



## **Estudio previo para la implantación de un Plan de cultivos energéticos**

# Estudio previo para la implantación de un Plan de cultivos energéticos

SECRETARÍA GENERAL DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL



## **ESTUDIO PREVIO PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN PLAN DE CULTIVOS ENERGÉTICOS**

© *Edita:* JUNTA DE ANDALUCÍA.

Consejería de Agricultura y Pesca.

Publica: Viceconsejería. Servicio de Publicaciones y Divulgación.

Coordina: Secretaría General de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

Depósito Legal: SE-0003-08

Maquetación e Impresión: Ideas, Exclusivas y Publicidad, S.L.

*La Secretaría General de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural ha sido la encargada de llevar a cabo la coordinación y la dirección facultativa del presente estudio.*

*José Antonio Callejo López, Álvaro González Forastero, Teresa Parra Heras, Isabel López García y Miguel A. Méndez Rodríguez, de la Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero han participado en la elaboración del documento.*

*Por otra parte, las personas que se relacionan a continuación han contribuido al estudio a través de su asesoramiento en determinadas cuestiones o mediante la cesión de algunas de las imágenes que ilustran la publicación.*

- Carlos Alberto Fernández López (Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético, IDAE).*
- Luis Márquez Delgado (Universidad Politécnica de Madrid).*
- Jesús Fernández González (Universidad Politécnica de Madrid).*
- Francisco Marcos Martín (Universidad Politécnica de Madrid).*
- Francisco García Aranda (Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero).*

*Igualmente, la Agencia Andaluza de la Energía, y en concreto, M<sup>º</sup> José Colinet, ha aportado valiosa información en referencia a las plantas de producción de energía a partir de biomasa.*

*Por último, agradecer su colaboración a todas las empresas proveedoras de semillas, plantas de producción de biocarburantes y plantas que utilizan biomasa como materia prima para producción de energía, que han respondido a nuestras consultas acerca de la disponibilidad de semillas de los cultivos estudiados y de demanda de materia prima procedente de éstos, que se relacionan en el anexo de este documento.*



# Índice de contenidos

<b>Resumen</b> .....	<b>11</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>14</b>
<b>2. Antecedentes</b> .....	<b>14</b>
<b>3. Clasificación de los principales cultivos energéticos</b> .....	<b>16</b>
<b>4. Caracterización agronómica</b> .....	<b>18</b>
4.1. Mostaza etíope .....	18
4.1.1. Introducción .....	18
4.1.2. Requerimientos de cultivo .....	20
4.1.3. Manejo y cuidados culturales .....	21
4.1.4. Experiencias y ensayos .....	23
4.2. Cardo .....	25
4.2.1. Introducción .....	25
4.2.2. Requerimientos de cultivo .....	27
4.2.3. Manejo y cuidados culturales .....	28
4.2.4. Experiencias y ensayos .....	31
4.3. Sorgo papelero .....	32
4.3.1. Introducción .....	32
4.3.2. Requerimientos de cultivo .....	34
4.3.3. Manejo y cuidados culturales .....	36
4.3.4. Experiencias y ensayos .....	38
4.4. Caña de azúcar .....	39
4.4.1. Introducción .....	39
4.4.2. Requerimientos de cultivo .....	40
4.4.3. Manejo y cuidados culturales .....	42
4.4.4. Experiencias y ensayos .....	45

4.5. Pataca . . . . .	45
4.5.1. Introducción . . . . .	45
4.5.2. Requerimientos de cultivo . . . . .	47
4.5.3. Manejo y cuidados culturales . . . . .	48
4.5.4. Experiencias y ensayos . . . . .	50
4.6. Kenaf . . . . .	51
4.6.1. Introducción . . . . .	51
4.6.2. Requerimientos del cultivo . . . . .	52
4.6.3. Manejo y cuidados culturales . . . . .	53
4.6.4. Experiencias y ensayos . . . . .	56
4.7. Chopo . . . . .	56
4.7.1. Introducción . . . . .	56
4.7.2. Requerimientos del cultivo . . . . .	58
4.7.3. Manejo y cuidados culturales . . . . .	58
4.7.4. Experiencias y ensayos . . . . .	62
4.8. Eucalipto . . . . .	62
4.8.1. Introducción . . . . .	62
4.8.2. Requerimientos del cultivo . . . . .	63
4.8.3. Manejo y cuidados culturales . . . . .	64
4.8.4. Experiencias y ensayos . . . . .	66
<b>5. Rendimientos de cultivo . . . . .</b>	<b>66</b>
5.1. Cardo . . . . .	66
5.2. Mostaza etíope . . . . .	67
5.3. Sorgo papelero . . . . .	69
5.4. Caña de azúcar, pataca y kenaf . . . . .	71
<b>6. Disponibilidad de insumos . . . . .</b>	<b>72</b>
6.1. Disponibilidad de semilla . . . . .	72
6.2. Maquinaria agrícola necesaria . . . . .	73
6.2.1. Mostaza etíope . . . . .	74
6.2.2. Cardo . . . . .	75
6.2.3. Sorgo . . . . .	75

6.2.4. Caña de azúcar . . . . .	76
6.2.5. Patata . . . . .	77
6.2.6. Kenaf . . . . .	78
<b>7. Mercado para los cultivos energéticos . . . . .</b>	<b>78</b>
7.1. Introducción . . . . .	78
7.2. Destino de los productos procedentes de los cultivos energéticos en Andalucía . . . . .	79
7.3. Condiciones de venta de los productos . . . . .	81
<b>8. Ayudas a los cultivos energéticos y requerimientos para su percepción . . . . .</b>	<b>82</b>
8.1. Condiciones que deben cumplir los agricultores y los transformadores . . . . .	83
<b>Fichas de síntesis de los cultivos estudiados . . . . .</b>	<b>87</b>
<b>Bibliografía . . . . .</b>	<b>95</b>
<b>Anexo 1:</b> Relación de empresas proveedoras de semillas . . . . .	97
<b>Anexo 2:</b> Cuestionario utilizado para recabar información de las empresas proveedoras de semillas . . . . .	101
<b>Anexo 3:</b> Cuestionario utilizado para recabar información sobre los mercados de los productos procedentes de los cultivos energéticos . . . . .	109
<b>Anexo 4:</b> Relación de potenciales compradores de biomasa agraria y/o materia prima para producción de biocarburantes . . . . .	115
<b>Anexo 5:</b> Normativa relativa a las ayudas a los cultivos energéticos . . . . .	119



# Estudio previo para la implantación de un Plan de Cultivos Energéticos





# Estudio previo para la implantación de un Plan de Cultivos Energéticos

## Resumen

El desarrollo de las energías renovables en Andalucía se presenta primordial para su progreso socioeconómico, beneficio medioambiental, reducción de la dependencia energética con el exterior y diversificación de sus sectores productivos. En concreto, la importancia estratégica de los cultivos energéticos para el medio rural andaluz y la sociedad en general resulta clara: a la vez que constituyen una buena alternativa de cultivo para algunos sectores afectados por la reforma de la Política Agraria Común, pueden impulsar el desarrollo y la utilización de fuentes de energía renovables, tan demandadas en una sociedad cada vez más dependiente de los combustibles fósiles.

La Consejería de Agricultura y Pesca consciente de ello, ha puesto en marcha el Plan de Acción para el Impulso de la Producción y Uso de la Biomasa Agraria y los Biocarburantes en Andalucía. El presente estudio forma parte de una de las medidas del Plan, en concreto, del establecimiento de un plan de cultivos energéticos que pueda fomentar el uso de la biomasa agraria y de los biocarburantes.

Los cultivos energéticos se definen como aquellos que se destinan específicamente a la producción de materiales combustibles. Se caracterizan por su elevada productividad y baja necesidad de insumos, y pueden clasificarse atendiendo al destino final de los productos que de ellos se obtienen en tres grupos: cultivos oleaginosos, alcoholígenos y lignocelulósicos.

Los cultivos oleaginosos se utilizan para obtención de biodiésel a partir de los aceites que se extraen de su semilla, siendo hasta ahora los más utilizados, la colza (*Brassica napus*), la soja (*Glycine max*) y el girasol (*Helianthus annuus*).

A partir de los cultivos alcoholígenos se produce bioetanol que se emplea como sustitutivo total o parcial de las gasolinas de automoción, o para generar aditivos antidetonantes exentos de plomo como el Etil-Terbutil-Éter (ETBE). La caña de azúcar, el maíz, los cereales (trigo y cebada, fundamentalmente) y la remolacha han sido hasta ahora los más empleados con este fin.

Los cultivos lignocelulósicos se destinan a la producción de biomasa y biocombustibles sólidos con fines térmicos, para calefacción, usos industriales o producción de electricidad (agroelectricidad). Suelen ser especies leñosas de crecimiento rápido o herbáceas perennes de alta producción. En la actualidad se ensaya la fabricación de bioetanol mediante hidrólisis enzimática a partir de biomasa lignocelulósica, lo que

constituye una tecnología novedosa y prometedora para estos cultivos, ya que los costes de producción de la biomasa lignocelulósica resultan bastante inferiores a los de producción de los cultivos alcoholígenos.

En el presente trabajo se estudian seis de los cultivos energéticos que, aparte de otros con tradición como alimentarios (trigo, cebada, girasol, remolacha o maíz), se han considerado más interesantes para la agricultura andaluza. Los cultivos estudiados son la mostaza etíope (*Brassica carinata*), el cardo (*Cynara cardunculus*), el sorgo papelero (*Sorghum bicolor*), la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), la pataca (*Helianthus tuberosus*) y el kenaf (*Hibiscus cannabinus*). Aparte de los anteriores se realiza una descripción de las características agronómicas de dos cultivos lignocelulósicos leñosos: el chopo y el eucalipto.

La mostaza etíope (*Brassica carinata*) es una especie oleaginosa de enorme interés para la agricultura de secano del sur de España, ya que posee un buen rendimiento productivo en condiciones de sequía y presenta un comportamiento agronómico superior al de otras especies de oleaginosas, como la colza.

La pataca (*Helianthus tuberosus*), cultivo alcoholígeno y aún poco estudiado, podría constituir una opción a tener en cuenta por sus mayores rendimientos en alcohol que los cereales (la superficie necesaria para lograr los mismos rendimientos se reduciría en la misma proporción), y por la posibilidad de emplear sus tallos secos con fines térmicos o eléctricos.

El cardo (*Cynara cardunculus*), cultivo de gran potencial productivo, se destina principalmente a la obtención de biomasa lignocelulósica para producción de energía en centrales termoeléctricas. No obstante, existen experiencias de empleo de su semilla para obtención de biocarburantes. Si el mercado de la biomasa estuviese garantizado, el cardo podría constituir una alternativa viable para las grandes áreas de secano que se vieran abandonadas por los cultivos alimentarios tradicionales.

Otro cultivo de interés, por sus altos rendimientos en biomasa lignocelulósica en Andalucía, es el sorgo papelero o sorgo híbrido de fibra, híbrido del sorgo escoba o zahína y del sorgo de grano. Su utilidad fundamental es el aprovechamiento de la biomasa con fines térmicos o eléctricos, pero al igual que el cardo en el que su semilla también se utiliza con fines energéticos, la semilla de sorgo se emplea en la fabricación de bioetanol.

Aunque en el presente informe se estudian las características que definen al cultivo de la caña de azúcar, y ésta representa además una especie agroenergética ideal para los climas que permiten su cultivo, la marcada delimitación geográfica a la que se circunscribe en Andalucía unida a la coincidencia de las zonas de cultivo con lugares de interés turístico, y por tanto sometidos a gran presión urbanística, hacen que no se contemple como una alternativa viable en nuestra Comunidad.

El kenaf es el tercero de los cultivos estudiados con un futuro prometedor por su productividad en biomasa. Sin embargo, presenta la particularidad de utilizarse para otros usos que se vislumbran más rentables, como la fabricación de biocomposite.

El éxito o fracaso de un cultivo depende en gran medida de la disponibilidad de los factores necesarios para su producción. Los insumos que pueden condicionar en mayor medida su desarrollo son la disponibilidad de semilla para siembra y la de maquinaria agrícola específica.

No existe producción de semilla de ninguno de los cultivos estudiados en Andalucía, y fuera de nuestra Comunidad tampoco resulta fácil disponer de ella. Las especies donde el problema es menos acuciante son la mostaza etíope y el sorgo, ya que aunque escasas, se han encontrado algunas empresas proveedoras.

Respecto a otros aspectos tecnológicos como la disponibilidad de maquinaria específica, se ha podido constatar que las mayores dificultades aparecen durante la fase de recolección. En muchos casos la mecanización es complicada, y en la mayoría de los cultivos se requiere la adaptación de maquinaria convencional para realizar la recolección.

Por otra parte, los mercados a los que se orientan los distintos tipos de productos obtenidos es diverso (producción de biodiésel, de bioetanol o aprovechamiento de la biomasa lignocelulósica). No obstante, en Andalucía, las plantas de producción de biocarburantes que existen en la actualidad se limitan a plantas de obtención de biodiésel y de ETBE. Existe un solo proyecto de planta para producción de etanol en fase de desarrollo del proyecto que se encuentra en Granada.

Por otra parte, las materias primas más demandadas actualmente para producir biocarburantes son las semillas de colza (*Brassica napus*) y de girasol (*Helianthus annuus*). Aunque aún no se encuentran disponibles los modelos de contrato entre las plantas de producción y los proveedores de materia prima, en general se exigen unos requisitos mínimos para la compra del producto, fijándose los precios en función de una serie de condicionantes.

En cuanto a las ayudas a los cultivos energéticos decir que la reforma de la PAC de junio de 2003 introdujo una nueva ayuda destinada a favorecer su producción, a la vez que incluía la posibilidad de ubicarlos en las tierras de retirada.

La ayuda que se concede en la actualidad asciende a 45 €/ha existiendo una superficie máxima garantizada de 2.000.000 hectáreas para el conjunto de la UE y siendo necesaria para su percepción la firma de un contrato entre el agricultor y la industria de transformación.

Por otro lado, los Estados miembro están autorizados a abonar una ayuda nacional por un importe máximo del 50% de los costes derivados de la implantación de cultivos permanentes en las superficies que hayan sido objeto de una solicitud de ayuda a los cultivos energéticos.

# 1. Introducción

El aumento continuado de la demanda energética, sumado a la cada vez mayor dependencia de los combustibles fósiles, y a razones de índole medioambiental, motivan la búsqueda de fórmulas eficaces para un uso más eficiente de la energía y la utilización de fuentes de energía limpias y renovables.

El fomento de estas energías en respuesta a criterios de estrategia económica, social y medioambiental ha conducido a las distintas Administraciones Públicas, y en particular a la Consejería de Agricultura y Pesca, a emprender una serie de medidas que sirvan para impulsar su desarrollo.

Igualmente, la aplicación de las nuevas reformas de la Política Agraria Común que conciernen a sectores tan importantes económica y socialmente en Andalucía como la remolacha y el algodón, se suman también a las razones que motivan la búsqueda y estudio de alternativas de cultivo viables, apareciendo la utilización de los cultivos energéticos para producción de biomasa y biocarburantes como una opción que puede impulsar el desarrollo y la utilización de energías renovables, a la vez que puede remediar, de cierta forma, los problemas de algunos de los sectores de nuestro campo andaluz.

# 2. Antecedentes

Dada la importancia estratégica de la biomasa agraria y de los biocombustibles para el futuro del medio rural y de la sociedad en general, la Consejería de Agricultura y Pesca ha puesto en marcha el *Plan de Acción para el Impulso de la Producción y Uso de la Biomasa Agraria y los Biocarburantes en Andalucía (2.007-2.013)*. Este Plan nace con el compromiso de proponer, describir e implementar las actuaciones necesarias para fomentar el uso energético de la biomasa agraria y de los biocarburantes y cumplir así los objetivos marcados en los diferentes planes energéticos y medioambientales, tanto nacionales como regionales.

Las medidas del Plan se estructuran en cuatro ejes:

- Eje 0: Medidas horizontales.
- Eje 1: Biomasa Agraria y Biocarburantes. Materias primas: análisis y actuaciones.
- Eje 2: Incentivación.
- Eje 3: Formación y divulgación.

Entre los objetivos del Eje 1 se encuentra la recopilación de las experiencias desarrolladas hasta el momento sobre producción y transformación de cultivos energéticos, y la implicación de la Administración en la difusión de la agroenergía. Estos objetivos serán útiles para extraer conclusiones que permitan el desarrollo de las propuestas futuras y la implementación de otras medidas como el cultivo de especies y variedades con fines energéticos en las fincas públicas.

Adicionalmente, la Medida 1.4. del Eje 1 se refiere concretamente al Establecimiento de un Plan de Cultivos Energéticos. El presente estudio pretende proveer de información útil para ponerlo en marcha.

Por otro lado, conviene indicar que cultivos con gran tradición productiva en Andalucía para uso alimentario como el trigo, la cebada, el girasol, la remolacha o el maíz, aunque con gran interés como cultivos energéticos, no se han considerado en el estudio. Se ha preferido centrar éste en otras especies menos conocidas que también pueden constituir alternativas de cultivo viables en nuestra Comunidad.

El estudio se estructura en cinco capítulos, aparte de los epígrafes correspondientes a introducción y antecedentes.

En el primero de ellos se expone una clasificación de los cultivos energéticos en función del destino al que se dirige su producción.

A continuación se presenta la caracterización agronómica de ocho especies de interés para uso energético, incluyendo también las experiencias de cultivo de las que se tiene constancia en España y Andalucía. Se han incluido dos especies leñosas (chopo y eucalipto) dadas las peculiaridades del sistema de cultivo que se utiliza cuando su aprovechamiento es energético. No obstante, en el resto de epígrafes no se han tratado estas especies, ni tampoco la caña de azúcar. Las primeras por haber sido descartadas inicialmente del primer año del plan de cultivos al no existir suficiente experiencia de su aprovechamiento energético en nuestra Comunidad y la caña de azúcar por tratarse de un cultivo muy restringido a zonas de clima subtropical que además se encuentran en lugares sobre los que se ejerce una gran presión urbanística, lo que impide su consideración como alternativa de cultivo viable en Andalucía.

Una vez descritas las características agronómicas de los cultivos, se presenta un capítulo en el que se revisan las referencias bibliográficas existentes en cuanto a rendimientos de cultivo. La disponibilidad de insumos, fundamentalmente semillas y maquinaria, la situación en la que se encuentran los mercados para estos productos, y las ayudas que existen para incentivar estos cultivos, se estudian en los capítulos subsiguientes.

Por último se incluye una ficha en la que se sintetiza la información más relevante sobre cada uno de los cultivos. El informe se completa con cinco documentos anexos.

### 3. Clasificación de los principales cultivos energéticos

Los cultivos energéticos son aquellos que se destinan específicamente a la producción de materiales combustibles. Se caracterizan fundamentalmente por su alta productividad y baja necesidad de insumos, y pueden agruparse en tres tipos, en función del destino final de los productos de ellos obtenidos:

- Cultivos oleaginosos
- Cultivos alcoholígenos
- Cultivos lignocelulósicos

Los denominados **cultivos oleaginosos** se destinan a la producción de aceites que, tras un proceso que incluye operaciones de extracción y refinado y, en la mayor parte de los casos una transesterificación<sup>1</sup>, se transforman en **biodiésel**<sup>2</sup> que se puede utilizar como combustible en motores convencionales.

Hasta ahora los cultivos más utilizados para obtención de aceites con uso energético han sido la **colza** (*Brassica napus*) para los países del Centro y Norte de Europa y el **girasol** (*Helianthus annuus*) para los mediterráneos. No obstante, se hace necesario buscar nuevos cultivos o variedades adaptados a las condiciones edafoclimáticas de cada zona y con bajos costes de producción que puedan incrementar su rentabilidad.

Un ejemplo de cultivo adaptado al área medi-terránea podría ser el **cardo** (*Cynara cardunculus*) cuyas semillas contienen un aceite muy similar al de girasol, pero con unos costes de producción que pueden llegar a ser de la mitad, si se aprovecha también la biomasa producida con fines energéticos o como materia prima para usos industriales. Igualmente se está experimentando con la llamada **mostaza etíope** (*Brassica carinata*) por su buen rendimiento productivo en condiciones de sequía.



Aceite y semillas de cardo (*Cynara cardunculus*).  
Foto cedida por Jesús Fernández.

<sup>1</sup> La transesterificación es el proceso a través del que se puede obtener, partiendo de metanol y aceites depurados, biodiésel y glicerina.

<sup>2</sup> Conjunto de ésteres metílicos o etílicos de los ácidos grasos de los aceites vegetales.

Los **cultivos alcoholígenos** se utilizan en la producción de bioetanol para su uso en sustitución total o parcial de las gasolinas de automoción o para producir aditivos anti-detonantes exentos de plomo como el Etil-Terbutil-Eter (ETBE). Hasta ahora los cultivos más utilizados con este fin han sido la caña de azúcar, el maíz, los cereales y la remolacha, todos ellos desarrollados para la agricultura tradicional, y con un alto rendimiento en la producción de alcohol etílico.

La **caña de azúcar** en concreto, se está cultivando en los países de clima tropical o subtropical, como sistema productivo autosostenible desde el punto de vista energético: toda la energía que requiere el proceso se obtiene del bagazo de la caña (subproducto que queda tras la extracción del jugo azucarado).

En Estados Unidos se obtiene bioetanol a partir de **maíz** principalmente, y en Europa la mayor parte se obtiene a partir de **remolacha** (caso de Francia) o de cereales de invierno (**trigo** y cebada principalmente) en el caso de España.

En relación a las ventajas ecológicas globales de este tipo de biocarburantes decir que se ven mermadas debido a que, con los sistemas de destilación tradicionales, el aporte externo de energía procede de combustibles fósiles. Para obviar este inconveniente sería deseable, aparte de emplear sistemas de bajo consumo energético, utilizar biocombustibles sólidos en los procesos de destilación combinados con la cogeneración de electricidad. Otra posibilidad sería el uso de otros cultivos que produzcan bagazo además de la materia prima alcoholígena, como puede ser la **pataca** (*Helianthus tuberosus*).

En relación a la producción de bioetanol señalar por último que en la actualidad se ensaya su obtención a partir de materiales celulósicos, lo que supondría una reducción considerable del coste de la materia prima.

Por último, los **cultivos lignocelulósicos** se destinan a la producción de biomasa y biocombustibles sólidos con fines térmicos, para calefacción, usos industriales o producción de electricidad (agroelectricidad). Estos cultivos suelen ser especies leñosas de crecimiento rápido o herbáceas perennes de alta producción.

Entre las especies leñosas propias para esta finalidad cabe destacar el **chopo** (*Populus sp.*) y los **sauces** (*Salix sp.*) para zonas frescas o con posibilidad de riego barato, y los géneros *Eucalyptus* y **Robinia** para zonas más secas.

Entre las **especies herbáceas** productoras de biomasa lignocelulósica se encuentran el ya mencionado **cardo** (*Cynara cardunculus*), típico del área mediterránea y perfectamente adaptado a su climatología y el **kenaf** (*Hibiscus cannabinus*). También se está ensayando con la **caña de Provenza** (*Arundo donna*) utilizada hasta ahora para la fabricación de pasta de papel. De todas estas especies, la más prometedora para España, en la actualidad, es el cardo.



Pelets.

Foto cedida por Francisco Marcos.



Paja de cereal.

Foto cedida por Francisco Marcos.

Aunque en párrafos anteriores se han mencionado diversas especies vegetales que presentan un adecuado potencial como cultivos energéticos, para las condiciones de Andalucía se reduce el número de alternativas posibles. En los apartados siguientes se detallan las características agronómicas de aquellos cultivos más susceptibles de tener éxito como especies de uso energético en nuestra Comunidad.

## 4. Caracterización agronómica

### 4.1 Mostaza etíope

#### 4.1.1 Introducción

La mostaza etíope (*Brassica carinata*) es una especie oleaginosa de enorme interés para la agricultura de secano del sur de España. Se adapta mejor a nuestras condiciones edafoclimáticas y presenta un comportamiento agronómico superior al de otras especies de oleaginosas, como son la colza (*Brassica napus*) o la mostaza india (*Brassica juncea*).

Presenta gran resistencia a la sequía, así como a muchas de las plagas y enfermedades que afectan a la colza. Es una planta alta y frondosa, que se cultiva como anual y cuyo mayor interés es el de servir de materia prima para la producción de biodiésel.



Mostaza etíope (*Brassica carinata*) .

Su alto potencial productivo la hace capaz de producir hasta un 32% más que las variedades de colza tradicionales, aún en condiciones de sequía. Esta productividad se debe principalmente a:

- Un sistema radicular más poderoso y agresivo que el de la colza que hace que pueda extraer agua de capas profundas del suelo.
- Un rápido desarrollo del estado de roseta que le permite una buena captación de la radiación solar.
- Mayor resistencia o tolerancia que la colza a la mayoría de las enfermedades.
- Gran capacidad de producción de frutos por unidad de superficie, gracias a las ramificaciones secundarias, terciarias y cuaternarias que desarrolla.
- Ciclos de floración y maduración más largos.
- Resistencia a la dehiscencia de las silicuas lo que facilita su recolección, evitando el desgrane.

Gran parte de la información que se expone en los epígrafes relativos a requerimientos y técnicas del cultivo, proviene de lo mencionado por López Bellido en su libro 'Cultivos industriales' (2003) y lo referido por Martín en 'Alternativas a los cultivos tradicionales: *Brassica carinata*' (2002).

## 4.1.2. Requerimientos de cultivo

### 4.1.2.1. Requerimientos edafoclimáticos

Al poseer una raíz pivotante, la mostaza etíope prefiere suelos profundos y con buen drenaje. En terrenos pocos fértiles alcanza unos rendimientos mínimos de 1.500 kg/ha.

Su cultivo se puede realizar en suelos con una amplia gama de pH, aunque su rango óptimo se encuentra entre 5,5 y 7,0, soportando niveles de hasta 7,7. Resiste cierta salinidad, incluso algo de acidez.

Se trata de un cultivo de invierno, y se adapta perfectamente a las condiciones edafológicas y climáticas de las tierras del secano, no obstante es sensible a las bajas temperaturas durante el periodo que va desde la germinación hasta el estado de roseta. No tolera temperaturas inferiores a los  $-2$  ó  $-3^{\circ}\text{C}$  durante este periodo, pero una vez que se forma la roseta puede soportar hasta los  $-15^{\circ}\text{C}$  (el frío puede incluso favorecer un mayor desarrollo de la raíz). Temperaturas muy altas durante la floración no favorecen la formación del grano ya que acortan su ciclo formativo.

