

•  
•  
•  
•  
•  
•  
•

# Informe de seguimiento de los ensayos con Cultivos Energéticos

**Campaña 2007/2008**

**Febrero de 2009**



JUNTA DE ANDALUCÍA

SECRETARÍA GENERAL DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

# Informe de seguimiento de los ensayos con Cultivos Energéticos

## Campaña 2007/2008

### Índice de contenidos

Resumen .....	3
1. ANTECEDENTES.....	5
2. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO .....	6
3. OBJETIVOS.....	7
4. DISEÑO DEL PLAN DE ENSAYOS .....	7
4.1. Selección de cultivos .....	8
4.2. Selección de fincas y parcelas .....	8
5. CARACTERIZACIÓN DE LAS FINCAS DONDE SE INSTAURARON LOS ENSAYOS .....	11
5.1. Pago de Enmedio .....	11
5.2. La Palmosa .....	17
5.3. Guzmán II .....	22
5.4. La Parra .....	28
5.5. La Cabaña .....	34
5.6. Servicio de Plagas .....	40
5.7. Los Embalses .....	46
5.8. Somonte.....	54
5.9. Majarambú.....	59
5.10. Cortijo de Enmedio .....	65
6. ENSAYOS REALIZADOS.....	70
6.1. <i>Sorghum bicolor</i> .....	70
6.2. <i>Arundo donax</i> .....	75
6.3. <i>Paulownia</i> sp. ....	83
6.4. <i>Cynara cardunculus</i> .....	103
6.5. <i>Jatropha curcas</i> .....	111
7. RESUMEN DE RENDIMIENTOS Y PRODUCCIONES.....	115
8. CONCLUSIONES .....	116

# Informe de seguimiento de los ensayos con Cultivos Energéticos

## Campaña 2007/2008

### Resumen

Tras la experiencia acumulada con los primeros ensayos de *Cynara cardunculus* durante la campaña 2005-2006, y el plan de ensayos con cultivos energéticos de la campaña 2006-2007, en el que se continuó el cultivo de esta especie y se analizaron dos cultivos herbáceos tradicionales (trigo y colza) como materia prima para la obtención de biocombustibles, en la campaña 2007-2008 se mantienen las experiencias con *Cynara* y se realizan nuevos ensayos con especies como *Arundo donax*, *Paulownia sp.*, *Jatropha curcas* y *Sorghum bicolor* que no se destinan al mercado alimentario.

De las nuevas especies bajo ensayo, *Sorghum bicolor*, *Arundo donax*, *Cynara cardunculus* y *Paulownia sp.*, se destinan a la producción de biomasa lignocelulósica, mientras que las semillas de *Jatropha curcas* se utilizan como materia prima para la producción de biodiesel.

Cabe destacar que los ensayos llevados a cabo son los primeros que se realizan con estas especies en fincas públicas. En cuanto al cardo indicar que su estudio como cultivo energético se viene desarrollando desde hace algunos años con el objetivo de conocer su potencialidad.

La selección de las fincas en las que se establecieron las nuevas especies se realizó atendiendo a las potencialidades agronómicas, las condiciones climáticas favorables a la adaptación de los cultivos elegidos, el emplazamiento adecuado que permitiese la demostración y el aprovisionamiento de las posibles empresas interesadas en la producción y a la disponibilidad de superficie suficiente para cada cultivo. Así, en "Pago de Enmedio" (Rinconada, Sevilla) se implantó sorgo papelerero (1 ha), paulownia (0,32 ha) y jatrofa (0,17 ha), en "Guzmán II" (Palma del Río, Córdoba) caña común (0,20 ha), paulownia (0,50 ha) y jatrofa (0,43 ha), en "Los Embalses" (Campillos, Málaga) paulownia (0,15 ha) y cardo (2,00 ha), en "La Palmosa" (Palma del Río, Córdoba) caña común (0,10 ha), en "La Parra" (Puebla de Don Fadrique, Granada) paulownia (0,52 ha), en "La Cabaña" (La Rinconada, Sevilla) paulownia (0,45 ha), en "Servicio de Plagas" (Dos Hermanas, Sevilla) paulownia (0,29 ha), en "Majarambú" (Castellar de la Frontera, Cádiz) cardo (8,00 has), en Somonte (Palma del Río, Córdoba) cardo (2,00 ha), y en "Cortijo de Enmedio" (Moclín, Granada) cardo (2,00 ha).

