

Guía de los Cultivos Energéticos en Extremadura

1

AGENCIA EXTREMEÑA DE LA ENERGÍA



Edita:

Agencia Extremeña de la Energía.

Elabora:

Agencia Extremeña de la Energía.

Autores:

Leilén Cuadros Salcedo.

Revisión:

Cosme Segador Vegas. Coordinador Técnico y Jefe Dpto. Dpto. Energías Renovables AGENEX

Dep. Legal:

Agencia Extremeña de la Energía.

Maquetación e impresión:

Agencia Extremeña de la Energía.

Año de Edición:

2014.

Presentación

El proyecto ALTERCEXA II, aprobado en el marco de la primera convocatoria del Programa Operativo de Cooperación Territorial Transfronteriza España-Portugal (2007- 2013), tiene como objetivo identificar, analizar, evaluar y aprovechar los recursos energéticos disponibles y mejorar su uso en las regiones de Centro, Alentejo y Extremadura, con el fin de abordar conjuntamente problemáticas comunes de forma adecuada a través de la propuesta de soluciones innovadoras y eficaces.

La presente guía es una de las nueve publicaciones del proyecto que la Agencia Extremeña de la Energía ha editado con el fin de fomentar mejores técnicas e investigación en energías alternativas, eficiencia energética y promover la movilidad y el transporte sostenible.

Otras de las acciones de la agencia en ALTERCEXA II, pasan por la propuesta de soluciones de diseño y construcción de edificios públicos energéticamente eficientes, la creación de un software de gestión energética de edificios y diversas jornadas de divulgación sobre eficiencia energética y energías renovables.

AGENCIA EXTREMEÑA DE LA ENERGÍA

Índice

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	LOS CULTIVOS ENERGÉTICOS.....	8
	2.1.- CULTIVOS ENERGÉTICOS, DEFINICIONES Y CONCEPTOS.	8
	2.2.- TIPOS DE CULTIVOS ENERGÉTICOS EN FUNCIÓN DE SU APROVECHAMIENTO FINAL.	11
	2.3.- SITUACIÓN DE LOS CULTIVOS ENERGÉTICOS A NIVEL NACIONAL Y REGIONAL.	17
	2.4.- CULTIVOS ENERGÉTICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL.	24
	2.5.-CULTIVOS ENERGÉTICOS PARA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL.	26
	2.6.-CULTIVOS ENERGÉTICOS PARA PRODUCCIÓN DE BIOMASA SÓLIDA.....	29
	2.7.-CULTIVOS ENERGÉTICOS DE ESPECIES AGRÍCOLAS TRADICIONALES.	53
	2.8.-CULTIVOS ENERGÉTICOS DE NUEVAS ESPECIES AGRÍCOLAS.	55

1. Introducción

La Agroenergética es una nueva faceta de la agricultura en la que se contempla la utilización de cultivos específicos (cultivos energéticos) para la producción de biomasa destinada a la producción de biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos. En la actualidad el desarrollo de cultivos energéticos es una necesidad ya que es la única forma posible de producir biomasa de forma abundante y controlada, en cuanto a producción y coste, y en una cuantía potencial muy superior a la que puede ofrecer la biomasa residual. Entre los factores que han determinado en los últimos años, el que se piense que la agroenergética como una posibilidad real, cabe citar, entre otros, la posibilidad de tierras de cultivo retiradas de la producción de alimentos en los últimos años por aplicación de la PAC y que en España superan el millón de hectáreas.

La Comisión de la Unión Europea en su propuesta realizada en el Libro Blanco de las Energías Renovables considera la necesidad de dedicar a la actividad agroenergética del orden de 10 millones de hectáreas (Mha) de tierras agrícolas comunitarias, para la obtención del Plan. En ambos casos, queda patente la necesidad de impulsar el desarrollo de la agroenergética, con carácter prioritario, si es que se desea realmente que exista una participación sensible de las energías renovables.

Con los objetivos perseguidos con los cultivos energéticos son diferentes de los perseguidos con los alimentos, parece lógico esperar que las especies que se seleccionan para este tipo de aprovechamiento sean distintas de las tradicionalmente empleadas para la producción de alimentos.

La principal condición que debe darse para el desarrollo de los cultivos energéticos es la necesidad de que la producción sea económicamente rentable, para lo cual deben alcanzarse elevados rendimientos en biomasa con bajos costes en la producción, recolección, almacenamiento y procesado para su transformación. Además estos cultivos deben tener un balance medioambiental mejor al que se produciría si la tierra estuviese ocupada por una cultivo tradicional y presentar un balance energético positivo, es decir, que la energía neta contenida en el biocombustible producido sea superior a la gastada en el cultivo y en la obtención de los biocombustibles. Otra característica evidente es la necesidad de la adecuación de la naturaleza de la biomasa producida para su utilización como materia prima para la fabricación de los biocombustibles o biocarburantes deseados.

Tipos de Agroindustrias derivadas del desarrollo de la agroenergética:

El desarrollo de la agroenergética puede realizarse a través de tres grandes grupos de agroindustrias energéticas:

- Aceites vegetales para la producción de carburantes para motores diesel. En la actualidad el biocarburante más utilizado de este tipo es el denominado biodiesel, procedente de la transesterificación de ácidos grasos de los aceites vegetales.

- Bioetanol para la producción de carburantes y aditivos para las gasolinas. En la actualidad se utiliza el etanol absoluto para producir mezclas antidetonantes con las gasolinas proporciones o para la producción del ETBE (etil-terbutil-eter) que es un compuesto antidetonante utilizable en las gasolinas “sin plomo”.

- Biocombustibles sólidos para usos térmicos y/o eléctricos. A este respecto se utiliza tanto biomasa herbácea como leñosa, bajo la forma de estillas o material disgregado o densificada en forma de pacas, pelets o briquetas.

Durante este volumen se mostrarán las características que deben tener los cultivos energéticos, así como los tipos en función de sus características y aprovechamiento. Además se muestran exigencias reales en Extremadura.

2. Los cultivos energéticos

2.1.- Cultivos energéticos, definiciones y conceptos.

Se denominan cultivos energéticos al conjunto de actividades realizadas en terrenos agrícolas o forestales destinadas a la cosecha y producción de material vegetal que va a ser utilizado para la generación de energía como producto final o en procesos de conversión que proporciona, además, otros productos distintos a los energéticos. El término se emplea también para referirse al conjunto de especies vegetales que se cultivan en este tipo de instalaciones, es decir, aquellas especies vegetales de crecimiento rápido que se plantan con el objetivo de su recolección para obtención de energía o como materia prima para la obtención de otras sustancias combustibles.

Además de su creciente importancia en la demanda energética, los cultivos energéticos pueden contribuir a dar salida a cientos de miles de hectáreas abandonadas o que podrían serlo por la bajada de precios de productos primarios, y la fuerte competencia con otros países.

Las características fundamentales que identifican a un cultivo energético son:

- Durante todo su proceso de desarrollo, son similares a cualquier otro cultivo, por lo que constituyen un producto agrario, con sus requerimientos y condiciones de explotación.
- El cultivo es realizado por agricultores, requiriendo maquinaria y técnicas propias de labores agrícolas ya conocidas.
- El cultivo y la manipulación deben ser compatibles con las características de la zona de producción.
- Suelen ser cultivos de crecimiento rápido y rotaciones cortas, con altos niveles de productividad en biomasa y bajos costes de producción.

2. Los cultivos energéticos

- Deben ser rentables, económicamente hablando, para el agricultor.
- Que presente balance energético positivo. Es decir que se extraiga de ellos más energía de la que se invierte en el cultivo y su puesta en planta de energía.
- Que no contribuyan a degradar el medio ambiente y permitan la fácil recuperación de la tierra, para implantar posteriormente otros cultivos en algunos casos.

A continuación se exponen las ventajas e inconvenientes de los cultivos energéticos.

Ventajas medioambientales:

- Balance neutro en emisiones de CO₂. La combustión de biomasa produce agua y CO₂, pero la cantidad emitida de este gas, fue captada previamente por las plantas durante su crecimiento.
- No produce emisiones sulfuradas o nitrogenadas, ni apenas partículas sólidas.
- Obtención de productos biodegradables.

Ventajas socioeconómicas:

- Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.
- Es un combustible que asegura un suministro estable y generalmente concentrado en la zona de uso, proveyendo estabilidad a los consumidores.
- Requiere numerosa mano de obra agraria, favoreciendo el desarrollo y la fijación de la población rural.
- Supone una oportunidad para el sector agrícola, ya que permite la reutilización de tierras de retirada o la diversificación hacia nuevos

2. Los cultivos energéticos

cultivos, presentando una alternativa frente al desacoplamiento de la PAC.

