía eléctrica, como régimen diferenciado del ordinario. En este último, el esquema regulador es el mercado de producción en el que se cruzan ofertas y demandas de electricidad y donde se establecen los precios como consecuencia de su funcionamiento como mercado organizado.

En el Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre Producción de Energía Eléctrica por Instalaciones Abastecidas por Recursos o Fuentes de Energía Renovables, Residuos y Cogeneración¹, se impulsa el desarrollo de las instalaciones de régimen especial mediante la creación de un marco

1. La cogeneración es una tecnología que permite la producción y aprovechamiento combinado de calor y electricidad.

favorable sin incurrir en situaciones discriminatorias que pudieran ser limitadoras de una libre competencia, aunque estableciendo situaciones diferenciadas para aquellos sistemas energéticos que contribuyan con mayor eficacia a los objetivos antes señalados.

Para alcanzar este logro se establece un sistema de incentivos temporales para aquellas instalaciones que requieren de ellos para situarse en posición de competencia en un mercado libre. En las instalaciones basadas en energías renovables y de residuos, el incentivo establecido no tiene límite temporal debido a que se hace necesario internalizar sus beneficios medioambientales y a que, por sus especiales características y nivel tecnológico, sus mayores costes no les permite la competencia en un mercado libre.

En referencia a la biomasa, se pueden acoger al régimen especial establecido en este Real Decreto aquellas instalaciones de producción de energía eléctrica con potencia eléctrica instalada inferior o igual a 50 megavatios, que reúnan las siguientes características:

- a) Centrales que utilicen como combustible principal biomasa primaria, entendiéndose como tal el conjunto de vegetales de crecimiento menor de un año, que pueden utilizarse directamente o tras un proceso de transformación, para producir energía (recursos naturales y plantaciones energéticas). Se entenderá como combustible principal aquel que suponga como mínimo el 90 % de la energía primaria utilizada, medida por el poder calorífico inferior.
- b) Centrales que utilicen como combustible principal biomasa secundaria, entendiéndose como tal el conjunto de residuos de una primera utilización de la biomasa, principalmente estiércoles, lodos procedentes de la depuración de aguas residuales, residuos agrícolas, forestales, biocombustibles y biogás. Se entenderá como combustible principal aquel que suponga como mínimo el 90 % de la energía primaria utilizada, medida por el poder calorífico inferior.
- c) Centrales que utilizan energías incluidas en los dos grupos anteriores, junto con combustibles convencionales, siempre que éstos no supongan más del 50 % de la energía primaria utilizada, medida por el poder calorífico inferior.

En el Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Este Real Decreto tiene como objetivo unificar la normativa de desarrollo de la Ley del Sector Eléctrico, en lo que se refiere a la producción de energía eléctrica en régimen especial, en particular en relación al régimen económico de estas instalaciones.

Se define un sistema basado en la libre voluntad del titular de la instalación, que puede optar por vender su producción o excedentes de energía eléctrica a la empresa distribuidora, percibiendo por ello una retribución en forma de tarifa regulada, o bien por comercializar dicha producción o excedentes directamente en el mercado diario, en el mercado a plazo o a través de un contrato bilateral, percibiendo en este caso el precio negociado en el mercado, más un incentivo por participar en él y una prima, si la instalación concreta tiene derecho a percibirla.

Cualquiera que sea el mecanismo retributivo por el que se opte, el Real Decreto garantiza a los titulares de las instalaciones en régimen especial una retribución razonable para sus inversiones, y a los consumidores de electricidad una asignación también suficiente de los costes imputables al sistema eléctrico.

Con este Real Decreto se pretende que en el año 2010 cerca de un tercio de la demanda de electricidad esté cubierta por tecnologías de alta eficiencia energética y por energías renovables, sin incrementar el coste de producción del sistema eléctrico, respecto a las previsiones que sirvieron para fijar la metodología de tarifas en el año 2002. Con esta aportación del régimen especial, posiblemente se alcance el objetivo fijado en la Ley del Sector Eléctrico de conseguir que en el año 2010 las fuentes de energía renovable cubran, al menos, el 12 % del total de la demanda energética en España.

En este Real Decreto se incluyen las siguientes centrales de biomasa:

- a) Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de cultivos energéticos, de residuos de las actividades agrícolas o de jardinería, o residuos de aprovechamientos forestales y otras operaciones silvícolas en las masas forestales y espacios verdes.
- b) Centrales que utilicen como combustible principal biomas procedente de estiércoles, biocombustibles o biogás procedente de la digestión anaerobia de residuos agrícolas y ganaderos, de residuos biodegradables de instalaciones industriales o de lodos de depuración de aguas residuales, así como el recuperado en los vertederos controlados..
- c) Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de instalaciones industriales del sector agrícola y forestal, o mezcla de los combustibles principales anteriores.

Política Energética de Apoyo a la Biomasa

El *Plan de Fomento de las Energías Renovables*, aprobado por el Gobierno en diciembre de 1999, pone gran parte de sus expectativas en el aprovechamiento de la biomasa en sus distintas formas, como elemento imprescindible para conseguir el objetivo de presencia del 12 % de las energías renovables en el balance de la energía primaria nacional. Así prevé que la producción de la biomasa para la producción de electricidad alcance una potencia instalada en 2010 de 1.900 MW y una producción anual de 14.000 millones de kilovatios/hora (kWh), multiplicando por diez los niveles de 1998.

Este Plan contempla que una de las medidas necesarias para propiciar la generación eléctrica con biomasa es que reciba la prima adecuada que le permita aproximarse al umbral de rentabilidad requerido por los agentes inversores. Se considera que esta prima debería permitir hasta alcanzar un precio de compra de la electricidad igual al 90 % del precio medio de la tarifa eléctrica para el consumidor, modulable en función de la potencia eléctrica de los proyectos. Disponer de una prima en un nivel económico adecuado permitirá a estas instalaciones ofrecer un precio de compra de la biomasa viable para el agricultor o suministrador de biomasa residual, con lo cual el ciclo de la biomasa para producción eléctrica podría comenzar.

