

**Proyecto cofinanciado por el M<sup>o</sup> de Ciencia e Innovación y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional**

# On Cultivos, una alternativa para el desarrollo de los cultivos energéticos en España

En 2005, un conjunto de empresas, algunas de cuales ya estaban realizando en España inversiones y actividades importantes en el campo de los cultivos energéticos, junto con diferentes universidades y centros de investigación y otras entidades en el ámbito agrario, deciden promover, coordinados por el Ciemat y su Centro de Desarrollo de Energías Renovables de Lobia (Soria) un proyecto para desarrollar la producción y uso de la biomasa procedente de los cultivos. La propuesta fue presentada ese mismo año para su financiación a la convocatoria de Proyectos Singulares y Estratégicos convocada por el Ministerio de Ciencia e Innovación, que finalmente fue aprobada iniciándose así el proyecto denominado On Cultivos.

Los cultivos energéticos pueden ser especies herbáceas o leñosas e introducirse tanto en suelo agrícola como en suelo forestal, en el caso de las especies leñosas.

En 2007, la superficie mundial ocupada por cultivos con fines energéticos fue de, aproximadamente, 20 millones de hectáreas, alrededor de tan sólo un 1% de la superficie agrícola total en el mundo. En su gran mayoría se trataron de especies como la caña, los cereales y diferentes oleaginosas, que se utilizaron para la producción de los denominados biocarburantes de primera generación: biodiésel y bioetanol.

En los últimos años y principalmente a raíz de la gran subida de precios de las citadas materias primas en 2007, el uso de estos cultivos para la producción de energía en competencia con la de producción de alimentos y el uso de la tierra, está siendo objeto de una creciente controversia que, en los casos más ex-

Juan E. Carrasco, Emiliano Maletta y  
María Aránzazu del Val.

CEDER-CIEMAT. Lobia (Soria).

**D**entro del ámbito de la biomasa como recurso energético, la producida a partir de cultivos cuya cosecha se destina a la producción de energía es la que presenta un mayor potencial que, según algunos estudios<sup>[1]</sup>, puede llegar a cifrarse a nivel mundial en torno a 1.300 EJ/año, en 2050. Esta cantidad de energía equivale a unas dos veces y media la energía primaria consumida actualmente a nivel mundial y a unas siete veces más que el potencial utilizable de residuos de biomasa.



Parcela demostrativa de chopo en alta densidad del PSE On Cultivos en Valtierra (Navarra).  
Foto: Acciona Biocombustibles.

tremos, ha llegado a situarlos en el epicentro de las causas de una posible futura hambruna mundial.

Existen, no obstante, diferentes hechos que avalan la viabilidad del desarrollo sostenible de los cultivos energéticos y que ponen en duda las razones esgrimidas en su contra. Asimismo, existen estudios<sup>[2]</sup> que, en el contexto de un desarrollo tecnológico agrícola y del mercado internacional de materias primas y teniendo en cuenta un crecimiento moderado de la población mundial, consideran posible la alimentación de la totalidad de la población mundial con una superficie cultivada inferior a la actual y con una sostenibilidad de la agricultura superior a la de hoy en día.

Dejando a un lado los movimientos de especulación del mercado que en numerosas ocasiones son los causantes de oscilaciones injustificadas en los precios de las materias primas, es interesante constatar, en lo referente a la disponibilidad de tierras de cultivo, que la propia FAO estima en no menos de 600 millones de hectáreas la superficie arable a nivel mundial disponible de forma sostenible para usos no alimentarios y que la mayor parte de los países tienen superficie agrícola no cultivada, que en el caso tan solo de Brasil superó en 2005 los 350 millones de hectáreas. En la Unión Europea, la Agencia Europea del Medioambiente (EEA), en su informe 7/2006, sitúa a los cultivos energéticos como la principal fuente de energía de la biomasa a partir de 2030, estimando una disponibilidad de superficie agrícola dedicable para su implantación de forma sostenible en torno a 20 millones de hectáreas, en las que podrían llegar a producirse 144 Mtep/año de biomasa. Esta cantidad equivaldría a algo más del total de energía primaria consumida hoy en España.