Ventajas para los cultivadores:

- Rentabilidad sostenible: el agricultor obtiene un contrato a largo plazo y a precio cierto, con lo que desaparece una de las grandes incertidumbres del mundo agrario,
- Los agricultores no necesitan ninguna reconversión de sus hábitos de trabajo, puesto que ya poseen los conocimientos y tecnologías necesarias para la puesta en marcha de los cultivos energéticos.
- Los cultivos leñosos pueden plantearse como una fuente de ingreso paralela al cultivo tradicional de grano, simultaneando el cultivo de especies como el chopo o paulonia con el trigo, cebada, etc.

Inconvenientes:

- La localización del cultivo: para que el cultivo sea rentable, la localización debe ser próxima a la planta consumidora, a distancias menores de 50 Km. a fin de reducir los costes de transporte, y el modo de transporte utilizado es carretera.
- La compatibilidad terreno-cultivo: cada especie tiene unos requerimientos de tipología de terreno y condiciones climáticas. Para que el margen económico neto para el agricultor sea atractivo se requieren especies que permitan

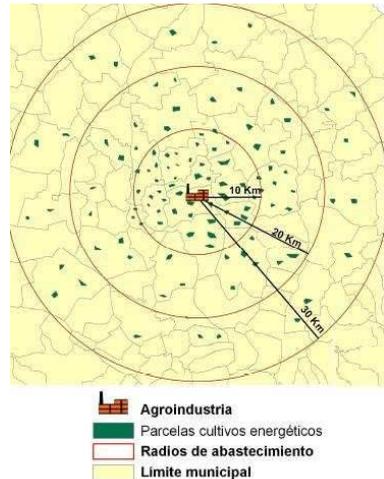


Figura 2.1. Radio de acción de una agroindustria (IDAE)

obtener a bajo coste del orden de 20 ton.m.s/ha.

- El almacenamiento: al ser cultivos estacionales requieren almacenamiento para un suministro regular a la planta. El almacenamiento supone riesgo de ignición espontánea de la materia o del deterioro de la calidad de la biomasa.
- Especulación*: existe el riesgo de derivar productos y tierras inicialmente dedicadas a la producción agroalimentaria, hacia el uso energético, lo que en otros periodos ha conllevado carestía de ciertos alimentos y su aumento de precios.

*Existe un documento elaborado por la APPA, denominado Biocarburantes y Desarrollo Sostenible, Mitos y Realidades de Septiembre 2007 en el que se debate sobre la realidad de esta y otras afirmaciones.

2.2.- Tipos de cultivos energéticos en función de su aprovechamiento final.

En función del destino de la producción, los cultivos energéticos se pueden encuadrar en distintos grupos: los destinados a la producción de alcoholes, los destinados a la producción de aceite transformable en biodiesel para la sustitución del gasóleo de automoción y los lignocelulósicos destinados a la producción de biocombustibles sólidos utilizables con fines térmicos, para calefacción, usos industriales, producción de electricidad o para biocarburantes de segunda generación.

2. Los cultivos energéticos

Cultivos alcoholígenos para la producción de bioetanol	
Tipo de cultivo	Especies aptas
CONVENCIONAL (materias primas agrícolas)	<ul style="list-style-type: none">• Cereales (trigo, maíz, cebada, ...)• Remolacha• Caña de azúcar
CULTIVOS ALTERNATIVOS	<ul style="list-style-type: none">• Sorgo Soriano• Patata• Chumbera
Cultivos oleaginosos para la producción de biodiésel	
CONVENCIONAL (materias primas agrícolas)	<ul style="list-style-type: none">• Colza• Girasol• Soja• Palma
CULTIVOS ALTERNATIVOS	<ul style="list-style-type: none">• Jatrofa• Cardo• Ricino• Brassica carinata
Cultivos lignocelulósicos para la producción de biocombustibles sólidos	
LEÑOSOS	<ul style="list-style-type: none">• Eucalipto• Chopo• Sauce• Acacia

	<ul style="list-style-type: none">• Caña
HERBÁCEOS	<ul style="list-style-type: none">• <i>Miscanthus</i>• <i>Phalaris arundinacea</i>• Cardo• Sorgo forrajero• <i>Panicum virgatum</i>

Tabla 2.1. Superficies de retirada en España, campaña 2008 y 2009 (hectáreas). Fuente: IDAE.

En los cultivos lignocelulósicos que producen este tipo de biomasa se emplean especies leñosas de rápido crecimiento o herbáceas perennes de alta producción. Entre las especies leñosas podemos destacar al eucalipto, chopo, sauce, robinias o acacias. Estas especies se pueden plantar en altas densidades de 10.000 a 20.000 plantas por ha y con turnos de corta de 1-6 años, aprovechando la capacidad del rebrote para continuar la plantación en años sucesivos.

La productividad que se puede obtener con estos cultivos debería ser en torno a 5-20 toneladas de materia seca por ha y año.

2.2.1.-Aspectos medioambientales.

Los aspectos medio ambientales van ligados a la buena planificación y práctica de los cultivos energéticos, pero esto no es distinto a lo que ocurre con los cultivos tradicionales, pues sin duda que para cualquier proyecto que pretenda ocupar una gran superficie de la tierra, es fundamental tener en cuenta las posibles afecciones medioambientales que pueda provocar.

En el caso de cultivos energéticos, es importante trabajar con especies que no sean invasoras para evitar la colonización del territorio por esos cultivos, así mismo hay que pensar en el ahorro de agua con respecto a otros cultivos de la zona, que no se precise de grandes tratamientos fitosanitarios y, sobre todo,

hay que intentar mantener la biodiversidad dentro de lo posible, mezclando especies leñosas con otras herbáceas. Etc.

La implantación de los cultivos energéticos en zonas que ya están en producción agrícola, es sin duda una solución medioambiental correcta, pues está demostrado que el cambio de cultivo, cada cierto tiempo, es beneficioso para la tierra. Además, con el enfoque que se quiere dar a la PAC, habría muchas hectáreas que quedarían sin producir, con lo que eso conlleva de desertificación, degradación de la tierra y de emigración de personal adaptado al campo a las ciudades.

2.2.2.-Aspectos económicos.

Sobre los aspectos económicos de los cultivos energéticos es interesante que el agricultor tenga un contrato a largo plazo y a precio cierto, con lo que desaparece una de las grandes incertidumbres del mundo agrario, que es sin duda la comercialización de su producto cada año, a unos precios razonables y por otra parte conocidos de antemano.

No es lo mismo tener una producción de fruta, maíz, patatas, etc, que cuando llega la temporada de cosecha tiene un precio que fija el mercado, que unos años es bueno y otros es nefasto, que tener un precio pactado, como sucede con el sistema de los cultivos ligados a la energía, que es el precio que establece al firmar el contrato de suministro, y éste tiene una vigencia de al menos 12 ó 15 años, con actualizaciones ligadas al IPC, o a otro índice que se acuerde.

Por otra parte la rentabilidad de los cultivos energéticos depende de la especie que se pretenda poner en cada zona, pero es importante que en cada zona se debe desarrollar el cultivo adecuado a su clima, su suelo, etc. y de esa forma se obtendrán rentas adecuadas para el agricultor y, al mismo tiempo, una materia prima a precio razonable para la industria que quiera transformar o valorizar ese producto.

Con la llegada del acoplamiento de las ayudas de la PAC, y con el fin a 5 ó 6 años vista de las subvenciones que conlleva, se avecinan años complicados para los agricultores, pues no cabe duda de que se cultivará lo que sea realmente rentable, y no en función de la subvención que llegue de Europa. Por eso la implantación a gran escala de los cultivos energéticos, ligados a su valorización energética en la propia zona, tiene un gran futuro, porque tienen una rentabilidad estable y a largo plazo.

2.2.3.-La generación de créditos de CO₂.

El ciclo de carbono en la valorización energética de los cultivos energéticos es casi neutral ya que el dióxido de carbono (CO₂) emitido en la combustión es absorbido por los cultivos durante su crecimiento o cultivo.

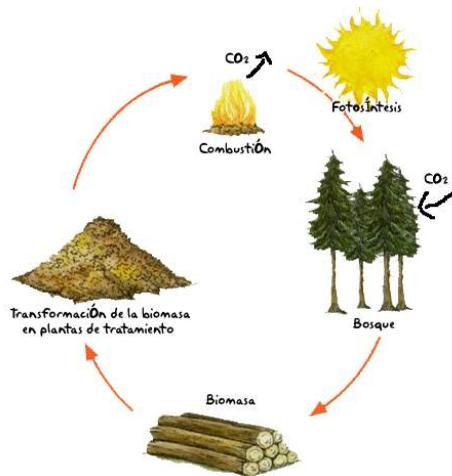


Figura 2.2.El ciclo de carbono en las plantaciones energéticas.

1. Durante el crecimiento de los árboles en las plantaciones, los árboles absorben CO_2 de la atmósfera.
2. En el proceso de fotosíntesis, los árboles almacenan carbono en su tejido leñoso y emiten O_2 a la atmósfera.
3. En la cosecha de los árboles, la biomasa (combustible) es transportada y entregada a la central termoeléctrica.
4. En el proceso de combustión de la biomasa en la central termoeléctrica, el carbono almacenado en el tejido leñoso se combina con el O_2 para producir CO_2 , el cual es vuelve a la atmósfera en los gases de combustión y el proceso vuelve a comenzar.