También se recoge en el Plan que es necesario impulsar la formación de entidades para la aplicación de la biomasa para la generación eléctrica o cogeneración, en las que concurren agentes que estén relacionados con la producción eléctrica, por un lado, y con los productores de combustible, por otro. Para este tipo de aplicaciones sería necesaria la combinación de distintos tipos de residuos y cultivos de diversas procedencias y, desde el punto de vista tecnológico, fomentar medidas que impulsen la eficiencia energética en la generación eléctrica con biomasa, entre ellas, la gasificación, que constituye una vía cuya demostración resulta necesaria.

Otras medidas que hacen falta para impulsar la generación eléctrica con biomasa son las desgravaciones fiscales, el apoyo público a la inversión, el desarrollo de las campañas de difusión y concienciación, las acciones educativas, la puesta en marcha de proyectos de demostración y difusión, actuaciones tecnológicas y de I+D, y la creación de líneas de financiación adaptadas a este tipo de proyectos.

En el horizonte del año 2006 las inversiones asociadas se estiman en 1.550 millones de euros. Además de los incentivos fiscales se aplicarán como ayudas públicas un total de 120 millones de euros para subvenciones

al tipo de interés a lo largo de dicho período. Las primas a la producción eléctrica durante el período supondrán 612 millones de euros.

Las previsiones energéticas para el final del período 2010 son de un aumento de la contribución energética a partir de biomasa de 6 millones de tep², repartidas entre biomasa residual y cultivos energéticos, y que, en el ámbito de la aplicación se distribuirán en 900.000 tep para aplicaciones térmicas y 5.100.000 tep para aplicaciones eléctricas. En el cuadro 1 se recoge la distribución de este objetivo tanto en lo referente al origen de la biomasa utilizada, como a su aplicación energética, teniendo en cuenta en el primer caso superficies afectadas y rendimientos en producciones y energía.

CUADRO 1. DISTRIBUCIÓN POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS DE LOS OBJETIVOS ENERGÉTICOS 1999-2010 (TEP) DE APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA

| Comunidad Autónoma | Cultivos energéticos | Residuos forestales | Residuos agrícolas leñosos | Residuos agrícolas herbáceos | Residuos de ind. Forestales y agrícolas | Total |
|--------------------|----------------------|---------------------|----------------------------|------------------------------|---|-----------|
| Andalucía | 463.727 | 40.753 | 92.993 | 197.877 | 141.506 | 936.855 |
| Aragón | 534.355 | 32.128 | 29.607 | 125.445 | 15.427 | 736.962 |
| Asturias | 0 | 11.218 | 861 | 374 | 9.736 | 22.189 |
| Baleares | 0 | 0 | 4.615 | 3.755 | 5.915 | 14.285 |
| Canarias | 0 | 0 | 1.052 | 347 | 7.246 | 8.645 |
| Cantabria | 0 | 8.461 | 0 | 314 | 3.202 | 11.977 |
| Castilla-La Mancha | 785.574 | 37.075 | 50.727 | 203.973 | 36.495 | 1.113.844 |
| Castilla y León | 945.549 | 120.464 | 7.964 | 491.365 | 28.365 | 1.593.707 |
| Cataluña | 89.504 | 30.225 | 45.032 | 103.949 | 56.228 | 324.938 |
| Extremadura | 266.056 | 44.016 | 22.586 | 65.304 | 16.531 | 414.493 |
| Galicia | 0 | 72.234 | 2.175 | 31.129 | 66.130 | 171.668 |
| Madrid | 69.966 | 4.257 | 2.583 | 17.351 | 13.542 | 107.699 |
| Murcia | 100.750 | 9.544 | 23.134 | 2.654 | 8.633 | 144.715 |
| Navarra | 94.520 | 6.324 | 4.020 | 56.826 | 7.958 | 169.648 |
| La Rioja | 0 | 4.080 | 10.915 | 16.788 | 3.203 | 34.986 |
| C. Valenciana | 0 | 17.971 | 50.606 | 16.730 | 45.212 | 130.519 |
| País Vasco | 0 | 11.218 | 1.129 | 15.818 | 34.795 | 62.960 |
| Total | 3.350.000 | 450.000 | 350.000 | 1.350.000 | 500.000 | 6.000.000 |

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Plan de Fomento de las Energías Renovables.

En cuanto a organismos dedicados a la investigación en biomasa está el Centro de Desarrollo de Energías Renovables, dependiente del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, y situado en la proximidades de la ciudad de Soria. Su actividad se centra en el campo del aprovechamiento energético de la biomasa y tiene entre sus dos grandes objetivos están:

2. Toneladas equivalentes de petróleo.

- La realización de estudios a escala local, regional y nacional sobre producción y/o evaluación de recursos de biomasa, tanto cultivos energéticos como residuos (forestales, agrícolas y agroindustriales), así como de las operaciones previas a la utilización de estos materiales en las plantas de conversión energética.
- La determinación del potencial real y las posibilidades de comercialización en España de los cultivos energéticos y de las biomásas residuales mediante el cálculo de sus costes de producción, recolección, almacenaje, transporte y pretratamiento.

Las dos líneas básicas de actividad de I+D del Centro de Desarrollo de Energías Renovables comprenden los aspectos más relevantes de estudio de la cadena de la biomasa como combustible en procesos de obtención de calor y electricidad. La primera de las líneas está dedicada a la producción y evaluación de recursos de biomasa, y abarca el estudio de aspectos básicos referidos a la producción, disponibilidad y preparación del combustible biomásico para su uso en los procesos energéticos. La segunda analiza la conversión termoquímica de la biomasa, y comprende el estudio de los citados procesos, entre los que destacan la combustión y gasificación.

EVOLUCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA

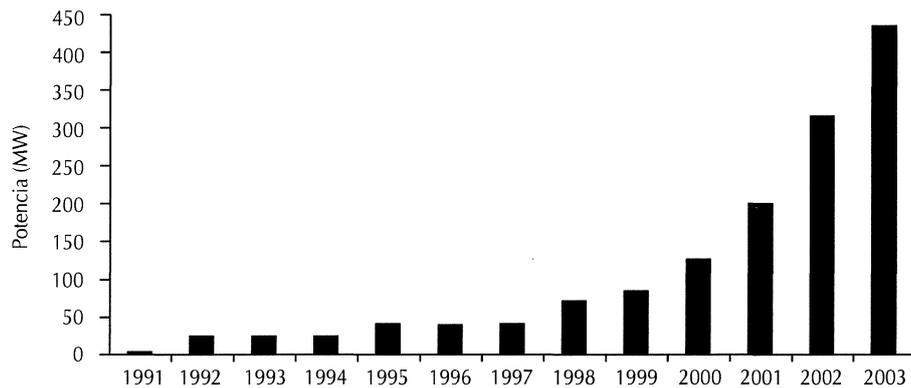
Evolución de la potencia instalada

La existencia de un marco legal de apoyo a las energías renovables ha animado a la constitución de sociedades con el fin de poner en marcha proyectos de centrales para la generación de electricidad con biomasa, al igual que ha ocurrido con otros tipos de energías renovables.

España ha pasado de contar con una potencia en instalaciones de este tipo que no llega a un megavatio en 1991, a 420 MW en 2003 (figura 1). En el breve periodo de tiempo transcurrido entre ambos años se dan dos etapas. La primera comprende hasta 1997, y presenta dos trienios en los que la capacidad instalada se mantiene estabilizada. En cambio, a partir de 1998 se inicia un periodo de grandes incrementos anuales que llega hasta la actualidad. Dos hechos explican esta evolución positiva: la promulgación de la Ley 54/1997 del Sector Eléctrico, que tiene entre sus objetivos la protección del medio ambiente; y el Real Decreto 2818/1998 sobre Producción de Energía Eléctrica por Instalaciones Abastecidas por Recursos o Fuentes de

Energía Renovables, Residuos y Cogeneración; con el que se establece un sistema de incentivos temporales para este tipo de centrales de generación eléctrica.

FIGURA 1. EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA EN CENTRALES DE BIOMASA EN ESPAÑA. 1991-2003.



Fuente: Comisión Nacional de Energía. Información Estadística sobre las Ventas de Energía del Régimen Especial.

La evolución de la potencia instalada presenta distintas situaciones en cada Comunidad Autónoma, por ello se ha confeccionado el cuadro 2.

CUADRO 2. POTENCIA INSTALADA EN CENTRALES DE BIOMASA. COMUNIDADES AUTÓNOMAS. 1998-2003. MW.

| | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|--------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Andalucía | 12,90 | 19,25 | 55,38 | 60,62 | 96,20 | 114,53 |
| País Vasco | 12,53 | 12,53 | 12,53 | 25,06 | 25,54 | 45,54 |
| Galicia | 32,44 | 32,44 | 32,44 | 32,44 | 40,98 | 43,84 |
| Navarra | 1,94 | 1,94 | 1,94 | 1,94 | 40,42 | 40,42 |
| Madrid | | | | | | 36,80 |
| Castilla-La Mancha | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 26,04 | 26,04 | 33,62 |
| Asturias | 5,50 | 7,32 | 7,32 | 7,32 | 33,32 | 33,32 |
| Cataluña | 0,50 | 0,50 | 2,40 | 4,78 | 11,43 | 24,10 |
| Aragón | | | | 21,75 | 21,75 | 21,75 |
| C. Valenciana | | | 3,34 | 5,85 | 9,38 | 9,38 |
| La Rioja | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
| Castilla y León | 0,25 | 0,25 | 0,03 | 0,85 | 4,88 | 4,88 |
| Murcia | | 1,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 3,06 |
| Cantabria | 1,43 | 1,43 | 2,39 | 2,39 | 2,39 | 2,39 |
| Extremadura | | | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 |
| TOTAL | 73,29 | 82,50 | 126,91 | 197,39 | 320,68 | 419,91 |

Fuente: Comisión Nacional de Energía. Información Estadística sobre las Ventas de Energía del Régimen Especial.

Distribución territorial de la potencia

La capacidad instalada en centrales de biomasa a finales de 2003 por provincias queda expuesta en el cuadro 3.

Andalucía es la región con mayor capacidad, ya que cuenta con más de una cuarta parte del total de España. Salvo Almería, las demás provincias andaluzas disponen de centrales de este tipo. Predominan las que utilizan para su funcionamiento subproductos obtenidos de la producción de aceite de oliva, y se localizan en las provincias de Córdoba, Jaén y Málaga. Está previsto que la electricidad generada con biomasa en Andalucía se duplique en 2006 con la entrada en funcionamiento de las 11 plantas que están en promoción a comienzos de 2004, y que suman una potencia total de 80 MW. Con ello se podrán cumplir el objetivo del Plan Energético de Andalucía para el año 2006, que establece una potencia de 167 MW para la biomasa.