Según Faostat (2011), desde 2001 y hasta 2009, en España ha disminuido la superficie destinada a cereales de secano en 1,8 millones de hectáreas, y en 278.000 ha la superficie total de viñedos a lo que hay que sumar una superficie considerable de regadío. Además, la entrada en vigor en 2013 de las reformas de la PAC va a propiciar nuevos abandonos de tierras en el corto plazo con los correspondientes daños asociados a nivel social y medioambiental que ello supone. Frente a esta situación, las propias reformas de la PAC, la Directiva Europea sobre Energías Renovables (RED) y el Plan de Acción Nacional para el Fomento de las



Parcela experimental de cardo en Madrid. Foto: Grupo Agroenergética-UPM.

Energías Renovables (PANER 2011-2020)<sup>[3]</sup> recientemente presentado por el Gobierno, promueven la reutilización de las tierras abandonadas con cultivos energéticos, junto con la mejora del cuidado y la utilización energética de los recursos del monte en España.

De acuerdo a lo mencionado en los párrafos anteriores, la producción de biomasa a partir de cultivos energéticos no solo constituye una alternativa relevante para el desarrollo de las energías renovables y como estrategia de ahorro de emisiones de efecto invernadero sino que, adicionalmente, puede tener una notable incidencia en la realidad social y económica del mundo rural de muchos países, incluido el nuestro.

En el contexto descrito, un conjunto de empresas, algunas de cuales ya estaban empezando a realizar inversiones y actividades en el campo de los cultivos energéticos, junto con diferentes universidades, centros de I+D y otras entidades de ámbito agrario, deciden elaborar coordinados por el Ciemat y su Centro de Desarrollo de Energías Renovables (Ceder), una propuesta conjunta para desarrollar los cultivos energéticos en España. La propuesta es presentada a la convocatoria de 2005 de Proyectos Singulares y Estratégicos del Ministerio de Ciencia e Innovación y finalmente aprobada para su ejecución. El proyecto contempla un periodo de duración de 2005 a 2012. Así surge el proyecto singular estratégico denominado “Desarrollo, demostración y evaluación de la viabilidad de la producción de energía en España a partir de biomasa de cultivos energéticos” (PSE On Cultivos), que hasta la fecha constituye un esfuer-

### CUADRO I.

Datos generales del proyecto (a enero de 2011).

<b>Duración:</b> de 2005 a 2012
<b>Presupuesto elegible por el MICINN para el período 2005-2011:</b> 34 millones de euros
<b>Subvenciones y préstamos otorgados para el período 2005-2011:</b> 22 millones de euros
<b>Participantes (durante el período 2005-2010):</b> 39
<b>Participantes (a enero de 2011):</b> 22
- Empresas: 12
- Universidades y centros de I+D: 6
- Fundaciones y otras entidades: 4
<b>Superficie total estimada de demostración de los cultivos (2005-2012):</b> 2.500 ha
<b>Aplicaciones de la biomasa de los cultivos desarrolladas:</b> térmicas, para calefacción y ACS en los sectores doméstico y terciario, producción centralizada y descentralizada de electricidad, producción y uso de biocarburantes.
<b>Comunidades autónomas en las que se desarrolla el Programa de Demostración de los Cultivos:</b> Andalucía, Aragón, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Cataluña, Extremadura, Madrid, Navarra y Comunidad Valenciana (asociada a través de acuerdo de cooperación).
<b>Coordinador:</b> Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).
<b>Participantes (enero de 2011):</b> Abengoa Bioenergy SA - Abengoa Bioenergy Ecoagrícola - Abengoa Bioenergía Nuevas Tecnologías S.A.- Acciona Acciona Biocombustibles S.A. - Acciona Energía S.A. - ASAJA Granada - Biopoplar Iberica SL - CIUDEN (Fundación Ciudad de La Energía) - CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) - ENAMORA: Energía Natural de Mora S.L. - Fundación Soriaactiva - Guascor I+D S.A. - Guascor Ingeniería S.A. - INIA(Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria) - ITA Cyl (Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León) - IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentares) - Pryconval S.L - Universidad Politécnica de Madrid - Universidad Pontificia Comillas -Universidad de Zaragoza - Viveros Fuenteamarga (Santibañez S.L.)-.
Además, colabora el IVIA (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias) como representante del programa de cultivos energéticos que coordina en la Comunidad Valenciana.