Si se considera herméticamente cerrado, una cantidad pequeña de carbono se emite por el uso de combustible fósiles en los vehículos que transportan la biomasa desde la plantación hasta la central termoeléctrica. Sin embargo para un cálculo exacto habría que considerar el CO_2 capturado y que suministra carbono para el crecimiento de las raíces, e incluso utilizar biocombustibles en vez de combustibles fósiles. El balance de CO_2 para la biomasa puede considerarse globalmente neutro y en este sentido es aceptado por la normativa derivada del Protocolo de Kyoto.

El hecho de que la biomasa sea neutra cuando se usa como combustible en la generación de energía eléctrica, implica que por cada kilovatio generado con biomasa se evita la generación del mismo kilovatio con combustibles fósiles en alguna parte de España o del mundo. Esto significa que se evita la emisión no recuperable del gas efecto invernadero CO_2 al dejar de quemarse combustible fósil.

En Europa existe, desde la entrada en funcionamiento del Protocolo e Kyoto, un mercado de emisiones, donde se puede comprar y vender créditos de CO_2 . Estos créditos no deben confundirse con los derechos de emisiones, que tienen su propia bolsa en Europa y donde se puede comprar y vender derechos de emisiones de las empresas con una asignación particular de límites de emisiones

(PNA). Las empresas que tienen una cantidad de derechos de emisiones asignadas pueden vender sus derechos sobrantes si han conseguido reducir la cantidad de CO₂ asignadas al final de año. Asimismo, las empresas que no han podido reducir o mantener sus emisiones, pueden acudir a la bolsa y comprar estos derechos para evitar pagar una multa por tonelada de CO₂ emitida en exceso.

En el ANEXO 1 se expone un ejemplo del cálculo de CO₂ evitados por una planta de producción de energía eléctrica con biomasa de 30 MWe.

2.3.- Situación de los cultivos energéticos a nivel nacional y regional.

2.3.1.-Nivel Nacional.

En el nuevo Plan de Energías Renovables en España 2011-2020 (PER 2011-2020) expone la situación en la que se encuentra la bioenergética en España. Se han realizado proyectos y prototipos de nuevos equipos, pero estos desarrollos no han logrado alcanzar todavía el nivel comercial. La falta de mercado para los mismos por la escasa rentabilidad de los proyectos ha sido una de las causas.

En cuanto a la producción, sistemas de manejo y tratamiento de los cultivos energéticos leñosos se necesita en muchos casos el diseño y la construcción de maquinaria adaptada para la recogida del recurso, por ser insuficiente la empleada actualmente. Se ha visto la evolución en el diseño de maquinaria específica, tanto en el sector agrícola como en el forestal, que nos permite tener buenas expectativas de evolución a un futuro próximo.

En la misma línea, para lograr una reducción importante de los costes de transporte, mejorar la manipulación de la biomasa en las plantas de transformación y ofertar un producto limpio y cómodo para el sector doméstico, se han desarrollado procesos que permiten transformar la biomasa obtenida, muy

heterogénea sin acondicionar, en productos elaborados de mayor calidad y fácil utilización.

El aprovechamiento de la biomasa requiere que sus características físicas cumplan una serie de especificaciones técnicas que permitan su correcta manipulación y combustión en un sistema de generación (caldera o motor). El desarrollo de equipos para este tratamiento se ha realizado en paralelo a la evolución de los sistemas de aprovechamiento de la biomasa, destacando últimamente el elevado crecimiento de los proyectos de plantas de peletizado.

La comunicación de la Comisión Europea, COM(2006) 846 final, de 10 de enero de 2007, "**Renewable Energy Road Map**", indicaba que además de las mejoras energéticas y agronómicas de los cultivos, los puntos con mayor impacto para el desarrollo de la materia prima de las centrales de biomasa es la optimización de la logística para la recolección, del almacenamiento y de la combinación de distintos materiales que puedan utilizarse en diversas aplicaciones.

La **Ley 45/2007**, de 13 de diciembre, para el desarrollo sostenible del medio rural, a través del Programa de Desarrollo Rural Sostenible (PDRS) 2010-2014 pretende llevar a cabo un impulso de desarrollo en las zonas rurales. Entre las medidas destacadas en este programa se encuentran aquellas destinadas al fomento de las energías renovables, con especial mención a la biomasa.

Estos programas, tanto a nivel forestal como a nivel agrícola, no sólo pretenden el desarrollo conjunto de las actividades agroforestales tradicionales junto a nuevas actividades como es la producción de biomasa. Esto implicará un seguimiento de los objetivos que deberá ser realizado a través de una estrecha colaboración entre el MARM, el MITyC y los correspondientes departamentos de Medio Ambiente, Agricultura y Energía de las Comunidades Autónomas.

En cuanto a la biomasa producida en el terreno agrícola decir que más del 50% del suelo agrícola español está clasificado con un riesgo medio-alto de erosión, alcanzando el 70 % en algunas regiones como Andalucía. Según un estudio del

Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA), en los años 90 se estimaba que los costes directos derivados de la erosión en España ascendían a 280 M€ anuales, debido a la pérdida de producción agrícola, el deterioro de los embalses y los daños causados por las inundaciones, calculándose en 3.000 M€ el coste de las medidas contra la erosión y la recuperación del suelo durante un periodo de 15 a 20 años. Desde entonces se han desarrollado varios trabajos sobre técnicas de Agricultura de Conservación, evitando la quema de rastrojos, manteniendo el resto de la cosecha sobre la superficie y técnicas de mínimo laboreo, entre otras.

Entre las superficies con mayor riesgo de degradación se encuentran aquellas improductivas que han quedado en estado de abandono. Según el anuario de estadística agraria (2004) aproximadamente 5,4 millones de hectáreas, más del 10% del territorio total de España, son superficies eriales y terrenos que se encuentran improductivos. En muchos casos esas superficies no ocupadas por la agricultura o por la ganadería podrían acoger nuevas masas arboladas.

En relación a las zonas agrícolas, de los datos obtenidos de las declaraciones de la PAC, año 2006, se desprende que en España existían 1.093.420 hectáreas en retirada y además 928.267 hectáreas en barbecho.

Respecto al barbecho, en primer lugar indicar que a partir del 2010 sólo es obligatorio para aquellos agricultores que se acojan a las ayudas de Rotación de Cultivos en zonas de regionalización igual o inferior a 2 t/ha. Adicionalmente señalar que no es fácil que en estos barbechos tradicionales se produzcan cambios y se movilicen hacia otros usos pues es donde existen es porque son necesarios, bien por climatología, suelos pobres o exigencias ganaderas.

Por otro lado, en las campañas 2008 y la de 2009 ha habido las siguientes superficies de retirada en España:

2. Los cultivos energéticos

Campaña	Secano	Regadío	Total
2008	1.066.852	97.776	1.164.628
2009	1.629.675	129.790	1.759.465
2010	Se estima que han aumentado debido a los bajos precios de los cereales		

Tabla 2.2. Superficies de retirada en España, campaña 2008 y 2009 (hectáreas). Fuente: IDAE.

Según los expertos, posiblemente las superficies que se queden sin cultivar en España se sitúen entre 1 y 2 millones de hectáreas dependiendo de los precios de los cereales en los años próximos o de la rentabilidad de otras ofertas de nuevos cultivos o nuevos usos. Estas superficies, por normas de condicionalidad, tienen que ser cultivadas y rotadas por los agricultores, lo cual puede suponer un estímulo a su movilización.

Entre las medidas que se están analizando para el fomento de los cultivos energéticos se encuentran aquellas destinadas a la introducción de especies forestales con carácter energético en tierras agrícolas en zonas con escasa capacidad productiva o zonas forestales desarboladas e improductivas, donde podrían implantarse algunas especies forestales con fines energéticos como especies del género *Quercus*, *Eucaliptus*, *Acacia*, etc.

El desarrollo de nuevos cultivos energéticos tanto en terreno forestal como en superficies agrícolas supone un conjunto de actuaciones que se desarrollarían a través de programas de introducción de cultivos energéticos en terrenos forestales, actualmente improductivos, y programas de introducción de cultivos energéticos en terrenos de origen forestal en terrenos agrícolas con índices de productividad inferiores 1,2 t/ha.año, ya abandonados o en proceso de retirada.

2. Los cultivos energéticos

En la tabla 2.1 se presenta un resumen de la biomasa disponible en España según su procedencia. Para poder presentar datos comparables el IDAE ha tomado unos valores medios correspondientes al 45% de humedad (cuando el tipo de biomasa no alcanza o excede este valor en su producción real se ha calculado el dato equivalente), coste medio de transporte idéntico en todos los casos (distancia media de 60 km) y costes asociados a la obtención de biomasa según lo expuesto más bajo para todos los casos.