CUADRO 3. POTENCIA INSTALADA EN CENTRALES DE BIOMASA. 2003. MW.

| Provincia | Potencia | % España | Provincia | Potencia | % España |
|-------------|----------|----------|--------------------|----------|----------|
| Córdoba | 40,970 | 9,77 | CASTILLA-LA MANCHA | 33,616 | 8,01 |
| Huelva | 40,950 | 9,76 | ASTURIAS | 33,320 | 7,94 |
| Jaén | 20,250 | 4,83 | Barcelona | 22,070 | 5,26 |
| Málaga | 9,150 | 2,18 | Lérida | 1,332 | 0,32 |
| Sevilla | 2,012 | 0,48 | Tarragona | 0,700 | 0,17 |
| Granada | 0,624 | 0,15 | CATALUÑA | 24,102 | 5,74 |
| Cádiz | 0,569 | 0,14 | Zaragoza | 21,750 | 5,18 |
| ANDALUCÍA | 114,525 | 27,30 | ARAGÓN | 21,750 | 5,18 |
| Guipúzcoa | 28,653 | 6,83 | Valencia | 5,410 | 1,29 |
| Vizcaya | 16,233 | 3,87 | Alicante | 3,966 | 0,95 |
| Álava | 0,653 | 0,16 | COMUNIDAD | | |
| PAÍS VASCO | 45,539 | 10,85 | VALENCIANA | 9,376 | 2,23 |
| Pontevedra | 29,500 | 7,03 | LA RIOJA | 5,000 | 1,19 |
| La Coruña | 11,043 | 2,63 | Soria | 4,282 | 1,02 |
| Orense | 2,938 | 0,70 | Valladolid | 0,601 | 0,14 |
| GALICIA | 43,481 | 10,36 | CASTILLA Y LEÓN | 4,883 | 1,16 |
| NAVARRA | 40,420 | 9,63 | REGIÓN DE MURCIA | 3,060 | 0,73 |
| MADRID | 36,795 | 8,77 | CANTABRIA | 2,385 | 0,57 |
| Ciudad Real | 22,800 | 5,43 | Badajoz | 1,300 | 0,31 |
| Toledo | 6,816 | 1,62 | EXTREMADURA | 1,300 | 0,31 |
| Cuenca | 4,000 | 0,95 | TOTAL ESPAÑA | 419,552 | 100 |

Fuente: Comisión Nacional de Energía. Información Estadística sobre las Ventas de Energía del Régimen Especial.

En segundo lugar se sitúan el País Vasco, Galicia y Navarra. Las tres regiones aportan cada una al total de España una cifra próxima al 10 %. En Navarra la planta de biomasa construida por la corporación Energía

Hidroeléctrica de Navarra representa una experiencia inédita en el sur de Europa en el aprovechamiento de la paja para la producción de electricidad. Cuenta con 25 MW y en 2003, todavía en fase de pruebas y puesta a punto, produjo 170 millones de kW/h.

En un tercer grupo se incluyen las comunidades de Madrid, Castilla-La Mancha y Asturias, con una aportación alrededor del 8 % en cada caso.

En las otras regiones la presencia de centrales de biomasa es escasa. En Aragón, sólo la provincia de Zaragoza dispone de estas instalaciones. En Castilla y León, a pesar de su gran extensión territorial, sólo hay en las provincias de Soria y Valladolid, pero con una potencia tan reducida que la suma de ambas apenas aporta el 1 % al total de la capacidad instalada en España. Con contribuciones más reducidas, y por tanto con un carácter testimonial se sitúan la Región de Murcia, Cantabria y Extremadura. Baleares y Canarias son las dos comunidades que no cuentan con centrales de biomasa para la generación de electricidad.

Ejemplos de centrales de biomasa

La aplicación de la biomasa a la generación eléctrica experimenta su desarrollo en España durante los años noventa del siglo pasado. Las primeras que se ponen en funcionamiento son de pequeño tamaño, en torno a los 2 MW, como es el caso de la central de Sant Pere de Torelló (Gerona) que quema residuos de la industria juguetera y otros residuos madereros, o la de Allariz (Orense) que utiliza residuos de la limpieza del bosque. Las construidas con posterioridad presentan una mayor capacidad, como la de Sangüesa (Navarra), de 25 MW y que usa paja como combustible. A continuación se relacionan varios de los ejemplos más significativos.

- a) Con el objetivo de rentabilizar la necesaria limpieza de los montes, valorizando los residuos de madera, y a la vez mejorar la calidad de las instalaciones y servicios municipales, la sociedad Allarluz S.A. en 1998 inaugura en Allariz (Orense) una planta de cogeneración que utiliza como combustible los residuos forestales de la zona y residuos industriales de los aserraderos y fábricas de tableros de la comarca. La planta cuenta con una potencia de 2,35 MW y produce energía eléctrica, que es adquirida por Unión Fenosa, y calor para distintos usos (Quintana, 2002).
- b) La industria olivarera en sus procesos de extracción de aceite genera residuos contaminantes que tienen un buen valor energético, aprove-

chables como biomasa combustible destinada a la generación de electricidad. La primera experiencia en esta línea se desarrolla a mediados de los años noventa. En 1995 se inaugura la planta de El Tejar en la localidad de Palenciana (Córdoba), con una potencia de 13 MW. En 1991 se crea la sociedad Vetejar S.L. promovida por la Cooperativa Oleícola El Tejar, cooperativa de segundo grado que agrupa a 95 entidades asociativas con más de 40.000 agricultores que cultivan más de 300.000 hectáreas de olivar. La titularidad de la central la comparten al 50 % la empresa Vetejar, y Abengoa junto con Sevillana de Electricidad (Osorio, 1998).

Endesa Cogeneración y Renovables ha fomentado la utilización del orujillo³ como combustible para generación de electricidad. Los resultados son dos plantas de 16 MW, de idéntico diseño y características. La planta de Enemansa se encuentra en Villarta de San Juan (Ciudad Real) y es propiedad de la sociedad Energías de la Mancha S.A. (Enemansa), empresa participada por Endesa Cogeneración y Renovables (52 %), Aceites Pina S.A. (24 %) y la Agencia de Gestión de la Energía de Castilla-La Mancha (24 %). La totalidad del combustible utilizado es el orujillo procedente de la extractora de Aceites Pina en la misma localidad. De manera paralela a esta instalación, la filial de la mayor empresa eléctrica española ha construido otra con la denominación de La Loma, en Villanueva del Arzobispo (Jaén). La única diferencia relevante entre ambas plantas es que la de Jaén ha tenido que construir un parque de combustible con capacidad para ochenta mil toneladas, debido a que el suministro de orujillo proviene de varias instalaciones que no disponen de parques de almacenamiento (Guinea, 2002).