Se trata, como ya se ha mencionado, de un cultivo de secano, y se desarrolla a partir de unos 400 mm de lluvia si éstos están bien distribuidos. Resistente a la sequía invernal, le benefician las lluvias de primavera durante la floración y el cuajado del fruto.

Se trata de una especie sensible al encharcamiento; así, precipitaciones superiores a los 700 mm pueden ser perjudiciales por aumentar la incidencia de las infecciones provocadas por hongos y de asfixia radicular. De todos modos la importancia de estos problemas depende mucho del tipo de suelo de que se trate.

En España, en zonas con precipitaciones abundantes se pueden obtener rendimientos en secano de hasta 3.000-4.000 kg/ha, con un contenido en aceite de la semilla cercano al 32%. Estas cifras resultan muy superiores a las obtenidas con otras oleaginosas.

### 4.1.2.2. Requerimientos nutricionales

Las necesidades de la mostaza etíope son similares a las que muestran otros cultivos de invierno, con la salvedad de presentar mayores requerimientos de azufre. Al igual que la colza, responde bien al abonado nitrogenado que necesita antes de la parada invernal para lograr un buen desarrollo. Por ello, gran parte del nitrógeno se incorpora en el abonado de fondo junto con el fósforo y el potasio. El abonado de cobertera se realiza en el momento en que finaliza el estado de roseta y comienza el periodo de crecimiento vegetativo.

Se puede aplicar el abonado nitrogenado de fondo en forma de sulfato amónico si se añaden el fósforo y el potasio en compuestos que no lleven azufre.

### 4.1.3. Manejo y cuidados culturales

#### 4.1.3.1. Control de malas hierbas

Tanto en el cultivo de la colza (*Brassica napus*) como en el de *Brassica carinata* es fundamental el control de malas hierbas antes de la nascencia. Como la separación entre líneas es escasa, no se pueden realizar labores entre éstas, por lo que durante el cultivo se realiza el control mediante herbicidas.

En principio, es útil cualquier herbicida disponible para colza. En presiembra puede emplearse trifluralina, napronamida o la combinación de ambos, incorporados al terreno mediante labores. En preemergencia se suele emplear trialato y en postemergencia pueden emplearse herbicidas antigramíneas si fuera necesario.

#### 4.1.3.2. Control de plagas y enfermedades

Durante la primavera se pueden producir ataques de pulgón y otros insectos sobre las yemas florales que se controlan con aplicaciones locales de dimetoato. Teniendo en cuenta que los ataques de pulgón suelen originarse en los bordes de la parcela, se puede tratar alrededor de ella para evitar que se generalice el problema.

Otras plagas que afectan a la *carinata* son distintos tipos de gorgojos (gorgojo del tallo, gorgojo de la yema terminal y gorgojo de las silicuas) que se tratan con piretroides sintéticos como lambda cihalotrín 2,5% a dosis de 80 cc/hl, endosulfán en pulverización a dosis de 800 g de materia activa por hectárea (m.a./ha) o fosalón; meligetos de las crucíferas, que se tratan mediante lambda cihalotrín 2,5% a dosis de 40-80 cc/hl o fosalón a dosis de 1 kg m.a./ha, y la pulguilla de la colza (*Psylloides chrysocephala*) que se trata igualmente con lambda cihalotrín 2,5% a dosis de 40-80 cc/hl.

En cuanto a las enfermedades, *B. carinata* es muy resistente a phoma, alternaria, mildiu y alburgo, aunque es sensible a otras que también afectan a la colza, como son la podredumbre gris (*Botrytis cinerea*), cuya incidencia disminuye evitando la siembra en suelos demasiado húmedos, la hernia de la col (*Plasmodiophora brassicae*), que se trata mediante encalados que eleven el pH o mediante abonados alcalinizantes y la esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*).

#### 4.1.3.3. Preparación del terreno

Las prácticas agronómicas que requiere el cultivo de *Brassica carinata* son similares a las que se realizan para la colza.

La preparación del terreno para la siembra requiere dos labores habitualmente: en primer lugar una labor profunda que facilite la penetración de las raíces y el agua, que usualmente se lleva a cabo mediante un pase de chisel, y a continuación una labor de refinado, mediante uno o dos pases de grada o cultivador, que preparan la superficie para permitir una buena y rápida nascencia. Tras la grada es recomendable efectuar uno o dos pases de rulo para lograr un terreno llano y sin terrones, muy necesario dadas las pequeñas dimensiones de la semilla.

El cultivo debe desarrollarse suficientemente durante la época otoñal por lo que es importante preservar el contenido de humedad del suelo hasta el momento de la siembra. Por ello, en la época en que se realizan las labores de preparación del terreno, entre finales de verano y principios de otoño, la humedad del suelo es el principal factor limitante.

#### 4.1.3.4. Labores de siembra

Cuanto más fría sea la zona de cultivo, más temprana debe ser la siembra al objeto de que la planta alcance un desarrollo suficiente cuando lleguen las heladas. El momento de la siembra está condicionado por dos factores: alcanzar la parada invernal con la planta desarrollada (8 hojas verdaderas y raíces de 15 a 20 cm) y que se haya podido preparar el terreno con el tiempo y la humedad adecuados. Por tanto, es fundamental el conocimiento de las características del clima de otoño-invierno de cada zona, y sobre todo la duración del periodo de heladas y su intensidad, así como la distribución de la lluvia, especialmente durante el período crítico de la floración.

La época recomendada para realizar la siembra se extiende desde mediados de septiembre hasta mitad de octubre, pudiendo retrasarse hasta finales de octubre en zonas muy cálidas como Andalucía.

En cuanto a la maquinaria existe una sembradora específica para colza aunque también es frecuente utilizar sembradoras de cereal modificadas. Cuando se emplean éstas, se recomienda una distancia entre líneas reducida (entre 17 y 20 cm).

El uso de sembradoras de precisión neumáticas tiene la ventaja de reducir en más del 50% la dosis de siembra requerida, permitiendo una emergencia más uniforme. Permite además las labores de cultivo entre líneas al sembrar con una separación de unos 40 cm entre líneas.

La profundidad de siembra recomendada no debe exceder los 2 cm (variando entre 0,5 y 2) y la dosis recomendada es de unas 150 semillas/m<sup>2</sup> (unos 6 kg de semilla/ha).

Para regiones de clima mediterráneo una densidad comprendida entre 30 y 40 plantas/m<sup>2</sup> al final del invierno puede ser suficiente, aunque debido a la capacidad de ramificación de esta especie, la densidad de siembra no influye significativamente en el rendimiento.

#### 4.1.3.5. Recolección y postcosecha

Ya se ha mencionado que a diferencia de lo que sucede con las silicuas de la colza, las silicuas de *Brassica carinata* no son dehiscentes, por lo que la pérdida de grano en la maduración es prácticamente nula.

El momento idóneo para realizar la recolección es cuando el cultivo se encuentra totalmente seco, utilizando una cosechadora de cereal adaptada a oleaginosas.

#### 4.1.4. Experiencias y ensayos

El Instituto Técnico y de Gestión Agrícola de **Navarra** (ITGA) ha llevado a cabo experiencias de cultivo con *Brassica carinata* en el marco del proyecto europeo Bioelectricity (2003-2005), con el fin de encontrar cultivos alternativos a los cereales de secano con fines no alimentarios (producción de energía y materias primas para la industria). El objetivo del proyecto era el estudio de *Brassica carinata* para su uso como fuente de energía renovable para generación de energía eléctrica, contemplando su viabilidad económica, sostenibilidad y balance energético.

Por otra parte, la empresa Acciona Bioenergía (antigua Energía Hidroeléctrica de Navarra (EHN)) que se dedica a la promoción de energías renovables siendo en la actualidad líder mundial en producción eólica, posee una planta de biomasa de 25 MW en Sangüesa (Navarra) que utiliza como materia prima residuos vegetales, fundamentalmente paja de cereal. Con objeto de diversificar el suministro eliminando así parte de las incertidumbres que tiene la paja de cereal debido a la variabilidad del mercado o la climatología, se está llevando a cabo un proyecto de implantación de *Brassica carinata* en el área de influencia de la planta de biomasa. El proyecto, que se desarrolla de manera conjunta con el ITGA de Navarra, comenzó en el año 2000 con la siembra de 120 hectáreas. En otoño de 2001 las siembras se ampliaron a 200 hectáreas.

Se involucraron en la experiencia cerca de 40 agricultores de dos zonas de Navarra que firmaron contratos con Acciona en los que se les garantizaba un precio fijo por hectárea. El objetivo perseguido era conocer en profundidad los aspectos relativos al cultivo de la mostaza etíope, su mecanización y postcosecha, análisis de costes y capacidad de producción en cada zona.

Los resultados obtenidos hasta el momento han puesto de manifiesto una buena adaptación del cultivo a secanos frescos, que reciban lluvias comprendidas entre 500 y 800 mm al año, encontrándose los rendimientos medios obtenidos entre las 5 y 6,5 t/ha de biomasa en secano (aunque se estima que el potencial del cultivo podría ser mayor).

En cuanto a los costes, el cultivo de una hectárea de *carinata* podría costar entre 300 y 360 euros (50-70 €/t), aunque estas cifras podrían reducirse hasta los 240 euros. Sin embargo, el precio estimado por kilo de *carinata* ascendería a 0,02 euros, pagando la empresa los costes de recolección y transporte, por lo que sin subvenciones a los cultivos energéticos, la rentabilidad del cultivo en la zona es cuestionable.

Por otro lado, la Junta de **Castilla y León** ha participado junto con Koipesol en un proyecto para estudiar la adaptación de *Brassica carinata* a esta región. La Cooperativa Agropecuaria Acor considera que el cultivo podría tener interés como materia prima para producción de biodiésel en las tierras de Castilla y León. Por ello, en 2.002 se sembraron distintas variedades de semillas para así determinar cual era la de mayor potencial productivo en la zona.

En este proyecto participaron 25 agricultores repartidos por toda la región, cultivando cada uno dos hectáreas con diferentes semillas de *carinata*. Previamente al ensayo ya se había cultivado mostaza etíope el año anterior con la finalidad de que los agricultores se familiarizaran con las técnicas de cultivo.

En la primera parte del proyecto se pretendía seleccionar la semilla de mayor rendimiento, lo que en tiempo, supone un mínimo de tres años para poder fijar un nivel productivo medio. Si los resultados obtenidos resultaban satisfactorios, Acor tenía previsto desarrollar toda una cadena de producción incluyendo una planta de obtención de aceite.

Respecto a las experiencias con *Brassica carinata* llevadas a cabo en **Andalucía**, las primeras se remontan a los años 80, y en concreto a 1982, cuando la empresa Koipesol, en colaboración con el INIA de Córdoba, inició un programa de evaluación de la adaptación de varias especies oleaginosas de *Brassica* a distintos países y zonas (entre ellas Andalucía). Los primeros resultados mostraron que la mostaza etíope tenía un mayor potencial productivo que *Brassica napus* y *Brassica juncea*, tanto en zonas áridas como en semiáridas.

En 1995 Koipesol organizó un grupo de investigación multidisciplinar para analizar el potencial de la *carinata* desde varios puntos de vista. En 1996 se realizó una evaluación agronómica de distintos genotipos en 11 zonas distintas de cultivo (en España, Italia y Grecia), incluyendo una evaluación del potencial biológico, tanto para la obtención de semilla para aceite y su empleo posterior como biodiésel, como para la obtención de biomasa para su empleo directo en la producción de energía. En España se seleccionaron cinco zonas de cultivo, dos de ellas en el sur (Valle del Guadalquivir y sur de Cádiz).

Por otro lado, se tiene conocimiento de que la empresa Arlesa ha realizado ensayos con *carinata* en la provincia de **Cádiz** con una línea obtenida de la selección llevada previamente a cabo por el Instituto de Agricultura Sostenible de Córdoba. El cultivo fue instaurado en dos fincas de secano de muy buena calidad de suelo, resultando unos rendimientos del orden o superiores a los obtenidos con las oleaginosas cultivadas en la zona. En concreto, la producción media obtenida alcanzó los 1.900 kg de semilla por hectárea.

## 4.2. Cardo

### 4.2.1. Introducción

El cardo (*Cynara cardunculus* L.) es una especie herbácea vivaz próxima a la alcachofa, que pertenece a la familia de las Compuestas y que resulta muy apta para los secanos españoles.

Se trata de un cultivo de gran potencial productivo cuyo destino principal es la obtención de biomasa lignocelulósica para la producción de energía eléctrica, aunque también existen experiencias de empleo de su semilla para la obtención de biodiésel.



Cardo (*Cynara cardunculus* L.)

El potencial productivo de biomasa del cardo se debe principalmente a:

- Un sistema radicular pivotante muy profundo (puede alcanzar hasta 7 m de profundidad) compuesto por varias raíces principales originadas a partir de la raíz inicial de las que salen otras secundarias que se desarrollan horizontalmente a distintas profundidades y en los años siguientes. De este modo, el cardo puede utilizar las aguas de lluvia infiltradas en el subsuelo durante el otoño, invierno y primavera y ser muy eficiente en la utilización de nutrientes, incluso los lixiviados de cultivos anteriores.
- Las yemas de recambio que se forman en la base de la raíz, que originan nuevas plantas en los años siguientes al de su plantación. Este hecho posibilita que no sea necesaria la siembra anual y que se cultive como especie plurianual.
- Una rápida cobertura de la superficie de cultivo desde principios de otoño gracias al veloz desarrollo de la roseta de hojas basales que se realiza inicialmente a expensas de las reservas acumuladas en las raíces. Esto implica una mayor captación de la radiación solar y la eliminación de la competencia con malas hierbas adventicias.
- Un período de producción largo (desde octubre a julio), y capacidad de realizar la fotosíntesis a bajas temperaturas durante la época invernal.
- Un ciclo de desarrollo adaptado a la sequía estival gracias al cual la parte aérea se deseca en verano mientras que las raíces, con abundantes sistemas de reserva, se mantienen frescas y hacen que pueda rebrotar con fuerza una vez pasados los calores estivales.

El ciclo natural del cardo puede prolongarse, en las condiciones más favorables, un período que varía entre 6 y 15 años, desarrollándose a lo largo del tiempo como a continuación se describe:

- Primer año: durante el verano la semilla se ha producido y diseminado, germinando en otoño cuando las condiciones de humedad y temperatura son favorables. Se forma una roseta basal de hojas que va desarrollándose durante el resto del otoño, el invierno y la primavera. Durante este tiempo la raíz acumula los azúcares que van produciendo las hojas. A mediados o finales de la primavera, del centro de la planta emerge un tallo de aproximadamente un metro de altura, con uno o varios capítulos, que se seca al final del verano, permaneciendo vivas las raíces y las yemas remanentes de la base del tallo.
- Segundo año: al final del verano, principios de otoño, varias de las yemas de recambio brotan con fuerza a expensas de los azúcares formados en la raíz, que sigue engrosando. A partir de este año los tallos medirán entre 1,5 y 2,5 m y la raíz unos 7 m.

- Tercer año: al final de la primavera se forma un nuevo tallo floral que se desarrolla rápidamente a expensas de las reservas acumuladas en la raíz. La parte aérea puede llegar a alcanzar los 3 m en un ciclo anual de producción de biomasa. En el verano, tras la madurez de los frutos, la planta empieza a desecarse hasta quedar completamente seca la parte aérea, si bien la raíz y las yemas remanentes en la base del tallo permanecen vivas.
- Años subsiguientes: el ciclo se vuelve a iniciar en el otoño siguiente, repitiéndose durante toda la vida de la planta.

Si el mercado de la biomasa estuviera garantizado, cultivos como *Cynara* podrían constituir alternativas interesantes para las grandes áreas de secano que se vieran abandonadas por los cultivos agroalimentarios tradicionales, así como para zonas de regadío con problemas de sobreexplotación de acuíferos.



Plantación de cardo

Las características del cardo ya expuestas y las que se presentan en este documento proceden en su mayoría de lo referido por Martín (2002) y Fernández Pan (2003), y confirman que “el cultivo de cardo para fines energéticos posee indudables ventajas de índole económico, estratégico, social y medioambiental” (Fernández, 2000).

## 4.2.2. Requerimientos de cultivo

### 4.2.2.1. Requerimientos edafoclimáticos

Ya se ha indicado que, gracias a su sistema radicular potente y profundo, el cardo es un cultivo especialmente adaptado a condiciones de clima semiárido y mediterráneo.

No resiste las heladas durante sus primeros estadios de desarrollo (primer mes tras la siembra), pero incrementa notablemente su resistencia a medida que van brotando sus hojas, y con 4 hojas puede aguantar temperaturas inferiores a  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Tolera mal el encharcamiento y requiere suelos ligeros y profundos, de naturaleza caliza, que retengan el agua en el subsuelo. Cuando se encuentra en estado silvestre crece sobre todo en terrenos baldíos y arcenes de caminos.



Raíz del cardo.

#### 4.2.2.2. Requerimientos hídricos y nutricionales

En principio no requiere riego porque su sistema radicular le permite aprovechar aguas de lluvia infiltradas en el subsuelo durante el otoño, invierno y primavera.

Su periodo crítico, en cuanto a necesidades hídricas, es el periodo de crecimiento, que transcurre durante la primavera.

En relación a sus necesidades en nutrientes, el cardo resulta poco exigente. Además, las características de su sistema radicular le permiten aprovechar los lixiviados de cultivos anteriores.

### 4.2.3. Manejo y cuidados culturales

#### 4.2.3.1. Labores a realizar durante el primer año

##### **Abonado de fondo**

Antes de incorporar al suelo el rastrojo del cultivo anterior se puede realizar un abonado de fondo mediante un pase de vertedera. Este abonado se puede omitir si en el

terreno hubiese nutrientes lixiviados procedentes de la fertilización de cultivos precedentes.

### **Siembra**

En el caso de que la siembra se realice en otoño, debe adelantarse todo lo posible para que la roseta de hojas se forme antes de la llegada del frío del invierno. Si se prevé un retraso en las lluvias otoñales, es preferible sembrar en seco en septiembre u octubre.

En las zonas en que las primeras heladas de otoño se producen muy pronto se recomienda la siembra de primavera. De esta manera la planta se aprovecha del agua de primavera para la nascencia, alcanzando en verano el estado de roseta, continuando su crecimiento en otoño, y finalizando el ciclo el verano siguiente.

La densidad final de siembra recomendable se puede establecer en unas 15.000 plantas/ha, pudiéndose llegar hasta 25.000 en terrenos frescos. La separación entre líneas debe encontrarse entre 75 y 80 cm, la separación entre semillas entre 5 y 10 cm y la profundidad de siembra entre 2 y 4 cm. Tras la siembra, es conveniente realizar un pase de rulo para asegurar un adecuado contacto de la semilla con el suelo.

### **Control de malas hierbas**

Antes de la emergencia del cultivo se recomienda un tratamiento herbicida. Este tratamiento es muy importante durante el primer año, puesto que al principio existe mucha superficie no ocupada por el cultivo. A medida que se desarrollan las hojas de la roseta, la planta va cubriendo el terreno, produciéndose cierto control natural sobre las malas hierbas.

Igualmente, durante el primer año se pueden realizar dos pases de cultivador, de unos 50 ó 60 cm de anchura, con la finalidad de eliminar las malas hierbas de las calles y las plantas de cardo sobrantes.

### **Control de plagas y enfermedades**

Las plagas que afectan a este cultivo son similares a las que afectan a la alcachofa. Además, al ser un cultivo perenne, pueden llegar a abundar caracoles y babosas, especialmente en los lugares húmedos.

El topillo (*Microtus duodecimcostatus*), especie de roedor, tiene especial avidez por las raíces del cardo, dado su alto contenido en azúcar, llegando a constituir una seria amenaza.

Al ser un cultivo de secano, las enfermedades causadas por hongos no son importantes. No obstante las más comunes son el mildiu, el oidio y la viruela de las hojas.



Ataque de babosas en el cultivo del cardo.

### **Cosecha**

La vida media útil de una plantación de *Cynara* se estima entre 7 y 10 años, siendo el promedio de unos 8 años (Fernández, 1998), pudiéndose realizar una o dos recolecciones de biomasa aérea al año (Curt *et al.*, 2001).

Durante el primer año, el desarrollo de las plantas es relativamente pequeño. Si la siembra se ha realizado en otoño, el tallo aún será corto y poco ramificado. Existen referencias que indican que en este caso se puede recoger la semilla producida con una cosechadora de cereal o de girasol, obteniendo un rendimiento que normalmente es inferior a los 500 kg/ha (Fernández Pan, 2003). En otras experiencias de cultivo llevadas a cabo en Andalucía se han obtenido cosechas de hasta 500 kg/ha de biomasa incluida la semilla<sup>3</sup>.

En caso de haber realizado siembra de primavera, durante el primer año lo normal es que la planta aún no haya desarrollado el tallo, permaneciendo durante el verano las hojas verdes. Siendo así, se puede recoger la biomasa para su uso en producción de energía una vez se haya secado en campo (9% de humedad de promedio) para su posterior siega y empacado, con lo que el rendimiento en la combustión será mayor en caldera (Santos, 2006). Otra opción es cosechar en verde, lo que supone obtener valores en torno al 30% de humedad de promedio (Fernández Pan, 2003) y dejar que la cosecha se seque al sol.

<sup>3</sup> Comunicación personal. Experiencias llevadas a cabo en fincas de titularidad pública gestionadas por la Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero.



Empacado del cardo.

#### 4.2.4. Experiencias y ensayos

Se sabe que en 2002, y tras varios años de ensayos, la empresa CECSA (Cultivos Energéticos de Castilla, SA) promovió la instalación de una planta de generación eléctrica con biomasa en Villalbilla de Burgos (**Burgos**).

La planta necesitaba unas 86.000 t/año de biomasa procedente del cardo, cantidad que se complementa con paja de cereal. La empresa promovió contratos de compra con los agricultores según los cuales se comprometía a pagar 27,04 €/t y a comprar toda su producción. El precio estipulado se fijó teniendo en cuenta el coste de las labores y los 7,81 €/t de beneficio bruto para el agricultor que estimó la empresa. A estos precios habría que añadir la ayuda de 45 €/ha que pueden cobrar los cultivos energéticos.

Por otro lado, en 2002 la Cooperativa Agropecuaria Acor inició experiencias de cultivo con cardo para estudiar su viabilidad en **Castilla-León**. Se contó con la colaboración de 25 agricultores repartidos por toda la superficie de la Comunidad, aunque los resultados obtenidos no se encuentran publicados.

Se conocen otras experiencias de cultivo de *Cynara* en **Extremadura**. En 2002 la Mancomunidad Tajo-Albalat de esta Comunidad, suscribió un acuerdo con las empresas Geopónica y Agro-Jaranda para la introducción del cultivo en la zona.

El proyecto, que inicialmente se preveía que se desarrollara en 18 meses, pretendía analizar la implantación de este cultivo en 300 hectáreas para su aprovechamiento como biomasa. La implantación del cultivo tenía coste cero para los agricultores ya que los gastos que se generasen eran asumidos por la empresa Geopónica, encargada también de la recogida de la producción. No se ha podido disponer de los resultados de esta experiencia.

En cuanto a las experiencias de cultivo realizadas en **Andalucía** se conocen diferentes ensayos para determinar los rendimientos medios de *Cynara cardunculus* en distintas localidades. En el municipio de Sanlúcar la Mayor durante las campañas 1994/95 y 1995/96, se obtuvieron unos rendimientos de 10,5 y 17,8 t de biomasa seca por hectárea respectivamente. En el CIFA Las Torres-Tomejil (Alcalá del Río, Sevilla) se está llevando a cabo en la actualidad un seguimiento del cultivo para determinar rendimiento en biomasa a lo largo de la vida útil de la plantación y probar asimismo diferentes sistemas de recolección: el rendimiento medio obtenido durante cinco campañas ha sido de 14 t/ha en tierras de alto rendimiento agronómico.

Por otro lado, a finales de 2005 se puso en marcha el proyecto europeo BIOCARD (proyecto de investigación enmarcado en el VI Programa Marco) con el objetivo principal de implantar el cardo como cultivo energético alternativo y demostrar la viabilidad tanto técnica como económica del proceso global de explotación del cardo para aplicaciones energéticas<sup>4</sup>.

## 4.3. Sorgo papelero

### 4.3.1. Introducción

El sorgo es un cultivo de la familia de las Poáceas (Gramíneas) que posee una gran variabilidad genética y se clasifica en una única especie colectiva denominada *Sorghum bicolor* debido a que las diferentes formas cultivadas se pueden cruzar entre sí con facilidad. La denominación taxonómica actual del sorgo cultivado es *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

El sorgo escoba o zahína (denominado también *Sorghum dochna* var. *technicum* o *Sorghum bicolor* spp. *cernuum*) se caracteriza por su alto contenido en celulosa, por lo que se le supone un gran potencial para su uso en la fabricación de papel. El híbrido de éste y el sorgo de grano denominado sorgo híbrido de fibra o sorgo papelero, posee la cualidad de generar una elevada producción de biomasa (con un rendimiento superior en un 40% al del sorgo escoba), presentar una mayor resistencia al encamado en comparación con el sorgo escoba y conservar además un alto contenido en celulosa.

<sup>4</sup> <http://www.agroinformacion.com/leer-noticia.aspx?not=31333>



*Sorgo (Sorghum bicolor).*

Las diferencias más destacables entre el sorgo papelero y el sorgo azucarero se encuentran en su composición analítica (López-Bellido, 2003). Así, mientras el sorgo papelero posee un porcentaje en carbohidratos simples cercano al 15% frente al 35% que presenta el sorgo azucarero, los carbohidratos estructurales (lignina, hemicelulosa y celulosa) representan una proporción del 70% en el sorgo papelero frente al 50% del azucarero. De estas cifras se deducen sus potenciales usos, así que para el sorgo papelero se tiene un gran potencial, además del uso en la fabricación de papel, como fuente de energía renovable para usos térmicos o eléctricos (puede alcanzar los 4 m de altura), mientras que el sorgo azucarero tiene un mayor potencial para la producción de bioetanol, y uso de la biomasa residual como fuente de calor en el proceso productivo de dicho carburante.

En general todas las variedades mencionadas presentan una gran resistencia a la sequía lo que confiere al cultivo una mayor adaptabilidad a climas áridos. Esta característica se debe a los siguientes factores:

- Un sistema radicular muy desarrollado y fibroso, muy eficiente en la extracción de humedad del suelo.
- Un bajo nivel de transpiración en relación con la alta capacidad de absorción radicular: sus estomas son más pequeños y numerosos de modo que le permiten un mejor control del intercambio gaseoso.
- Una baja superficie foliar funcional, y capacidad de enrollamiento de las hojas que hace que se reduzca aún más dicha superficie durante el déficit hídrico.
- Una cubierta cerosa de tallos y hojas que actúa como protección contra la sequía.