zo conjunto público-privado sin precedentes en el ámbito de la agroenergética en España. El Proyecto viene siendo cofinanciado desde 2005 por el Ministerio de Ciencia e Innovación y, desde 2008, por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (Feder). Los datos generales del proyecto se muestran en el **cuadro I**.

### El proyecto singular estratégico On Cultivos

El objetivo del Proyecto Singular Estratégico On Cultivos, es desarrollar tecnológicamente la producción sostenible de energía a partir de la biomasa de los cultivos energéticos en España y definir las condiciones para implementar el mercado de la biomasa de cultivos energéticos, coordinando el esfuerzo y potenciando las sinergias entre empresas, universidades y centros de investigación.

#### Estructura del proyecto

La meta final del proyecto On Cultivos es la de situar la producción de energía en España a partir de biomasa de cultivos específicos desde su actual situación de muy bajo desarrollo, hasta un estado precomercial, definiendo y creando las condiciones que promuevan



Motor de generación eléctrica desarrollado para biodiésel. Foto: Guascor Power I+D.

el mercado sostenible de esta alternativa.

Para lograr este objetivo general, el programa de trabajo previsto en el proyecto comprende tres elementos fundamentales:

- Un programa de demostración comercial de la producción de energía a partir de la biomasa de diferentes cultivos seleccionados, que comprende tanto la fase de producción como la de utilización de la biomasa en distintas aplicaciones energéticas y cuyo objetivo final es el po-

der determinar, a nivel local, los cultivos energéticos y sus aplicaciones más viables y la forma de desarrollarlas para el agricultor y para los industriales. Entre las aplicaciones energéticas figuran el uso de la biomasa de los cultivos en aplicaciones térmicas de los sectores doméstico y terciario, en aplicaciones eléctricas tanto centralizadas como descentralizadas, así como en la producción y uso de biocarburantes.

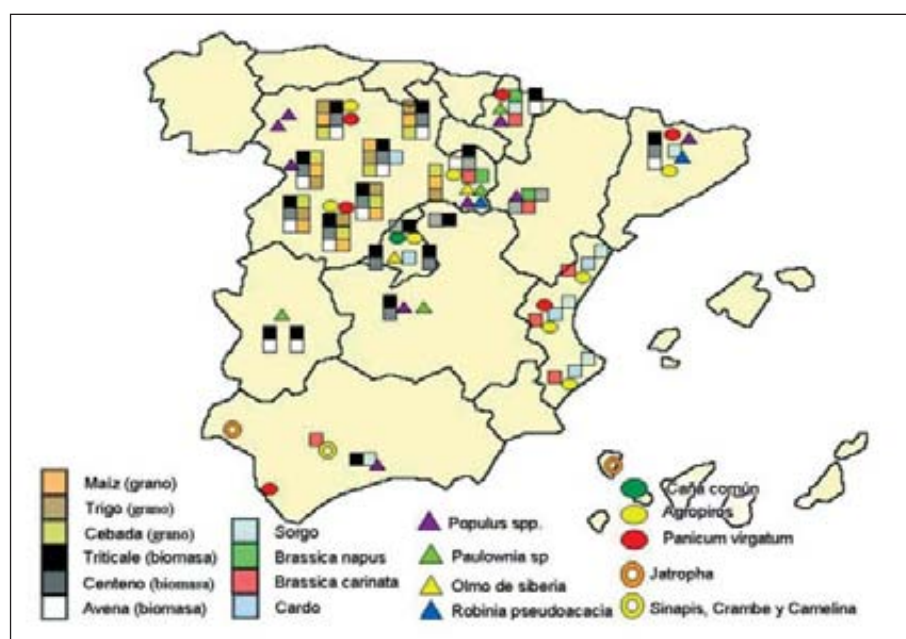
- Un programa de desarrollo tecnológico asociado al programa de demostración, que incluye actividades tanto en la fase de cultivo como en la de las tecnologías de conversión energética aplicadas a las biomásas de los cultivos considerados, al objeto de introducir mejoras en la viabilidad de los procesos y aplicaciones consideradas. Dentro de este programa, y en la fase de cultivo, se estudian aspectos tales como la selección y mejora de variedades y clones, optimización de las condiciones e insumos de los cultivos, mecanización de la recolección y fraccionamiento etc., así como la introducción de nuevos cultivos.