Biomasa potencial disponible (t/año) y coste medio de obtención			
Procedencia	Biomasa (t/año)	Biomasa (tep/año)	Coste medio (€/t)
Masas forestales herbáceas susceptibles de implantación en terreno agrícola	17.737.868	3.593.148	45,62
Masas forestales leñosas susceptibles de implantación en terreno agrícola	6.598.861	1.468.173	34,73
Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno forestal	15.072.320	1.782.467	42,14

Tabla 2.3. Resumen del potencial de biomasa en España. Fuente: IDAE.

Datos en toneladas en verde (45% de humedad)

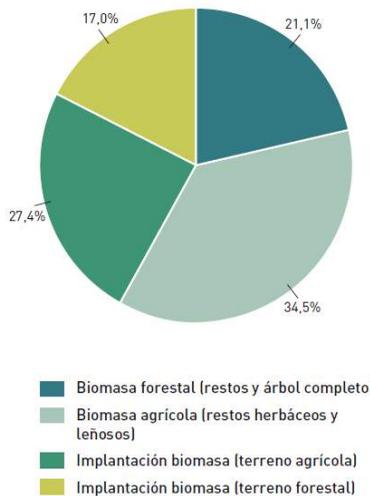
Coste de obtención de biomasa en verde, el precio de venta puede incrementarse entre 1,5 a 2,2 veces según la distancia del transporte, el margen de los agentes que intervienen hasta su puesta en planta y la humedad con la que se venda.

2. Los cultivos energéticos

Los coste medios por tanto para el caso de masa susceptible de implantación en las condiciones mencionadas son de 45,6 €/t para herbáceas en terreno agrícola, 34,7 €/t para leñosas en terreno agrícola y 42,1 €/t para masas leñosas en terreno forestal.

Si se quiere evaluar cuál es la cantidad real de biomasa que podrá movilizarse debe tenerse en cuenta que el precio de venta en una planta, de producción de energía o producción de pélets, elevará entre 1,5 y 2,2 veces los valores presentados, según la distancia de transporte, el margen de los agentes que intervienen hasta su puesta en planta y de la humedad con la que se vende.

La distribución de esta disponibilidad según su procedencia es la siguiente:



Gráfica 2.1. Distribución de biomasa potencial disponible.

2.3.1.-Nivel Regional.

En Extremadura, al igual que en el resto de España, la implantación de los cultivos energéticos es prácticamente nula.

En Extremadura la producción de cultivos energéticos debe considerarse meramente testimonial, pues la mayoría de las escasas hectáreas cultivadas (520,90) corresponden a cultivos de carácter experimental, que se realizan con el fin de investigar las necesidades agronómicas de los cultivos y cuales se adaptan mejor a nuestra climatología. Estas experiencias están siendo realizadas por diversas empresas privadas que trabajan en el sector, así como algunos centros de investigación de referencia a nivel regional y nacional como el centro de investigación de La Orden-Valdesquera o CARTIF. En la actualidad estos centros están trabajando en un proyecto sobre sorgo dulce para la producción de bioetanol. Este cultivo se da con mucho éxito en nuestra comunidad por sus condiciones agroclimáticas, llegándose a producciones muy altas tanto de biomasa como de azúcares, lo que permitirían su uso en aplicaciones eléctricas (variedad H-133) o producción de bioetanol (variedad sugar-grace).

Con el fin de potenciar el papel del campo extremeño y buscar nuevos mercados, es imprescindible intensificar el trabajo en el ámbito agronómico. En este sentido la labor de investigación es fundamental para su implantación y desarrollo, pero hay que destacar que hasta que no se produzca una demanda real de este tipo de biomasa, los cultivos energéticos no serán una opción para los agricultores extremeños.

Además hay que sumarle que las ayudas a la producción de cultivos energéticos establecidas en 45 €/ha, fueron derogadas por el Reglamento (CE) 73/2009. Las ayudas fueron de aplicación por última vez en la campaña 2009/2010. En la actualidad se espera que en la nueva PAC este tipo de cultivos pueda tener ayudas a la producción, siendo una de las medidas que se reclaman desde el sector de la biomasa.

Por otro lado hay que decir que existe una gran falta de contacto entre los potenciales productores de cultivos energéticos y los potenciales consumidores, que frena en gran medida el desarrollo del sector. Tanto es así que muchas empresas inversoras integran la producción de la materia prima dentro de su propia cadena, dejando al agricultor como un mero arrendatario de las tierras de cultivo. Tal es el caso de ENCE, empresa que en breve implantará en Mérida una planta de producción eléctrica a partir de la combustión de biomasa sólida de 20 MW, y cuya materia prima serán cultivos energéticos lignocelulósicos en un 60% para los cuales necesitan entre 3.000 y 4.000 ha de plantación. Actualmente ay tienen plantadas 1.000 ha de eucaliptos.

2.4.- Cultivos energéticos para la producción de biodiesel.

Los cultivos tradicionales para la obtención de biodiesel han sido la colza o el girasol, aunque existen nuevos cultivos que se están implantando rápidamente.

Cultivos para la producción de biodiesel	
CONVENCIONAL	<ul style="list-style-type: none">▪ Colza▪ Girasol▪ Soja▪ Palma
ALTERNATIVOS	<ul style="list-style-type: none">▪ Jatrofa▪ Cardo▪ Ricino▪ Brassica carinata

Tabla1.5. Cultivos tradicionales y alternativos para biodiesel (Proyecto Ecas 2007)

2. Los cultivos energéticos

La jatrofa curcas presenta grandes expectativas gracias a sus altos rendimientos, actualmente países de la periferia de Europa ya están explotándola a gran escala (ICEX, Miguel Roca, 2009).



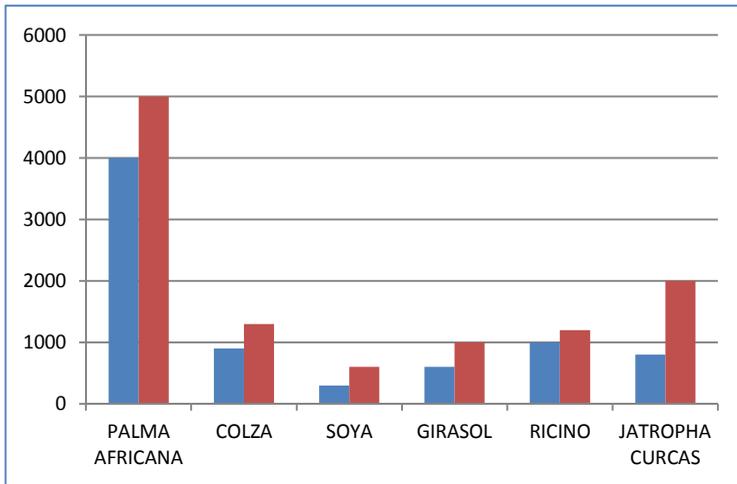
La palma africana también presenta valores de productividad muy altos, con producciones de 4.000-5000 lts/ha, siendo la especie de mayor rendimiento en latinoamerica (IICA 2007).



Como en cualquier otro cultivo, el clima va a influir en el desarrollo de los cultivos, por ejemplo, a partir de una hectárea de palma en las regiones tropicales se obtiene entre 3.700 y 5.400 l de biodiésel, mientras que si el cultivo es cardo en secano en regiones de clima mediterráneo se obtiene entre 150 y 360 l y además entre 9 y 13,5 t de materia seca.

A continuación se muestran rendimientos medios de ciertos cultivos para condiciones óptimas de luz y agua:

Litros de biodiesel / Ha



Gráfica 2.2. Producción de biodiesel para distintos cultivos (IICA 2007)

2.5.-Cultivos energéticos para producción de bioetanol.

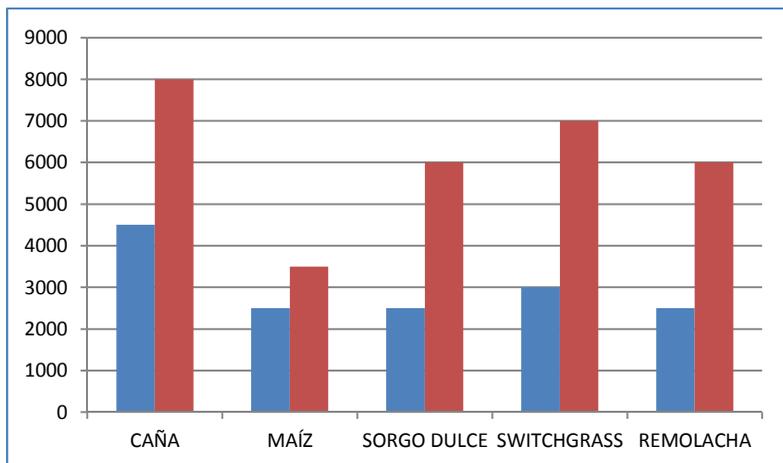
Al igual que en el biodiesel, la producción con cultivos tradicionales como el maíz está dando paso a la aparición de nuevas especies de mayor rendimiento.