### 4.3.2. Requerimientos de cultivo

Los requerimientos de cultivo descritos a continuación son válidos para las distintas variedades de sorgo y proceden, en su mayor parte, de lo descrito por López Bellido (1991). En los casos en los que se haga referencia expresa a características específicas de alguna variedad en concreto, se señala en el texto.

#### 4.3.2.1. Requerimientos edafoclimáticos

El sorgo se adapta a una gran variedad de texturas y pH en los suelos, si bien su rango óptimo se encuentra entre 6,2 y 7,8. Tolerancia cierta salinidad, mostrando mayor sensibilidad a este factor durante la germinación y al comienzo del crecimiento.

Es un cultivo que se desarrolla bien en terrenos alcalinos, sobre todo, el sorgo azucarero, que se beneficia de la presencia de carbonato cálcico en el suelo, al provocar éste un aumento en el contenido de sacarosa de tallos y hojas. En general, se trata de un cultivo que prefiere suelos profundos y no demasiado pesados.

Posee un sistema radicular que puede alcanzar, en terrenos permeables, hasta los 2 m de profundidad. Debido a su eficacia, es capaz de extraer del suelo elevadas proporciones de agua y nutrientes, comportándose como un cultivo esquilante que provoca, con frecuencia y en caso de rotación, menores rendimientos en cultivos ulteriores.



Sorgo (*Sorghum bicolor*).

#### 4.3.2.2. Requerimientos hídricos

El sorgo tiene la capacidad de resistir a la sequía durante un periodo de tiempo bastante largo, y continuar su crecimiento más adelante cuando ésta cesa. Así, el período crítico de necesidades de agua se encuentra entre la formación de la panícula en las hojas del vértice de las plantas, la floración y el comienzo de la formación del grano (lechoso).

A pesar de esta resistencia a la sequía, en las condiciones de clima mediterráneo, el sorgo se considera un cultivo de regadío con unas necesidades hídricas medias que se encuentran entre 400 y 450 mm, constituyendo el riego uno de los costes más importantes del cultivo. Cuando se trata de sorgo papelero, al presentar cierta tolerancia a la salinidad, puede utilizarse agua de riego moderadamente salina.

#### 4.3.2.3. Requerimientos nutricionales

El sorgo papelero es muy exigente en nitrógeno y potasio. Sus extracciones por tonelada de materia seca producida son aproximadamente las siguientes: 10,3 kg N<sub>2</sub>, 2,5

kg  $P_2O_5$ , 12,4 kg  $K_2O$ , 10,1 kg CaO y 3 kg MgO. El sistema radicular tan desarrollado característico de la planta favorece una óptima extracción de agua y nutrientes lo que reduce la necesidad de aportación de fertilizantes.

Para un rendimiento medio de unas 20 t/ha de materia seca se recomienda una fertilización con 150-200 kg N/ha y 50-70 kg  $P_2O_5$ /ha. En cuanto al potasio, se puede considerar suficiente la dotación característica de la mayor parte de los suelos mediterráneos. El sorgo es muy sensible a la carencia de hierro, especialmente en suelos calizos, siendo también frecuentes las carencias en zinc y manganeso.

### **4.3.2.4. Requerimientos de temperatura**

Para los híbridos de grano la temperatura que se requiere durante la emergencia de las plántulas se sitúa en torno a los 12°C, encontrándose la temperatura óptima de crecimiento por encima de los 20°C.

El sorgo papelerero presenta una mayor tolerancia al frío que los híbridos de grano. Así, la germinación y emergencia tienen lugar a partir de los 12-14°C de temperatura en el suelo. El crecimiento se detiene prácticamente a temperaturas inferiores a los 15°C. El rango de temperatura óptimo durante la estación de crecimiento se encuentra entre los 24 y 30°C, aunque tolera temperaturas superiores a 40°C.

## **4.3.3. Manejo y cuidados culturales**

Como en el caso de los requerimientos de cultivo, en los siguientes epígrafes se describen las prácticas habituales que recoge la bibliografía (López Bellido, 2003) para el sorgo en general. En los casos en los que se haga referencia expresa a labores o cuidados específicos de alguna variedad en particular, se señalará en el texto.

### **4.3.3.1. Control de malas hierbas**

El sorgo es sensible a la competencia con malas hierbas en su primera fase de crecimiento. El control de éstas debe realizarse con la aplicación de herbicidas junto con las labores previas de preparación del terreno.

Tanto en las variedades de grano como en el caso del sorgo papelerero el control de malas hierbas se puede realizar mediante dosis reducidas de terbutilazina en preemergencia, o bien con una mezcla de atrazina y propacloro. Cuando la planta tiene 2-4 hojas, las labores de cultivo entre líneas suelen ofrecer resultados satisfactorios, sin embargo, en estadios posteriores estas labores ya no resultan tan efectivas, dado el rápido desarrollo del cultivo.

Para el control de malas hierbas en post-emergencia se puede usar atrazina, una combinación de atrazina y aceite y MCPA.

#### 4.3.3.2. Plagas y enfermedades

Las plagas más comunes que afectan al cultivo son el taladro (*Sesamia sp.* y *Ostrinia sp.*), el gusano de la mazorca (*Helicoverpa sp.*), la araña roja y diferentes tipos de pulgones.

Los ataques de hongos más frecuentes en plántulas están causados por *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia sp.* y *Helminthosporium sp.* Estos ataques obstaculizan el crecimiento del cultivo, sobre todo, a bajas temperaturas del suelo. Para prevenirlo se recomienda la desinfección de la semilla y el retraso de la siembra hasta que existan temperaturas óptimas para una rápida germinación y emergencia.

Otras enfermedades típicas del cultivo del sorgo son la roya (*Puccinia sorghi*) y la antracnosis (*Colletotrichum graminicola*), además del virus del enanismo del maíz, que es transmitido por pulgones. Para muchas de estas enfermedades existen variedades híbridas resistentes.

Los insectos más dañinos, como los taladros, y el hongo más perjudicial, como *Fusarium sp.*, no representan una gran amenaza si se dan con el cultivo muy desarrollado y si la recolección se realiza precozmente.

#### 4.3.3.3. Preparación del terreno y labores de siembra

Se aconseja realizar las labores de preparación del terreno las dos o tres semanas previas a la siembra. Deben ser labores profundas, dadas las características del sistema radicular del cultivo. Se pueden llevar a cabo mediante arado de vertedera o subsolador, y debido a las pequeñas dimensiones de la semilla y su limitada energía germinativa, se aconseja realizar, al menos, un pase de rulo.

La siembra está determinada por las necesidades térmicas del cultivo durante la fase de emergencia, por lo que puede llevarse a cabo en el mes de abril o a comienzos de mayo, según las zonas. Una siembra tardía provoca una reducción de la altura y la producción de materia seca.

Se recomienda una profundidad de siembra comprendida entre 2 y 4 cm dadas las reducidas dimensiones de la semilla. Los suelos con tendencia a la formación de costra pueden ocasionar problemas graves de emergencia que pueden solucionarse mediante riegos de bajo volumen. La siembra se realiza mediante sembradoras de cereales o de precisión. La densidad óptima de siembra en el sorgo escoba y en el sorgo papeleros se encuentra

en torno a 18-20 plantas/ m<sup>2</sup>, con una separación entre líneas de 40 a 60 cm. La lluvia o un riego de apoyo con reducidas cantidades de agua inmediatamente después de la siembra, suele optimizar la emergencia de la planta. La dosis de siembra debe ser un 15-35% superior a la densidad de plantas que se quiera obtener. En general, con sorgos híbridos se requieren unos 15 kg de semilla por hectárea.

### 4.3.3.4. Recolección y postcosecha

En el caso del sorgo papelero del que se aprovecha la biomasa, la siega temprana favorece el secado natural de la planta en el campo. Para cultivos de ciclo tardío los mejores resultados de productividad se obtienen realizando la recolección en septiembre, ya que aún permite el secado natural en el campo y el posterior empacado de biomasa en rotobalas.

La recolección del sorgo papelero se realiza cortando la planta al nivel del primer entrenudo, una o dos semanas después de la floración. Tras la recolección de los tallos, y una vez desecados, se desmedulan con maquinaria específica.

### 4.3.4. Experiencias y ensayos

En Andalucía se han obtenido resultados muy positivos en cuanto a producción de materia seca en condiciones de cultivo exigentes (producción media de biomasa de 50 t/ha en masa seca) que apuntan hacia la viabilidad de la introducción del cultivo en diferentes zonas de la Comunidad.

En la actualidad se están llevando a cabo experiencias adicionales destinadas a determinar la viabilidad del cultivo para usos energéticos, de las que se obtendrán las conclusiones necesarias para su definitiva expansión.

Referente a la producción de etanol a partir del grano, el proyecto de Agrobiol está investigando las potencialidades del sorgo azucarero junto con las de la patata (*Helianthus tuberosus* L.).

Destacar también, en cuanto al sorgo azucarero en Andalucía, los estudios realizados durante el periodo 1981-1987 por el Centro de Investigaciones y Desarrollo Agrario de Málaga (Olalla, 1987), en los que se obtuvieron unos rendimientos de 80 t/ha de materia verde, con 10 t/ha de azúcares y 17 t/ha de materia seca. Para ello se utilizaron suelos de mediana a buena calidad, densidades de 150.000 a 200.000 tallos/ha, un aporte de agua de 7.000 m<sup>3</sup>/ha. y un ciclo óptimo de cultivo entre mayo y octubre. Se llevaron a cabo experiencias de campo sobre variedades, técnicas de siembra, distancia entre líneas, abonado, riego, fechas de siembra y recolección, herbicidas, recolección y deterioro postcosecha.

## 4.4. Caña de azúcar

### 4.4.1. Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es una planta tropical que pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas) de la que actualmente se cultiva un híbrido muy complejo de dos o más de las cinco especies del género (*S. barberi*, *S. officinarum*, *S. robustum*, *S. sinense* y *S. spontaneum*). Muchas de estas especies sufrieron cruzamientos naturales, originando un género diverso.

Se trata de la especie agroenergética ideal para los climas que permitan su cultivo, pudiéndose obtener cosechas que varían entre las 40 y las 65 t/ha en peso seco cada año, y estimándose un rendimiento de conversión a alcohol que se sitúa entre 3.700 y 13.000 l etanol/ha año (Jarabo, 1999).

La caña de azúcar suministra, además de los azúcares transformables en alcohol, el bagazo (350 kg/t de azúcar) y la melaza (50 kg/t de azúcar). El bagazo es un residuo fibroso de la molienda que resulta aprovechable en el proceso de producción de alcohol como aporte de energía térmica. Posee otros usos en la fabricación de papel, tableros, y como fibra para la fabricación de salpicaderos o parachoques en la industria automovilística. Respecto a la melaza, que se produce tras la cristalización del azúcar, se ha empleado tradicionalmente como materia prima para la fabricación de alcohol, ron y como componente de piensos para alimentación animal.

El valor de estos subproductos sumado a que los costes de producción del azúcar de caña son inferiores a los del azúcar de remolacha, hacen de la caña un cultivo más rentable en la producción de etanol.

Las zonas productoras de caña de azúcar en España se limitan a Granada y Málaga, provincias en las que la superficie cultivada en 2003 fue de 361 y 742 hectáreas respectivamente<sup>5</sup>. La situación es poco optimista ya que su producción en España ha ido decreciendo continuamente. En los últimos 30 años la superficie cultivada ha pasado de 5.400 ha en 1970 a 1.300 ha en 1999 (Salas, 2004).

Las causas principales de esta situación en las costas granadina y malagueña son debidas principalmente a la competencia por el suelo con otros cultivos más rentables como hortícolas al aire libre, subtropicales e invernaderos, a la presión urbanística, al pequeño tamaño de las explotaciones (con superficie media inferior a 0,5 ha en Granada y a 2 ha en Málaga), al perfil del agricultor (personas de edad avanzada en un cultivo considerado secundario) y al cierre paulatino de las industrias azucareras de la caña (Salas, 2004).

<sup>5</sup> Anuarios de Estadísticas Agrarias y Pesqueras. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

## 4.4.2. Requerimientos de cultivo

Gran parte de la información que se presenta a continuación ha sido extraída de lo publicado acerca del cultivo en 2004 por M. C. Salas.

### 4.4.2.1. Requerimientos edafoclimáticos

La caña de azúcar es una planta tropical, siendo la temperatura, la humedad y la luminosidad, los principales factores del clima que controlan su desarrollo.

Cuando prevalecen temperaturas moderadamente altas (25-27°C) la caña alcanza un gran crecimiento vegetativo y bajo estas condiciones, la fotosíntesis se desplaza hacia la producción de carbohidratos de alto peso molecular como la celulosa y otras materias que constituyen el follaje y el soporte fibroso del tallo. Es indispensable también proporcionarle una adecuada cantidad de agua durante su desarrollo vegetativo, para facilitar la absorción, transporte y asimilación de nutrientes. La luz juega un papel primordial al ser la principal fuente de energía que utiliza la planta para almacenar sacarosa. Cuanto menor es la luminosidad menor es el almacenamiento de azúcares que se produce.

La caña de azúcar se cultiva en una amplia diversidad de suelos, aunque resulta conveniente que éstos contengan materia orgánica (superior al 2%) y presenten un buen drenaje. En cuanto al pH, la planta se adapta bien a distintos valores en un amplio rango que se encuentra entre 4,0 y 8,3, encontrándose el ideal entre 5,5 y 6,5.

### 4.4.2.2. Requerimientos hídricos

La caña de azúcar requiere de un gran aporte de agua pese a poseer una alta eficiencia relativa en su uso. Sus rendimientos en masa seca y azúcar son mayores cuando se atiende adecuadamente a sus necesidades hídricas.

Su consumo total de agua varía considerablemente según las condiciones climáticas de la zona de producción, pudiendo oscilar entre los 800 y los 1.500 mm anuales. La germinación exige la presencia de humedad en el suelo. Sin embargo, durante el cultivo, el riego excesivo puede contribuir al crecimiento de malas hierbas. El periodo crítico de necesidades se encuentra en la parte inicial del período de crecimiento rápido en el que la planta es muy sensible a los déficits hídricos y nutricionales que si se producen pueden afectar a la producción final. Por ello, es indispensable proporcionarle una adecuada cantidad de agua durante su periodo de crecimiento activo (verano) cuando existe una elevada radiación solar, para que se produzca la adecuada absorción, transporte y asimilación de nutrientes, y así se alcance el máximo de producción.

Se requieren, por tanto, riegos frecuentes pero de bajo volumen al principio del ciclo, una concentración del volumen de riego (aproximadamente el 70% de las necesidades totales) en el período de crecimiento rápido, y de nuevo minimizarlo en la fase de maduración.

#### 4.4.2.3. Requerimientos nutricionales

La caña de azúcar posee altos requerimientos nutricionales dada su productividad y elevada capacidad de extracción de nutrientes del suelo. Se ha demostrado que este cultivo puede agotar rápidamente los suelos, siendo necesario un programa adecuado de fertilización que restituya lo extraído por la planta.

Para realizar una buena fertilización se recomienda realizar un análisis de suelo antes de la siembra y un análisis foliar unos meses después del establecimiento de la plantación siendo ésta una forma directa de valorar la cantidad de elementos a incorporar al suelo ya que se conoce la extracción de nutrientes que se ha producido.

La fertilización más habitual en la costa granadina consiste en un abonado de fondo y dos o tres aplicaciones en cobertera. El abonado de fondo se realiza aproximadamente a los 50 días de realizar la plantación o el corte de la caña, utilizando como fertilizante el complejo triple 15 (15% N, 15% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 15% K<sub>2</sub>O). El primer abonado de cobertera se suele aplicar a los 90 días de la plantación, y el segundo a los 120 días, con urea (46% N). El azufre se puede suministrar añadiendo sulfato de amonio.

Los aportes medios de nutrientes recomendados para una cosecha de 100 t/ha en la zona del sur de España podrían ser de unos 200-300 kg de N, 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 260 de K<sub>2</sub>O. Un ejemplo de cómo podría ser la distribución de estas cantidades en el abonado de fondo o en los de cobertera se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Ejemplo de distribución del abonado NPK en el cultivo de la caña de azúcar.**

Abonado	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Fondo	75	75	75
Dos o tres coberteras (urea)	375	-	-
<b>Total</b>	<b>450</b>	<b>75</b>	<b>75</b>

Fuente: Salas (2004).

#### **4.4.2.4. Requerimientos de temperatura**

Para que el cultivo de la caña se desarrolle con éxito la temperatura debe mantenerse dentro de unos límites determinados que permitan su crecimiento y desarrollo. Así, el rango de temperaturas mínimas varía entre 15 y 16°C, la temperatura óptima se encuentra entre 25 y 26°C, y la máxima en los 28°C, con un límite crítico en torno a 33°C. A temperaturas menores de 21°C se retarda el crecimiento de las raíces, paralizándose a los 10°C.

Cuando prevalecen temperaturas relativamente altas, se favorece el crecimiento vegetativo. Bajo estas condiciones, la fotosíntesis se desplaza hacia la producción de carbohidratos de alto peso molecular, como la celulosa y otras materias que constituyen el follaje y el soporte fibroso del tallo.

### **4.4.3. Manejo y cuidados culturales**

#### **4.4.3.1. Control de malas hierbas**

Se trata de un cultivo de crecimiento inicial lento por lo que se debe realizar un control eficiente de malas hierbas en el período crítico de competencia entre éstas y el cultivo. El conocimiento de este periodo crítico es clave y su determinación debe realizarse localmente. En general comprende desde la emergencia hasta los 5 meses de edad del cultivo.

El sistema de control más generalizado en la costa granadina es un sistema mixto, con herbicidas y laboreo. Consiste en realizar una pasada de tractor con rotovator tras 2 o 3 meses de la plantación o corte de la caña, y posteriormente, cuando aparezcan nuevas malezas proceder a asurcar con tractor. A partir de ese momento, el control se realiza mediante herbicidas.

Los herbicidas más comúnmente utilizados en la costa andaluza son atrazina, simazina, metribuzin, terbutrina, ametrina, 2,4-D, MCPA, diuron, linuron, alaclor, asulam, cianazina, terbacilo y hexazinona, todos en postemergencia. El agricultor suele realizar entre una y dos aplicaciones.

Se pueden usar herbicidas en preemergencia tales como la atrazina, el diuron y la terbutrina, como alternativa al laboreo mencionado.

#### **4.4.3.2. Control de plagas y enfermedades**

Las plagas y enfermedades que afectan a la caña de azúcar son muy numerosas por lo que se tratarán aquí solamente las de mayor incidencia en la costa granadina.

En lo relativo a las plagas, una de las más dañinas es el taladro o gusano, insecto perteneciente al grupo de los lepidópteros, cuyos géneros *Diatraea*, *Sesamia* y *Chilo*, entre otros, suelen atacar a la caña de azúcar. En nuestra región, el más importante es *Sesamia monagroides*, que ataca a la planta cuando se encuentra en fase de larva. El control biológico y la obtención de variedades resistentes o tolerantes son las formas más adecuadas para frenar la expansión del daño provocado por esta plaga. No obstante el control químico, si se realiza, debe hacerse a dosis altas ya que el insecto se ubica en el interior del tallo, siendo preferible el tratamiento cuando el cultivo todavía no es frondoso para evitar un exceso de vegetación que merme su efectividad. En la comarca de Motril el tratamiento se realiza en los meses de mayo o junio, siendo los insecticidas más utilizados carbaril, permetrina y metilpirimilo.

La enfermedad viral de mayor incidencia es el mosaico, cuyo agente causal es el virus SCMV (del tipo potyvirus). Sus daños son muy graves, y no tienen remedio cuando la planta ha sido afectada. Se previene evitando su propagación, mediante el uso de material vegetal libre de virus y eliminando las plantas huésped del virus y los insectos vectores.

La escaldadura foliar es la enfermedad bacteriana de mayor importancia. Está causada por la bacteria *Xanthomonas albilineans* y se transmite por estacas provenientes de tallos infectados o contaminados por los machetes que han cortado tallos infectados. Se recomienda para su control la utilización de estacas sanas y la desinfección de los machetes y las láminas de las cosechadoras. También se recomienda el uso de variedades resistentes.

### 4.4.3.3. Preparación del terreno

Las labores de preparación del terreno para el cultivo de la caña comprenden una labor profunda con subsolador o vertedera, especialmente en suelos propensos al encharcamiento o de nivel freático alto. Mediante este tratamiento se logra romper la costra del suelo, se eliminan las malas hierbas y otros posibles residuos de cosechas anteriores. Posteriormente, se debe realizar un pase de rotovator con surcador para abrir el canal de siembra, o bien, dar un pase de rotovator y a continuación realizar el surco mediante tractor. En suelos franco-arenosos con nivel freático bajo se puede realizar solamente ésta segunda labor prescindiendo de la primera de profundidad.

El cultivo de la caña es plurianual. Se denomina caña-soca al segundo y posteriores cultivos o cortes de caña originados por las sucesivas brotaciones de la caña-semilla enterrada en el primer año. Para la renovación de la plantación se debe realizar una eliminación de cepas, es decir, de la parte enterrada de la planta después del corte de la caña, mediante descepado mecánico con arado de vertedera, bisurco o subsolador.

#### 4.4.3.4. Labores de siembra

La caña de azúcar se propaga vegetativamente mediante la plantación de tallos (caña-semilla). En España la renovación de las cepas se realiza a los 8-10 años (en el cultivo de la variedad Nco 310) y a los 5 años en otras variedades de reciente introducción.

Aunque en las zonas tropicales se suele someter la caña-semilla a tratamientos previos con insecticidas y fungicidas para favorecer una óptima brotación, en la costa de Granada esta labor no resulta rentable.

En cuanto a la profundidad de plantación idónea existe diversidad de opiniones. En la comarca de Motril se suele realizar a una profundidad que se encuentra entre los 20 y los 30 cm, altura correspondiente al apero utilizado en la apertura de los surcos simples. La distancia entre líneas es variable según la variedad que se cultive, las técnicas culturales y la maquinaria agrícola utilizada. En general, conviene que sea la menor posible compatible con la maquinaria agrícola; en Andalucía oscila entre 1,2 y 1,3 m.

La época de plantación depende de las condiciones climáticas (temperatura y humedad del suelo) adecuadas para conseguir una buena brotación. En general, el rango óptimo de temperatura para la brotación se encuentra entre los 27 y 32°C. Es también importante para lograr una buena brotación que existe cierta humedad en el suelo, por lo que es recomendable realizar un riego tras la plantación si no existe la humedad adecuada.

La cantidad de caña-semilla que se suele sembrar en la zona de Granada oscila entre 10 y 14 t/ha según variedades. En cuanto a los sistemas de plantación, aunque se consiguen mejores producciones mediante plantación mecánica al resultar más eficiente, en Granada se realiza de forma manual dado el pequeño tamaño de las fincas.

#### 4.4.3.5. Recolección y postcosecha

Se denomina zafra a la recolección de la caña de azúcar, aunque también se usa este término para denominar la fabricación de azúcar de caña. El momento idóneo para la recolección es aquel en el que existe una mayor acumulación de azúcares en la caña.

La zafra consiste en realizar un deshojado en el que se eliminan las hojas secas o verdes adheridas a la planta. Se facilita con la quema de la plantación antes de la recolección. Esta práctica es frecuente en Granada y parte de Málaga donde la cosecha es manual.

Tras la zafra se procede al corte de la caña, manual o mecánicamente, por la parte inferior del tallo lo más cerca posible del suelo (esta parte del tallo es la más rica en

azúcares). Luego, se elimina el cabo, o parte superior del tallo a nivel del ápice.

Una vez realizadas estas labores se procede a la recogida y carga de la caña para su transporte.



Recolección de caña de azúcar.  
Foto cedida por Luis Márquez.

#### 4.4.4. Experiencias y ensayos

Como ya se ha mencionado, el cultivo de la caña de azúcar en Andalucía y en España se restringe a la costa de Málaga y Granada, dónde desde hace años, se encuentra en un periodo de continua regresión.

La Unión Europea, consciente de este problema, aprobó un Programa Agroambiental destinado al mantenimiento del cultivo de la caña de azúcar con los objetivos de conservar un ecosistema frágil, mantener un cultivo histórico, apoyar un cultivo con bajos niveles de insumos y fomentar el ahorro de agua, y protección de un paisaje único de humedales y riberas.

Sin embargo, la pérdida de disponibilidad suelo, en las únicas zonas donde se puede llevar a cabo el cultivo dadas sus excepcionales condiciones edafoclimáticas, no presenta atisbos de encontrar una solución que permita la continuidad del cultivo.

## 4.5. Pataca

### 4.5.1. Introducción

La pataca, aguaturma, jerusalem artichoke, námara o topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) es una planta de la familia de las Asteráceas, de origen americano, introducida en Europa en el siglo XVII. Ha sido, desde entonces, explotada en España por sus tubérculos ricos en azúcares, que se empleaban sobre todo en alimentación animal y algo menos en la humana. Su cultivo fue sustituido por el de la patata, más versátil y apetitosa para el consumo humano.

Es una planta vivaz de tallo aéreo simple o ramificado, erguido y robusto que puede alcanzar una altura que varía entre 1,5 y 4 metros de altura. Se parece al girasol pero más pequeña en todas sus partes, especialmente en el capítulo que no alcanza más de diez centímetros de diámetro. Al contrario que el girasol, es una planta perenne que tiene una parte subterránea con raíces y rizomas, sobre los que se forman hasta 30 tubérculos.



Flor de la pataca (*Helianthus tuberosus* L.). Foto cedida por Jesús Fernández.

El interés comercial del cultivo se encuentra precisamente en los tubérculos. Su rendimiento de producción se encuentra entre 40 y 70 t/ha de peso fresco, y se componen de agua en un porcentaje comprendido entre el 75 y el 81% y de azúcares en porcentajes que varían entre el 15 y el 18% (Spitters, 1987). El rendimiento en materia seca de tubérculo está entre 8 y 13 t/ha, siendo entre el 80 y el 82% azúcares (Barloy, 1987). Un 80% del total de los azúcares corresponde a fructosa.

La pataca posee una moderada resistencia a las heladas de primavera y otoño por lo que su período de desarrollo vegetativo es más largo que el de otros cultivos, obteniéndose así mayores rendimientos. Se caracteriza por sufrir relativamente pocas enfermedades y plagas en comparación con cultivos similares (Eyerbe, 1987).