Analizadas las labores agrarias y las incidencias reseñables durante el desarrollo de los ensayos cabe destacar los buenos resultados obtenidos tanto por la caña común (*Arundo donax*) como por *Paulownia sp.* En ambos casos se trata de especies plurianuales que presentan una buena adaptabilidad a las zonas en las que se instauraron. Asimismo, en el

caso de la caña común, los resultados de la valorización energética de su biomasa ponen de manifiesto su buena calidad para este aprovechamiento. No obstante, se cree necesario continuar profundizando en el estudio de ambas especies, principalmente, en cuanto a aspectos relacionados con su manejo cultural: material vegetal, riego necesario, recolección, etc.

Respecto al resto de especies indicar que tanto ***Sorghum bicolor*** como ***Cynara cardunculus*** presentan ciertas limitaciones para su expansión como fuente de biomasa lignocelulósica con aprovechamiento energético. Así, el ensayo realizado con sorgo papelerero ha mostrado problemas de nascencia tras la siembra y de encamado durante su crecimiento, perjudicando negativamente su productividad. Por su parte, el cardo presenta niveles de cloruros y valores de índice Alcalí muy elevados que desaconsejan su uso en calderas. En cuanto a su empleo como alimento para el ganado, su valoración nutricional tampoco resulta positiva, ya que pone de manifiesto su baja calidad como forraje. En cuanto a ***Jatropha curcas***, cabe destacar los importantes daños de las plantaciones instauradas en la campaña 2007-2008 como consecuencia de las heladas acaecidas a finales de noviembre y principios de diciembre de 2008.

# Informe de seguimiento de los ensayos con Cultivos Energéticos

## Campaña 2007/2008

### 1. ANTECEDENTES

Los impactos medioambientales generados por el uso masivo de los combustibles fósiles y el alza continuada de los precios del petróleo y de sus derivados han impulsado la búsqueda de nuevas fuentes de energía menos agresivas con el medio ambiente y que contribuyan a romper la actual dependencia del petróleo y sus derivados. En este contexto, los cultivos energéticos están adquiriendo importancia en los últimos años.

Así, de un tiempo a esta parte, cultivos que tradicionalmente se han utilizado en la alimentación humana y animal, como cereales y oleaginosas, han tenido un destino alternativo en el mercado energético, fundamentalmente para la producción de biocarburantes.

No obstante también existen otras especies propiamente energéticas, es decir, aquellas cuya producción tienen como principal destino la obtención de biocarburantes, biocombustibles y biomasa lignocelulósica. Estos cultivos energéticos “verdaderos” se caracterizan por su mayor rusticidad, presentar altos niveles de productividad con un bajo coste productivo y no competir en los mercados alimentarios.

En relación con el fomento de estos cultivos y del uso de la biomasa agraria en general, la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía puso en marcha, a través de su Secretaría General de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, un conjunto de estudios relativos a la producción y uso de biomasa agraria para producir energía. Igualmente se estableció un plan de ensayos con Cultivos Energéticos en fincas de titularidad pública que promoviese la introducción de estos cultivos en Andalucía. La Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero como entidad encargada desde su creación de la gestión y administración de las fincas públicas, es la responsable de estos ensayos que se iniciaron en la campaña 2006-2007.

Las especies que formaron parte del plan de ensayos durante la campaña en la que se puso en marcha (campaña 2006/07) fueron el cardo para producción de biomasa, el trigo para obtención de bioetanol y la colza para producción de biodiesel.