Durante el último quinquenio el interés por la biomasa del olivar ha ido en aumento, tanto en el sector productor de aceite, como por parte de las empresas dedicadas a la producción de energía eléctrica. Los primeros son conscientes de que disponen de un producto que está aumentando su valor debido al desarrollo de nuevos proyectos de

3. La molturación de la aceituna permite la obtención de aceite como aprovechamiento principal. La masa resultante, denominada orujo, ha permitido el desarrollo de un sector industrial dedicado a la extracción de aceite de orujo. El residuo obtenido se llama orujillo, y tradicionalmente se ha destinado para aprovechamiento energético, primero para calentar agua en las propias almazaras, y sobre todo en los grandes hornos de las fábricas de cerámica (Osorio, 1998).

centrales eléctricas, y las segundas han detectado la existencia de una biomasa disponible anualmente, concentrada en pocos productores. En septiembre de 2003 existen en España 6 centrales eléctricas en funcionamiento, 4 en la provincia de Córdoba, 1 en la provincia de Jaén y 1 en la provincia de Ciudad Real, que utilizan orujo como combustible, y que suman una potencia instalada de 74 MW, más una en pruebas en la provincia de Málaga, cuyo funcionamiento se prevé para comienzos de 2004. Por otro lado, en construcción hay una en la provincia de Málaga de 10 MW y otra en la de Córdoba de 14 MW (Cabrera, 2003).

- c) A comienzos de 2001 se conecta a la red la planta de biomasa de la Cooperativa Frutos Secos El Mañán. Ubicada en el municipio de Pino-so (Alicante), cuenta con una potencia de 3,35 MW y emplea como combustible cáscara de almendra, producto de un alto poder calorífico. Esta planta está equipada para el consumo de otros combustibles agrícolas, como podas de viñas y olivos, con el fin de tener asegurado su funcionamiento a pleno rendimiento en años de baja producción de almendra.
- d) En 2002 entra en funcionamiento en Sangüesa (Navarra) la primera planta de generación eléctrica de España que emplea paja de cereal como combustible, promovida por EHN (Energía Hidroeléctrica de Navarra) (90 %) y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (10 %). Tiene una potencia de 25 MW, por lo que con un funcionamiento anual de 8.000 horas producirá 200 millones de kWh al año, con un consumo de 160.000 toneladas de paja de cereal (trigo, cebada, maíz). En su proyecto y construcción se han invertido 51 millones de euros. Por las innovaciones técnicas que incorpora y por la singularidad de su arquitectura, esta planta está llamada a ser un auténtico hito del desarrollo de la biomasa en España y en el sur de Europa, y constituye ya una referencia obligada para el sector (Itoiz, C. et al., 2001; Erviti, 2002).
- Esta planta ha supuesto un reto logístico para EHN, debido a la necesidad de garantizar el abastecimiento de paja mediante contratos de suministro a largo plazo con agricultores, cooperativas y profesionales del mercado de la paja. Igualmente ha supuesto un reto técnico, destinado a evitar los riesgos de corrosión en caldera y de sinterización de las cenizas que podría producir la combustión de la paja (EHN, 2004).
- e) A finales de 2002, los proyectos más avanzados para el consumo de cardos como biomasa para la generación de electricidad se localizan en los

municipios de Quintanadueñas (Burgos) y Alcalá de Gurrea (Huesca). Ambos proyectos son idénticos: dos centrales de biomasa con una potencia de 12 MW que consumirán 90.000 toneladas de combustible al año cada una, procedente del cultivo de cardos preferentemente, y de paja de cereal; con una producción prevista neta anual de unos 100 millones de kWh. Para la puesta en marcha de la construcción de ambas centrales, en el año 2000 se constituye en Burgos la sociedad Cultivos Energéticos de Castilla S.A., formada por las empresas Sinae⁴ y Sufisa, ambas con amplia experiencia en el campo de las energías renovables. Con posterioridad se incorporan como socios el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, El Ente Regional de Energía de Castilla y León, la Caja Municipal de Burgos, la Caja de Ahorros del Circulo Católico y la Caja Rural de Burgos. Sinae y Sufisa también cuentan con la mayor parte del capital de Biomosas del Pirineo S.A., sociedad creada para la explotación de la planta de Huesca. En este proyecto también participan el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, el Gobierno Aragonés y la Caja Rural de Huesca.

PROBLEMAS PARA EL DESARROLLO DE LA BIOMASA COMO FUENTE ENERGÉTICA EN ESPAÑA

Aunque en los últimos años se han puesto en marcha varias centrales de biomasa en España, el desarrollo de esta tecnología está siendo más lento de lo previsto, tal y como se desprende de las previsiones establecidas en el Plan de Fomento de las Energías Renovables. Técnicos, empresas del sector, sindicatos y ecologistas señalan que es preciso tomar una serie de medidas si verdaderamente se quiere impulsar la biomasa como fuente energética en España.

En diciembre de 2002, con motivo de la celebración de las jornadas *Aportación de la Biomasa al Desarrollo de las Energías Renovables*, organizadas por el Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS) de Comisiones Obreras y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Greenpeace, Ecologistas en Acción, Comisiones Obreras y la Asociación de Productores de Energías Renovables, con el fin de aumentar el apoyo para el desarrollo de la biomasa, firmaron un acuerdo sobre las

4. Empresa participada en un 80 % por Hidrocantábrico y en un 20 % por Corporación Financiera Caja Madrid.

condiciones medioambientales en que debe desarrollarse la biomasa, para de este modo hacer llegar a los poderes públicos una serie de demandas con el fin que en el ejercicio de las competencias que les corresponden hagan viable ese desarrollo.