- En la fase de transformación, el desarrollo de nuevas aplicaciones energéticas para la biomasa de los cultivos (motores para generación eléctrica con biocarburantes, calderas del sector doméstico que operen con pélets de los cultivos, utilización de la biomasa de los cultivos para producción de biocarburantes de segunda generación, etc.).

- Un programa de difusión y explotación de resultados, que se plantea como un elemento imprescindible para conseguir el éxito en los objetivos del proyecto y con el que se pretende, mediante acciones específicas, dar a conocer los re-

FIGURA 1

Localizaciones del programa experimental de cultivos energéticos del PSE On Cultivos (2005-2010).



Las localizaciones en la Comunidad Valenciana se corresponden con el programa asociado del IVIA.

sultados del proyecto y las posibilidades que ofrecen los cultivos energéticos en España a los sectores agrícola, industrial y al público, en general.

## Contenido, principales avances y resultados esperados

El Proyecto Singular y Estratégico On Cultivos está integrado por trece subproyectos, que se agrupan en cuatro áreas de actividad:

- Área 1: producción de biomasa de los cultivos energéticos.
- Área 2: utilización energética de la biomasa.
- Área 3: evaluaciones. Análisis de ciclo de vida.
- Área 4: difusión y explotación de resultados.

### Área 1: producción de biomasa de los cultivos energéticos

Esta área contempla el estudio de la viabilidad de la producción de biomasa de los cultivos tanto en condiciones de secano como en regadío, a nivel nacional. Constituye la parte más importante del proyecto, por el número de



Ensayo de empacado de sorgo en una parcela demostrativa del PSE On Cultivos en Cabrerros del Río León.

participantes y presupuesto asignado.

El área 1 comprende un programa demostrativo y otro denominado experimental, e incluye en su ámbito las actividades de logística de suministro de la biomasa para aplicaciones energéticas específicas.

### Programa de demostración comercial

El Programa de Demostración Comercial incluye para su estudio diferentes cultivos energéticos seleccionados y que se han implementado en distintas comunidades autónomas en condiciones lo más cercanas posible a la reali-

Ponga el acento en su cosecha

# Más 58.M

El nuevo híbrido de maíz ciclo 700 de Maisadour Semences

+ Más Producción

+ Más Rapidez de Secado

+ Más Rentabilidad

+ Más Vigor de Nascencia

+ Más Sanidad

+ Más Adaptación

dad agrícola de las zonas en las que tienen lugar los ensayos. El objetivo principal de este programa es el estudio y determinación de la producción de biomasa y de las condiciones adecuadas de cultivo de las especies consideradas a nivel local.

Los cultivos seleccionados dentro de este programa son los siguientes:

- Período 2005-2008: cereales de variedades seleccionadas para producción de bioetanol, colza, carinata y chopo en corta rotación.
- Período 2008-2012: triticale, centeno y avena para producción de biomasa (desde 2009), sorgo para biomasa, cardo (desde 2009), gramíneas perennes (desde 2010) y chopo.

En el periodo 2005-2008, se han implementado los cultivos demostrativos en más de 1.800 ha. Además, se han realizado ensayos de corta de chopo en alta densidad en dos localidades y con dos máquinas diferentes.