## 4.5.2. Requerimientos de cultivo

La información disponible acerca de la patata es bastante limitada por resultar su cultivo poco común, sobre todo en Europa. Resulta más extendido en algunas zonas del norte de Estados Unidos, por lo que la mayor parte de la información disponible proviene de referencias norteamericanas, y sobre todo, de las Commercial Vegetable Production Guides de la Universidad de Oregón y de las Universidades de Wisconsin y Minnesota (Alternative Field Crops Manual).

### 4.5.2.1. Requerimientos edafoclimáticos

La patata se adapta a diferentes tipos de suelos y condiciones de cultivo. Se consiguen producciones aceptables en suelos de baja fertilidad, sin embargo, para conseguir elevados rendimientos se requieren preferiblemente suelos arenosos fértiles y con buen drenaje que eviten el encharcamiento. Generalmente, son aptos los mismos suelos que favorecen el cultivo de la patata (*Solanum tuberosum*) y el del maíz (*Zea mays*).

Aunque se adapta bien a un amplio rango de pHs, prefiere suelos ligeramente alcalinos.

### 4.5.2.2. Requerimientos hídricos

Se trata de un cultivo que puede desarrollarse en secanos frescos, si bien es capaz de aclimatarse a condiciones de escasez de agua (ET= 385 mm) para obtener rendimientos elevados. En la Península Ibérica requiere riego.

Su periodo crítico, en cuanto a necesidades hídricas, se encuentra en el periodo que va desde la floración hasta la marchitez. Por el contrario, desde la brotación hasta que el cultivo genera una sombra considerable, un cierto estrés hídrico afecta poco al rendimiento. En la zona central de la Península Ibérica se pueden obtener rendimientos razonables y elevada eficiencia en el uso del agua con dosis de riego de unos 540 mm.

La producción de tubérculos se ve limitada en suelos con humedad inferior al 30% durante su período de formación, esto es, desde principios de septiembre a noviembre. Se recomiendan entre cuatro y cinco riegos para conseguir buenas producciones. En zonas secas también se requiere de riego para favorecer la germinación.

#### **4.5.2.3. Requerimientos nutricionales**

Un análisis de suelo es la mejor forma de conocer los aportes nutricionales que necesita el cultivo. Un programa de fertilización recomendable podría ser el siguiente: 170-225 kg de N/ha aplicadondo no más de la mitad antes de la siembra, 90-170 kg de  $P_2O_5$ /ha, 90-110 kg de  $K_2O$ /ha y 15-22 kg de S/ha.

Otro programa de fertilización propuesto (que también procede de fuentes norteamericanas) podría consistir en el aporte de 560 a 785 kg/ha de abono 6-12-6.

#### **4.5.2.4. Requerimientos de temperatura**

Los tubérculos son capaces de resistir fuertes heladas (hasta  $-15^{\circ}C$ ) en el suelo pero tienen muy poca resistencia a la desecación cuando quedan expuestos al aire (Fernández, 1998).

El rango óptimo de temperaturas para obtener buenas producciones se encuentra entre  $18$  y  $27^{\circ}C$ . Para una buena germinación se requiere de una temperatura en el suelo de al menos  $7^{\circ}C$ .

### **4.5.3. Manejo y cuidados culturales**

#### **4.5.3.1. Control de malas hierbas**

La planta de la patata es extremadamente vigorosa por lo que una vez desarrollada compite con éxito con las malas hierbas. Sin embargo, como en la mayoría de los cultivos, se requiere de un control cuidadoso en los inicios. Una buena práctica consiste en realizar una siembra temprana, ya que la resistencia a las heladas del tubérculo lo permite, y se reduce así la emergencia de malas hierbas. Se recomienda también un pase de arado, que además consigue un buen hilerado de las filas.

En cuanto al control químico, no existe un registro de herbicidas de uso corriente en el cultivo de la patata. Ya que se trata de un cultivo perenne, los tubérculos, que sobreviven bien al invierno, pueden causar serios problemas en cultivos posteriores. En este caso, se recomiendan tratamientos con herbicidas para su eliminación (por ejemplo glifosato).

#### 4.5.3.2. Control de plagas y enfermedades

Se trata de un cultivo muy rústico, resistente a gran cantidad de plagas y enfermedades. No obstante, aunque no se dispone de mucha información al respecto, parece que la principal enfermedad, por su importancia económica, proviene del género *Sclerotinia*. Aparecen también ataques de hongos, pero no tienen importancia económica, y no existen fungicidas específicos para el cultivo.

En cuanto a insectos, no suelen causar problemas serios, sin embargo podrían llegar a ser importantes si las áreas cultivadas se hacen cada vez mayores. Como en el caso de los fungicidas, no existen insecticidas específicos para la patata.

#### 4.5.3.3. Preparación del terreno y labores de siembra

La preparación del terreno se realiza de manera simultánea al control de malas hierbas mediante laboreo de la parcela, como se ha comentado anteriormente.

La plantación debe realizarse al comienzo de la primavera, normalmente en el mes de abril, utilizando tubérculos enteros o fracciones de éstos de unos 30 g que contengan alguna yema. Plantaciones más tardías presentan rendimientos bajos y tubérculos más pequeños.

En Estados Unidos se recomienda la siembra de unos 1.120 kg/ha de tubérculos o fracciones para conseguir entre 25.000 a 35.000 plantas/ha. La profundidad de plantación recomendada está entre 7,5 y 12 cm, ya que mayores profundidades provocan una cosecha más dificultosa. La distancia entre filas de 0,9 a 1,1 m, y de 0,40 a 0,60 m entre plantas. La siembra se realiza mediante sembradora de patata convencional.

#### 4.5.3.4. Recolección y postcosecha

La recolección no se hace hasta la llegada de las heladas de invierno y para llevarla a cabo se puede utilizar una cosechadora de patata modificada. En el epígrafe 7.2.5. se detallan las modificaciones necesarias para adaptar convenientemente la maquinaria.

En cuanto a la postcosecha, la delgada piel de la patata la hace muy susceptible a la desecación, por lo que se debe almacenar inmediatamente después de la cosecha. Las instalaciones de conservación en cámara frigorífica deben mantenerse a una temperatura cercana a los 0°C y con elevada humedad (85-95%). Bajo estas condiciones, los tubérculos pueden conservarse durante meses.



Tubérculo de la patata. Foto cedida por Jesús Fernández.

#### 4.5.4. Experiencias y ensayos

Se han realizado ensayos para conocer las variedades de patata que se adaptan mejor a las condiciones agroclimáticas de la zona centro de España. Se han estudiado sus necesidades hídricas para lograr rendimientos óptimos y cómo se afecta el cultivo por déficit hídrico (en su ciclo completo, y durante las diferentes etapas de crecimiento). Los rendimientos obtenidos alcanzan las 80 t/ha de peso fresco de tubérculo, lo que equivale a 16 t/ha en peso seco.

Ya se ha mencionado que en el proyecto Agrobihol, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia, Abengoa Bioenergy está estudiando la viabilidad de producir etanol a partir de patata y de sorgo, ambos cultivos con elevados contenidos en azúcares fermentables.

El proyecto de Agrobihol propone estudiar y cuantificar el contenido de azúcar en los tallos y determinar el momento anterior a la emigración de azúcares de los tallos a las raíces para constituir los tubérculos. Conociendo este momento se podría evitar la cosecha de tubérculos, que es una operación muy costosa, obteniendo los azúcares directamente de los tallos.

## 4.6. Kenaf

### 4.6.1. Introducción

El kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) es una planta herbácea anual de raíz pivotante y tallo erecto, poco o nada ramificado de la familia de las Malváceas, que puede alcanzar hasta 4 metros de altura durante el período de crecimiento, que suele durar entre 120 y 150 días (López Bellido, 1991). Alcanza rendimientos comprendidos entre 13 y 22 toneladas de materia seca por hectárea.

De las cinco variedades botánicas existentes (*simplex*, *purpureus*, *ruber*, *viridis* y *vulgaris*), son las dos últimas las que se cultivan en Europa y América.

Tradicionalmente, el kenaf se ha utilizado para producción de fibra usada principalmente en cordelería y fabricación de telas bastas y sacos, como sustituto del yute. Su interés se ha incrementado en la actualidad por su uso en la producción de pasta de celulosa, en la del llamado biocomposite, del que luego se hablará, y más recientemente, por sus posibilidades de utilización para producir biomasa lignocelulósica con fines energéticos.

El kenaf se compone de dos tipos de fibra: la corteza, constituida por fibras largas, que representa el 30% del volumen de la cosecha, y una zona interior leñosa de fibras cortas, que supone el 70% restante. Cuando las dos fibras se reducen a pasta, la mezcla resulta excelente para la producción de papel, especialmente papel-prensa. El rendimiento de materia seca es más alto y existe mayor proporción de fibras largas de la corteza, con mejores propiedades para su uso que la fibra leñosa, a medida que aumenta la duración del periodo de crecimiento (floración más tardía). El rendimiento potencial en materia seca de los cultivares precoces es de 15 a 18 t/ha, y de los tardíos de 19 a 25 t/ha en las regiones del sur europeo (López Bellido, 2003).

Además de la obtención de papel a partir de la mezcla de los dos tipos de fibra, cada fibra por separado tienen otros múltiples usos: la corteza tiene una fuerza de tensión muy alta y al procesarse y combinarse con polipropileno, se obtiene una mezcla denominada biocomposite que sirve como sustituto de la fibra de vidrio, siendo más ligero, resistente, barato y de mayor duración. Actualmente se utiliza en la elaboración de salpicaderos para automóviles y para fabricar los revestimientos interiores de los aviones. Otro uso alternativo del kenaf se encuentra en la fabricación de tableros.

Todos los usos expuestos representan un inconveniente para el desarrollo del kenaf como fuente de energía renovable. No obstante, actualmente se están realizando ensayos para su uso como cultivo energético dada su alta producción de biomasa.

## 4.6.2. Requerimientos del cultivo

Los requerimientos agronómicos del kenaf, así como los epígrafes donde se describen las prácticas habituales para su cultivo, se han tomado principalmente del capítulo correspondiente de la publicación 'Cultivos industriales' (López Bellido, 2003).

### 4.6.2.1. Requerimientos edafoclimáticos

El kenaf requiere un clima tropical o subtropical para su cultivo, aunque también se adapta a regiones cálidas de clima mediterráneo. En Europa, las posibilidades reales de su cultivo se sitúan en el sur, especialmente en España.

No es muy exigente con relación a las características del suelo, aunque prefiere suelos bien drenados y que mantengan una buena reserva hídrica. Posee buena adaptación a suelos ácidos o poco alcalinos, con pH entre 6,0 y 6,8 y prefiere terrenos sueltos.

### 4.6.2.2. Requerimientos hídricos

Se considera un cultivo de regadío, ya que en las condiciones de clima mediterráneo siempre requiere de algún riego. Su sistema radicular pivotante puede superar los 2 m, lo que le permite utilizar las reservas de agua de capas profundas del suelo.

Sus necesidades hídricas son muy discutidas. Según algunos autores el cultivo requiere entre 500 y 600 mm, según otros 700 mm e incluso más. De cualquier modo, tiene la capacidad de moderar su crecimiento cuando se le somete a déficit hídrico y de reiniciarlo tras recuperar las condiciones favorables.

Para que la planta presente un buen desarrollo al inicio del cultivo resulta fundamental que el suelo disponga de agua antes de la siembra. El primer riego puede darse a los 2 ó 3 días de haber sembrado, manteniendo después un riego semanal durante los cuatro primeros meses del cultivo. A partir de este momento, las necesidades hídricas de la planta disminuyen y tanto la regularidad como la cantidad de agua a aportar dependerá del tipo de suelo y del sistema de riego de la finca.

### 4.6.2.3. Requerimientos nutricionales

Las necesidades de nutrientes del kenaf dependen mucho del tipo de suelo, de su disponibilidad de nutrientes que tenga, de cuáles hayan sido los cultivos anteriores, etc. Su raíz central es muy fuerte y las laterales permiten aprovechar los nutrientes residuales de los cultivos anteriores, por lo que resulta útil realizar un análisis de suelos previo al abonado.

Una tonelada de biomasa de kenaf contiene como promedio: 2,7 kg de N, 1,4 kg de  $P_2O_5$ , 3,8 kg de  $K_2O$  y 4,4 kg de CaO. Gran parte de estos elementos están localizados en las hojas (cerca del 70% de N, el 30% de  $P_2O_5$ , el 20% de  $K_2O$  y el 60% de CaO) por lo que son restituidos al suelo en una gran proporción.

El abonado puede limitarse al aporte de nitrógeno y fósforo en regiones mediterráneas cuyos suelos se caracterizan por presentar una buena dotación de potasio. La aportación de 100 a 150 kg N/ha (fraccionándola al 50% entre la siembra y cobertera) y de 60 a 80 kg de  $P_2O_5$ /ha, pueden ser suficientes.

#### **4.6.2.4. Requerimientos de temperatura**

El kenaf necesita altas temperaturas durante la germinación y crecimiento. La temperatura óptima del suelo para la germinación de la semilla está comprendida entre 12 y 14°C. La temperatura mínima para su crecimiento es de 16°C, encontrándose el óptimo entre 25 y 28°C. Por otro lado, se trata de un cultivo que tolera bien los aumentos bruscos de temperatura, pero que es muy sensible a las heladas.

### **4.6.3. Manejo y cuidados culturales**

#### **4.6.3.1. Control de malas hierbas**

El control de malas hierbas es muy importante en las primeras etapas del cultivo, especialmente cuando se encuentra ralentizado por las bajas temperaturas.

En presiembra se pueden utilizar con buenos resultados trifluralina y metalacloro, y también prometrina en preemergencia. El control en postemergencia es más complejo.

Son igualmente eficaces las técnicas de cultivo preventivas, sobre todo las labores que se realicen antes de la siembra y las que se lleven a cabo entre líneas, al comienzo del cultivo.

#### **4.6.3.2. Control de plagas y enfermedades**

Se recomienda, en todo caso, el control preventivo mediante la desinfección de la semilla, utilización de variedades resistentes y técnicas de cultivo adecuadas (densidad de siembra, rotaciones, etc.).

El período crítico, en cuanto a ataques de plagas y enfermedades, se encuentra en la fase inicial de crecimiento del cultivo. Es en ese momento cuando la planta es más susceptible al ataque de hongos causantes de la podredumbre de la raíz y del cuello. Otro período en el que aumenta el riesgo de ataque de hongos aparece en la fase anterior a la recolección, sobre todo si existen bajas temperaturas y elevada humedad.

Las enfermedades fúngicas más habituales del kenaf son: *Rhizoctonia solani* (podredumbre del cuello), *Colletotrichum hibisci* (antracnosis), *Botrytis cinerea* y *Fusarium spp.* (podredumbre radicular).

En cuanto a enfermedades víricas destacan el virus de la mancha anular latente del hibisco (HLRV), el virus del mosaico de la alfalfa (AMV), virus de la mancha anular clorótica del hibisco (HCRSV) y virus de la decoloración nervial del kenaf (KVCV). No obstante, ninguna de ellas produce daños económicos apreciables.

En lo que respecta al ataque de insectos, se requiere su control sobre todo en la fase de crecimiento inicial del cultivo, ya que masticadores y chupadores pueden causar problemas. El control se puede realizar mediante insecticidas con malathion como principio activo.

Los nematodos responsables de los tumores radiculares (*Meloidogyne incognita* y *M. arenaria*) son especialmente dañinos para la producción del kenaf. Para su control se recomienda la desinfección del suelo antes de la siembra, para lo que existen tres opciones:

- 1) Realizar una desinfección con fumigantes tóxicos como el dicloropropeno o metan-K.
- 2) Desinfectar con otros productos no fumigantes y de aplicación más sencilla compuestos por dazomet, oxamilo o etoprofos.
- 3) Desinfectar mediante solarización, es decir, utilizando el calor del sol y una cubierta de plástico, método que resulta práctico y eficaz para eliminar hongos, insectos, nematodos, bacterias y semillas de malas hierbas.

Si no se han conseguido los resultados esperados y se aprecia una infección por nematodos una vez iniciado el cultivo se recomienda lo siguiente:

- 1) Tratamientos con nematicidas: se pueden emplear productos que contengan como materia activa aldicarb, carbofurano o fenamifos, siendo este último el más recomendado.
- 2) Eliminar las plantas más afectadas.

#### 4.6.3.3. Preparación del terreno

A la hora de realizar la siembra del kenaf, es muy importante proporcionar un subsuelo sin zonas comprimidas que permita el crecimiento vertical de la raíz central y que las raíces laterales puedan crecer y profundizar sin problemas. Por ello, es recomendable realizar una labor de alzar o subsolado profundo que facilite la penetración de las raíces.

Por otra parte, al ser el kenaf susceptible al encharcamiento, las labores de preparación del terreno son de gran importancia para permitir una buena aireación y desagregación de la tierra, que favorezcan la germinación y crecimiento de la plántula.

#### 4.6.3.4. Labores de siembra

La elección de la fecha de siembra del kenaf es de gran importancia dadas las condiciones de temperatura (entre 12 y 14°C) que se necesitan para que se produzca la germinación y la emergencia y debido a la sensibilidad a las bajas temperaturas que presenta la planta en la primera fase del crecimiento. En las condiciones mediterráneas, según las zonas, el periodo de siembra se sitúa entre principios de abril y finales de mayo.

En cuanto a la densidad de siembra, densidades altas dan lugar a plantas de menor diámetro y baja altura, ocasionándose elevada mortalidad natural así como encamado e incremento de la sensibilidad a los ataques parasitarios. Por otro lado, los cultivos poco densos se caracterizan por tallos de mayor diámetro y aumento en la tendencia de la planta a ramificarse.

La densidad óptima varía considerablemente según las condiciones ambientales y culturales, pudiendo encontrarse en torno a las 15-25 plantas/m<sup>2</sup> hasta las 40-70 plantas/m<sup>2</sup> e incluso llegando a las 100 plantas/m<sup>2</sup>. Para obtener densidades de 40-70 plantas/m<sup>2</sup> se requiere una dosis de semilla en torno a los 15 o 20 kg/ha.

La distancia entre líneas también modifica la competencia entre plantas, y por consiguiente influye en la altura y diámetro del tallo. Esta distancia varía de 15-25 a 45-70 cm y hasta 90 cm, o bien se puede sembrar en líneas dobles o triples o cuádruples. Se recomienda adoptar una distancia entre líneas de 45-50 cm.

La siembra puede realizarse con sembradoras de cereales o de precisión y la profundidad de la misma debe estar entre 2 y 4 cm. Puede ser aconsejable el uso de rulo, según el tipo de suelo, ya que es peligrosa la formación de costra en la fase de emergencia.

#### 4.6.3.5. Recolección y postcosecha

Para la producción de biomasa se requiere obtener el material con un bajo contenido en humedad, lo que repercute en el poder calorífico, y en el coste de transporte. Lo ideal es conseguir un secado natural en el campo ya que el secado artificial también aumenta el coste del producto. Existen, entonces, dos opciones: realizar un corte precoz (en septiembre) para disponer así de un período de temperaturas altas que permitan un secado natural de los tallos en el campo, o realizar la recolección a finales de invierno.

#### 4.6.4. Experiencias y ensayos

Tan sólo en la provincia de Albacete se tiene constancia del cultivo de kenaf. El Instituto Técnico Agrícola Provincial (ITAP), dependiente de la Diputación, ensayó su cultivo en una superficie de 100 ha, obteniendo una producción total, en su primera campaña, de unos 3.200.000 kilos de kenaf, con un rendimiento medio por hectárea de unas 16 toneladas.

Tras el éxito obtenido, la empresa británica Kafús Internacional España manifestó su intención de establecerse en esta provincia para dedicar la producción a la fabricación de biocomposite (material moldeable y reciclable ya mencionado y que actualmente se utiliza en la elaboración de salpicaderos para los automóviles o en el revestimiento interior de los aviones) y de papel especial de alta calidad.

El 2001 fue el año en el que se recogió la primera cosecha de este cultivo en España. La superficie sembrada fue de 780 hectáreas realizándose un contrato de integración, que aseguraba a los agricultores la compra de la cosecha antes de la siembra.

La rentabilidad por hectárea de este cultivo podría alcanzar los 1.352 euros y se ha de contar con la ventaja de que el sistema de integración utilizado por Kafús asegura las ventas.

### 4.7. Chopo

#### 4.7.1. Introducción

Los chopos o álamos pertenecen al género *Populus*, de la familia Salicáceas, y comprenden alrededor de 30 especies distintas. Son árboles de ribera que se caracterizan por su extraordinaria avidez de agua y luz, por su crecimiento rápido (alcanzan alturas cercanas a los 20 o 30 metros) y su gran aptitud para la reproducción vegetativa y para la hibridación interespecífica. Aunque esta peculiaridad permite el desarrollo de nuevos cultivares

con atributos determinados y escogidos a través de la clonación, en la actualidad se considera de vital importancia la conservación y mantenimiento del germoplasma natural para preservar la biodiversidad y la variación genética autóctona regional y así poder responder a necesidades futuras.

En España se distinguen las masas naturales de chopos, de las que forman parte las tres especies autóctonas (*Populus alba*, *Populus nigra* y *Populus tremula*), y las plantaciones dedicadas principalmente a la producción de madera, que suelen estar formadas por clones híbridos de *Populus sp.*

Los clones de chopo admitidos oficialmente como materiales de base del género *Populus* L. son los 14 clones establecidos en el primer Catálogo nacional<sup>6</sup> más otros 14 que se incluyeron en su posterior ampliación<sup>7</sup>.

Además de su aprovechamiento como especies forestales, los chopos poseen otros usos como la protección de los suelos, los cultivos y el ganado (que puede aprovecharlos como forraje), su utilización en zonas verdes urbanas (parques y jardines), por su valor estético y su utilización como filtros verdes (tipo de tecnología no convencional para depuración de aguas residuales).

Recientemente surge un nuevo ámbito de aplicación para la especie: el energético, debido al interés que tiene su utilización como biomasa para producción de energía renovable. La utilización de especies leñosas para producción de biomasa se lleva a cabo mediante un sistema de cultivo denominado en inglés “short rotation coppice”<sup>8</sup> (SRC), es decir, sistema de aprovechamiento en rotación corta. Este sistema se ensaya en Europa desde hace más de una década, encontrándose ya establecido a nivel comercial en países como Reino Unido, Suecia, Bélgica, Dinamarca e Italia.



Chopo (*Populus spp.*).

<sup>6</sup> Orden de 24 de junio de 1992 (BOE nº 179 de 27 de julio de 1992).

<sup>7</sup> Orden APA/544/2003 de 6 de marzo de 2003 (BOE nº 63 de 14 de marzo de 2003).

<sup>8</sup> Corta periódica de árboles maduros y crecimiento subsiguiente de nuevos rebrotes laterales del tocón: aprovechamiento en monte bajo.

## 4.7.2. Requerimientos del cultivo

El género *Populus* crece bien en diferentes tipos de suelos, si bien cuando se cultiva se suele ubicar en tierras bajas de aluvión próximas a los cursos de agua.

Tanto en explotaciones que van a mantenerse durante muchos años (aprovechamiento para producción de madera) y especialmente en cultivos de rotación corta (SRC) para obtención de biomasa, es recomendable que el suelo sea profundo y rico en nutrientes (Hilton, 2002). No obstante, las carencias que puedan existir pueden solventarse mediante abonados de restitución específicos.

El chopo se adapta bien a climas templados y subtropicales. Gracias a la alta insolación de la Península Ibérica el género se encuentra presente en un amplio rango de altitudes, que van desde el nivel del mar hasta los 2.000 metros en algunas especies.

Es un cultivo que requiere mucha luz y no le favorece el viento fuerte y constante, que puede quebrar los vástagos o incluso derribarlos si el suelo es poco profundo. El rango térmico de desarrollo del cultivo es amplio, encontrándose entre los -15°C y los 40°C.

Como especie de ribera, sus necesidades hídricas son importantes (unos 600 l/m<sup>2</sup> o 6000 m<sup>3</sup>/ha a lo largo de 150 días), siendo éste el principal factor limitante para su cultivo. Este inconveniente se podría solventar aprovechando aguas residuales tratadas para riego, práctica que se ensaya en la actualidad y que permite la legislación vigente.

## 4.7.3. Manejo y cuidados culturales

El presente apartado se basa principalmente en la información que acerca del cultivo del chopo bajo sistemas de rotación corta (“short rotation coppice”) recoge Hilton (2002), y en lo descrito en el capítulo “Populicultura” (varios autores, 1993). Las aportaciones ajenas a esta fuente se referencian en el texto.

### 4.7.3.1. Preparación del terreno

La nivelación del terreno es recomendable para una homogénea distribución del agua, aunque tampoco resulta imprescindible.

En lo que respecta a la preparación del terreno, debe comenzar unos 2 ó 3 meses antes de la plantación de las estaquillas, con el control de la vegetación espontánea

mediante escarda manual, química o mecánica. Después se laboreo con una vertedera a una profundidad de entre 35 y 40 cm, dependiendo de la compactación del suelo.

Pocos días antes de la plantación se desmenuza el suelo mediante grada y posteriormente se pasa un rotovator con alisado posterior teniendo cuidado de no producir compactación.

Seguidamente, se realiza el abonado inicial, que dependerá de la fertilidad del suelo. Es útil enterrar un estercolado de 30-50 t/ha con pase cruzado de grada. Si el estiércol es fresco se recomienda hacerlo meses antes a la plantación. Si fuese conveniente se puede suplementar con 100-200 U.F. de fósforo, 100 de potasio y 80 de nitrógeno. Este suplemento se puede sustituir con lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales, sin añadir más metales pesados y nitrógeno que los que admite la legislación (Marcos, 2006a).

#### **4.7.3.2. Labores de plantación**

En el momento de la plantación, el suelo debe estar suficientemente húmedo y suelto para que las estaquillas se puedan clavar verticalmente en toda su longitud (20-25 cm), con las yemas apuntando hacia arriba y sobresaliendo de la superficie unos 2-5 cm. No es necesario realizar previamente un agujero en el sustrato ya que muchas veces se dificulta la adherencia estaquilla-suelo, lo que motiva frecuentes pérdidas. Las estaquillas se plantan en caballones, formando líneas rectas y paralelas, en lotes que faciliten su manejo posterior.

En Inglaterra, donde se realiza el manejo del chopo en rotación corta desde hace años, se ha ensayado un sistema de plantación llamado "lay-flat planters" que facilita la recolección mecanizada de biomasa.

La mejor época para llevar a cabo la plantación es al final de invierno y, si es posible, justo antes de que broten las yemas, pero nunca después. Se puede adelantar si el suelo está suficientemente húmedo y no hay riesgo de fuertes heladas.