Durante la campaña 2007-2008 (a la que corresponde el presente informe), se han realizado ensayos con cultivos específicamente energéticos. En concreto como luego se verá, se han introducido especies innovadoras en el campo de la producción de biodiesel y la obtención de biomasa lignocelulósica, a la vez que se han continuado las experiencias iniciadas con *Cynara cardunculus*.

## 2. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El documento se estructura en nueve capítulos, aparte de un resumen que se incluye al principio. Precediendo al capítulo que nos ocupa se presenta un primer apartado dedicado a antecedentes en el que se enmarcan los ensayos con cultivos energéticos dentro de las actuaciones que para el fomento de la biomasa agraria ha puesto en marcha la Consejería de Agricultura y Pesca.

En el tercer capítulo del documento se especifican los objetivos de los ensayos, y en el cuarto se mencionan los cultivos que se han incluido, así como las fincas en las que se sitúan las parcelas de ensayo.

Seguidamente, se dedica un capítulo a caracterizar cada una de las fincas seleccionadas. Para ello se incluyen croquis de localización tanto de la finca como de las parcelas de ensayo, una ficha elaborada a tal fin en la que se resumen aspectos tales como la localización de la finca, superficie total, superficie dedicada a cada uno de los cultivos existentes incluyendo la correspondiente a los cultivos energéticos, destino de las producciones de biomasa obtenidas, características edafoclimáticas y del agua de riego<sup>1</sup> (en caso de tratarse de zonas regables). Asimismo, para un análisis más profundo de las mismas, se presenta la evolución de los datos climáticos durante las últimas campañas, en concreto, de las campañas transcurridas entre la 2001/02 y la 2006/07, así como la evolución mensual de los datos climáticos de la campaña 2007-2008.

Tras la descripción de las fincas, en el sexto capítulo se analizan las especies energéticas bajo ensayo. En concreto, para cada uno de los cultivos (sorgo papelero, caña común, paulownia, cardo y jatrofa) se presenta un itinerario teórico ideal y los costes de cultivo a él asociados, realizándose el seguimiento del cultivo a través de la descripción de las labores realizadas en cada etapa del cultivo y reflejando también cualquier otro acontecimiento de interés ocurrido durante el cultivo y/o comportamiento de los cultivos que se haya considerado de interés para profundizar en el conocimiento que se tiene de cada especie. En relación con las labores, se han diferenciado cuatro etapas de cultivo, que son las siguientes:

- **Presiembra:** incluye todas aquellas labores realizadas antes de la siembra (o trasplante) del cultivo, como las relacionadas con la preparación del terreno, la fertilización de fondo, y la aplicación de tratamientos herbicidas y fitosanitarios realizados antes de la siembra (o trasplante).
- **Siembra:** Incluye la siembra (o trasplante) y resiembra del cultivo, en caso de haberla, así como las labores relacionadas con la aplicación de tratamientos herbicidas y fitosanitarios de siembra (o trasplante).
- **Crecimiento:** Comprende el conjunto de labores desarrolladas tras la siembra, como la fertilización de cobertera, la aplicación de tratamientos herbicidas y fitosanitarios de crecimiento, y las dirigidas al mantenimiento del cultivo, como aclareo, escarda, riego, etc.

---

<sup>1</sup> La información relativa a características de los suelos y el agua de riego de las distintas fincas se han obtenido de los análisis realizados por la empresa AGQ (Agriquem, Agroalimentaria y Medio Ambiente) de Sevilla, excepto el análisis del agua de riego de la finca "La Parra" que se realizó en el Laboratorio Agroalimentario de Atarfe (Granada).

- **Recolección:** Incluye las labores de recolección y empaquetado del cultivo. Asimismo, en los casos en los que se dispone de información, en esta etapa también se ha incluido la información relacionada con el transporte de la cosecha.

Tras la descripción y seguimiento de las labores de cultivo, se presentan los resultados relacionados con la valoración energética de los biocombustibles derivados de cada uno de ellos, y las conclusiones sobre sus aptitudes como fuente de materia prima para la obtención de los mismos<sup>2</sup>.