Actualmente y desde el otoño de 2009, el programa de demostración de gramíneas con fines energéticos está implantando y realizando el seguimiento de alrededor de 400 hectáreas de parcelas demostrativas de especies anuales y en 2010 se han establecido unas 20 hectáreas de diferentes gramíneas perennes que serán evaluadas hasta el final del proyecto.

#### Programa de experimentación

Desde 2005, el PSE On Cultivos ha puesto en marcha un amplio programa experimental de los cultivos energéticos en numerosas localizaciones de la geografía nacional (**figura 1**) que se centra en aspectos clave para su desarrollo y aplicación en España.

Este programa incide sobre aspectos concretos de los cultivos que ya están en etapa de experimentación, así como en el estudio de nuevas especies con potencial energético en nuestro país.

### Área 2: utilización energética de la biomasa

Como ya se ha mencionado, en este área del proyecto se lleva a cabo el desarrollo tecnológico y la demostración de la utilización de la biomasa de los cultivos en diferentes aplicaciones energéticas:

- Aplicaciones térmicas para calefacción en los sectores doméstico y terciario.
- Generación de electricidad en sistemas centralizados y descentralizados.



Planta de producción de bioetanol. Babilafuente. Castilla y León. Foto: Abengoa Bioenergía.



Parcela demostrativa de gramíneas anuales para biomasa del PSE On Cultivos en Escobosa (Soria).

- Producción y utilización de biocarburantes en el sector transporte.

A continuación se indican los avances más significativos logrados.

#### Aplicaciones térmicas de los sectores doméstico y terciario

- Se han producido y ensayado con éxito en calderas comerciales de comunidades de vecinos y en condiciones reales de operación, pélets de biomasa de chopo energético y se ha completado un programa sobre producción de pélets de calidad a partir de biomásas de los cultivos energéticos estudiados.

- Se ha llevado a cabo el diseño, construcción, operación y mejoras de un conjunto quemador-caldera para su uso con biomasa de cultivos herbáceos, que actualmente se encuentra en desarrollo y pruebas.

#### Aplicaciones eléctricas

- Se han llevado a cabo estudios para determinar las características de los depósitos y la corrosión sobre diferentes aceros producida por las cenizas de distintos cultivos energéticos.

- En 2010 se han desarrollado con resultados satisfactorios los primeros ensayos en la planta de Sangüesa donde se ha realizado la demostración comercial de la paja de *Brassica carinata* para la generación eléctrica, estando previstos nuevos ensayos con biomásas de diferentes cultivos.

- Se han realizado campañas de ensayos con motores de combustión interna utilizando biodiésel y mezclas de biodiésel y gasóleo con gas de gasificación de biomasa. Se ha liberado comercialmente, tras más de 2.000 h de funcionamiento satisfactorio, un motor utilizando únicamente biodiésel.

**Producción y utilización de biocarburantes**

Se han optimizado en laboratorio y en una pequeña planta piloto las condiciones de proceso para la obtención de bioetanol a partir de las biomasa de *Brassica* (2007) y sorgo (2008) con miras a la demostración de estos procesos en la planta de demostración de bioetanol de segunda generación de Babilafuente.

Se han concluido los estudios de campo, de transformación y económicos en torno a la patata y al sorgo dulce de doble aptitud como cultivos para la producción de bioetanol, así como los estudios de mercado previstos para determinar las condiciones de viabilidad de producción de bioetanol a partir de materias primas españolas.

Los programas de demostración y experimental descritos han dado lugar a posibilidades reales de aplicación en el mercado, algunas de las cuales ya están incluso siendo comercializadas, lo que viene a demostrar la capacidad del proyecto para cumplir con sus objetivos de contribuir a crear mercado para este tipo de biomasa.