El espaciamiento de las estaquillas depende del crecimiento de éstas, de las condiciones edafoclimáticas, de los métodos de mantenimiento y del turno de corta. Cuando las plantaciones se dedican a producción de biomasa para uso energético la densidad de plantación se incrementa respecto a la utilizada en plantaciones para uso forestal. Como referencia decir que según Marcos (2006b), se pueden utilizar densidades de plantación de unos 33.000 pies/ha, en marcos de 0,33 x 0,9 metros, si bien en Inglaterra las referencias indican densidades algo menores (10.000-12.000 pies/ha).

En caso de duda se aplican dos normas generales: a mayor turno de corta, mayor marco de plantación, y a mayor fertilidad del suelo, menor marco de plantación.

#### **4.7.3.3. Labores de cultivo**

##### **Riego**

Al poseer unos requerimientos hídricos tan exigentes (600 l/m<sup>2</sup> o 6000 m<sup>3</sup>/ha a lo largo de 150 días de primavera y verano), el riego es muy importante, sobre todo durante la brotación. El volumen de agua necesario es aproximado, ya que para conocerlo con mayor exactitud sería necesario calcular el índice de evapotranspiración potencial (ETP) y el nivel freático. En el caso de no poder medir dichos parámetros hay que vigilar el estado de las hojas, de tal modo que, en cuanto se perciba el más mínimo síntoma de falta de agua (decoloración, flacidez, etc), se riegue inmediatamente.

Los sistemas de riego más utilizados en el cultivo del chopo son:

- Riego a manta: asegurando la distribución homogénea del agua mediante regueros, y realizando riegos al menos cada 15 días.
- Riego localizado regulado automáticamente: es la tendencia más extendida.

##### **Control de malas hierbas**

Esta labor es importante durante el primer año pues determina el crecimiento y correcto desarrollo de la planta. Si el espaciamiento entre plantas lo permite, se hace una escarda mecánica (con motocultor) entre las filas y manual (con azada) dentro de cada una de ellas. Tras 3-5 días de la plantación se puede realizar un tratamiento herbicida.

A medida que se desarrollan los vástagos y se incrementa el sombreado producido por éstos, se limita de forma natural la aparición de especies vegetales ajenas al cultivo.

##### **Poda**

En el invierno siguiente a la plantación se realiza un corte de los plantones a unos 10 cm del suelo con objeto de inducir el desarrollo de yemas laterales y que se produzcan plantas muy ramificadas. Esto favorece el manejo del cultivo (se elimina la competencia cultivo-malas hierbas) y aumenta el rendimiento obtenido.

##### **Control de plagas y enfermedades**

La prevención de plagas y enfermedades debe hacerse desde el primer momento: desde la elección de las estaquillas y su posterior manejo, hasta el cuidado durante la plantación, el riego o el control de malas hierbas. Aún así, es corriente que aparezca alguna de ellas.

En lo relativo a plagas, se deben evitar los parásitos desde el inicio de la brotación, utilizándose para ello un insecticida polivalente.

La plaga más importante es el perforador de yemas *Gypsonoma aceriana*, peligroso en las primeras etapas de desarrollo del cultivo. Provoca deformaciones apicales que arruinan totalmente la planta; se trata con fentiión o fenitrotión. Otras plagas a las que se da el mismo tratamiento, son los perforadores *Paranthrene tabaniformis* y *Cryptorrhynchus lapathi*.

En España, los agentes infecciosos no suelen causar demasiados problemas a las plantaciones. No obstante los de mayor importancia son los hongos defoliadores, siendo de ellos los más comunes:

- a) *Venturia populina* y *Marssonina brunnea*, que pueden actuar de modo separado o conjunto. La *Marssonina* se trata con benomilo, maneb, oxiclورو de cobre, mancozeb y zineb, así como con asociaciones de fungicidas, como el compuesto de cobre (30%), maneb (60%) y zineb (10%). Tanto la aplicación del tratamiento como la virulencia del ataque se encuentran muy influenciados por la temperatura y humedad existente.
- b) *Melampsora allipopulina* o roya, enfermedad más común al inicio del cultivo.

#### **Abonado de restitución**

Según el estado nutricional intrínseco y el nivel de explotación del suelo se puede incorporar unos 15-20 U.F. de fósforo y unas 80 U.F. de nitrógeno. El potasio se puede aportar cada dos años (50 U.F.).

#### **4.7.3.4. Recolección y postcosecha**

Las plantaciones de chopo como cultivo maderero sufren turnos de corta de entre 8 y 15 años, mientras que, como ya se ha indicado, el aprovechamiento de las choperas como cultivo energético se hace acortando el turno de corta a un intervalo que varía entre 1 y 3 años (Spinelli and Kofman, 1996).

Actualmente se trabaja en la recolección mecanizada de la biomasa de chopo. El British Biogen's Energy Crops Network publicó en 2002 un informe que describía maquinaria adaptada a la recolección del chopo. En España también se está experimentando con maquinaria específica para la recolección de biomasa de tallos delgados y largos, y en altas densidades (Márquez, 2006).

#### 4.7.4. Experiencias y ensayos

El cultivo de especies leñosas exclusivamente para producción de biomasa no se encuentra extendido en España, y menos aún en Andalucía. Sí existen ensayos sobre el cultivo del chopo con este fin, por ejemplo en Cobrerizos, Salamanca (Marcos, 1996a y b).

En la provincia de Granada, sobre todo en los valles del río Genil y el Darro, existen unas 12.000 hectáreas de chopo, siendo las plantaciones típicas de estas zonas de riego y con turnos de corta de 8-10 años. Su principal aprovechamiento es el maderero, aunque los restos de poda se aprovechan como biomasa.

Actualmente hay dos proyectos de ámbito europeo, que lleva a cabo la Asociación de Cultivadores de Chopo de Granada, para estudiar esta especie como cultivo energético en la zona.

### 4.8. Eucalipto

#### 4.8.1. Introducción

Los eucaliptos son árboles perennifolios de la familia de las Mirtáceas, que pertenecen al género *Eucalyptus*, y comprenden alrededor de 600 especies distintas.

Procedentes de Australia, se introdujeron en España en 1846. Actualmente hay en nuestro país en torno a las 550.000 ha de eucalipto, de las que el 44% (242.000 hectáreas) se encuentran en Andalucía, principalmente en la provincia de Huelva (40% de la superficie plantada en España).

Las principales especies presentes en nuestro país son *Eucalyptus globulus* (eucalipto blanco, con unas 325.000 ha), y *Eucalyptus camaldulensis* (eucalipto rojo, con unas 175.000 ha). Otras especies también frecuentes, aunque con una representación superficial muy inferior, son *E. caldocalix*, *E. dalrympleana*, *E. gigantea*, *E. gomphocephala*, *E. grandis*, *E. maidenii*, *E. saligna*, y *E. viminalis*.

Los eucaliptos son árboles que necesitan mucha luz y aguantan mal la vecindad con otras especies que les disputen tanto ésta, como el suelo y los nutrientes. Como estrategia contra la competencia interespecífica, las hojas caídas de los individuos mayores de 3 años acidifican el suelo hasta el punto de hacerlo no apto para cualquier otra especie.

De rápido crecimiento, su porte, generalmente alto, varía según la especie. Su sistema radicular es fuerte y bien desarrollado, con predominio de la red de raíces superficial.

Muchas especies presentan una cepa fuertemente engrosada que forma un tubérculo leñoso que posee gran importancia en la regeneración y que actúa además como reserva de nutrientes.

Los eucaliptos suelen tener en sus tejidos abundantes cavidades con aceites esenciales, como el eucaliptol, que se utiliza con fines medicinales. El fruto en cápsula más o menos lignificada, produce numerosas semillas de las que no se tiene constancia que se utilicen para la fabricación de biocarburantes.

Los eucaliptos son árboles que se regeneran fácilmente por semilla aunque, en condiciones naturales, la proporción de pies que por este procedimiento llegan a adultos es muy baja. Tienen también gran aptitud para la reproducción vegetativa, especialmente de brote de cepa, así como para la hibridación interespecífica.

Los principales aprovechamientos del eucalipto son el maderero (para estructuras de edificios, postes para comunicaciones, suelos de parquet, apeas de mina, sujección de taludes, tableros de fibras), la fabricación de pasta de papel, la extracción de aceites esenciales (sobre todo eucaliptol), la miel (por la floración temprana) y la obtención de biomasa (carbón vegetal y leña). Aparte de estos usos tradicionales se empieza a extender su cultivo como sistemas de rotación corta (SRC) en lugar de otros como el chopo o el sauce, en países de clima más seco.

La información utilizada en la elaboración del presente epígrafe se ha extraído de lo descrito acerca del eucalipto por Galán Cela (1998), Pari (1999) y González-Río (1997), así como de lo recogido en la publicación de la FAO, 'El eucalipto en la repoblación forestal.

### 4.8.2. Requerimientos del cultivo

El eucalipto no resulta especialmente exigente con el tipo de suelo en el que crece, siendo capaz de hacerlo en sustratos pobres y ácidos, con escasa capacidad de retención de agua.

Al ser una especie alóctona introducida en España, los nutrientes de la biomasa depositada en el suelo (sobre todo hojas pero también ramas) no se incorporan a éste fácilmente, ya que aparte de contener compuestos que dificultan la descomposición, los microorganismos descomponedores propios del ecosistema originario o no están presentes o no son suficientes. Sin otra intervención humana, ello supone un continuo empobrecimiento del suelo, que se acelera al ritmo de extracción de biomasa que se produce con diversos fines por intervención humana.

La especie *Eucalyptus camaldulensis* puede alcanzar entre 25 y 40 metros de altura en función de la disponibilidad de agua. Tiene buena capacidad para crecer de cepa. En la Península Ibérica se encuentra plantado principalmente en toda la zona de clima mediterráneo templado. Se desarrolla mal en climas fríos y aunque prefiere la abundancia de agua, tolera los climas semiáridos con un periodo de sequía estival. Suele habitar tanto en suelos calizos como silíceos. Su principal aprovechamiento es la pasta de papel y secundariamente la miel.

*Eucalyptus globulus* puede alcanzar los 60 metros de altura y tiene buena capacidad para crecer de cepa y de ramas. Aunque es una especie adaptada a todo el clima templado, tanto atlántico como mediterráneo, no tolera bien los fríos invernales (hasta los  $-7^{\circ}\text{C}$  si el descenso es gradual o no más de 10 días de helada brusca) y prefiere climas húmedos, sin heladas. Aunque es apto para un amplio espectro de disponibilidades de agua, crece mejor cuando ésta aparece de forma abundante (precipitación anual media superior a los 700 mm) y con una distribución uniforme. Es bastante indiferente en cuanto a requerimientos edáficos, pero aumenta su rendimiento en suelos silíceos. Es una especie muy sensible a la competencia con otras plantas, tanto por los nutrientes como por la luz. Su principal aprovechamiento es en la fabricación de pasta de papel, además de utilizarse su madera, miel y aceites esenciales.

### 4.8.3. Manejo y cuidados culturales

Cabe decir, como nota general, que en España no hay evidencias del aprovechamiento del eucalipto en sistemas de ciclo corto como cultivo energético. Sin embargo, existe mucha experiencia de su cultivo como especie maderera cuyos residuos se usan como fuente de energía. En los países escandinavos y, especialmente en Suecia, está muy desarrollado el SRF (“Short Rotation Forestry” o selvicultura de rotación corta) donde las labores de manejo para el eucalipto son similares a las de rotación larga (8-12 años en el caso del eucalipto), si bien el turno de corta, para abastecer a las centrales de biomasa, se acorta hasta 3 años para todas las especies. En otros países, por ejemplo en Italia, el turno de corta para el eucalipto se reduce a 2 años.

#### 4.8.3.1. Preparación del terreno

La implantación de un eucaliptar requiere, como labor previa, la eliminación de la vegetación preexistente usando los métodos más acordes a las condiciones ecológicas y fisiográficas de la zona. Asimismo, es muy recomendable la preparación previa del suelo mediante un laboreo que, en suelos duros, favorece el crecimiento de la plantación, mientras que en suelos sueltos incide, sobre todo, en la reducción del número de marra.

En suelos muy buenos, frescos y profundos, una excesiva intensidad de preparación no influirá prácticamente en el crecimiento de los eucaliptos, pudiendo tener efectos contraproducentes como el de favorecer el germinado de las malas hierbas o aumentar el peligro de erosión por escorrentía superficial al quedar el suelo desnudo. En este caso es más importante una buena eliminación de la competencia que una intensa preparación del terreno.

#### **4.8.3.2. Labores de plantación**

Para la plantación se suelen utilizar individuos de, al menos, una savia de edad, que no llegue a sobrepasar los 45 cm en su parte aérea. La época de plantación recomendable es el otoño, pues permite que la planta pueda resistir adecuadamente al frío invernal y encontrarse perfectamente enraizada a la llegada de los rigores estivales. La plantación ha de hacerse con suelo húmedo.

En Andalucía se comienza a plantar tras las primeras lluvias fuertes de otoño y como muy tarde hasta primavera. Para la producción de biomasa, como el producto perseguido no requiere especiales valores de calidad y dimensión (celulosa, partículas, etc...), se prefieren plantaciones densas, con turnos cortos, en las que el rendimiento es mayor.

En relación al abonado, éste debe realizarse inmediatamente después de la plantación y sobre el terreno limpio. La fertilización en este momento es esencial para mejorar el desarrollo y crecimiento de la planta en sus inicios. Los efectos durante los primeros meses son muy patentes, y en el eucalipto, este «tirón» inicial se traduce en un menor tiempo de espera para realizar la cosecha (se reduce la edad de corta). Debe fertilizarse en el momento de la plantación y en cualquier caso realizarse antes de que transcurran 30 días tras la plantación.

#### **4.8.3.3. Labores de cultivo**

Durante los primeros momentos de crecimiento de la plantación es necesario suministrar determinados cuidados para reducir la competencia con otras especies; una vez que crece suficientemente, el eucalipto consigue controlar la vegetación circundante por sí mismo. No obstante, en lugares húmedos puede seguir siendo necesario seguir realizando labores de limpieza.

La edad de corta del eucalipto depende de factores tales como la especie, las condiciones climatológicas de la estación y el marco de plantación. Ya se ha mencionado que para la producción de biomasa el turno de corta suele ser de 2 años. Tras la corta se produce un rebrote de cepa en forma de monte bajo, caracterizado por tener un rápido crecimiento inicial, un elevado número de brotes y una mayor extracción de nutrientes por la planta.

De todos esos rebrotes se seleccionará, en función de su vigor, un número igual a la densidad inicial de plantación. Estos rebrotes se suelen cortar a edad algo menor que la primera vez volviendo a comenzar el proceso que culmina con un total de tres o cuatro recepes en Andalucía. Tras el último recepe, con la caída de vigor de la cepa, se procede al destoconado y, en su caso, replantación.

Tras la corta o apeo del árbol, si el diámetro del tronco lo permite, se puede picar y compactar en el mismo lugar para transportar a la central de biomasa (Sanz, 2001).

### 4.8.4. Experiencias y ensayos

Por la utilidad de sus variados productos, existen muchas experiencias de cultivo de eucalipto en España, especialmente en la provincia de Huelva y la Comunidad Autónoma de Galicia. Sin embargo, como ya se ha mencionado, no existen experiencias en su uso como cultivo de rotación corta para producción de biomasa.

En 1999, en el centro de Italia se realizaron ensayos de cultivos de rotación corta de densidad alta (5000 pies/ha) con turnos de corta de 2 años, coordinadas por el Centro de Investigación de Materiales y Medio Ambiente, ENEL. El eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) resultó ser, junto al chopo, el más productivo de las especies sometidas a estudio (9,2 t MS/ha/año).

## 5. Rendimientos de cultivo

### 5.1. Cardo

Las experiencias de cultivo de cardo que se han llevado a cabo en Castilla-León, con siembra en otoño, recolección mediante cosechadora de girasol o cereal, y separando la semilla del resto de la planta, han arrojado rendimientos inferiores a 0,5 t/ha, durante el primer año (Fernández Pan, 2003). No obstante, en Andalucía con las mismas condiciones, se han obtenido rendimientos superiores. Según mencionan Pineda y Cabello (1998), en Sevilla (Sanlúcar la Mayor), durante la campaña 1994/95 se alcanzaron rendimientos cercanos a 10,5 t de materia seca/ha, y durante la campaña 1995/96 de 17,8 t de materia seca/ha (24,5% de humedad).

Por otro lado, en el CIFA Las Torres-Tomejil (Alcalá del Río, Sevilla) se realizó el seguimiento del cultivo durante 5 campañas, obteniéndose un rendimiento medio, a lo largo de la vida útil de la plantación y con diferentes sistemas de recolección, de 14 t/ha en tierras de alto rendimiento agronómico.

Otras fuentes consultadas registran unos rendimientos medios anuales de unas 23,5 t/ha (Milton, 2002), en un rango que varía entre 20 y 30 t/ha. De éstas, de 2 a 3 t/ha son de semillas ricas en aceite (25%) y en proteínas (20%) (Fernández, 1998).



Plantación de cardo.

## 5.2. Mostaza etíope

Los rendimientos obtenidos en las experiencias desarrolladas por el Instituto Técnico y de Gestión Agrícola de Navarra (ITGA) con *Brassica carinata* arrojan unos resultados que fluctúan entre 5 y 6,5 t/ha de biomasa y entre 1,5 y 4 t/ha de semilla en secano y de 3 a 3,5 t/ha de semilla con híbridos de colza en regadío (ITG Agrícola de Navarra, 2006).

Por otro lado, las experiencias llevadas a cabo por la empresa Arlesa en la provincia de Cádiz dieron como resultado producciones medias de 1.900 kg/ha de semilla en condiciones de secano y muy buena calidad de suelo.

No se dispone de muchos más datos en cuanto a rendimientos de *carinata*. Sin embargo sí se tiene información sobre colza alimentaria (*Brassica napus*).

En Andalucía este cultivo obtiene valores de rendimiento inferiores que en el resto de

España y que en Europa. Se debe distinguir además entre la producción de semilla para obtención de aceite para biodiésel, y la producción de biomasa que constituye el resto de la planta, aprovechable para aportes térmicos, por ejemplo, en el proceso de transesterificación durante la obtención del biodiésel.

En la siguiente tabla se resumen los rendimientos medios de semilla de colza que recogen los Anuarios Estadísticos de la Consejería de Agricultura y Pesca (CAP) en las provincias para las que existen registros en Andalucía (datos medios de 4 años: 2000-2003).

**Tabla 2. Rendimientos medios de semilla del cultivo de la colza en Andalucía (media de los años 2000 a 2003).**

PROVINCIA	Rendimiento en secano (kg/ha)	Rendimiento en regadío (kg/ha)
Cádiz	1.000	1.850
Córdoba	1.000	1.380
Granada	n.d.	1.460
Huelva	600	1.530
Jaén	730	1.600
Málaga	620	1.410
Sevilla	870	1.520
<b>Rendimiento medio</b>	<b>800</b>	<b>1.560</b>

Fuente: Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.

En la siguiente tabla se muestran los rendimientos de colza en otros países del norte y centro de Europa, siendo patentes las diferencias existentes con los rendimientos que se obtienen en Andalucía.

**Tabla 3. Rendimientos de la colza en la Unión Europea (2006).**

País	Rendimiento (kg/ha)
Alemania	3.750
Francia	3.650
Reino Unido	3.170
Polonia	2.690
<b>Total UE-25</b>	<b>3.270</b>

Fuente: Coceral (enero 2006)

Por otro lado, el Servicio Agronómico de ACOR lleva más de dos años ensayando el cultivo de la colza y su comportamiento ante las distintas condiciones edafoclimáticas de Castilla y León. Los ensayos se llevan a cabo en una superficie de más de 230 hectáreas distribuidas por seis provincias de la región, en secano y regadío, con 48 variedades distintas, dos posibles épocas de siembra y distintas técnicas de cultivo como la siembra directa y el mínimo laboreo. Los rendimientos medios obtenidos oscilan entre los 1.500 y los 2.800 kg/ha en secano, y entre los 3.500 y 4.000 kg/ha en regadío.

Un dato medio representativo se encuentra en el Plan de Energías Renovables 2005-2010 (IDAE) que recoge un rendimiento medio de 2,5 t/ha de colza para la producción de aceite en condiciones de secanos húmedos, mientras que en materia seca se obtienen entre 1,5 y 4 t/ha<sup>9</sup>.

En resumen, de las diferentes experiencias se obtienen valores medios de producción de semilla que varían entre 1,2 y 3,5 t/ha en secanos húmedos, rendimientos que bajan considerablemente en condiciones de déficit de agua. El resto de la planta puede llegar a suponer entre 5 y 7 t/ha en masa húmeda.

De esta forma, el cultivo de la colza (*Brassica napus*) no parece ser la mejor opción en la producción de aceite para su transformación en biodiésel para las condiciones edafoclimáticas de Andalucía. Si lo es en cambio, la mostaza etíope (*Brassica carinata*) como se desprende de las experiencias llevadas a cabo por Arlesa (1.900 kg/ha de semilla de rendimiento medio en secano).

### 5.3. Sorgo papelero

Como en el caso de la colza, del cultivo del sorgo se puede obtener grano para fabricación de biocarburantes y biomasa lignocelulósica con fines térmicos. En el caso del sorgo azucarero, el uso principal es la obtención de bioetanol, y en el del sorgo papelero es la biomasa lignocelulósica lo que se aprovecha.

Así, en cuanto al cultivo del sorgo en Andalucía, existen datos de producciones provinciales, aunque no se diferencian variedades. En la siguiente tabla se resumen los rendimientos medios en producción de grano.

<sup>9</sup> Ballesteros, M. (2006). 'Biocarburantes: Estado actual y perspectivas'. Jornadas Técnicas CIEMAT.

**Tabla 4. Rendimientos medios en grano del cultivo del sorgo en Andalucía (media de los años 2000 a 2003).**

PROVINCIA	Rendimiento en secano (kg/ha)	Rendimiento en regadío (kg/ha)
Almería	650	2.500
Cádiz	1.650	6.330
Córdoba	3.130	6.880
Granada	n.d.	6.430
Huelva	n.d.	5.670
Jaén	2.300	5.000
Málaga	1.000	5.000
Sevilla	2.050	6.560
<b>Rendimiento medio</b>	<b>1.690</b>	<b>6.250</b>

Fuente: Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.

En relación al sorgo papelero en Andalucía, se han obtenido datos muy positivos de producción de materia seca (en condiciones de cultivo exigentes) que apuntan hacia la viabilidad de su introducción en diferentes zonas de la Comunidad. Dichas experiencias arrojan unos resultados de producción media de biomasa de hasta 50 t MS/ha.

Existen también datos en cuanto al sorgo forrajero para Andalucía que se resumen a continuación. El rendimiento medio corresponde a producciones de 4 años (2000-2003).

**Tabla 5. Rendimientos medios de biomasa en verde del cultivo del sorgo forrajero en Andalucía (media de los años 2000 a 2003).**

PROVINCIA	Rendimiento en secano (kg/ha)	Rendimiento en regadío (kg/ha)
Almería		
Cádiz	24.250	42.000
Córdoba	15.000	45.000
Granada		
Huelva		
Jaén		27.000
Málaga	7.000	37.500
Sevilla	12.630	42.590
Rendimiento medio	14.450	41.810

Fuente: Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.

Para el sorgo azucarero en Andalucía, ya se han mencionado los estudios realizados en el periodo 1981-1987 por el Centro de Investigaciones y Desarrollo Agrario de Málaga (Olalla, 1987). Se obtuvieron rendimientos de 80 t/ha de materia verde, con 10 t/ha de azúcares y 17 t/ha de materia seca bajo unas condiciones determinadas<sup>10</sup>.

A nivel nacional, se tienen referencias de rendimiento de sorgo azucarero de 18-27 t MS/ha, con 6,2 - 9,7 t/ha de azúcar, lo que conlleva la producción de 4.200 l/ha de etanol (600 ml etanol /kg azúcar) (López Bellido, 2003).

## 5.4. Caña de azúcar, pataca y kenaf

En la siguiente tabla se presentan los rendimientos medios de caña de azúcar que recoge la Consejería de Agricultura y Pesca en sus Anuarios de Estadísticas Agrarias y Pesqueras (media de los años 2000 a 2003). En la tabla se resumen los rendimientos de producción, tanto de planta entera como de azúcares obtenidos. Éstos, antes utilizados para la fabricación de azúcar de caña, hoy pueden tener interés en su uso para la producción de bioetanol. De hecho, allí donde se puede dar este cultivo, se considera como la especie bioenergética ideal por su productividad.

**Tabla 6. Rendimientos medios del cultivo de la caña de azúcar en Andalucía (media de los años 2000 a 2003).**

PROVINCIA	Rendimiento de la planta en regadío (kg/ha)	Rendimiento en azúcar en regadío (kg/ha)
Granada	98.760	10.030
Málaga	79.900	9.410
Rendimiento medio	88.330	9.360

Fuente: Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.

En una hectárea de caña de azúcar, además de los azúcares fermentables en alcohol, se produce bagazo en una cantidad de 350 kg/t de azúcar, aprovechable en el proceso de producción de alcohol como aporte de energía térmica.

En referencia al cultivo de la **pataca**, no se tienen valores de producción en Andalucía. No obstante, según Jesús Fernández<sup>11</sup>, los rendimientos del cultivo pueden llegar a 70-80 t/ha de tubérculos frescos y 12-14 t/ha de tallos. Se considera que por cada litro de etanol se requieren 12 kg de tubérculos frescos de pataca, pudiéndose obtener rendimientos de 5.000-6.000 l etanol/hectárea, con la ventaja de poder utilizar el poder calorífico de los tallos en el aporte calórico para la destilación del alcohol.

<sup>10</sup> Ver caracterización agronómica.

<sup>11</sup> Fernández, J. Diversas publicaciones y jornadas.

En cuanto al **kenaf**, aunque no se tienen datos de producción en Andalucía, el rendimiento potencial en materia seca de los cultivares precoces alcanza entre 15 y 18 t/ha, y la de los tardíos, entre 19 y 25 t/ha en las regiones del sur europeo (López Bellido, 2003). También, se encuentran diversas referencias que indican rendimientos que varían entre 13 y 22 t/ha de materia seca. De esta especie, se aprovecha la planta entera como biomasa lignocelulósica para aportes térmicos, producción eléctrica o fabricación de pelets.

## 6. Disponibilidad de insumos

Los factores de producción que más pueden influir en el éxito de los cultivos energéticos estudiados son, fundamentalmente, la disponibilidad de semillas y la disponibilidad de maquinaria de siembra y recolección. Son éstos los que se estudian en los apartados siguientes.