En el capítulo siete se presenta una síntesis de las producciones y los rendimientos obtenidos y finalmente, en el último capítulo, se exponen las conclusiones que se derivan de los ensayos realizados.

### 3. OBJETIVOS

Los objetivos que se propone alcanzar con los ensayos con cultivos energéticos son los siguientes:

- Evaluar el comportamiento en campo de cultivos energéticos propiamente dichos y estudiar su adaptación a distintos sistemas productivos.
- Conocer los problemas y obstáculos a los que tiene que hacer frente un agricultor al poner en cultivo especies específicamente energéticas, en cuanto a aprovisionamiento de semillas (o material vegetal), manejo de cultivo, bajas productividades, falta de compradores, etc.
- Estudiar los costes en los que se incurre a la hora de implantar los cultivos ensayados<sup>3</sup>.
- Transferir y divulgar los resultados y experiencias en cuanto a la instauración, desarrollo e producciones potenciales de los cultivos bajo ensayo.

### 4. DISEÑO DEL PLAN DE ENSAYOS

Tras la experiencia acumulada en relación con el cultivo del cardo durante las dos últimas campañas, y con el estudio en la pasada de dos cultivos que tradicionalmente se destinan al consumo alimentario como son el trigo y la colza, los ensayos de la campaña 2007-2008 se han diseñado con el fin de analizar cultivos energéticos propiamente dichos, es decir, cultivos que presentan como único mercado de destino, el energético, no compitiendo con materias primas agrícolas para alimentación humana.

Partiendo del estudio y análisis de las características de cada cultivo así como de las prácticas culturales necesarias para su implantación y desarrollo en los territorios andaluces, y con el

---

<sup>2</sup> La información relativa a la valoración energética de los biocombustibles derivados de las especies incluidas en el Plan se ha obtenido de los análisis realizados por SEDEBISA (Secaderos de Biomasa, S.A.) en Puente Genil (Córdoba).

<sup>3</sup> Para estimar los costes de producción se han considerado plantaciones con una superficie media de 20 ha y, en el caso de los cultivos plurianuales, con ciclos de vida de 2-3 años. Los costes reales de los ensayos realizados no serían indicativos de situaciones reales ya que con ellos se persigue conocer la adaptabilidad de estas especies a distintos entornos y condiciones de cultivo en territorios andaluces, por lo que se han realizado labores y tratamientos determinados que no se aplicarían en condiciones reales de cultivo y que tampoco serían extrapolables a parcelas y/o plantaciones de mayor tamaño.

conocimiento acumulado de los recursos naturales y potenciales de cada una de las fincas que gestiona la Empresa, de la disponibilidad de maquinaria y demanda futura de la producción, se concluyó cuáles eran las fincas más idóneas en las que instaurar cada cultivo.

El diseño del plan de ensayos partió, por tanto, del conocimiento de los recursos naturales de cada explotación y de la valoración de las alternativas que permitían el desarrollo sostenible de sus aprovechamientos, y que a la vez hiciera compatible una gestión rentable, la mejora de las explotaciones, y la innovación y transferencia al sector.

## 4.1. Selección de cultivos

Como se ha comentado anteriormente, además de continuar con la experiencia en *Cynara cardunculus* iniciada en la campaña 2005-2006, se seleccionaron cuatro especies más, tres de ellas destinadas a la obtención de biomasa lignocelulósica y una para la elaboración de biodiesel. En concreto:

- *Sorghum bicolor*, *Arundo donax* y *Paulownia sp.* para producción de biomasa lignocelulósica.
- *Jatropha curcas* para producción de biodiesel.

Respecto a las especies instauradas para la producción de biomasa lignocelulósica, cabe señalar que se trata de las primeras experiencias realizadas con estas especies con destino energético en fincas públicas. Igualmente, la implantación de jatrofa es una acción innovadora en el ámbito andaluz de obtención de biodiesel. En cuanto al cardo, cabe indicar que su estudio como cultivo energético a implantar en los territorios andaluces se viene desarrollando desde hace algunos años con el objetivo de conocer sus potenciales aprovechamientos.