Algunos ejemplos de algunos desarrollos de aplicación comercial del proyecto hasta 2009 son:

- Semillas mejoradas de *Brassica carinata* (IAS-CSIC) (pendiente de registro).
- Clones de chopo y variedades de colza adaptadas a condiciones edafoclimáticas locales.
- Nuevos biocombustibles (pélets) del sector doméstico de características comerciales producidos con la biomasa de chopo.
- Motor comercial para generación eléctrica operado con biodiésel 100% (comercializado).

- Línea comercial mejorada de calderas de biomasa (comercializadas).

**Área 3: evaluación de resultados**

La evaluación de la sostenibilidad de los cultivos energéticos estudiados en la etapa de demostración, se lleva a cabo mediante la realización, basada en los resultados obtenidos en las áreas de actividad anteriores, del análisis de los ciclos de vida (ACVs) energético, medioambiental y económico de las distintas etapas que componen las cadenas energéticas de los cultivos estudiados.

Entre los aspectos medioambientales a considerar se encuentran las emisiones de gases de efecto invernadero, así como la evaluación de los efectos de los cultivos energéticos estudiados sobre la erosión del suelo, la disponibilidad del agua y la eutrofización. Los datos obtenidos en el análisis de los ACVs de los cultivos energéticos y las condiciones estudiadas se compararán con los análogos de los combustibles fósiles y de los cultivos agrícolas tradicionales o, en su caso, con los efectos producidos por el abandono de tierras agrícolas, al objeto de determinar el impacto neto de su implantación y uso.

Con los datos de las distintas especies estudiadas, la experiencia de los participantes y la información bibliográfica disponible, un hito importante que está empezándose a abordar es la elaboración de mapas de potencial y factibilidad agronómica, energética, económica y ambiental de los cultivos a nivel de comarca agrícola en España. Esta herramienta, elaborada en una base georreferenciada, constituye uno de

los principales objetivos concretos del proyecto y una de sus mayores innovaciones, y se espera que pueda servir como un instrumento de gran importancia en la toma de decisiones para la definición de proyectos comerciales en torno a los cultivos energéticos en nuestro país.

**Área 4: difusión y explotación de los resultados**

En este área, el proyecto cuenta con un amplio programa de difusión de sus resultados que, entre otras acciones, contempla actividades de formación, visitas técnicas, charlas y jornadas técnicas dirigidas a agricultores e industriales del sector y, asimismo, On Cultivos participa muy activamente en ferias con un stand propio y posee las herramientas necesarias para difusión de sus actividades, incluidos folletos informativos, vídeo corporativo, etc. On Cultivos está dando origen a un gran número de publicaciones e informes técnicos, que están referenciados en su página web ([www.oncultivos.es](http://www.oncultivos.es)) que constituye la herramienta básica para su difusión.

**Conclusiones**

En resumen, y a modo de conclusión, puede afirmarse que a día de hoy el proyecto se encuentra produciendo los resultados esperados en los distintos campos de actuación y que su desarrollo va a contribuir a favorecer la actividad comercial en torno a la producción y uso sostenible de la biomasa de cultivos energéticos y va a dotar al sistema de I+D español de un mayor nivel de cooperación con la industria, además de una mayor competencia científico-técnica para llevar a cabo desarrollos futuros en este campo.

**Más información:** [www.oncultivos.es](http://www.oncultivos.es)

**Bibliografía**

- [1] Smeets, E., Faaij, A., Lewandowski, I. and Turkenburg, W. (2006). A Bottom up Quickscan and Review of Global Bio-energy Potentials to 2050, *Progress in Energy and Combustion Science* 33: 56-106.
- [2] Hoogwijk M, Faaij A, Erichout D, de Vries B, Turkenburg W. (2005) Potential Biomass Energy out to 2100 for Four IPCC SRES Land-use Scenarios. *Biomass and Bioenergy* 2005;29:225-257
- [3] Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (PANER) 2011 - 2020. IDAE-Ministerio de Industria Turismo y Comercio Junio de 2010 [www.idae.es](http://www.idae.es)



Parcela experimental de gramíneas perennes (*Panicum virgatum*) del PSE On Cultivos en Cabreros del Río (León).