Cultivos para la producción de bioetanol	
CONVENCIONAL	<ul style="list-style-type: none">• Cereales (trigo, maíz, cebada...)• Remolacha• Caña de azúcar
ALTERNATIVOS	<ul style="list-style-type: none">• Sorgo sacarino• Patata• Chumbera

Tabla 1.6. Cultivos tradicionales y alternativos para bioetanol (Proyecto Ecas 2007)

2. Los cultivos energéticos

Litros de bioetanol / Ha



Gráfica 1.3. Producción de bioetanol para distintos cultivos (IICA 2007)

CULTIVO	Litros bioetanol / Ha	Litros etanol / Ha
PALMA AFRICANA	4000-5000	
COLZA	900-1300	
SOYA	300-600	
GIRASOL	600-1000	

RICINO	1000-1200	
JATROPHA CURCAS	800-2000	
CAÑA		4500-8000
MAÍZ		2500-3500
SORGO DULCE		2500-6000
SWITCHGRASS		3000-7000
REMOLACHA		2500-6000

Tabla 1.7. Rendimientos de etanol y bioetanol de diferentes cultivos (IICA 2007)

2.6.-Cultivos energéticos para producción de biomasa sólida.

Al igual que en otros cultivos, existen numerosas especies con capacidad de ser utilizadas como biomasa sólida, a continuación se nombran alguna de ellas.

Cultivos para la producción de biomasa sólida	
LEÑOSOS	<ul style="list-style-type: none"> ■ Chopo ■ Eucalipto ■ Sauce ■ Paulownia ■ Caña

Tabla 1.8. Cultivos para la producción de biomasa sólida.

2. Los cultivos energéticos

Dentro de estos posibles cultivos leñosos, se va a entrar en detalle sobre el chopo, la paulownia y el eucalipto.

A) Paulownia

La Paulownia es un árbol de tradición milenaria en algunos países, pero en España es de reciente implantación, por lo que no existen datos contrastados a largo plazo sobre su productividad para este clima. No obstante, se están realizando estudios e investigaciones sobre su comportamiento en zonas de España, algunos de ellos promovidos por empresas comercializadoras, que muestran resultados positivos para su uso con fines energéticos.

En este apartado vamos a suministrar información sobre la Paulownia, recopilada de distintas fuentes y basada en investigaciones realizadas en los últimos años.

Características generales:

- Los árboles pertenecientes al género Paulownia spp. poseen un crecimiento rápido, siendo especialmente llamativo los primeros años de desarrollo.
- En condiciones normales, un árbol de 10 años de edad puede alcanzar los 30 – 40 cm de diámetro normal y un volumen de madera próximo a 0,3 – 0,5 m³ (Zhu Zhao-Hua et al., 1986).

Guía de los cultivos energéticos en Extrema

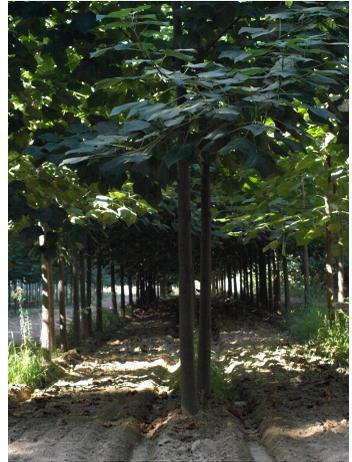


Figura 2.3. Plantación de Paulownias Extremadura (CiemxCiem Renovables)



Figura 2.4. Detalle tamaño hoja Extremadura (CiemxCiem Renovables)

2. Los cultivos energéticos

- Se trata de una especie caducifolia que presenta una copa ancha y ramas de crecimiento horizontal con hojas de gran tamaño, color verde oscuro en forma ovalada y acorazonada.
- La floración de la especie se produce una vez por año y los frutos son una capsula leñosa puntiaguda de color verde claro.
- El rango óptimo de temperaturas se localiza usualmente entre 24 °C y 29 °C de temperatura media diaria (Zhu Zhao-Hua et al., 1986).

Algunas de las ventajas que identifican sus partidarios:

- Rápido crecimiento, según las condiciones del terreno pueden alcanzar 4 metros en su primer año, sumando 2-3 metros más en el segundo año, pudiendo alcanzar los 12 metros a los 5 años.
- Regeneración y rápido crecimiento después del corte, posibilitando turnos de rotación cortos de 2-3 años.
- Tallo de crecimiento recto, sin nudos, que lo hace maderable, con una producción media de 30-35 Ton/Ha·año.
- Tiempo de secado de madera corto, 20-40 días al aire libre (hasta 12% humedad).
- Soportan condiciones de climas y suelos variadas, tanto de sequía (pasados los primeros años), como de frío y calor, o resistencia al fuego.
- Hojas caducas de gran tamaño, el primer año pueden alcanzar hasta 50 cm. de



Figura 2.5. Detalle rebrote (CiemxCiem Renovables)

anchura, reduciéndose el tamaño de las hojas conforme pasan los años hasta un tamaño de 12 cm.

- Alta capacidad de absorción de nitrógeno que ayuda a su crecimiento.
- Permita la convivencia con otras especies arbóreas e incluso los cultivos intercalados, tales como cereales o pastos, siempre que los marcos de plantación sean amplios (producción de madera).
- Ausencia de enfermedades.

Algunos de los requerimientos y condiciones mínimos para la plantación son:

Tipo de suelo

- Suelos con buen drenaje, el árbol no soporta encharques, pudiendo morir si se encuentra inundado entre 3 y 5 días. Por la misma razón, aquellos lugares donde el nivel freático está por encima de 2 metros no son recomendables.
- Porcentaje de arcilla menor de un 20%, preferentemente sueltos y profundos, ya que la paulownia desarrolla una raíz pivotante que puede alcanzar hasta una profundidad de 9 metros
- Condiciones de PH entre 5,5 y 8.
- Mejor crecimiento en presencia de altas concentraciones de nitrógeno.

Climatología

- Precipitación media anual de 800 mm, centrada en el periodo vegetativo, necesario riego durante los dos primeros años en las épocas más secas.

- Niveles de radiación solar altos, con exposición directa al sol, mejoran los crecimientos.
- Las heladas le afectan, llegando a secar tanto copas como tallos, siendo especialmente delicado durante los primeros años de vida. No obstante, la regeneración del árbol tras la helada es factible y rápida.

Características de la plantación

- El marco de plantación aconsejable para biomasa es 2 x 3 metros (1.666 árboles/ha), e incluso inferior. Para la producción de madera es 3 x 3 metros (1.111 árboles/ha), incluso superiores (3 x 4, 4 x 4).
- La época de plantación idónea es la primavera, concretamente los meses de mayo y/o junio, una vez se supere la época de heladas.
- El riego mínimo una vez a la semana, sobre todo durante el primer y segundo año de crecimiento. Dosis de riego del orden de 1.500-2.000 m³/ha, para obtener buenos rendimientos.



Figura 2.6. Distintos sistemas de riego de cultivos (Cultivos y Plantaciones Energéticas SL, ITSIA Albacete, Invitro)

2. Los cultivos energéticos

- No tolera bien la competencia de malas hierbas el primer año, siendo aconsejable el uso de fertilizante durante este periodo.
- En los dos primeros años de crecimiento es conveniente eliminar los brotes laterales, cada dos o tres semanas, hasta una distancia de unos 3 metros del suelo.
- Puede efectuarse un abonado durante los dos primeros años, con unas dosis aproximadas de 400g/planta de complejo fertilizante NPK 15-15-15.
- En el caso de que el crecimiento no alcance 3 m de altura durante el primer año, se aconseja cortar la planta a ras de suelo a principios de primavera.

Características de la recolección.

- Sistema de cosecha cada 2-3 años.
- A los 17 meses de edad, se estima una producción de madera que oscila entre los 9 y 11 m³/ha, en las mejores condiciones experimentales (Antonio del Cerro Barja, 2009).
- El poder calorífico inferior (PCI) muestra valores próximos a 19.520 KJ/Kg. o 4.669,85 Kcal./Kg. en base seca (Antonio del Cerro Barja, 2009) y de 4.400 Kcal./Kg. en base húmeda ó 2.900 Kcal./Kg., humedad = 29,9% (CIEMAT, 2007).



Figura 2.7. Recolección, empackado y rebrote (Plantaciones y Cultivos Energéticos SL)

RENDIMIENTOS

El rendimiento de la plantación de Paulownia, al igual que el de otros cultivos energéticos, reside en la productividad anual y el precio que se comprometa mediante contrato con el comprador.