## 4.2. Selección de fincas y parcelas

### 4.2.1. Introducción

Como ya ocurriera en las campañas 2005-2006 y 2006-2007, la selección de las fincas en las que se establecieron los cultivos se realizó atendiendo a una serie de aspectos, en concreto, a las potencialidades agronómicas, las condiciones climáticas favorables a la adaptación de los cultivos elegidos, al emplazamiento adecuado que permitiese la demostración y el aprovisionamiento de las posibles empresas interesadas en la producción y a la disponibilidad de superficie suficiente para cubrir las expectativas de los ensayos.

En el capítulo siguiente se describen las fincas en las que se han instaurado los cultivos, así como sus principales características, tanto climáticas como edafológicas, y relativas al agua de riego empleada (en el caso de tratarse de plantaciones de regadío). En el apartado siguiente se indica la situación de las fincas donde se sitúan los ensayos así como la superficie dedicada a cada cultivo.

### 4.2.2. Situación

La Tabla 1 presenta las fincas en las que se han llevado a cabo ensayos con cultivos energéticos e incluye información respecto a su localización, cultivos instaurados y superficie dedicada a cada uno de ellos.



**Tabla 1** Fincas en las que se instauraron los cultivos (campaña 2007-2008).

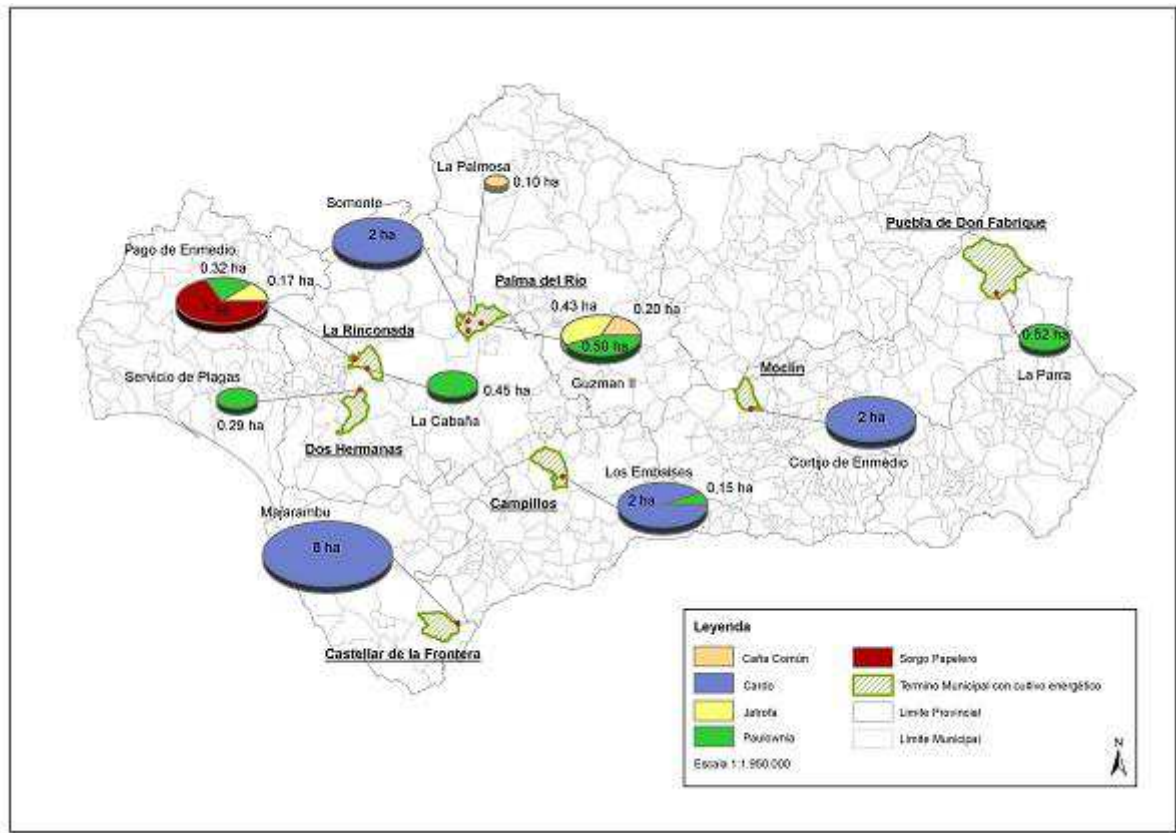
Cultivos destinados a la obtención de biomasa lignocelulósica			
Cultivo instaurado	Finca	Localización	Superficie (ha)
<b>Sorgo papelero</b>	"Pago de Enmedio"	La Rinconada (Sevilla)	1,00
	<b>Superficie total de sorgo papelero (ha)</b>		<b>1,00</b>
<b>Caña común</b>	"La Palmosa"	Palma del Río (Córdoba)	0,10