### 6.1. Disponibilidad de semilla

En España, el ejercicio de la actividad de producción de semillas o plantas de vivero se condiciona a que previamente se obtenga la autorización administrativa pertinente. Esta autorización se otorga atendiendo al ámbito en el que el productor desarrolla su actividad (por ejemplo: semillas-cereales) y a su cualificación como tal productor (por ejemplo: seleccionador o multiplicador).

Para conocer la disponibilidad de semillas para siembra de los cultivos energéticos estudiados se ha aprovechado esta circunstancia, así como el hecho de encontrarse accesible el registro de productores de semillas, en la página web del Ministerio de Agricultura y Pesca<sup>12</sup>. A partir de la relación de entidades productoras de semillas se elaboró un listado con las empresas andaluzas que producen semilla de cereal y/o de oleaginosas. Posteriormente se procedió a contactar con ellas con el fin de recabar información de primera mano acerca de la disponibilidad de semillas de las especies objeto de estudio.

Se realizó una ronda de contactos telefónicos con 60 empresas proveedoras<sup>13</sup> a las que se preguntó, entre otras cuestiones<sup>14</sup>, acerca de su disponibilidad de semilla de mostaza etíope (*Brassica carinata*), cardo (*Cynara cardunculus*), sorgo papelero (*Sorghum bicolor*), pataca (*Helianthus tuberosus*) y kenaf (*Hibiscus cannabinus*).

El 83,3% no disponía de semilla de ninguna de las especies estudiadas ni de ninguna otra que se utilice como cultivo energético. De las empresas restantes, el 13,3% dis-

<sup>12</sup> <http://www.mapa.es/es/agricultura/pags/semillas/semillas.htm#art2>

<sup>13</sup> En el Anexo 1 se relacionan las empresas proveedoras de semillas consultadas.

<sup>14</sup> En el Anexo 2 se presenta el cuestionario utilizado para la realización de las entrevistas.

ponían de semilla para producción de colza, girasol y/o sorgo granífero (como cultivos energéticos), y tan sólo el 3,3% disponía de semilla de alguna de las especies objeto de estudio (sorgo papelero y *Brassica carinata*). Además una empresa comunicó que acababa de iniciar el proceso de multiplicación de semillas de *Cynara cardunculus* y de *Brassica carinata*.

En relación al sorgo papelero, el precio de venta de la semilla indicado por la única empresa que la comercializaba fue de 7 €/kg siendo la dosis de siembra recomendada de 10 a 20 kg semilla/ha, y los rendimientos obtenidos entre los 8.000 y los 10.000 kg/ha.

Respecto a la mostaza etíope (*Brassica carinata*) el precio indicado por la única empresa con disponibilidad de semilla fue de 60 €/dosis (1 dosis = dos millones de semillas). Esta empresa no proporcionó datos relativos a dosis de siembra, aunque sí de rendimientos (4.000 kg/ha).

Tras la realización de la encuesta, se corroboró, a través de otras fuentes, que no existe, hasta la fecha, producción de semilla de los cultivos estudiados en Andalucía, ya que se trata de especies que aún se encuentran en fase de experimentación<sup>15</sup>.

Por otro lado, y fuera ya de nuestra región, se tiene constancia de alguna empresa que comercializa semilla de sorgo papelero<sup>16</sup>. Con relación a otras especies como el kenaf, se pudo saber que puede importarse de Sudamérica. Para cardo y pataca no existen precios de semilla al mercado porque no se comercializan.

## 6.2. Maquinaria agrícola necesaria

La mecanización de los cultivos energéticos aún no se ha resuelto de manera satisfactoria no habiéndose desarrollado suficientemente la maquinaria específica, sobre todo en lo que se refiere a la recolección.

La maquinaria utilizada hasta ahora es maquinaria convencional utilizada en cultivos similares que se ha ido adaptando para aumentar su eficiencia. Así, en el cultivo de la *Brassica carinata* se hace uso de la misma maquinaria que en la colza alimentaria; en el caso del cardo, se está utilizando maquinaria asimilable a otros cultivos forrajeros tradicionales; y en el de la pataca, maquinaria similar a la utilizada en el cultivo de la patata (Márquez, 2006).

Actualmente la mecanización de estos cultivos es uno de los principales campos de investigación en los que se trabaja. De hecho, conforme la utilización de nuevos cultivos se afiance y siempre que los rendimientos que se obtengan resulten satisfactorios, se deberá poner a punto la maquinaria necesaria.

<sup>15</sup> Comunicación personal de Luis López-Bellido. (Universidad de Córdoba).

<sup>16</sup> Comunicación personal de Jesús Fernández (Universidad Politécnica de Madrid).

En este sentido, se requiere de investigación y desarrollo para adaptar prototipos y maquinaria convencional, superficies de experimentación de, al menos, 100-200 hectáreas en la misma zona y la organización de parques de almacenamiento (Márquez, 2006).

### 6.2.1. Mostaza etíope

La semilla de la mostaza etíope, al igual que la de colza, se caracteriza por su pequeño tamaño. Aunque existe una sembradora de colza, es muy frecuente el uso de sembradoras de cereal modificadas. Por otro lado, es conveniente el uso de sembradoras de precisión neumáticas que reducen considerablemente la dosis necesaria de semilla. En este caso se utilizan discos con orificios de 1,2 mm.

Respecto a la recolección se puede llevar a cabo de tres formas:

- Recolectando sólo la semilla para la fabricación exclusiva de biodiésel.
- Recolectando la planta completa para su aprovechamiento como biomasa lignocelulósica para aportes térmicos.
- Recolectando semilla y resto de la planta por separado.

La recolección de la semilla se realiza con cosechadora de cereal adaptada a oleaginosas, provista de plataforma de grano, y realizando el corte lo más alto posible. Para ello la separación cóncavo-cilindro debe ser de 1,0-1,5 mm, las cribas de limpieza deben ser de 2 mm y el aire debe estar al mínimo o cerrado. Tras la cosecha se puede empacar el residuo dejado por la cosechadora con empacadora convencional o roto-empacadora. Así se consigue el aprovechamiento de toda la planta recolectando por separado la semilla del resto de la planta. Si se prescinde de esta última opción, estaríamos en el primer caso de aprovechamiento exclusivo de la semilla.

En el caso de que se quiera recolectar la planta completa, se realiza la siega (mediante segadora de cereal con las adaptaciones correspondientes) de la planta, con picado y carga del material en un remolque agrícola (no se aprovecharía la semilla para otros usos), o bien siega y empacado, con la posibilidad de separar la semilla en la planta de procesado.

### 6.2.2. Cardo

En el caso del cardo, la maquinaria más común para la siembra es la sembradora mecánica de precisión.



Sembradora mecánica de precisión para el cultivo del cardo.

Para la recolección, sin embargo, existen distintas posibilidades. Una opción es utilizar una cosechadora convencional de cereal o girasol (Fernández Pan, 2003), y una empacadora. Según Pineda y Cabello (1998), también existe la opción de utilizar una empacadora autopropulsada o picadora autopropulsada. De todos modos, la biomasa debe cosecharse lo más abajo posible y empacarla directamente sin triturar mediante una rotoempacadora. Si se emplean segadoras de tambores, la biomasa queda hilera da en el suelo, con los tallos alineados en la fila, a la espera de ser empacada.

Actualmente se está experimentando con maquinaria específica para la recolección del cardo con características similares a las cosechadoras de caña de azúcar (Márquez, 2006). No obstante, aún no existen resultados definitivos.

### 6.2.3. Sorgo

En el cultivo del sorgo, la siembra se realiza con sembradoras de cereales o de precisión, sin que se requiera modificación alguna.

La recolección del sorgo papelerero se realiza mediante corte al nivel del primer entrenudo mediante siega mecanizada con segadora de cereal, por lo que la única modificación que podría hacerse sería situar el punto de corte a este nivel. En este caso, se aprovecha la planta completa como biomasa lignocelulósica.

Por otro lado, tanto en el sorgo papelerero como en el sorgo de grano, existe la opción de aprovechar por separado, el grano para obtención de bioetanol, y el resto de la planta como biomasa lignocelulósica. El proceso es similar al explicado en el apartado anterior, con cosechado del grano mediante cosechadora de cereales modificada, y posterior empacado del material residual con empacadora convencional o rotoempacadora.

En el caso del sorgo azucarero, se realizaría una siega de la planta completa con empacado posterior mediante empacadora convencional o rotoempacadora, para abaratar los costes de transporte.

Existen también experiencias de recolección de sorgo mediante el uso de cosechadoras de maíz.

### 6.2.4. Caña de azúcar

El cultivo de la caña de azúcar requiere la plantación de tallos (caña-semilla). Aunque los sistemas de plantación mecánica resultan más eficientes, en Andalucía la plantación en la zonas de cultivo se realiza de forma manual.

En cuanto a la recolección, en Granada y parte de Málaga se realiza manualmente. Sea de forma manual o mecanizada, el corte debe darse en la parte inferior del tallo lo más cerca posible del suelo, ya que es la parte más rica en azúcar.

La cosecha manual comprende el corte con machete y la eliminación del cabo, o parte superior del tallo a nivel del ápice, que en la comarca de Motril-Salobreña se realiza mediante desbrozadora manual de discos, una vez cortada y depositada la caña en el suelo. Tras esto, se procede a la recogida y carga de la caña que queda depositada en montones formando una hilera perpendicular al surco, sobre los lomos. El rendimiento medio de los tractores en esta fase es de 150 t/día por tractor.

El rendimiento de la máquina cargadora de garfios suele ser de 300-400 t/día, y de los camiones de 150-200 t/día. El rendimiento medio de la mano de obra se encuentra entre 2 y 3 t/hombre.día, sin quema previa, y de 3-6 t/hombre.día con quema. En la costa granadina este rendimiento medio con caña quemada está entre 10 y 12 t/hombre.día, muy superior a la media mundial debido al trabajo intensivo característico en la zona.

La recolección o zafra mecanizada se realiza con dos tipos de cosechadora: las cortadoras-desmochadoras y las troceadoras-cargadoras. Las cortadoras-desmochadoras son utilizadas para cañas homogénea, erectas, y tienen un rendimiento medio de 60-90 t/ha. En condiciones óptimas tiene un rendimiento de hasta 60 t/hora. La quema en este caso se realiza después del corte. Se requiere de máquina cargadora.

Las troceadoras-cargadoras, provistas de brazos elevadores, cortan la planta por la base y por el cabo, la trocean en segmentos de 30 cm y los cargan en el vehículo transporte que la acompaña. Su rendimiento es de hasta 30 t/hora y la quema se realiza previamente al corte.

En la costa de Málaga se han usado generalmente en, al menos, un 20% de la superficie dedicada al cultivo, mientras en Granada no se utilizan, ya que la superficie media de las fincas es inferior.

### 6.2.5. Pataca

Ya se ha mencionado que al ser la pataca un tubérculo parecido a la patata, la maquinaria que se utiliza para su cultivo se asemeja a la utilizada en el cultivo de ésta, aunque con ciertas modificaciones.

Así, la siembra se puede llevar a cabo mediante sembradora de patata convencional, mientras que la recolección mecánica se puede realizar mediante cosechadora de patata modificada.

En el caso de la recolección se debe tener en cuenta que los tubérculos de la patata se separan fácilmente de los vástagos, mientras que la gran masa de los tubérculos de la pataca se une fuertemente a las raíces. Agregando cadenas pequeñas y aumentando la agitación, se puede convertir una cosechadora de la patata en una adecuada para la pataca. Los tubérculos de la pataca son más pequeños que los de patata, por lo que estas modificaciones son necesarias ya que sino la pérdida puede llegar a ser del 50%. La parte aérea, raíces, y tubérculos pueden clasificarse mientras se cosechan, o pueden secarse primero para clasificarlos posteriormente.

El residuo generado en la cosecha de la pataca se puede recoger mediante empacadora convencional o rotoempacadora, y así aprovechar la planta completa, como ya se ha explicado para los cultivos anteriores.

## 6.2.6. Kenaf

La siembra del kenaf puede realizarse con sembradoras de cereales o de precisión convencionales, sin requerir modificaciones. En cambio, la recolección se realiza mediante segadora-acondicionadora de rodillos especialmente modificada para este cultivo.

Durante la recolección los tallos son machacados cuando pasan por el sistema de rodillos, lo que facilita su secado natural. El material procesado se empaca con empacadora convencional en balas tradicionales, o redondas con rotoempacadora. Así se pueden transportar grandes volúmenes a las plantas de procesamiento de biomasa. El aprovechamiento se hace de toda la planta completa como biomasa lignocelulósica para fines térmicos.

# 7. Mercado para los cultivos energéticos

## 7.1. Introducción

Existen distintos mercados de destino para los productos procedentes de los cultivos energéticos descritos. Ya se comentó, que existen cultivos destinados a la producción de aceites para obtención de biodiésel, cultivos de los que se obtiene bioetanol y cultivos lignocelulósicos que se destinan a la producción de biocombustibles sólidos con fines energéticos. El mercado de los distintos tipos de productos que proceden de cultivos energéticos es, pues, diverso.

Centrándonos en los biocombustibles, y como referencia de su importancia, señalar que la Unión Europea produjo 2.424.440 toneladas de este tipo de carburantes en 2004 frente a 1.928.750 de toneladas en 2003 (incluidos los nuevos Estados miembro) lo cual representa un incremento del 25,7%. Las previsiones de crecimiento en Europa para el 2005 son incluso más optimistas que las que preveía la Directiva europea que imponía un mínimo del 2% para finales de 2005. La Unión Europea es la región líder mundial en términos de desarrollo del sector biodiésel.

En cuanto a la producción de bioetanol, España es el primer país de la Unión Europea con una producción de 194.000 toneladas en 2004. Estos y otros datos pueden consultarse en la publicación “Biofuels barometer”<sup>17</sup> preparado por Observ’ER, Observatoire des énergies renouvelables<sup>18</sup>.

En cuanto a la obtención de biodiésel (a partir de girasol, soja o grasas animales) España, con una capacidad de producción de 224.000 toneladas, es el quinto produc-

<sup>17</sup> [http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat\\_baro/observ/baro167b.pdf](http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro167b.pdf)

<sup>18</sup> <http://www.energies-renouvelables.org/portail/html/log.asp>

tor, por detrás de Alemania, el líder (2,7 millones de toneladas), Italia, Francia y el Reino Unido; el total de la UE alcanza 6.070.000 toneladas. En España, Bionor es la empresa líder en producción de este biocarburante.

Actualmente, y por primera vez en España, algunas empresas dedicadas a los biocarburantes como ACCiona, Dosbio, ARJ, ACOR y la portuguesa Tagol, están contratando colza con destino a la fabricación de biodiésel. Los contratos van referidos a un precio mínimo que varía entre 200 y 230 €/t de semilla más una posible prima referida a un índice del precio del petróleo en el momento de la entrega. Algunas empresas ofrecen, además, la semilla para siembra de manera gratuita.

El cultivo de colza no tiene apenas tradición en España y es una incógnita hasta donde puede llegar este intento de fomento para uso bionérgico. En España se sembraron en la última campaña solamente 7.000 hectáreas, una superficie que para la próxima campaña se debería rebasar ampliamente.

En Andalucía, y según la Agencia Andaluza de la Energía, las plantas de biocarburantes que existen en la actualidad se limitan a plantas de biodiésel y de ETBE. Existe también un proyecto de planta para producción de etanol en Granada pero aún se encuentra en fase de desarrollo del proyecto.

## 7.2. Destino de los productos procedentes de los cultivos energéticos en Andalucía

Ya se ha comentado que las especies estudiadas aún no se cultivan de manera comercial en Andalucía, por lo que sus productos no se encuentran en el mercado, y no se dispone de información relativa a precios, contratos de compra u otros aspectos relacionados con su comercialización.

No obstante, con el fin de corroborar lo anteriormente mencionado, y como parte de la metodología de trabajo, se elaboró un cuestionario<sup>19</sup> para recabar información de aquellas empresas interesadas en la compra de biomasa o de semillas para producción de biocarburantes procedente, tanto de los cultivos estudiados, como del resto de cultivos energéticos.

Se contactó con 22 empresas<sup>20</sup> relacionadas con el sector productor de los biocarburantes, concluyéndose lo siguiente:

- Existen empresas que adquieren directamente aceites para la producción de biocarburantes.
- Existen otras empresas que **compran semillas** (o ellos mismos las producen) para extraer el aceite que utilizan otras para producir biocarburantes.

<sup>19</sup> Presentado en el Anexo 3.

<sup>20</sup> En el Anexo 4 se presenta la relación de las empresas con las que se contactó

- Algunas empresas productoras de biocarburantes cuentan con extractora de aceite en sus instalaciones por lo que **compran semillas** y producen simultáneamente aceite y biocarburantes.

La encuesta se realizó solamente a las empresas que adquirían semilla con fines energéticos, obteniéndose los siguientes resultados:

- Las especies que se adquieren para producción de biocarburantes son, en la actualidad, colza (*Brassica napus*) y girasol (*Helianthus annuus*). Sin embargo, la mayor parte de las empresas consultadas están interesadas en la compra de cualquier otra semilla oleaginosa que se adapte al proceso de producción y de la que se obtenga un rendimiento adecuado.
- Se exigen unos requisitos mínimos determinados para la compra del producto, que se exponen más adelante.

Los precios varían en función de un conjunto de condicionantes, que posteriormente se presentan.

Los modelos de contrato con los proveedores aún están en fase de elaboración en su mayoría ya que son nuevos contratos dentro del sector. Según las empresas consultadas existen modelos establecidos de contratos por la PAC y diferentes organismos oficiales, contratos “Non-food”, etc. No existe pues un modelo de contrato unificado en estos momentos.

No obstante, sus características más destacadas son:

- Periodo de vigencia: varía según las empresas, y puede ser por campaña, por unos meses determinados o anual.
- Otras particularidades<sup>21</sup> como toneladas contratadas, especificaciones de la semilla producida, condiciones de entrega, plazo máximo de recepción de la semilla, almacenamiento, documentación, condiciones del cultivo, etc.

En enero de 2007 la Mesa de los Biocarburantes<sup>22</sup> ha acordado la estructura básica del Acuerdo-marco que regulará la relación contractual entre el agricultor y la industria. Este Acuerdo en su primera fase, fijará los mecanismos para establecer la estructura básica de formación de los precios entre los agricultores y la industria, así como la duración del contrato. En una segunda fase se determinarán las potenciales superficies de estos cultivos.

En la reunión mantenida entre las partes que integran la Mesa (Administración, Organizaciones Profesionales Agrarias, Confederación de Cooperativas Agrarias y sector productor) se han estudiado los elementos estructurales que se contemplarán para

<sup>21</sup> No todos los contratos contemplan todos y cada uno de los apartados citados.

<sup>22</sup> La Mesa de Biocarburantes formada por representantes del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, de las organizaciones agrarias, la Confederación de Cooperativas Agrarias de España (CCAEE) y la Asociación Española de Productores de Energía Renovables (APPA), se crea con el objetivo general de fomentar el desarrollo de los biocarburantes como alternativa a los derivados del petróleo.

fijar el precio básico de los cultivos energéticos, basados en factores como la rentabilidad para el agricultor y la industria, los precios internacionales y nacionales, y la demanda del sector, en relación con una materia prima que diversifica su uso entre la alimentación humana y animal y la producción de biodiésel y bioetanol.

Los mecanismos que se recogerán en el Acuerdo-marco, para la estructuración del precio básico entre los agricultores o cooperativas y la industria no fijarán, en ningún caso, el precio final, que será acordado a través de contratos individuales, manteniendo así la libertad de contratación entre agricultores y empresas.

La Mesa de Biocarburantes ha logrado también acercar posiciones en relación con los periodos de duración de los contratos, aspecto sobre el que se seguirá trabajando para llegar a un acuerdo entre la industria, partidaria de periodos de tiempo relativamente largos, con el fin de asegurar el abastecimiento de materias primas en unos porcentajes determinados, y los agricultores, defensores de periodos más cortos.

### 7.3. Condiciones de venta de los productos

Todos los compradores exigen unos **requisitos mínimos** para la compra del producto:

- En cuanto al producto en sí, se exigen ciertos estándares de calidad como contenido en impurezas máximo, humedad máxima, contenido en grasa mínimo, etc. Así como que el producto sea compatible con las instalaciones de producción.
- En cuanto al vendedor, es preceptiva la realización de un contrato entre el productor de semillas y la empresa compradora.

Es imprescindible que el coste total de aprovisionamiento sea inferior o igual al de sus alternativas de importación.

En lo relativo a los **precios**, el precio de compra de la semilla variará en función de los precios internacionales del producto en particular, la evolución de los índices de referencia, tanto de materias primas como de gasóleos, y la calidad del producto. Existen bonificaciones y penalizaciones en función del grado de impurezas, humedad, contenido en aceite del producto, etc. Estos se aplican sobre un precio base fijado según los criterios anteriormente citados.

Según el convenio entre los compradores y proveedores de semillas con fines energéticos, el transporte puede estar incluido en el precio del producto o, por el contrario, puede recaer sobre el comprador. No existe un protocolo estándar a este respecto.

Los precios de semillas de que se dispone son para colza y girasol, y coinciden en los 210 €/t.

## 8. Ayudas a los cultivos energéticos y requerimientos para su percepción

Para culminar el proceso de transición del régimen de ayuda a la producción al de ayuda a los productores, la reforma de la PAC de junio de 2003 introdujo un sistema de disociación de esos pagos respecto de la producción de cada explotación (el llamado “régimen de pago único”). Este elemento clave de la reforma combina una serie de pagos directos existentes otorgados a los agricultores en virtud de distintos regímenes y los reúne en un solo pago.

La reforma introdujo también una nueva ayuda destinada a favorecer la producción de cultivos destinados a usos energéticos. Por otro lado, sigue vigente el programa de utilización de las tierras retiradas de la producción para cultivos no alimentarios.

Así pues, la reforma ofrece a los agricultores dos sistemas que favorecen los cultivos energéticos: la nueva ayuda correspondiente a esos cultivos y el régimen de retirada de tierras de la producción (que permite el cultivo de productos destinados a múltiples usos no alimentarios, entre los que se encuentra la producción de energía).

Se concede una ayuda de 45 €/ha a los agricultores que produzcan cultivos energéticos, aplicable en una superficie máxima garantizada en el conjunto de la UE. Los agricultores tienen derecho a esa ayuda si su producción de cultivos energéticos se haya recogida en un contrato entre el agricultor y la industria de transformación correspondiente. Cuando la transformación se efectúa en la propia explotación es innecesario dicho contrato. Por otra parte, el agricultor y el transformador no tienen que estar necesariamente en el mismo Estado miembro.

En caso de rebasamiento de la superficie máxima garantizada de la UE se aplican determinadas sanciones (la superficie por agricultor respecto de la que se solicita la ayuda se reduce proporcionalmente para el año en cuestión).

El 19 de diciembre de 2006, el Consejo de Ministros de la UE aprobó una reforma de este régimen de ayuda (Reglamento (CE) nº 2012/2006) por la que se amplía a los 8 nuevos Estados miembro en los que no era de aplicación hasta ahora y se aumenta la superficie máxima garantizada (SMG) de 1,5 a 2 millones de hectáreas. Por otro lado, se autoriza a los Estados miembro a conceder una ayuda nacional que podrá ser de hasta el 50% del coste de implantación de cultivos permanentes, en superficies que hayan sido objeto de una solicitud de ayuda a los cultivos energéticos o si éstos se destinan a la producción de biomasa en tierras retiradas de la producción.

Esta última reforma trata de resolver los obstáculos detectados anteriormente en la normativa, lo que se puso de manifiesto en el informe presentado por la Comisión

sobre la revisión del régimen de cultivos energéticos y su propuesta de Reglamento del Consejo (COM(2006) 500)<sup>23</sup>. Ya en dicho informe se indicaba que la anterior SMG de 1,5 millones hectáreas era insuficiente, sobre todo teniendo en cuenta que los nuevos Estados miembro poseen en torno a 30 millones de hectáreas de tierras agrícolas (aproximadamente el 30% del total de la UE) y que no existen motivos para pensar que el potencial de producción de éstos vaya a ser menor que el de la UE de los 15. Igualmente se consideraba insuficiente ya que, según el mismo informe, se estima un aumento de la demanda de estos cultivos en la UE de los 15 debido, por un lado, a las tendencias de desarrollo de la producción de biocarburantes y, por otro, a la posibilidad de acogerse a las ayudas de la remolacha azucarera.

Los cultivos energéticos con derecho a ayuda son los que se destinan esencialmente a la obtención de los siguientes productos:

- Biocarburantes u otros combustibles renovables para transporte<sup>24</sup>;
- Energía eléctrica y térmica producida a partir de la biomasa.

Dan derecho a la ayuda todos los cultivos (incluidos algunos bianuales, permanentes y plurianuales) destinados a la producción de energía. Los criterios de subvencionabilidad son revisados constantemente (y los Estados miembro pueden solicitar la exclusión de otros cultivos por motivos justificados).

La ayuda a los cultivos energéticos forma parte de la estrategia global de la UE para ampliar el papel de las energías renovables en Europa. Se trata del elemento agrario de un paquete más completo de medidas.

## 8.1. Condiciones que deben cumplir los agricultores y los transformadores

Todas las ayudas directas están sujetas a las condiciones impuestas por la reforma de la PAC. Entre ellas se incluye la condicionalidad, es decir la vinculación del régimen de pago único al respeto de las normas medioambientales, de seguridad alimentaria, zoonosanitarias y fitosanitarias, y del requisito de mantener todas las tierras de labor en buenas condiciones agrarias y ambientales.

La ayuda a los cultivos energéticos, que funciona como complemento del pago único, fue concebida con un propósito específico. Es necesario llevar a cabo controles destinados a asegurar no sólo que los productos se cultiven y entreguen sino también que se transformen en energía. Existen, por lo tanto, estrictas condiciones adicionales que

<sup>23</sup> Comisión Europea (2006). "Informe de la Comisión al Consejo sobre la revisión del régimen de cultivos energéticos (SEC(2006) 1167)" y "Propuesta de Reglamento del Consejo". COM(2006) 500 final Bruselas, 22 de septiembre de 2006.