La productividad anual, a su vez, dependerá de varios factores como son marcos, riego, abono, condiciones de clima, etc. A este respecto, Antonio del Cerro Barja, 2009, muestra los siguientes resultados basados en sus investigaciones:

- Diferenciando por marcos de plantación, se observa que se acumula más biomasa cuando se realiza fertilización. Del mismo modo, al aplicar una dosis de riego superior se obtienen valores superiores.
- Se observa que la combinación riego a dosis alta sin fertilización proporciona valores superiores que la combinación riego a dosis baja con fertilización, lo que hace pensar que el factor riego posea mayor importancia que el factor fertilización.
- La acumulación de biomasa total, en todas las parcelas, refleja un modelo de crecimiento exponencial, propio de especie de crecimiento ultrarrápido.
- Las parcelas experimentales con un marco de plantación de 3x2 metros producen más biomasa (2.596,38 a 6.079,13 Kg/ha) que las parcelas con un marco de 3x3 metros (2.637,94 a 5.033,45), para la edad de los cultivos estudiados.

Como datos generales de biomasa obtenida por hectárea, algunas fuentes comerciales señalan rendimientos observados de:

- 35-45 ton MS/Ha/año (30% humedad) (Vicedex, 2007)
- 50 TM/año (Cultivos y Plantaciones Energética S.L.)

B) Chopo

El chopo es el cultivo, dentro de los tres a analizar, con mayor tradición dentro de la península. La madera para celulosa y para desarrollo han sido los aprovechamientos tradicionales de las choperas, normalmente a turnos cortos. A día de hoy, se plantean cultivos para la obtención de energía, con el mayor aprovechamiento posible de la biomasa aérea a turnos aún más cortos.

Al ser una especie con tradición de plantación, existe mayor cantidad de información de referencia y resultados de producción y rentabilidad. Tras una breve descripción general, el apartado se centrará especialmente en estos estudios y análisis.

- Características: al igual que en el resto de las especies de rápido crecimiento, como la paulownia, el chopo presenta ventajas propias de estos cultivos: producciones elevadas en cortos periodos de tiempo; posibilidad de turnos cortos; producción concentrada y cercana a carreteras.; fácil la obtención de estaquillas y con gran capacidad para enraizar; etc.
- Plantación: la plantación del chopo para fines energéticos se realiza con altas densidades con el objetivo de disminuir los costes de plantación, de cultivo y de cosecha. Los compromisos entre diámetros deseados a la corta y el marco de plantación se muestran en la siguiente tabla.

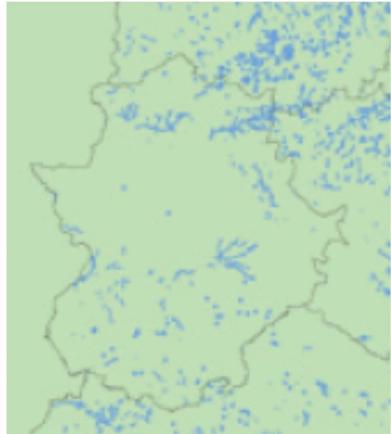


Figura 2.7. Estimación de la presencia de *populus nigra* en Extremadura

2. Los cultivos energéticos



Figura 2.8. Plantación manual de estaquillas y laboreo en chopera (Sinersys)

Marcos de plantación de chopos para biomasa					
Diámetro ideal de corta en cm	10	11,25	12,25	13,75	15
Número ideal de pies por hectárea	2.603	2.155	1.820	1.562	1.333
Metros cuadrados por pie	3,8	4,6	5,5	6,4	7,5
Marco recomendable en metros	No útil	No útil	2,1 x 2,6	2,3 x 2,8	2,5 x 3

Tabla 1.9. Marcos de plantación de chopos para biomasa.

2. Los cultivos energéticos

- Turnos de corta: lo más recomendable es la corta un año antes del máximo rendimiento medio en biomasa, acarreado una pequeña pérdida de producción media por hectárea y año, a cambio de mantener la longevidad y el vigor de las cepas de chopo a largo plazo.

El crecimiento de los rebrotes es mayor, llegándose antes a la cantidad de biomasa máxima admisible. En España el incremento de la producción entre el primer recepe y los siguientes es del orden de $2/3$. A la edad de máximo rendimiento (4 años), el rendimiento en materia seca por hectárea y año es $5/3$ del alcanzado en la primera rotación de monte alto.

Lo aconsejable es que la biomasa acumulada no supere la indicada en el primer recepe, lo que obliga a un turno de corta más corto.

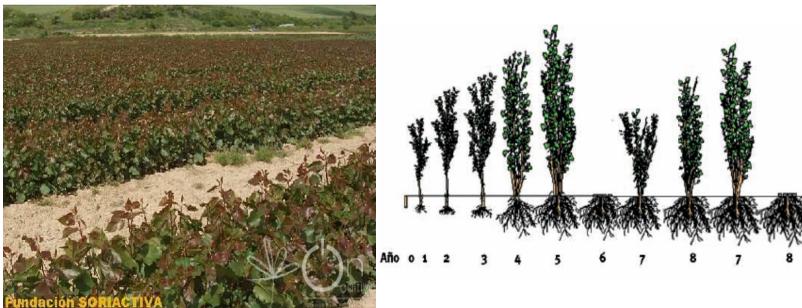


Figura 2.9. Plantación de chopera y turnos de corta (Fundación Soria Activa e IDAE)

Análisis de plantaciones, costes y rentabilidad en la gestión de choperas.

A continuación se realiza un estudio del retorno económico de la producción de biomasa a partir de un taller de chopo, el estudio está recogido del IDAE. El modelo de negocio sería el siguiente:

- El agricultor es el que produce la biomasa por sus medios y un operador se la compra a un precio determinado, pactado. El agricultor, por tanto, realiza la plantación, el cultivo y el aprovechamiento recibiendo anualmente el 50% del valor acordado para la cantidad de biomasa correspondiente al crecimiento producido (o esperado). El resto del valor acordado lo recibe en los años de aprovechamiento en los que le entrega la biomasa al operador.

Los flujos económicos obtenidos en el estudio son:

Magnitud considerada	Valor
Renta de la tierra	150 €/ha
Productividad	20 t MS/año (a partir de la segunda corta)
Inversión plantación	572 €/ha
Vida plantación	22 años (5 cortas)
Costes anuales cultivo (riegos y plagas)	404 €/ha

2. Los cultivos energéticos

Coste del agua (incluido en cultivo)	60 €/1.000 m ³
Costes tras corta (abono y desmamonado)	272 €/ha
Costes aprovechamiento	2.915 €/ha
Precio de venta	75 €/t MS <> 56 €/t MH
Certificaciones parciales por 50% crecimiento anual	Depende del crecimiento esperado
Superficie y tiempo de cultivo	500 ha a 10 años
Margen de comercialización	15%
Precio de venta	86 €/t Mat. Seca 65 €/t Mat. Húmeda
Gastos generales	100 k€ año
IPC	3%

Figura 2.10. Análisis de plantación, costes y rentabilidad en la gestión de las choperas. Fuente: IDAE

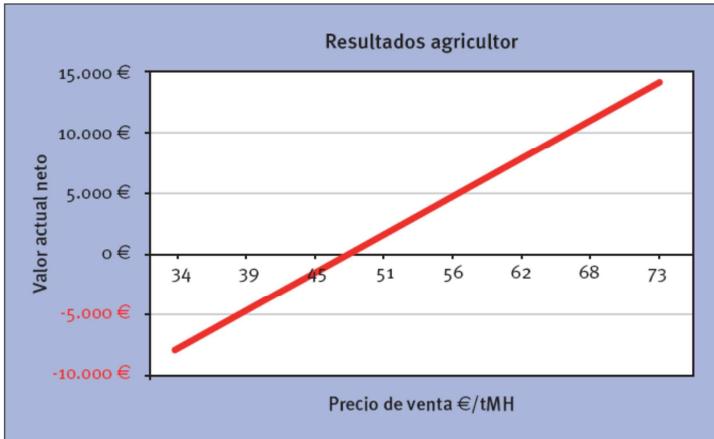
El estudio realiza una proyección de los flujos acumulados de caja de las dos opciones a 10 años, obteniendo los siguientes resultados:

- A) OPCIÓN ARRENDAMIENTO DE TIERRAS: El valor actual neto para el agricultor en el caso de sólo arrendar sus tierras es de 3.304 €/ha, mientras que el negocio del operador alcanza un valor actual neto de 7.876 € por cada una de las 500 ha, y a una tasa interna de rentabilidad del 9%.
- B) OPCIÓN CULTIVO POR EL AGRICULTOR: El valor actual neto para el agricultor en el caso de realizar el cultivo asciende a 4.740 € por ha, mientras que el agente operador obtiene un valor actual neto de 4.197 k€; y una TIR del 9%.

La opción arrendamiento de tierras favorece más al agricultor, que recibe una renta sin arriesgar esfuerzo ni dinero. Por el contra, si el agricultor asume el riesgo de realizar una explotación de la chopera, obtiene un VAN un 50% superior que el que se obtiene con el arrendamiento de fincas. El operador obtiene la misma rentabilidad y la única diferencia es que en la opción de asumir el cultivo y sus gastos, después se ve recompensado con un VAN mayor.