	"Guzmán II"		0,20
	<b>Superficie total de caña común (ha)</b>		<b>0,30</b>
<b>Paulownia</b>	"La Parra"	Puebla de Don Fadrique (Granada)	0,52
	"Pago de Enmedio"	La Rinconada (Sevilla)	0,32
	"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)	0,45
	"Servicio de Plagas"	Dos Hermanas (Sevilla)	0,29
	"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	0,50
	"Los Embalses"	Campillos (Málaga)	0,15
	<b>Superficie total de paulownia (ha)</b>		<b>2,23</b>
<b>Cardo</b>	"Majarambú"	Castellar de la Frontera (Cádiz)	8,00
	"Los Embalses"	Campillos (Málaga)	2,00
	"Somonte"	Palma del Río (Córdoba)	2,00
	"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)	2,00
	<b>Superficie total de cardo (ha)</b>		<b>14,00</b>
Cultivos destinados a la obtención de biodiésel			
Cultivo instaurado	Finca	Localización	Superficie (ha)
<b>Jatrofa</b>	"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	0,43
	"Pago de Enmedio"	La Rinconada (Sevilla)	0,17
	<b>Superficie total de jatrofa (ha)</b>		<b>0,60</b>
<b>SUPERFICIE TOTAL DEDICADA A CULTIVOS ENERGÉTICOS</b>			<b>18,13</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como ya se ha comentado anteriormente, el cardo se mantuvo en los mismos emplazamientos de campañas anteriores, a excepción del ensayo situado en "La Parra" que no ha continuado durante la campaña 2007/08.

La Imagen 1 muestra la distribución de las fincas, así como la superficie de los ensayos de cultivos energéticos.

**Imagen 1** Distribución de las fincas en las que se han llevado a cabo ensayos con cultivos energéticos y superficie de éstos.



Fuente: Elaboración propia.