A las ventajas comunes al resto de las energías renovables como son su carácter autóctono, el respeto por el medioambiente, la creación de más empleo que las fuentes convencionales, favorecer el equilibrio regional al encontrarse repartido el recurso por todo el territorio y, en definitiva, su contribución a la diversificación energética y la generación distribuida geográficamente que son los objetivos energéticos, compartidos 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 los bosques, la prevención de la erosión, la reducción de los daños por incendios y la fijación de la población rural.

Una de las principales causas para el retraso de la biomasa en el cumplimiento del Plan de Fomento de las Energías Renovables es la ausencia de rentabilidad de las plantas de producción de electricidad por los precios a los que actualmente se retribuyen los kWh generados por esta tecnología. Es necesaria una subida de las primas para hacer que estos proyectos sean replicables en forma masiva.

También la ausencia de apoyos logísticos para asegurar el recurso de las plantas, la necesidad de confluencias de distintas política energéticas, agrícolas, medioambientales, económicas y de empleo que hoy no se dan, el desconocimiento de las posibilidades de esta tecnología por parte de otras instituciones como ayuntamientos, son barreras que dificultan el desarrollo previsto y necesario.

Con la tendencia actual no se cumplirán los objetivos del Plan de Fomento (1.900 MW) y mucho menos con la previsión (3.000 MW) del Plan de Infraestructuras Energéticas aprobado en 2002 por el Gobierno.

Por todo ello, los cuatro firmantes del acuerdo reclaman a los poderes públicos:

- La elaboración y puesta en marcha de políticas interdepartamentales coordinadas (Medio Ambiente, Agricultura, Trabajo, Economía, etc.) que articulen todas las facetas que implica el desarrollo de esta tecnología.
- La creación de canales logísticos y de almacenamiento del recurso que valore el excedente no utilizado.

- El mantenimiento de las ayudas en origen a las tareas agrícolas y silvícolas medioambientalmente útiles.
- Que todos los cultivos energéticos sean considerados por la Política Agraria Común de la Unión Europea.
- La supresión de la distinción actual entre biomasa primaria y secundaria.
- El incremento lineal de la retribución de la biomasa –vía prima y/u otros mecanismos– en el entorno de 1,80 céntimos de euro por kWh.
- Las primas a la biomasa deberán estar vinculadas al cumplimiento de estos criterios medioambientales.
- Que se permitiera sumar las primas por la utilización de esta tecnología y las atribuidas a la cogeneración cuando una central efectúe ambas actividades.

En junio de 2002 se celebra un encuentro tecnológico organizado por la Agencia de Gestión de la Energía de Castilla-La Mancha (AGECAM, S.A.) en el marco de la Red OPET (Red para la Promoción de Tecnologías Energéticas), con la denominación *El Principal Problema de la Biomasa: la Logística de Aprovisionamiento*. A esta reunión asisten representantes de los sectores energético, agrícola, forestal y de fabricación de maquinaria. J.A La Cal (2002) recopila las principales conclusiones que se extraen de este encuentro, relativas a los problemas que afectan en la actualidad a los proyectos de valorización energética de la biomasa:

- Necesidad de una mayor implicación de las administraciones con competencias en el campo de la biomasa, fundamentalmente agricultura y medioambiente, además de industria y hacienda.
- Inexistencia de un escenario favorable (primas, subvenciones, exenciones fiscales, etc.) que permita afrontar con garantías los excesivos riesgos de los proyectos.
- Dificultad para acometer proyectos con biomasa “difíciles” como la agrícola y la forestal, para las cuales la logística se convierte en un aspecto clave debido a los excesivos costes que supone.
- Carencia de tecnologías nacionales que permitan solucionar los problemas de combustión de determinadas biomasa.
- Excesivas garantías de las entidades financieras para la financiación de los proyectos.
- Inexistencia de consenso sobre el tamaño óptimo de las plantas, existiendo un amplio espectro que va desde los 3 hasta los 25 MW.

- Necesidad de avanzar en el concepto de “calderas multicomcombustible” que permitan emplear diferentes fuentes de biomasa compatibles.
- Existencia de discrepancias sobre la consideración para determinados tipos de biomasa de “residuo” o “subproducto”. En ocasiones se generan distorsiones y se paga por un residuo y se cobra por un subproducto. Incluso se compite por valorizar energéticamente materias que sirven como materia prima para la fabricación de productos de mayor valor añadido o poseen usos alternativos más nobles.
- Necesidad de suprimir ciertas prácticas agrícolas como la quema de restos de podas a cielo abierto, para lo cual existe tecnología disponible de astillado y triturado. Para ello la Administración ha de aportar alternativas que permitan a los agricultores disponer de opciones fiables técnica y económicamente que eviten los riesgos de incendios y que reduzcan los costes en que han de incurrir sin ningún beneficio. La PAC ya incluye el concepto de “Ecocondicionalidad de las ayudas”.
- Importancia de la normalización de los biocombustibles como un aspecto fundamental para la penetración de la biomasa en el mercado.
- Impulso de las aplicaciones térmicas de la biomasa, en las cuales han de apoyarse aquellas biomásas difíciles como las agrícolas, las forestales o los cultivos energéticos. A su vez hay que avanzar en determinados aspectos normativos y referentes a emisiones de dióxido de carbono y partículas de este tipo de instalaciones.

En referencia a los problemas con los que se encuentra la producción energética con biomasa, también son de gran interés las conclusiones a las que se llega en el *Informe sobre Biomasa Agrícola y Forestal en España. Análisis de la legislación relativa a las fuentes de energía renovables en los Estados miembros de la Unión Europea*, a través del Programa Altener, y dentro del Proyecto ENER-IURE Fase III. Se apunta que en las conclusiones de este trabajo se quiere hacer una apuesta por el futuro e intentar dar luz a este marasmo que es la normativa de las energías renovables de la biomasa:

- Es necesario que se dote al sector de una normativa básica a escala nacional, acorde con los criterios de uniformidad con los demás países europeos que establezca la Unión. Dicha normativa debe ser exhaustiva, a la vez que basada en un régimen de fomento del uso de las energías renovables de la agricultura, la ganadería y la silvicultura.
- Respecto de la materia forestal es preciso establecer las pautas que regulen el uso energético principalmente de la madera y sus derivados, de

modo que se favorezcan y normalicen usos tradicionales de nuestras zonas rurales, hoy en vías de desaparición, señalando las épocas, clases de madera, precauciones y responsabilidades derivadas de la actividad.