En las siguientes gráficas se muestra la rentabilidad para el agricultor para la opción de cultivo propio:

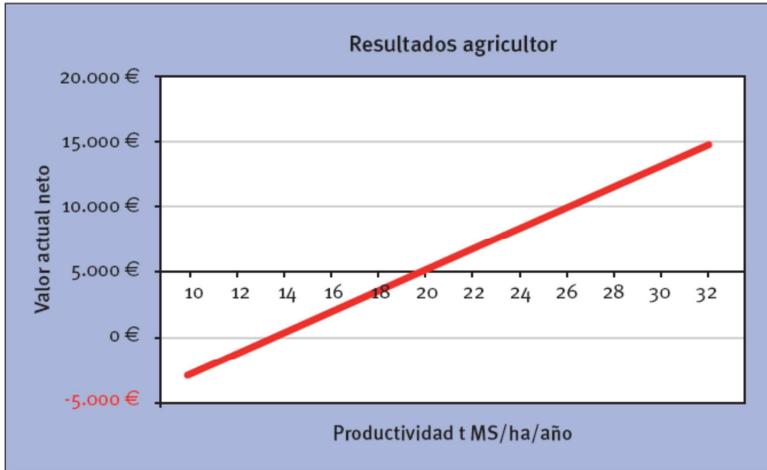
2. Los cultivos energéticos



Gráfica 1.4. Análisis valor actual neto de cultivo propio por agricultor.

- En las condiciones del estudio del IDAE (20Tms/ha/año) es recomendable asegurarse de que los precios de mercado están por encima de tal entorno con anterioridad a hacer una plantación para explotar a turno corto.

2. Los cultivos energéticos



Gráfica 1.5. Análisis rentabilidad cultivo propio agricultor.

- Del mismo modo, la rentabilidad de la chopera comienza a producirse entre los 14 y 15 tMS/ha/año, aunque los valores de rentabilidad óptimos se fijan a partir de las 20 t MS/ha/año, obteniendo un valor actual neto en torno a 5.000 €/ha, que equivale a una tasa de rentabilidad del 9%.

Otros datos de España y Europa (IDAE e INIA).

Otros estudios realizados a nivel europeo muestran resultados de producción de chopos diversos según condiciones de las mismas. Algunos de estos datos, junto con otros observados son:

- 6,3-19,8 ton MS/Ha/año (Ciria et Al 1996, Soria)
- 8-16,9 ton MS/Ha/año (San Miguel y Montoya 1984, España)
- 28.1 ton MS/Ha/año (Pontailer et al 1999, Francia)
- 35-40 Ton en pie (húmeda)/ Ha/año (ENCE 2010).
- Con una producción media de 20 t MS/ha/año, y precio medio de 50€/Tm se obtienen rentabilidades del 9% (5.000€/Ha) IDAE.

C) Eucalipto

El eucalipto es una mirtácea originaria de Australia que ha sido introducida en España por su alto crecimiento en condiciones adversas de frío y de suelos.

Características de la especie:

- Existen cerca de 700 especies de eucalipto, de las cuales 37 tienen interés para la industria forestal, y unas 15 son usadas con fines comerciales.
- Alcanzar grandes dimensiones al poder llegar a alturas entre 40-60 m aproximadamente (puede llegar a tener 90 m) y diámetros de hasta 1-2 m.
- Es apto para climas templados o cálidos.

Algunas de las ventajas del cultivo del eucalipto son las siguientes:

- Gran adaptabilidad de esta especie a terrenos fríos y de baja calidad.
- Alta productividad y capacidad de crecimiento.



Figura 2.10. Plantación de eucaliptos (Grupo ENCE)

- Son eficientes en consumo de agua en comparación con otras especies.
- Producción media de 20 a 35 m³/ha año medida en Galicia, es decir, de 9 a 16 t/ha año, sin extraer ramas y otros restos
- Secado rápido de la leña, experiencia en su empleo

Como desventajas destacan:

- Mala capacidad general de rebrote, mayor si se corta joven, pero en cualquier caso se pierde producción (Sims et al 2001).
- Alto coste de plantaciones de altas densidades.
- Mala adaptación a la producción en densidad elevada, debido a la alta mortalidad
- Hibridaciones con globulus.

A continuación se muestran algunos datos de parcelas evaluadas dentro de un proyecto de investigación (ECAS) destinadas a la producción de biomasa forestal. Dentro de este proyecto se evaluaron parcelas de *E. nitens* ya instaladas, con diferentes ubicaciones, edades y densidades.

Uno de los grupos incluía parcelas plantadas con alta densidad de modo experimental. El marco de plantación es de 1,0x0,5 m y están situadas en el término municipal de As Pontes, en A Coruña.

El volumen con corteza existente en las parcelas objeto de evaluación muestra en la siguiente tabla.

2. Los cultivos energéticos

Producción y crecimientos de <i>E. nitens</i> en parcelas de alta densidad						
PARCELA	Edad	Nº inicial	D medio	H media	Vcc	Cm
	años	pies/ha	cm	m	m ³ /ha	m ³ /ha año
Momán A-1	3	20.000	2,66	3,98	32,59	10,86
Momán A-8	3	20.000	3,09	4,31	42,01	14,00
Momán A-12	3	20.000	3,17	4,38	43,86	14,62
Momán B-5	3	20.000	3,2	4,78	46,64	15,55
Momán C-1	3	20.000	3,02	4,42	40,71	13,57
Momán C-8	3	20.000	3,2	4,5	45,41	15,14
PROMEDIO	3	20.000	3,06	4,37	41,87	13,96

D medio = diámetro medio; H media = altura media; Vcc = volumen con corteza; Vsc = volumen sin corteza; Cm = Crecimiento medio

Figura 2.11. Producción y crecimientos de *E. Nitens* en parcelas de alta densidad.

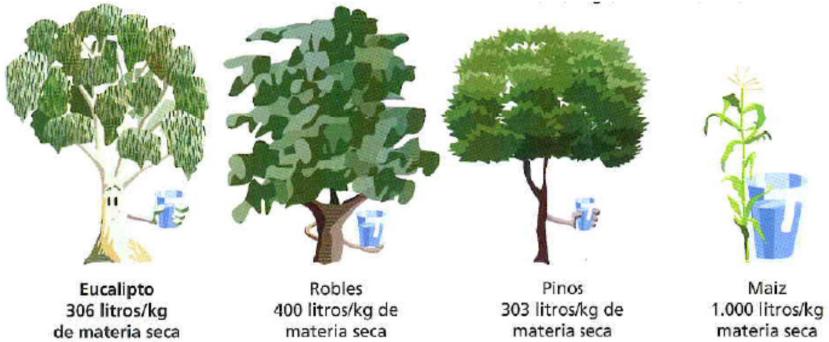
Los resultados expresados en m³/ha año muestran, con 3 años de edad, un crecimiento medio de 14 m³/ha/año.

Los costes de instalación a marcos de 1x0,5 m se cifran para terrenos medios entre 3.400 y 4.000 €/ha.

2. Los cultivos energéticos

Comparativas de estudios históricos (Grupo ENCE).

Consumos de agua (Gras J.M, 1993; González et al, 1983).



Intercepción de agua (Gras J.M, 1993; González et al, 1983).



2. Los cultivos energéticos

Extracción de nutrientes (González Esparcia, 1985).

Extracción de nutrientes del suelo (kg/ha/año)		Nitrógeno	Fósforo	Potasio
	Eucalipto <i>Eucalyptus globulus</i>	4,8	1,3	6
	Álamo <i>Populus x euroamericana</i>	12,1	5,2	18,5
	Sauce <i>Salix americana</i>	51,6	9	21,6
	Trigo <i>Triticum spp.</i>	110	22	50
	Heno de alfalfa	215	24	125
	Patata <i>Solanum tuberosum</i>	94	15	131

Rendimiento de especies comúnmente usados para celulosa.

Rendimiento forestal ¹	Eucalipto	Abedul	Pino	Picea	Haya
m ³ /ha/año	15-30	3-8	2-10	4-10	2-9
turnos (años) de corta	9-14	25-45	75-110	60-80	100-140
Rendimiento industrial	E. globulus	E. grandis	Pino	Abedul	Álamo
m ³ /adt	2,8-2,9	3,8-4,0	5,0	4,5	4,9

¹Datos medios (dependiendo de la especie, clima y suelo) para madera comercial (rollizo entrada a fábrica medido sin corteza). No considera producciones forestales marginales.