<sup>24</sup> Recogidos en la lista de la Directiva 2003/30, de 8 de mayo de 2003, relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles (DO L 123 de 17.5.2003).

los agricultores y los transformadores deben cumplir para poder optar a dicha ayuda, a saber:

- Sólo se concede ayuda por las superficies cuya producción está recogida en un contrato entre el agricultor y la industria de transformación, y en relación con una cantidad de determinadas materias primas entregadas (los Estados miembro deben determinar los rendimientos representativos que deben alcanzarse, y las cantidades realmente entregadas por los agricultores a los primeros transformadores deben ser al menos iguales a ese rendimiento representativo);
- Los contratos deben recoger todos los datos del solicitante, el cultivo, el transformador y el uso previsto de la materia prima;
- Los agricultores deben entregar la producción de toda la superficie para la que se ha solicitado/contratado la ayuda;
- Para asegurar que la materia prima se transforma en el producto energético especificado, los primeros transformadores deben depositar una garantía (cuyo importe debe ser lo suficientemente elevado como para prevenir todo riesgo de que las materias primas sean finalmente desviadas de su destino);
- Los transformadores deben indicar qué cultivos han sido entregados, especificando dentro de un plazo fijado a tal efecto la especie de que se trata, el nombre y la dirección del responsable de la entrega de las materias primas, el lugar de entrega y la referencia del contrato;
- Las ventas de materias primas y productos semitransformados deben limitarse a un máximo de dos operaciones antes de la transformación final;
- Las obligaciones del solicitante (el agricultor) finalizan una vez se produce la entrega de la cantidad total de materia prima;
- Las obligaciones de los primeros transformadores comienzan con la entrega y finalizan con la transformación final de las materias primas en productos energéticos;
- Algunas operaciones de transporte de materias primas destinadas a usos energéticos (y los productos de ellas derivados) están sujetas a controles mediante los “impresos de control T5”.

El incumplimiento de estas condiciones puede dar lugar a la aplicación de sanciones (reducciones de las ayudas en el caso de los agricultores o pérdida de la garantía en el de los transformadores). Las condiciones son objeto de constante revisión en función de la experiencia. Para asegurar el cumplimiento de las normas, los Estados miembro deben llevar a cabo controles inopinados en las instalaciones de, al menos, un 25% de los transformadores, seleccionados mediante análisis de riesgo. Está asimismo sujeto a control un 10% de los solicitantes de ayudas (agricultores), también seleccionados mediante análisis de riesgo.

Las superficies que figuren en una solicitud de ayuda a los cultivos energéticos no contarán como retiradas de la producción.

Por otro lado, existe la posibilidad de que los agricultores pueden transformar ellos mismos los cultivos que dan derecho a esta ayuda. Pueden utilizarlos:

- Como carburante para la calefacción de su explotación agraria;
- Para la producción de electricidad o biocarburantes en la explotación;
- Para su transformación en biogás en las explotaciones.

En lugar de firmar un contrato con un transformador, los agricultores solicitantes tendrán que presentar una declaración del uso que piensan dar a los cultivos energéticos. Los solicitantes deberán además entregar la materia prima cosechada, para su pesaje, a un organismo designado a tal efecto<sup>25</sup>. Deberán mantener contabilidades separadas para la materia prima utilizada y los productos derivados de su transformación.

En el **Anexo 5** se presenta una relación de la normativa relativa a las ayudas a los cultivos energéticos.

<sup>25</sup> En el caso de los cereales, las semillas oleaginosas y la paja, y siempre que se utilice la planta entera, el pesaje puede sustituirse por la medición volumétrica de la materia prima.



**Fichas de síntesis  
de los cultivos estudiados**



<b>MOSTAZA ETÍOPE (<i>Brassica carinata</i>)</b>		
<b>Orientación del cultivo</b>	Oleaginoso.	
<b>Destino de la producción</b>	Principalmente producción de biodiésel, pero también obtención de energía térmica a partir de biomasa.	
<b>Cualidades agronómicas</b>	<b>Generales</b>	Cultivo anual de secano muy bien adaptado a las condiciones edafoclimáticas andaluzas.
	<b>Limitantes para su cultivo</b>	No tolera temperaturas inferiores a -2°C desde su germinación hasta que alcanza el estado de roseta. Sensible al encharcamiento.
<b>Aspectos relativos al manejo del cultivo</b>	Manejo análogo al requerido por la colza ( <i>Brassica napus</i> ).	
<b>Rendimiento medio</b>	Entre 1,5 y 4 t semilla/ha en secano.	
<b>Disponibilidad de insumos</b>	<b>Semilla</b>	No existe producción de semilla en Andalucía, pero existen algunas empresas que disponen de ella.
	<b>Maquinaria</b>	Existe maquinaria específica para la siembra (sembradora de colza), pero es factible el uso de sembradoras de cereal modificadas.  No existe maquinaria específica para la recolección por lo que se usan cosechadoras de cereales adaptadas.
<b>Experiencias de cultivo</b>	<b>En España</b>	Navarra (ITGA y Acciona Bioenergía). Castilla-León (Koipesol-Acor).
	<b>En Andalucía</b>	Koipesol-INIA. Arlesa. IFAPA.
<b>Potencialidad del cultivo en Andalucía</b>	Alto potencial como cultivo energético en Andalucía.	

<b>CARDO (<i>Cynara cardunculus</i>)</b>		
<b>Orientación del cultivo</b>		Lignocelulósico y oleaginoso.
<b>Destino de la producción</b>		Principalmente obtención de energía térmica o eléctrica a partir de la biomasa, pero también producción de biodiésel a partir de la semilla.
<b>Cualidades agronómicas</b>	<b>Generales</b>	Cultivo plurianual de secano muy productivo adaptado a las condiciones de clima semiárido.
	<b>Limitantes para su cultivo</b>	No resiste las heladas durante sus primeros estadios de desarrollo. Sensible al encharcamiento.
<b>Aspectos relativos al manejo del cultivo</b>		Vida útil de la plantación entre 7 y 10 años. Hasta 2 recolecciones de masa aérea al año. El manejo durante el primer año es diferente al del resto. Entre 14,0 y 23,5 t/ha de biomasa.
<b>Rendimiento medio</b>		Entre 14,0 y 23,5 t/ha de biomasa.
<b>Disponibilidad de insumos</b>	<b>Semilla</b>	No existe producción de semilla en Andalucía, ni se ha encontrado ningún proveedor que esté en condiciones de facilitarla.
	<b>Maquinaria</b>	No existe maquinaria específica para la siembra. Se pueden utilizar sembradoras de precisión.  Aún no existe maquinaria específica para la recolección, aunque es uno de los campos donde más se investiga (se están ensayando cosechadoras con características similares a las de caña de azúcar). Se suelen utilizar cosechadoras convencionales de cereal o girasol modificadas.
<b>Experiencias de cultivo</b>	<b>En España</b>	Castilla-León (CECSA). Extremadura (Geopónica y Agro-Jaranda). Sanlúcar la Mayor.
	<b>En Andalucía</b>	Sanlúcar la Mayor. CIFA Las Torres-Tomejil. Proyecto BIOCARD (del VI Programa Marco).
<b>Potencialidad del cultivo en Andalucía</b>		Alto potencial como cultivo energético, pero con necesidad de mayor experimentación, sobre todo en su manejo.

<b>SORGO PAPELERO (<i>Sorghum bicolor</i>)</b>		
<b>Orientación del cultivo</b>	Lignocelulósico y alcoholígeno.	
<b>Destino de la producción</b>	Principalmente obtención de energía térmica o eléctrica a partir de la biomasa, pero también producción de bioetanol a partir del grano.	
<b>Cualidades agronómicas</b>	<b>Generales</b>	Cultivo anual de regadío, con cierta tolerancia a la salinidad y que se desarrolla bien en terrenos alcalinos. Tolera temperaturas superiores a los 40°C.
	<b>Limitantes para su cultivo</b>	Detiene su crecimiento con temperaturas inferiores a los 15°C. Necesita temperaturas próximas a los 12°C durante la fase de emergencia de la plántula.
<b>Aspectos relativos al manejo del cultivo</b>	Sensible a la competencia con malas hierbas en su primera fase de crecimiento. Requiere de labores profundas para la preparación del terreno. El momento de la siembra está determinado por la temperatura.	
<b>Rendimiento medio</b>	Existen pocos datos de rendimientos medios, pero las experiencias arrojan cifras de hasta 50 t de materia seca/ha.	
<b>Disponibilidad de insumos</b>	<b>Semilla</b>	Hay disponibilidad de semilla, aunque las empresas proveedoras son escasas.
	<b>Maquinaria</b>	La siembra se realiza mediante sembradoras de cereales sin que haya que realizar modificación alguna. Para la recolección se utiliza cosechadora de cereales modificada, aunque también existen experiencias de uso de cosechadoras de maíz.
<b>Experiencias de cultivo</b>	<b>En España</b>	Proyecto Agrobiol (Abengoa Bioenergy) para determinar potencialidades del sorgo azucarero.
	<b>En Andalucía</b>	Centro de Investigaciones y Desarrollo Agrario de Málaga (1981-1987). Otras.
<b>Potencialidad del cultivo en Andalucía</b>	Alto potencial como cultivo energético para las condiciones andaluzas.	

<b>CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum officinarum</i>)</b>		
<b>Orientación del cultivo</b>	Alcoholígeno.	
<b>Destino de la producción</b>	Principalmente obtención de etanol.	
<b>Cualidades agronómicas</b>	<b>Generales</b>	Cultivo plurianual de regadío, que crece en climas subtropicales.
	<b>Limitantes para su cultivo</b>	Temperaturas inferiores a 10°C detienen su crecimiento. Luminosidad y humedad reducidas.
<b>Aspectos relativos al manejo del cultivo</b>	Crecimiento inicial lento, por lo que debe realizarse un buen control de malas hierbas en su primera fase de crecimiento. Requiere de labores profundas para la preparación del terreno. Propagación vegetativa.	
<b>Rendimiento medio</b>	El rendimiento medio en Andalucía es de 88,3 t/ha de biomasa.	
<b>Disponibilidad de insumos</b>	<b>Semilla</b>	Existe disponibilidad de material de propagación.
	<b>Maquinaria</b>	Existe maquinaria específica tanto para la plantación (plantadoras mecánicas) como para la recolección (cortadoras-desmochadoras o troceadoras-cargadoras). En Granada y Málaga ambas labores se suelen hacer de manera manual, por el pequeño tamaño de las fincas.
<b>Experiencias de cultivo</b>	<b>En España</b>	Sólo se cultiva en Andalucía.
	<b>En Andalucía</b>	Se produce, tradicionalmente, en zonas costeras de Granada y Málaga (donde el cultivo se encuentra en franca regresión).
<b>Potencialidad del cultivo en Andalucía</b>	Alto potencial como cultivo energético, pero muy restringido a las zonas de producción.	

<b>PATACA (<i>Helianthus tuberosus</i>)</b>		
<b>Orientación del cultivo</b>		Alcoholígeno y en menor medida, lignocelulósico.
<b>Destino de la producción</b>		Fundamentalmente obtención de etanol (tubérculos), pero también obtención de energía térmica del resto de la planta.
<b>Cualidades agronómicas</b>	<b>Generales</b>	Cultivo plurianual de regadío, pero capaz de adaptarse a condiciones de escasez de agua.
	<b>Limitantes para su cultivo</b>	Sensible al encharcamiento. Poca resistencia de los tubérculos a la desecación.
<b>Aspectos relativos al manejo del cultivo</b>		La siembra temprana influye en la obtención de mayores rendimientos.
<b>Rendimiento medio</b>		No existen datos para Andalucía; en otras zonas pueden llegar a ser de 70-80 t/ha de tubérculo fresco.
<b>Disponibilidad de insumos</b>	<b>Semilla</b>	Se utilizan los tubérculos enteros o parte de éstos. No existen proveedores en Andalucía.
	<b>Maquinaria</b>	Existe maquinaria específica tanto para la plantación (plantadoras mecánicas) como para la recolección (cortadoras-desmochadoras o troceadoras-cargadoras). En Granada y Málaga ambas labores se suelen hacer de manera manual, por el pequeño tamaño de las fincas.
<b>Experiencias de cultivo</b>	<b>En España</b>	En la zona centro de España. Proyecto Agrobihol (Abengoa Bioenergy).
	<b>En Andalucía</b>	No existe constancia de experiencias en Andalucía.
<b>Potencialidad del cultivo en Andalucía</b>		Alto potencial como cultivo energético, pero con necesidad de realizar ensayos en Andalucía.

<b>KENAF (<i>Hibiscus cannabinus</i>)</b>		
<b>Orientación del cultivo</b>		Lignocelulósico.
<b>Destino de la producción</b>		Obtención de energía térmica o eléctrica a partir de la biomasa.
<b>Cualidades agronómicas</b>	<b>Generales</b>	Cultivo anual de regadío adaptado a climas cálidos.
	<b>Limitantes para su cultivo</b>	Temperaturas inferiores a 16°C dificultan su germinación y su crecimiento. Gran sensibilidad a las heladas.
<b>Aspectos relativos al manejo del cultivo</b>		El control de malas hierbas resulta clave en las primeras fases de crecimiento del cultivo. Gran importancia de la desinfestación del suelo antes de la siembra (cultivo muy sensible a nematodos).
<b>Rendimiento medio</b>		Entre 13 y 25 t/ha de materia seca (sur europeo).
<b>Disponibilidad de insumos</b>	<b>Semilla</b>	No existe producción de semilla en Andalucía. Se puede importar de Sudamérica.
	<b>Maquinaria</b>	No existen sembradoras específicas; se utilizan sembradoras de precisión convencionales. La recolección se realiza mediante segadora-acondicionadora de rodillos especialmente adaptada.
<b>Experiencias de cultivo</b>	<b>En España</b>	Albacete (empresa Kafús Internacional e Instituto Técnico Agrícola Provincial de Albacete).
	<b>En Andalucía</b>	No se conocen.
<b>Potencialidad del cultivo en Andalucía</b>		Cultivo muy productivo, pero con mejores perspectivas para otros usos (fabricación de biocomposite).

## Bibliografía

Ayerbe, L. (1987). 'Ensayo de variedades y efecto del agua sobre el rendimiento de un cultivo de patata (*Helianthus tuberosus* L.)'. Resultados de proyectos de investigación. En Fernández-Cavada (1987) 'Agroenergética'. MAPA.

Autores varios. (1993). 'Populicultura'. Enciclopedia de Agricultura. Tomo IX. Ediciones Hispanidad.

Barloy, J. (1987). 'Elaboration du rendement chez le topinambur'. Proceedings of the EEC Workshop on Jerusalem Artichoke.' CIEMAT

Ballesteros, M. (2006). 'Biocarburantes: estado actual y perspectivas'. Jornadas Técnicas CIEMAT.

Curt, M. D., Sánchez, G., Fernández, J. (2001). 'The potential of *Cynara cardunculus* L. for seed oil production in a perennial cultivation system'. Biomass and Bioenergy. Pergamon.

FAO (1981). 'El eucalipto en la repoblación forestal'. Colección FAO: Montes.

Fernández, J. (1998). Capítulo 'Cultivos energéticos para la Península Ibérica' en 'Los cultivos no alimentarios como alternativa al abandono de tierras'. Ed. Agrícola España.

Fernández, J. (2000). 'El cardo como cultivo energético'. Boletín informativo del Servicio Agrario de la Caja de Burgos. Junio de 2000. pp 19- 27.

Fernández Pan, I. (2003). "Cultivos energéticos y residuos agrícolas. Producción de electricidad a partir de la biomasa." <http://www.todomonografias.com/biomasa-produccion-electrica-parte-1/>.

Galán Cela, P. *et al* (1998) 'Árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares'. Ediciones Jaguar. Madrid.

González-Río, F. *et al* (1997). 'Manual técnico de selvicultura del eucalipto'. Proyecto Agrobyte. <http://agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/eucalipto/indice.html>

Hilton, B. (2002). 'Growing short rotation coppice'. DEFRA (Department of Environment, Food and Rural Affairs). United Kingdom.

Jarabo, F. (1999). 'La energía de la biomasa'. S.A.P.T.

López Bellido, L. (1991). 'Cultivos herbáceos'. Ed. Mundi-Prensa

López Bellido, L. (2003). 'Cultivos industriales'. Ed. Mundi-Prensa.

Marcos Martín, F. (2006a). 'Generación de energía eléctrica con biomasa a medio y largo plazo'. Anales de mecánica y electricidad.

Marcos Martín, F. (2006b). 'Caracterización energética de la biomasa de chopo (*Populus euramericana* I-214) en turnos muy cortos'. Revista Energética XXI. Ed. Omnimedia.

Márquez, L. (2006). Ponencia 'Nuevos retos en la mecanización de los cultivos energéticos y la utilización de los biocombustibles en los motores agrícolas' Jornadas sobre Agricultura productora de energía'. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Andalucía. Sevilla, 12 a 14 de septiembre 2006.

Martín, E. (2002). 'Alternativas a los cultivos tradicionales: *Brassica carinata*'. Vida Rural nº 145.

Martín, E. (2002). 'Alternativas a cultivos tradicionales (II): Cardo (*Cynara cardunculus* L.)'. Vida Rural nº 147.

Olalla, L. (1987). 'Sorgo Dulce: estudios realizados, cultivo y perspectivas de futuro'. Resultados de proyectos de investigación. En Fernández-Cavada (1987). Agroenergética. MAPA.

Pari, L. *et al.* (1999). 'Short rotation forestry in Italy. The ENEL research programme'. <http://www.eeci.net/archive/biobase/B10534.html>.

Pineda, M. y Cabello, P. (1998). 'Energía de la Biomasa: realidades y perspectivas'. Energía de la biomasa: realidades y perspectivas. Universidad de Córdoba.

Salas Sanjuán, M.C. (2004). 'El cultivo de la caña de azúcar en la costa granadina'. Universidad de Almería.

Santos, R. (2006). Ponencia 'Biocombustibles sólidos. Producción, demanda y utilización'. Jornada sobre "Agricultura productora de energía." Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Andalucía. 12-14 septiembre 2006. Sevilla.

Sanz Infante, F. y Piñeiro Veira, G. (2001). 'Aprovechamiento de la biomasa forestal por la cadena monte-industria. Parte I: Situación actual y evaluación del sistema de tratamiento'. Revista CIS-Madera.

Spinelli, R. and P. Kofman. (1996). 'A review of short rotation forestry harvesting in Europe'. Paper presented at the First Conference of the Short Rotation Woody Crops Operations Working Group. 23-25 de Septiembre de 1996.

Spitters, C.J.T. (1987). 'Genetic variation in growth pattern and yield formation in *Helianthus tuberosus* L.'. Federal Agric. Res. Centre (FAL), Braunschweig.

**Anexo 1:**  
**Relación de empresas proveedoras  
de semillas a las que se ha remitido  
el cuestionario**



EMPRESA	LOCALIDAD	PROVINCIA
COOPERATIVA AGRICOLA GANADERA SAN DIONISIO	Jerez De La Frontera	Cádiz
COOPERATIVA CEREALISTA DE CONIL,S.C.A.	Conil De La Frontera	Cádiz
NUESTRA SEÑORA DE LOS REMEDIOS,S.C.A.	Olvera	Cádiz
SOCIEDAD COOP. ANDALUZA EUROPEOS	Alcalá Del Valle	Cádiz
SOVIAGRO, S.L.	Villamartín	Cádiz
AGRUPACION CORDOBESA DE AGRICULTORES S.A.T.	Córdoba	Córdoba
CEREALES VALENCIA, S.A.	Villarrubia	Córdoba
COMERCIAL HUERTA MELERO, S.L.	Montalbán	Córdoba
CUESTA CUESTA, S.L.	La Victoria	Córdoba
DESARROLLO Y APLICACIONES FITOTECNICAS,S.A. (DAFISA)	La Carlota	Córdoba
EUROSEMILLAS, S.A.	Córdoba /Sevilla	Córdoba
GALVEZ ROMERO, S.A.	Santa Cruz	Córdoba
GALVEZ SEMILLAS, S.L.	Santa Cruz	Córdoba
JUFER, ALMACEN DE PRODUCTOS AGRARIOS, S.L.	Córdoba	Córdoba
MILUMA, S.A.	Cañete de las Torres	Córdoba
PRO.SE.ME. SEMILLAS, S.L.	Córdoba	Córdoba
SEHICOR, S.A.	Villafranca	Córdoba
SEMICOOP, S.A.	Córdoba	Córdoba
SEMILLAS SANTA CRUZ, S.L.	Santa Cruz	Córdoba
SEMILLAS SILVESTRES, S.L.	Córdoba	Córdoba
SOCIEDAD COOPERATIVA ANDALUZA DE CEREALES Y OTROS	Fernán-Núñez	Córdoba
NICKERSON-SENASA	Córdoba	Córdoba
AGROGILETO, S.A.	La Carlota	Córdoba
AGROSAN SEMILLAS, S.L.	Córdoba	Córdoba
RAIMUNDO OTERO, S.L.	Loja	Granada
MERCAAGROPECUARIA	Granada	Granada
SOCIEDAD COOPERATIVA ANDALUZA CAMPO DE TEJADA	Escacena Campo	Huelva
SEMILLAS MÁLAGA NORTE, S.L.	Almargen	Málaga
SOCIEDAD COOPERATIVA ANDALUZA DE CEREALISTAS DE ACINIPO	Ronda	Málaga
AGUSTÍN ARAGÓN GALÁN	Málaga	Málaga
BARQUERO S.A.	Málaga	Málaga
AGROCAMPILLOS, S.L.	Campillos	Málaga
AGRAR ANDALUCIA, S.A.	Los Palacios	Sevilla
AGROVEGETAL S.A.	Sevilla	Sevilla
ARLESA SEMILLAS, S.A.	Sevilla	Sevilla
COMERCIAL ANTONIO GRACIA, S.L.	El Cuervo	Sevilla
JOSE LOPEZ MAZUELOS, S.A.(JOLMA)	Osuna	Sevilla
KOIPESOL SEMILLAS, S.A.	Sevilla	Sevilla
MONSANTO AGRICULTURA ESPAÑA,S.L.	Sevilla	Sevilla
SAHECE, S.A.	Carrión de los Céspedes	Sevilla
SEMILLAS ADUCO (AGRICULTORES DE UTRERA, SOC.COOP.ANDALUZA)	Utrera	Sevilla

<b>EMPRESA</b>	<b>LOCALIDAD</b>	<b>PROVINCIA</b>
SEMILLAS SUTTER, S.L. / SEMILLAS LANFOR S.L.	Sevilla	Sevilla
SIRAMSA, S.L	Écija	Sevilla
SOC. COOP. ANDALUZA ECIJANA DE SERVICIOS AGROPECUARIOS (COESAGRO)	Écija	Sevilla
SOCIEDAD AGRARIA TRANSFORMACION 1221 - "SAN ANTONIO"	Écija	Sevilla
SOCIEDAD COOPERATIVA ANDALUZA AGRICOLA CARMONENSE	Carmona	Sevilla
SUMINISTROS COOPERATIVOS DEL SUR S.C.A. NTRA, SRA, DEL ROSARIO	El Saucejo	Sevilla
CARGIL ESPAÑA	Sevilla	Sevilla
MIGASA	Sevilla	Sevilla
CEREAL. MATAMOROS	Sevilla	Sevilla
HNOS. RUIZ CARO	Sevilla	Sevilla
GONZÁLEZ RAMÍREZ	Sevilla	Sevilla
C.A.R.S.A. S.C.	Sevilla	Sevilla
CEREALES MAESTRE	Sevilla	Sevilla
MIBOEXPORT,	Sevilla	Sevilla
FITAGRO	Sevilla	Sevilla
SEMILLAS BATLLE	Sevilla	Sevilla
PRADIFIR	Sevilla	Sevilla
RAMIRO ARNEADO S.A.	Sevilla	Sevilla

**Anexo 2:**  
**Cuestionario utilizado para recabar**  
**información de las empresas**  
**proveedoras de semillas**



# ENCUESTA DIRIGIDA A LOS DEPARTAMENTOS COMERCIALES DE EMPRESAS PROVEEDORAS DE SEMILLAS

## Estudio sobre la implantación de cultivos energéticos en Andalucía

Nombre de la empresa: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_ Provincia: \_\_\_\_\_

Nombre de la persona entrevistada: \_\_\_\_\_

Cargo que ocupa en la empresa: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

### CUESTIONARIO

#### 1. ¿Disponen de semilla para cultivos energéticos?

- Si  
 No  
 NS/NC

#### 2. Señale con una "X" las especies concretas.

- Mostaza etíope (*Brassica carinata*)  
 Cardo (*Cynara cardunculus*)  
 Sorgo papelero (*Sorghum bicolor*)  
 Patata (*Helianthus tuberosus*)  
 Kenaf (*Hibiscus cannabinus*)  
 Otras (especifique): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### 3. Indique el precio de cada una de ellas (si la unidad no es la que aparece, escriba la nueva unidad).