- Finalmente, la gestión energética de los residuos de industrias ganaderas, forestales o agrícolas debe ser contemplada como una vía de ahorro de energía, pero también como fundamental solución para los problemas ambientales, por lo que es necesaria una normativa de fomento de tales actividades, a la vez que normalizar la composición de los purines u orujos, especialmente a efectos ambientales.
- Se trata en definitiva de establecer las reglas del juego en un sector carente de tales: estándares de calidad, normas de uso, responsabilidades ambientales o de otro tipo, reglas de fomento, e incluso, aunque nos duela, regímenes sancionadores, y todo ello en bien de la economía en general, de la actividad agro-ganadero-forestal en particular, y de toda la sociedad.

CONCLUSIONES

España cuenta con abundantes productos utilizables como biomasa para la generación de electricidad. A pesar de ello, hasta finales de los años noventa no se construyen centrales con una potencia reseñable destinadas a esta finalidad.

La Ley 54/1997 del Sector Eléctrico tiene en la protección del medio ambiente uno de sus objetivos. De ahí que a partir de entonces se impulse la instalación de centrales de energías renovables, entre las que se incluyen las de biomasa.

La capacidad instalada en centrales de biomasa ha crecido considerablemente desde 1999, como consecuencia de la promulgación del Real Decreto 2818/1998 sobre Producción de Energía Eléctrica por Instalaciones Abastecidas por Recursos o Fuentes de Energía Renovables, Residuos o Cogeneración (Régimen Especial). Con posterioridad, el Real Decreto 436/2004 establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

En cuanto a la distribución territorial de las plantas, se localizan en un reducido número de provincias, y destaca Andalucía que concentra una cuarta parte del total de la potencia instalada en España.

El desarrollo de nuevos proyectos de centrales de biomasa está condicionado por varias razones: la dificultad para garantizar el combustible, tanto en su logística como en su cantidad, calidad y precio; la necesidad de grandes inversiones, en su construcción y mantenimiento; y el precio de venta de la energía generada, cuya tarifa no permite soportar las inversiones y los costes de operación.

La mayor inversión por kW instalado en este tipo de plantas, la garantía de potencia que aportan a la red, su contribución a la reducción de importaciones de combustibles fósiles y la posibilidad de un destacado aprovechamiento en España por la superficie y características del territorio, deberían posibilitar un mejor tratamiento retributivo de la electricidad producida en estas centrales, así como un enfoque global de los aprovechamientos de la biomasa por parte de la Administración que permita crear en el campo un sector productivo asociado a la generación de energía.

Por tanto, para que se produzca un auténtico desarrollo de la biomasa en España, es preciso que se cree un escenario claro de apoyo de la misma, y que se apliquen las medidas establecidas en el Plan de Fomento de las Energías Renovables.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO MATEOS, J.J. (2004): "Las posibilidades energéticas de la biomasa en la Comunidad Autónoma de Madrid". *Observatorio Medioambiental*, nº 7, pp. 195-220.
- ALTENER (2001): *Informe sobre biomasa agrícola y forestal en España. Proyecto ENER-IURE. Fase III. Análisis de la legislación relativa a las fuentes de energía renovables en los Estados miembros de la Unión Europea*. 14 pp.
- ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE ENERGÍAS RENOVABLES (2003): *La biomasa*. Madrid. 8 pp.
- CABRERA AMIÁN, J. (2003): "Presente y futuro de la biomasa del olivar". *Agroinformacion.com*, 8 de septiembre de 2003.
- CARRASCO GARCÍA, J.E. (2001): "La biomasa como recurso renovable para la producción de calor y electricidad". En *Tecnologías energéticas e impacto ambiental*. Ed. McGraw-Hill, pp. 335-356.
- COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA (2003): *Desarrollo Normativo de la Ley del Sector Eléctrico. Volumen 6. 1ª Edición, 2003*. Madrid. 232 pp.
- COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA (2004): *Información básica de los sectores de la energía*. Madrid. 269 pp.
- DOMÍNGUEZ BRAVO, J. ET AL. (2003): "Evaluación de la biomasa potencial como recurso energético en la región de Navarra". *Geofocus*, nº 3, pp. 1-10.
- EHN ENERGÍA HIDROELÉCTRICA DE NAVARRA (2004): *Informe Anual ENH 2004*, Pamplona.
- ERVITI, A. (2002): "EHN: Planta de biomasa de Sangüesa. 25 MW de potencia neta mediante combustión de paja". En *Aportación de la biomasa al desarrollo de las energías renovables*. Comisiones Obreras e Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, www.istas.net/portada/biomasa.htm.