Aspectos que influyen en un proyecto de cultivos leñosos. Fuente: ENCE

Como se ha expuesto anteriormente, la rentabilidad de una plantación de cultivos energéticos va a depender de varios factores:

- El rendimiento del cultivo, medido en t MS/ha y año, o en t de biomasa húmeda /ha y año.
- El precio de mercado en el momento de la venta, o el precio que se haya cerrado en el contrato con el operador.
- Los costes de explotación: riego, fertilizantes, laboreo, alquileres de terreno, costes financieros, etc.
- La accesibilidad del terreno a maquinaria que automatice tanto labores de implementación como de explotación y recolección.
- La distancia a la planta, los sistemas propios de almacenamiento y secado.

A) Rendimiento del cultivo.

En los ejemplos previos se ha observado que el rendimiento de los cultivos, medidos en t/ha, va a variar según la especie cultivada, las condiciones climáticas y los cuidados que se realicen.

No obstante, se aprecia que el rendimiento mínimo debe estar entre 20 y 30 Toneladas de materia seca (30% humedad) por ha y año.

B) Costes de explotación e implantación.

El beneficio final de la inversión va a depender en gran medida de los costes de explotación del cultivo. Algunos datos de experiencias en el sur de España muestran:

Precio plantación mecánica 0.1€/ y 0.14€/ para manual

- Costes anuales medios de mantenimiento 400 – 450 €/ha y año (fertilización, energía, agua, herbicidas, laboreo y poda, etc.)

- Precio corta 0.12 – 0.15 €/ud
- Costes de implantación de 1 Ha de cultivo 3.500-5.000 €.

C) Contrato y precio de venta.

El precio de venta podrá variar en función de la demanda estacional

Existen ya contratos de larga duración a agricultores. A continuación se describen tres modalidades que se están desarrollando en Extremadura (Grupo ENCE, para el año 2010):

- Alquiler de terreno: se recibe anualmente una cantidad por alquiler. La empresa se encarga de la plantación, mantenimiento y recolección de materia.
La duración del contrato es de 15 años.
Las mejoras en el terreno (sistemas de goteo, instalaciones, etc.) son propiedad del agricultor una vez finalizado el contrato.
Finalizado el contrato, el terreno se entrega sin restos de los cultivos.
- Alquiler + prestación de servicios: igual que la opción anterior, pero se le añade la posibilidad de que el agricultor realice las labores de cuidado del cultivo.
El laboreo, riego, fertilización, poda, etc. lo realiza el agricultor con asistencia de técnicos de la empresa compradora y se le paga por estas labores a precio de mercado.
- Alquiler + variable por producción.
En esta opción, la plantación la realiza el agricultor, aunque las plantas las suministra el comprador gratuitamente.

El agricultor recibe un pago fijo anual que, dependiendo de las características del terreno y de las condiciones firmadas con lo que se pretende cubrir los gastos derivados de la siembra y laboreo.

A este pago fijo se le une el plus por producción. Este plus se cuantifica el año de la cosecha, realizándose un pago por tonelada existente en campo.

La cosecha y el transporte son por parte del comprador.

Los precios del plus por productividad no están bien definidos y dependerán de las condiciones contratadas, pero se estima un valor similar a otras regiones, oscilando entre 12 y 18 €/t en campo.

En estudios analizados, se obtienen unos precios aproximados de venta por producción (datos no contrastados a 2010):

- Precio medio en planta 35-50 €/t (30-40% humedad).
- Precio medio en campo 12-18 €/t (recolección y transporte por comprador).
- Beneficios medios por 35t-45t (25 Tms) de biomasa/ha en campo: 650-700€/ha año.

De forma independiente a estos ingresos hay que añadir el mantenimiento de las ayudas PAC de 45 Euros /Ha.

En Extremadura, en la PAC 2010 / 2011, sólo están incluidos el chopo y la paulownia como superficies forestales de rotación corta, permitiendo el cobro de la PAC.

D) Tipos de almacenamiento y recolección.



Los cultivos energéticos leñosos presentan patrones estacionales de producción, es decir, las fechas de cosecha son durante un periodo fijo, mientras que el consumo de una planta eléctrica se realiza durante todo el año (demanda constante), debido a esta principal razón será necesario almacenar la producción entre 0 y 12 meses. El almacenamiento es relevante sobre todo cuando es por un largo periodo de tiempo, pues afectará a los costos, a la calidad (Poder calorífico, humedad, mohos, cenizas) o pérdida de materia seca entre otros.

El almacenamiento se puede realizar en diferentes localizaciones (próximas al área de producción, próximas a la planta, en un lugar intermedio entre ambos), existiendo diferentes opciones:

- Al aire: pequeñas pilas 3 m largo x 2m alto; grandes pilas (20-30 m largo x 4 alto); en pilas de tozas-astillas; pilas de pacas o balas; etc.
- En espacio cerrado: nave o silo.

E) Rentabilidad del transporte.

Los cultivos energéticos se suelen situar en localizaciones próximas a la Planta consumidora, a distancias menores de 50 km. a fin de reducir los costes de transporte, y el modo de transporte utilizado es carretera.

Son factores relevantes en relación con la productividad del transporte: tipo de vehículo, comprado/alquilado, distancia (Km.), capacidad de carga (m^3 /viaje, t/viaje, MWh/viaje), tiempos de carga/descarga, situación de las infraestructuras (que afecta a la velocidad km./h).

2.7.-Cultivos energéticos de especies agrícolas tradicionales.

El principal problema de este tipo de cultivos es la competencia que tiene su aprovechamiento energético con los usos tradicionales que han tenido hasta ahora. Entre estas especies se encuentran los cereales, la colza, el girasol, entre otras, y en general, plantas anuales que se han venido cultivando con el objetivo de utilizar sus frutos y semillas para la alimentación humana, animal y para la industria textil y química, entre otras.

Dentro de los energéticos de especies agrícolas tradicionales es importante distinguir entre los cultivos de invierno y de verano ya que sus características, y las exigencias de riego sobre todo, son críticas a la hora de estudiar su idoneidad, viabilidad, su productividad y rentabilidad, tanto en términos agronómicos, medioambientales y energéticos como económicos.

En lugares donde se dispone de agua y el clima es adecuado, las especies de verano más prometedoras son el maíz y el sorgo.

A) Colza

Se cultiva por todo el mundo para producir forraje, aceite vegetal para consumo humano y biodiesel. Se siembra en suelos frescos y fértiles en climas no excesivamente fríos, y con una pluviosidad razonable, no muy habitual en la media española, solo en el tercio norte de la península. La siembra es uno de los momentos más críticos para el cultivo. El buen desarrollo del cultivo reside en obtener una buena instalación del mismo, con una población de planta suficiente y repartida de forma homogénea. Es más importante conseguir la dosis de siembra adecuada debido al elevado coste de las semillas, sobre todo en el caso de las variedades híbridas.

Mediante un proceso de prensado se obtiene el aceite vegetal. Este aceite vegetal mediante transesterificación se transforma en biodiesel. Este recurso energético posee propiedades físico-químicas que permiten utilizarlo como combustible, en distintas proporciones en mezclas con diesel.

B) Cereales

Los cereales dada la tradición de cultivo existente en nuestro país, son uno de los más apropiados para la producción de biomasa para la producción de calor o electricidad.

Se pueden utilizar la gran mayoría de los cereales de invierno se pueden utilizar en la producción de energía (trigos, cebadas, triticales, avenas y centenos principalmente). Dentro de este tipo de cultivos unos serán más favorables que otros dependiendo del tipo de clima y suelo.

El sistema de cultivo es el mismo si hablamos de una producción de grano que si hablamos de una producción de biomasa. Lo único que diferencia el coste final será la recolección, ya que para el aprovechamiento energético del cultivo se siega la planta entera y posteriormente se hace un empacado. Por este motivo los costes

de producción son similares pero la recolección de la biomasa es más costosa económicamente que la recolección en grano.

Para abaratar en costes, los sistemas de recolección deberán evolucionar, mejorando su eficiencia.

2.8.-Cultivos energéticos de nuevas especies agrícolas.

A) *Brassica carinata*

Es una crucífera y se incluye dentro del grupo de las mostazas. No se cultiva como oleaginosa porque la torta del grano es tóxica, y eso hace perder mucho valor a la semilla. Sus mejores características son:

- Gran producción de biomasa
- Menos exigente que la *Brassica napus*
- Se integra muy bien en las rotaciones, siendo más beneficiosa que un año de barbecho.

Títulos publicados de la serie

“Eficiencia Energética y Energías Renovables en la Frontera Hispano-Lusa. 2014”:

- 1. CULTIVOS ENERGÉTICOS EN EXTREMADURA.
- 2. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EMPRESAS DEL SECTOR AGROALIMENTARIO.
- 3. SERVICIOS ENERGÉTICOS.
- 4. APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO GANADERO.
- 5. DISEÑO DE CENTROS SANITARIOS EFICIENTES.
- 6. MANTENIMIENTO EFICIENTE DE EDIFICIOS.
- 7. LA MOVILIDAD EN BADAJOZ.
- 8. OFERTA Y DEMANDA DE TRANSPORTE EN EXTREMADURA.
- 9. FORMACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EXTREMADURA.