- Mostaza etíope (*Brassica carinata*) \_\_\_\_\_ €/kg  
 Cardo (*Cynara cardunculus*) \_\_\_\_\_ €/kg  
 Sorgo papelero (*Sorghum bicolor*) \_\_\_\_\_ €/kg  
 Patata (*Helianthus tuberosus*) \_\_\_\_\_ €/kg  
 Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) \_\_\_\_\_ €/kg  
 Otras (especifique): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**4. Especifique la dosis de siembra que se utiliza para cada especie.**

- Mostaza etíope (*Brassica carinata*) \_\_\_\_\_ kg/ha
- Cardo (*Cynara cardunculus*) \_\_\_\_\_ kg/ha
- Sorgo papelero (*Sorghum bicolor*) \_\_\_\_\_ kg/ha
- Pataca (*Helianthus tuberosus*) \_\_\_\_\_ kg/ha
- Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) \_\_\_\_\_ kg/ha
- Otras (especifique): \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

**5. ¿Cuál es el rendimiento esperado de cada cultivo?**

Producción de grano:

- Mostaza etíope (*Brassica carinata*) \_\_\_\_\_ t/ha
- Sorgo papelero (*Sorghum bicolor*) \_\_\_\_\_ t/ha

Producción de biomasa:

- Cardo (*Cynara cardunculus*) \_\_\_\_\_ t/ha (unidades)
- Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) \_\_\_\_\_ t/ha
- Pataca (*Helianthus tuberosus*) \_\_\_\_\_ t/ha
- Otras (especifique): \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

**6. ¿Posee información acerca del manejo del cultivo?**

- Si
- No
- NS/NC

**7. ¿De qué especies?**

- Mostaza etíope (*Brassica carinata*)
- Cardo (*Cynara cardunculus*)
- Sorgo papelero (*Sorghum bicolor*)
- Pataca (*Helianthus tuberosus*)
- Kenaf (*Hibiscus cannabinus*)
- Otras (especifique): \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

**8. ¿Podría hacérselos llegar?**

- Sí
- No
- NS/NC

**9. ¿De qué modo?**

- Por e-mail
- Por fax
- Por correo ordinario
- Otras (especifique): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**10. En relación a la maquinaria utilizada para la SIEMBRA, señale con una "X" lo que corresponda para cada especie.**

**Mostaza etíope (*Brassica carinata*)**

- Se utiliza maquinaria específica  
Especifique cuál \_\_\_\_\_
- No se utiliza maquinaria específica  
Especifique tipo de maquinaria empleada \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- NS/NC

**Cardo (*Cynara cardunculus*)**

- Se utiliza maquinaria específica  
Especifique cuál \_\_\_\_\_
- No se utiliza maquinaria específica  
Especifique tipo de maquinaria empleada \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- NS/NC

**Sorgo papelero (*Sorghum bicolor*)**

- Se utiliza maquinaria específica  
Especifique cuál \_\_\_\_\_
- No se utiliza maquinaria específica  
Especifique tipo de maquinaria empleada \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- NS/NC

**Pataca (*Helianthus tuberosus*)**

- Se utiliza maquinaria específica  
Especifique cuál \_\_\_\_\_
- No se utiliza maquinaria específica  
Especifique tipo de maquinaria empleada \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- NS/NC

**Kenaf (*Hibiscus cannabinus*)**

- Se utiliza maquinaria específica  
Especifique cuál \_\_\_\_\_
- No se utiliza maquinaria específica  
Especifique tipo de maquinaria empleada \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- NS/NC

**Otras (especifique):**

- Se utiliza maquinaria específica  
Especifique cuál \_\_\_\_\_
- No se utiliza maquinaria específica  
Especifique tipo de maquinaria empleada \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- NS/NC

**11. En relación a la maquinaria utilizada para la RECOLECCIÓN, señale con una "X" lo que corresponda para cada especie.**

**Mostaza etíope (*Brassica carinata*)**

- Se utiliza maquinaria específica  
Especifique cuál \_\_\_\_\_
- No se utiliza maquinaria específica  
Especifique tipo de maquinaria empleada \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- NS/NC

**Cardo (*Cynara cardunculus*)**

- Se utiliza maquinaria específica  
Especifique cuál \_\_\_\_\_
- No se utiliza maquinaria específica  
Especifique tipo de maquinaria empleada \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- NS/NC

**Sorgo papelero (*Sorghum bicolor*)**

- Se utiliza maquinaria específica  
Especifique cuál \_\_\_\_\_
- No se utiliza maquinaria específica  
Especifique tipo de maquinaria empleada \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- NS/NC

**Pataca (*Helianthus tuberosus*)**

- Se utiliza maquinaria específica  
Especifique cuál \_\_\_\_\_
- No se utiliza maquinaria específica  
Especifique tipo de maquinaria empleada \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- NS/NC

**Kenaf (*Hibiscus cannabinus*)**

- Se utiliza maquinaria específica  
Especifique cuál \_\_\_\_\_
- No se utiliza maquinaria específica  
Especifique tipo de maquinaria empleada \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- NS/NC

**Otras (especifique):**

- Se utiliza maquinaria específica  
Especifique cuál \_\_\_\_\_
- No se utiliza maquinaria específica  
Especifique tipo de maquinaria empleada \_\_\_\_\_
- NS/NC

**12. ¿Conoce alguna empresa que esté interesada en comprar la producción de estos cultivos?**

- Si
- No
- NS/NC

**13. ¿Puede facilitarnos sus datos de contacto?.**

Nombre de la empresa	Contacto

**Anexo 3:**  
**Cuestionario utilizado para recabar  
información sobre los mercados de los  
productos procedentes de los cultivos  
energéticos**



# ENCUESTA DIRIGIDA A EMPRESAS INTERESADAS EN LA COMPRA DE BIOMASA Y MATERIA PRIMA PARA PRODUCCIÓN DE BIOCARBURANTES

## Estudio sobre la implantación de cultivos energéticos en Andalucía

Nombre de la empresa: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_

Provincia: \_\_\_\_\_

Nombre de la persona entrevistada: \_\_\_\_\_

Cargo que ocupa en la empresa: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

### CUESTIONARIO

1. ¿Están interesados en la compra de biomasa o de materia prima para la obtención de biocarburos?

- Sí  
 No  
 NS/NC

2. Señale con una "X" el tipo de producto que les interesa.

Biomasa

- Procedencia:  Cardo (*Cynara cardunculus*)  
 Sorgo papelero (*Sorghum bicolor*)  
 Pataca (*Helianthus tuberosus*)  
 Kenaf (*Hibiscus cannabinus*)  
 Otra: \_\_\_\_\_

Semilla para producción de biodiésel

- Procedencia:  Colza (*B. napus*)  
 Brassica carinata  
 Cardo (*Cynara cardunculus*)  
 Otra: \_\_\_\_\_

**Semilla para producción de bioetanol**

Procedencia:  Sorgo papelero

Pataca (*Helianthus tuberosus*)

Otra: \_\_\_\_\_

**3. ¿Existen unos requisitos mínimos para la compra del producto?**

Si

No

NS/NC

**4. ¿Cuáles?**

**5. El precio que pagan por el producto es:**

Fijo

Variable en función de:

NS/NC

**6. ¿Existen bonificaciones o penalizaciones en el precio según las características del producto?**

Si ¿Cuáles?

No

NS/NC

**7. Indique el precio que pagan por cada producto durante esta campaña.**

**Biomasa**

Precio: Cardo (*Cynara cardunculus*) \_\_\_\_\_

Sorgo papelero (*Sorghum bicolor*) \_\_\_\_\_

Pataca (*Helianthus tuberosus*) \_\_\_\_\_

Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) \_\_\_\_\_

Otra: \_\_\_\_\_

**Semilla para producción de biodiésel**

Precio: Colza (*B. napus*) \_\_\_\_\_  
Brassica carinata \_\_\_\_\_  
Cardo (*Cynara cardunculus*) \_\_\_\_\_  
Otra: \_\_\_\_\_

**Semilla para producción de bioetanol**

Precio: Sorgo papelero \_\_\_\_\_  
Pataca (*Helianthus tuberosus*) \_\_\_\_\_  
Otra: \_\_\_\_\_

**8. ¿El precio incluye el transporte o éste va a cargo del proveedor?**

- Incluye el transporte  
 Es a cuenta del proveedor

**9. ¿Qué características tiene el contrato de abastecimiento con el proveedor?.**

Periodo de vigencia: \_\_\_\_\_  
Otras: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**10. Sus proveedores pertenecen a la comunidad autónoma de:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**11. ¿Establecerían contratos con proveedores de la región de Andalucía?**

- Sí ¿ Bajo qué condiciones? (Transporte, calidad, precio, otras?)  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
 No  
 NS/NC

**25. ¿Producen ustedes energía a partir de los productos de los que se abastecen o actúan como intermediarios?**

- Son productores
- Actúan como intermediarios para

**Anexo 4:**  
**Relación de potenciales compradores de  
biomasa agraria y/o materia prima para  
producción de biocarburantes a las que  
se remitió el cuestionario**



<b>EMPRESA</b>	<b>ÁREA TECNOLÓGICA</b>	<b>LOCALIDAD</b>	<b>PROVINCIA</b>
ALBABIO (Albaida)	BIODIÉSEL	Níjar	Almería
BIOCARBUIROS DEL ALMANZORA (Hidrocarburos del Almanzora)	BIODIÉSEL	Cuevas De Almanzora	Almería
GREENFUEL ANDALUCÍA	BIODIÉSEL	Los Barrios	Cádiz
CEPSA-ABENGOA	BIODIÉSEL	San Roque	Cádiz
DOSBIO 2010 (GRUPO EBROPULEVA)	BIODIÉSEL	Fédula, Arcos De La Frontera	Cádiz
BIOCARBUIROS ALMADÉN	BIODIÉSEL	Almadén	Ciudad Real
BIODIEX BIOCMBUSTIBLES SL (ACCIONISTAS DE CIL GLOBAL ESPAÑA)	BIODIÉSEL	El Carpio	Córdoba
INGECOR AGROFORESTAL	BIOMASA	Córdoba	Córdoba
OLCESA (OLEAGINOSAS DEL CENTRO)	BIODIÉSEL	Tarancón	Cuenca
COMBUSTIBLES ECOLÓGICOS BIOTEL	BIODIÉSEL	Barajas de Melo	Cuenca
CEPSA- BIOOILS ENERGY (CEPSA BIOOILS)	BIODIÉSEL	Palos de la Frontera	Huelva
BIOSUR (BIONOR)	BIODIÉSEL	Palos de la Frontera	Huelva
LINARES BIODIÉSEL, LIBITEC (filial 100% de AZUCARERAS REUNIDAS DE JAEN)	BIODIÉSEL	Linares	Jaén
SOS CUETARA	BIODIÉSEL	Andújar	Jaén
ECOCARBURANTES ESPAÑOLES	BIOETANOL	Cartagena	Murcia
BIOCARBURANTES CASTILLA Y LEÓN	BIOETANOL	Babilafuente	Salamanca
BIOCOMBUSTIBLES ANDALUCES S.L.	BIODIÉSEL	Arahal	Sevilla
BIODIÉSEL DE ANDALUCIA 2004(BIDA)	BIODIÉSEL	Fuentes de Andalucía	Sevilla
ENTABAN (Biocombustibles del Guadalquivir)	BIODIÉSEL	Sevilla	Sevilla
MIGASA (MIGUEL GALLEG0 S.A.)	ACEITERA	Sevilla	Sevilla
BIODIÉSEL CASTILLA LA MANCHA S.L.	BIODIÉSEL	Santa Olalla	Toledo
VALORIZA (SACYR VALLEHERMOSO)	ACEITERA / BIOMASA		—



**Anexo 5:**  
**Normativa relativa a las ayudas**  
**a los cultivos energéticos**



Reglamento (CE) núm. 1782/2003 del Consejo, de 29 de septiembre de 2003, por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayudas a los agricultores y por el que se modifican los Reglamentos (CEE) n° 2019/93, (CE) n° 1452/2001, (CE) n° 1453/2001, (CE) 1454/2001, (CE) n° 1868/94, (CE) n° 1251/1999, (CE) n° 1254/1999, (CE) n° 1673/2000, (CEE) n° 2358/71 y (CE) núm. 2529/2001. (L 270/1 de 21.10.2003).

Reglamento (CE) n° 2237/2003 de la Comisión, de 23 de diciembre de 2003, por el que se establecen normas detalladas de aplicación de determinados regímenes de ayuda previstos en el título IV del Reglamento (CE) n° 1782/2003 del Consejo.

Reglamento (CE) n° 583/2004 del Consejo, de 22 de marzo de 2004 por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores, (CE) n° 1786/2003, sobre la organización común de mercados de los forrajes desecados, y (CE) n° 1257/1999, sobre la ayuda al desarrollo rural a cargo del Fondo Europeo de Orientación y Garantía Agrícola (FEOGA) con motivo de la adhesión de la República Checa, Estonia, Chipre, Letonia, Lituania, Hungría, Malta, Polonia, Eslovenia y Eslovaquia a la Unión Europea. (L91/1 de 30.3.2004).

Reglamento (CE) N° 795/2004 de la Comisión del 21 de abril de 2004 que establece disposiciones de aplicación del régimen de pago único previsto en el Reglamento (CE) n° 1782/2003 del Consejo por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores.

Reglamento (CE) n° 796/2004 de la Comisión, de 21 de abril de 2004 por el que se establecen disposiciones para la aplicación de la condicionalidad, la modulación, y el sistema integrado de gestión y control previstos en el Reglamento (CE) n° 1782/2003.

Reglamento (CE) n° 864/2004 del Consejo, de 29 de abril de 2004, por el que se modifica, y se adapta con motivo de la adhesión de la República Checa, de Estonia, de Chipre, de Letonia, de Lituania, de Hungría, de Malta, de Polonia, de Eslovenia y de Eslovaquia a la Unión Europea, el Reglamento (CE) no 1782/2003 por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores.

Corrección de errores al Reglamento (CE) n° 864/2004) (L 206/20 de 9.6.2004).

Corrección de errores del Reglamento (CE) n° 1973/2004 de la Comisión, de 29 de octubre de 2004, por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) n° 1782/2003 del Consejo en lo que respecta a los regímenes de

ayuda previstos en los títulos IV y IV bis de dicho Reglamento y a la utilización de las tierras retiradas de la producción con vistas a la obtención de materias primas. (L 34/51 de 8.2.2005).

Reglamento (CE) nº 1974/2004 de la Comisión de 29 de octubre de 2004 por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 795/2004, que establece disposiciones de aplicación del régimen de pago único previsto en el Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores.

Reglamento (CE) nº 2217/2004 del Consejo, de 22 de diciembre de 2004, por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores, y el Reglamento (CE) núm. 1788/2003 por el que se establece una tasa en el sector de la leche y de los productos lácteos. (L375/1 de 23.12.04).

Reglamento (CE) nº 118/2005 de la Comisión, de 26 de enero de 2005, que modifica el anexo VIII del Reglamento 1782/03 del Consejo y establece límites presupuestarios para la aplicación parcial o facultativa del régimen de pago único y las dotaciones financieras anuales del régimen de pago único por superficie establecido en el citado Reglamento. (L 24/15 de 27.12.04).

Reglamento (CE) nº 239/2005 de la Comisión, de 11 de febrero de 2005, que modifica y corrige el Reglamento (CE) nº 796/2004, por que se establecen disposiciones para la aplicación de la condicionalidad, la modulación y el sistema integrado de gestión y control previstos en el Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores. (L 42/3 de 12.2.2005).

Reglamento (CE) nº 394/2005 de la Comisión, de 8 de marzo de 2005 por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 795/2004, que establece disposiciones de aplicación del régimen de pago único previsto en el Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores, y se establecen excepciones al Reglamento (CE) nº 1782/2003.

Reglamento (CE) nº 436/2005 de la Comisión, de 17 de marzo de 2005 por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 796/2004 por el que se establecen disposiciones para la aplicación de la condicionalidad, la modulación y el sistema integrado de gestión y control previstos en el Reglamento (CE) nº 1782/2003.

Reglamento (CE) nº 794/2005 de la Comisión, de 26 de mayo de 2005, que modifica el Reglamento (CE) nº 1973/2004 por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo en lo que respecta a los regímenes de ayuda previstos en los títulos IV y IV bis de dicho Reglamento y a la utilización de las tierras retiradas de la producción con vistas a la obtención de materias primas. (L 134/6 de 27.5.2005).

Reglamento (CE) nº 1085/2005 de la Comisión de 8 de julio de 2005 por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 795/2004 que establece disposiciones de aplicación del régimen de pago único previsto en el Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores.

Reglamento (CE) nº 1701/2005 de la Comisión de 18 de octubre de 2005 por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 795/2004, que establece disposiciones de aplicación del régimen de pago único previsto en el Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores.

Reglamento (CE) nº 1954/2005 de la Comisión de 29 de noviembre de 2005 que modifica el Reglamento (CE) nº 796/2004 por el que se establecen disposiciones para la aplicación de la condicionalidad, la modulación y el sistema integrado de gestión y control previstos en el Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores y establece excepciones al Reglamento (CE) nº 1782/2003 en lo que se refiere al pago de la ayuda.

Reglamento (CE) nº 2182/2005 de la Comisión, de 22 de diciembre de 2005, que modifica el Reglamento (CE) nº 1973/2004, por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo en lo que respecta a los regímenes de ayuda previstos en los títulos IV y IV bis de dicho Reglamento y a la utilización de las tierras retiradas de la producción con vistas a la obtención de materias primas.

Reglamento (CE) nº 2183/2005 de la Comisión, de 22 de diciembre de 2005, por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores y por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 795/2004, que establece disposiciones de aplicación del régimen de pago único previsto en el Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo.

Reglamento (CE) n° 2184/2005 de la Comisión, de 23 de diciembre de 2005, por el que se modifican los Reglamentos (CE) n° 796/2004 y (CE) n° 1973/2004 por los que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) n° 1782/2003 del Consejo por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores.

Real Decreto 2352/2004, de 23 de diciembre, sobre la aplicación de la condicionalidad en relación con las ayudas directas en el marco de la política agrícola común.

Real Decreto 2353/2004, de 23 de diciembre, sobre determinados regímenes de ayuda comunitarios a la agricultura para la campaña 2005/2006, y a la ganadería para el año 2005.

Corrección de errores del Real Decreto 2353/2004, de 23 de diciembre, sobre determinados regímenes de ayuda comunitarios a la agricultura para la campaña 2005/2006, y a la ganadería para el año 2005.

Orden APA/1171/2005, de 15 de abril, sobre actualización de datos e identificación de agricultores para la aplicación del régimen de pago único.

Reglamento (CE) n° 606/2005 de la Comisión de 19 de abril de 2005 por el que se modifica el Reglamento (CE) n° 795/2004, que establece disposiciones de aplicación del régimen de pago único previsto en el Reglamento (CE) n° 1782/2003 del Consejo, por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores.

Reglamento (CE) n° 681/2005 de la Comisión de 29 de abril de 2005 por el que se modifica el Reglamento (CE) no 1973/2004 en lo que se refiere a los requisitos que se han de cumplir para poder optar al pago por superficie de lino destinado a la producción de fibras.

Reglamento (CE) n° 1044/2005 de la Comisión de 4 de julio de 2005 por el que se modifican el Reglamento (CE) n° 2808/98, en lo que se refiere a la fijación del hecho generador del tipo de cambio para las ayudas que entran dentro del ámbito de aplicación del Reglamento (CE) n° 1782/2003, y el Reglamento (CE) no 1973/2004

Orden APA/2261/2005, de 13 de julio, por la que se prorroga el plazo para la presentación de la comunicación y justificación de datos necesarios a efectos de la aplicación del régimen de pago único en el marco de la política agrícola común.

Orden APA/2984/2005, de 23 de septiembre, por la que se modifican para el año 2005, determinadas fechas y plazos previstos en el Real Decreto 543/2004, de 13 de abril, por el que se regulan determinadas ayudas directas comunitarias al sector lácteo para los años 2004, 2005 y 2006 y en el Real Decreto 2353/2004, de 23 de diciembre, sobre determinados regímenes de ayuda comunitarios a la agricultura para la campaña 2005/2006, y a la ganadería para el año 2005.

Real Decreto 1617/2005, de 30 de diciembre, por el que se regula la concesión de derechos a los agricultores dentro del régimen de pago único.

Real Decreto 1618/2005, de 30 de diciembre, sobre aplicación del régimen de pago único y otros regímenes de ayuda directa a la agricultura y a la ganadería.

Anuncio de 14 de julio de 2005 por el que se comunica la ampliación del plazo para la actualización de los datos e identificación de agricultores con vistas a la inclusión en el régimen de pago único de la Política Agraria Común.

Corrección de errores del Real Decreto 1617/2005, de 30 de diciembre, por el que se regula la concesión de derechos a los agricultores dentro del régimen de pago único.

Corrección de errores del Real Decreto 1618/2005, de 30 de diciembre, sobre aplicación del régimen de pago único y otros regímenes de ayuda directa a la agricultura y a la ganadería. (BOE núm. 59, de 10 de marzo de 2006).

Orden de 25 de enero de 2006 por la que se regula el procedimiento para la solicitud, tramitación y concesión de las ayudas del régimen de pago único, cultivos herbáceos, ayuda a las semillas, ayuda al olivar, ayuda al tabaco, ayuda por superficie a los frutos de cáscara, declaración de superficies de algodón, superficies forrajeras, prima a los productores de ovino y caprino, primas en el sector vacuno, pagos adicionales, declaración de indemnización compensatoria en determinadas zonas desfavorecidas, acceso a la reserva nacional del régimen de pago único y actualización del registro de explotaciones agrarias.

Orden de 14 de febrero de 2006, por la que se establecen en la Comunidad Autónoma de Andalucía disposiciones para la aplicación de determinados regímenes de ayuda comunitarios a la agricultura para la campaña 2006/2007, de los regímenes de ayuda comunitarios a la ganadería para el año 2006, del régimen de pago único para el año 2006, de la indemnización compensatoria en determinadas zonas desfavorecidas para el año 2006 y del régimen de ayudas a los métodos de producción agraria compatibles con el medio ambiente para el año 2006. (BOJA núm. 39, de 27 de febrero de 2006).

Orden de 14 de febrero de 2006, por la que se establecen normas adicionales relativas a la ayuda específica al cultivo del algodón para la campaña 2006/2007. (BOJA, núm. 39 de 27 de febrero de 2006).

Reglamento (CE) nº 263/2006 de la Comisión, de 15 de febrero de 2006, por el que se modifican los Reglamentos (CE) nº 796/2004 y (CE) nº 1973/2004 en lo que se refiere a los frutos de cáscara. (L 46/24 de 16.2.2006).

Orden APA/428/2006, de 16 de febrero, sobre la ayuda específica al cultivo de algodón para la campaña 2006/2007. (BOE núm. 44, de 21 de febrero de 2006).

Reglamento (CE) nº 319/2006 del Consejo de 20 de febrero de 2006, que modifica el Reglamento (CE) núm. 1782/03, por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores (L 58/32 de 28.02.2006).

Orden APA/646/2006, de 8 de marzo, por la que se amplía el plazo para la presentación de las solicitudes en el régimen de pago único y otros regímenes de ayuda directa a la agricultura y la ganadería. (BOE núm. 58, de 9 de marzo de 2006).

Orden APA/1243/2006, de 27 de abril, por la que se amplía el plazo para la presentación de las solicitudes en el régimen del pago único y otros regímenes de ayuda directa a la agricultura y a la ganadería para el año 2006. (BOE núm. 101, de 28 de abril de 2006).

Reglamento (CE) nº 660/2006 de la Comisión, de 27 de abril de 2006, que modifica el Reglamento (CE) nº 1973/2004 por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo en lo que respecta a los regímenes de ayuda previstos en los títulos IV y IV bis de dicho Reglamento y a la utilización de las tierras retiradas de la producción con vistas a la obtención de materias primas.

Reglamento (CE) nº 658/2006 de la Comisión de 27 de abril de 2006 por el que se modifica el Reglamento (CE) no 795/2004 que establece disposiciones de aplicación del régimen de pago único previsto en el Reglamento (CE) no 1782/2003 del Consejo.

Real Decreto 549/2006, de 5 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 1617/2005, de 30 de diciembre, por el que se regula la concesión de derechos a los agricultores dentro del régimen de pago único, y el Real Decreto 1618/2005, de 30 de diciembre, sobre aplicación del régimen de pago único y otros regímenes de ayuda directa a la agricultura y la ganadería.

Orden de 11 de mayo de 2006, por la que se modifica la de 14 de febrero de 2006, de la Consejería de Agricultura y Pesca, por la que se establecen disposiciones para la aplicación de determinados regímenes de ayuda comunitarios a la agricultura para la campaña 2006/2007, de los regímenes de ayuda comunitarios a la ganadería, del régimen de pago único, de la indemnización compensatoria en determinadas zonas desfavorecidas y del régimen de ayudas a los métodos de producción agraria compatibles con el medio ambiente, para el año 2006 (BOJA núm. 92, de 17 de mayo de 2006).

Reglamento (CE) nº 318/2006 del Consejo, de 20 de febrero de 2006 por el que se establece la organización común de mercados en el sector del azúcar.

REGLAMENTO (CE) nº 319/2006 del Consejo, de 20 de febrero de 2006, que modifica el Reglamento (CE) nº 1782/2003, por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores.

Reglamento (CE) nº 320/2006 del Consejo, de 20 de febrero de 2006, por el que se establece un régimen temporal para la reestructuración del sector del azúcar en la Comunidad y se modifica el Reglamento nº 1290/2005 sobre la financiación de la política agrícola común.

Reglamento (CE) nº 953/2006 del Consejo de 19 de junio de 2006 que modifica el Reglamento (CE) nº 1673/2000, por lo que se refiere a las ayudas a la transformación de lino y cáñamo destinados a la producción de fibras, y el reglamento (CE) nº 1782/2003, por lo que se refiere al cáñamo que puede acogerse al régimen de pago único.

Reglamento (CE) nº 1134/2006 de la Comisión de 25 de julio de 2006 que modifica y corrige el Reglamento (CE) nº 795/2004 que establece disposiciones de aplicación del régimen de pago único previsto en el Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo.

Reglamento (CE) nº 1156/2006 de la Comisión de 28 de julio de 2006 por el que se fijan, para 2006, los límites presupuestarios para la aplicación parcial o facultativa del régimen de pago único, las dotaciones financieras anuales del régimen de pago único por superficie y los importes máximos para la concesión del pago separado para el azúcar, previstos por el Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo, y por el que se modifica dicho Reglamento.

Reglamento (CE) nº 1250/2006 de la Comisión, de 18 de agosto de 2006, que modifica el Reglamento (CE) nº 1973/2004 por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) nº 1782/2003 del Consejo en lo que respecta a los regímenes de ayuda previstos en los títulos IV y IV bis de dicho Reglamento y a la uti-

lización de las tierras retiradas de la producción con vistas a la obtención de materias primas. (L 227/23 de 19.08.2006).

Reglamento (CE) n° 1291/2006 de la Comisión de 30 de agosto de 2006 que modifica el Reglamento (CE) n° 795/2004, que establece disposiciones de aplicación del régimen de pago único previsto en el Reglamento (CE) n° 1782/2003 del Consejo.

Reglamento (CE) n° 1405/2006 del Consejo de 18 de septiembre de 2006 por el que se establecen medidas específicas en el sector agrícola en favor de las islas menores del mar Egeo y se modifica el Reglamento (CE) n° 1782/2003.

Reglamento (CE) n° 2011/2006 del Consejo de 19 de diciembre de 2006 que adapta el Reglamento (CE) n° 1782/2003 por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores.

Reglamento (CE) n° 2012/2006 del Consejo de 19 de diciembre de 2006 que modifica y corrige el Reglamento (CE) n° 1782/2003 por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores, y que modifica el Reglamento (CE) n° 1698/2005 relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER).

Reglamento (CE) n° 2013/2006 del Consejo, de 19 de diciembre de 2006, por el que se modifican los Reglamentos (CEE) n° 404/93, (CE) n° 1782/2003 y (CE) n° 247/2006 en lo que respecta al sector del plátano.

Reglamento (CE) n° 2002/2006 de la Comisión de 21 de diciembre de 2006 que modifica el Reglamento (CE) n° 795/2004 que establece disposiciones de aplicación del régimen de pago único previsto en el Reglamento (CE) n° 1782/2003 del Consejo por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agrícola común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores.

<sup>1</sup> La transesterificación es el proceso a través del que se puede obtener, partiendo de metanol y aceites depurados, biodiésel y glicerina.

<sup>2</sup> Conjunto de ésteres metílicos o etílicos de los ácidos grasos de los aceites vegetales.

<sup>3</sup> Comunicación personal. Experiencias llevadas a cabo en fincas de titularidad pública gestionadas por la Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero.

<sup>4</sup> Anuarios de Estadísticas Agrarias y Pesqueras. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.