- ESPEJO MARÍN, C. (2004): "La energía eólica en España". *Investigaciones Geográficas*, nº 35, pp. 45-65.
- ESPEJO MARÍN, C. (2004): "La energía solar fotovoltaica en España". *Nimbus*, nº 13-14, pp. 5-31.
- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J. (2000): "El cardo como cultivo energético". *Boletín Informativo del Servicio Agrario de la Caja de Burgos*. Junio de 2000, pp. 19-27.
- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J. (2003): "Agroenergética: Producción de biomasa para fines energéticos". *Agroinformacion.com*, 10 de septiembre de 2003.
- GUINEA MAILOT, R. (2002): "Biomasa eléctrica a partir de residuos de olivar. La experiencia de Enemansa (Villarta de San Juan)". En *Aportación de la biomasa al desarrollo de las energías renovables*. Comisiones Obreras e Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, www.istas.net/portada/biomasa.htm.
- HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, C. ET AL (1996): *Energía de la biomasa*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, 155 pp.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. (2000): *Plan de Fomento de las Energías Renovables en España*. Madrid. 271 pp.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA. (2003): "Eficiencia energética y energías renovables". *Boletín IDAE*, nº 5, 131 pp.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (2005): "Balance energético 2004", *Boletín Electrónico de IDEA*, nº 15, 19 pp.
- ITOZ, C. ET AL. (2001): "Planta de 25 MW en Sangüesa: una referencia en generación eléctrica a partir de biomasa". *Infopower*, nº 37, pp.89-95.
- LA CAL, J.A (2002): "La Agencia de Gestión de la Energía de Castilla-La Mancha (AGECAM, S.A.)". En *Aportación de la biomasa al desarrollo de las energías renovables*. Comisiones Obreras e Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, www.istas.net/portada/biomasa.htm.
- LA CAL, J.A. (2002): "La biomasa en Castilla-La Mancha". *Retema: Revista técnica de medio ambiente*, nº 89, pp. 21-26.
- LÓPEZ GRACIA, S. (2003): "Utilización de energía generada por subproductos del entorno rural". *Agroinformacion.com*, 23 de septiembre de 2003.
- MARTÍNEZ GARCÍA, J.M. y SÁEZ ANGULO, F. (2001): "Emisiones en la combustión de biomasa y el medio ambiente". *Energía: Ingeniería energética y medioambiental*, nº 161, pp.75-83.
- MELGAR, A. ET AL. (2003): "Potencial energético de residuos procedentes de biomasa lignocelulósica en las regiones agrícolas del centro de España". *Energía: Ingeniería energética y medioambiental*, nº 171, pp.50-58.
- MENÉNDEZ PÉREZ, E. (2001): *Energías renovables, sustentabilidad y creación de empleo. Una economía impulsada por el sol*. Los Libros de la Catarata. Madrid. 270 pp.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA (2002): *Planificación de los Sectores de Electricidad y Gas. Desarrollo de las Redes de Transporte 2002-2011*. Madrid. Secretaría de Estado de Energía.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA (2000): *Ley del Sector Eléctrico. Disposiciones complementarias*. Madrid. 380 pp.
- MIRANDA GARCÍA-CUEVAS, M.T. (2001): "Evaluación del potencial energético de biomasa residual agrícola". En *Energía y Desarrollo*, Cáceres, Universidad de Extremadura, pp. 59-72.
- MOLINA IBÁÑEZ, M. (2001): "Las fuentes de energía". En GIL OLCINA, A. y GÓMEZ MENDOZA, J. (Coords.): *Geografía de España*. Ariel. Barcelona, pp. 455-476.
- OSORIO RAMÍREZ, S. (1998): "Situación actual de la biomasa del olivar". En PINEDA, M. Y CABELLO, P. (Eds.): *Energía de la biomasa: realidades y perspectivas*. Universidad de Córdoba, pp. 107-119.

- OTTO S. DE (2004): "Biomasa ¿podemos prescindir de una energía renovables?". *Energía: Ingeniería energética y medioambiental*, nº 181, pp.33-39.
- PINEDA, M. Y CABELLO, P. (Eds.) (1998): *Energía de la biomasa: realidades y perspectivas*. Universidad de Córdoba, 223 pp.
- QUINTANA, A. (2002): "Aprovechamiento energético de residuos forestales en la planta de Allariz". En *Aportación de la biomasa al desarrollo de las energías renovables*. Comisiones Obreras e Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, www.istas.net/portada/biomasa.htm.
- RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA (2004): *El sistema eléctrico español. Informe 2002*. Madrid, 123 pp.
- ROMANO, D. (2002): "Biomasa y desarrollo sostenible. Potencialidades y límites". En *Aportación de la biomasa al desarrollo de las energías renovables*. Comisiones Obreras e Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, www.istas.net/portada/biomasa.htm.
- UNESA (1998): *Centrales eléctricas*. Madrid. 71 pp.
- UNESA (2001): *La industria eléctrica y el medio ambiente*. Madrid. 159 pp.

Resumen

La biomasa en la producción de electricidad en España. La producción de electricidad con biomasa comienza su desarrollo en España a mediados de los años noventa. En este artículo se analizan los productos combustibles de biomasa destinados a la generación de electricidad, el marco legal que protege esta producción, la evolución de la potencia instalada y su distribución territorial, el impacto ambiental de la biomasa como energía renovable, la política energética de apoyo a esta tecnología, y los problemas para el desarrollo de la biomasa como fuente energética en España.

Palabras clave: Biomasa, electricidad, energías renovables, España, política energética.

Abstract

Biomass in the production of electricity in Spain. The generation of electricity using biomass began in Spain in the mid-1990s. In this paper, we examine the combustible products used in the generation of this type of electricity, the legal framework protecting its production, the evolution of the installed power and its territorial distribution, the environmental impact of biomass as a renewable energy, the energy policy supporting this technology and the problems for the development of biomass as a energy source in Spain.

Key words: Biomass, electricity, renewable energies, Spain, energy policy.

Résumé

La biomasse dans la production d'électricité en Espagne. La production d'électricité avec biomasse commence son développement en Espagne vers le milieu des années quatre-vingt-dix. Dans cet article nous analysons les produits combustibles de biomasse destinés à engendrer de l'électricité, le cadre légal qui protégé cette production, l'évolution de la puissance installée, la répercussion de l'environnement de la biomasse comme énergie renouvelable, la politique énergétique de soutien à cette technologie et les problèmes pour le développement de la biomasse comme source énergétique en Espagne.

Mots clés: biomasse, électricité, énergies renouvelables, Espagne, politique énergétique.