## 5. CARACTERIZACIÓN DE LAS FINCAS DONDE SE INSTAURARON LOS ENSAYOS

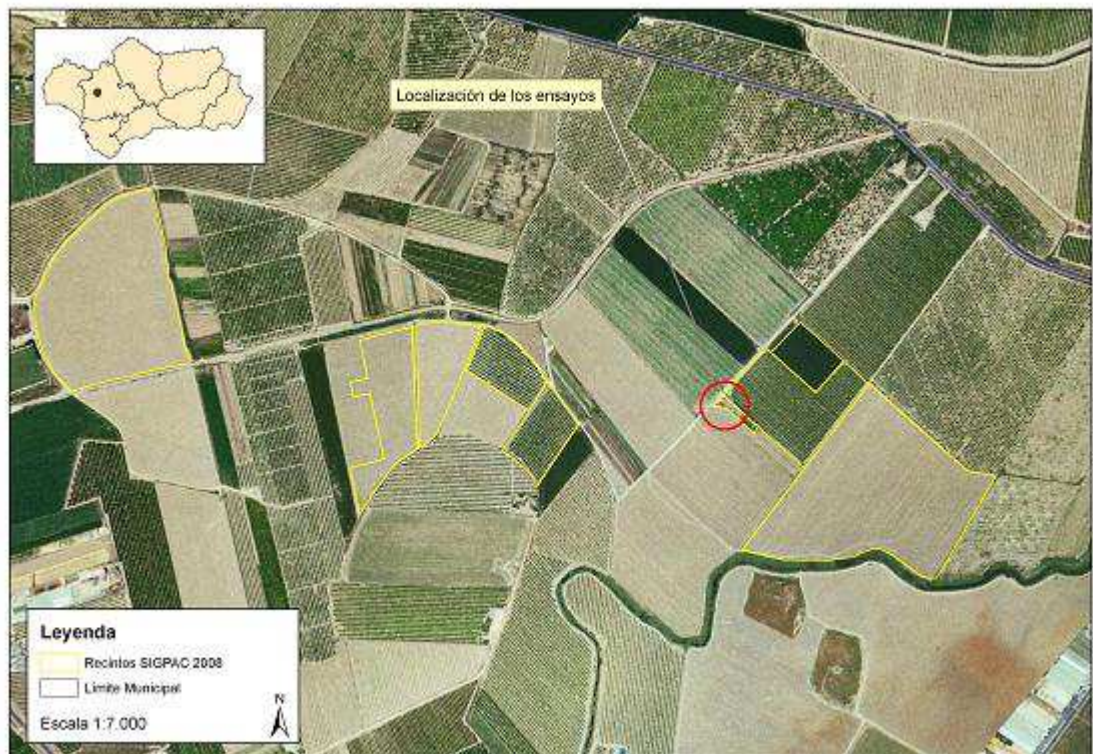
Tras presentar las fincas en las que se han llevado a cabo los ensayos de las especies energéticas, en el presente apartado se localiza cada una de ellas y se recogen sus características generales en una ficha elaborada para tal fin.

Igualmente, dada su importancia para el crecimiento y desarrollo óptimo de los cultivos, se presentan los principales parámetros climáticos<sup>4</sup> y los resultados de los análisis del agua de riego (en las fincas de regadío) de cada finca, así como las características más relevantes de los suelos de las parcelas dedicadas a los cultivos energéticos.

### 5.1. Pago de Enmedio

#### 5.1.1. Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 2** Croquis de localización de la finca “Pago de Enmedio” (La Rinconada, Sevilla) y de los ensayos con cultivos energéticos.



<sup>4</sup> Los datos climáticos corresponden a la campaña agrícola, es decir al periodo comprendido entre el 1 de septiembre y el 31 de agosto.

## 5.1.2. Descripción de la finca

### 5.1.2.1. Características generales

PAGO DE ENMEDIO		
Localización	La Rinconada (Sevilla)	
Superficie total de la finca	131,89 has	
Superficie por cultivo	Principales	Cítricos: 66,60 has Girasol: 47,57 has
	Energéticos	<b>Sorgo papelero: 1,00 has</b> <b>Paulownia: 0,32 has</b> <b>Jatrofa: 0,17 has</b>
} <b>Total: 1,49 has (regadío)</b>		
Destino cultivos energéticos	Sorgo papelero y paulownia: obtención de biomasa lignocelulósica Jatrofa: obtención de biodiesel	
Clima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediterráneo semicontinental de veranos cálidos y secos</li> <li>• Temperaturas medias de julio y agosto &gt; 28° C</li> <li>• Inviernos suaves: 6 – 10° C</li> </ul>	
Características edáficas de las parcelas dedicadas a cultivos energéticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo arcillo-limoso</li> <li>• pH fuertemente básico: baja disponibilidad de la mayor parte de los elementos minerales, especialmente fósforo y microelementos</li> <li>• Suelo pobre en materia orgánica (correctamente descompuesta)</li> <li>• Suelo pobre en nitrógeno: abonado de fondo escaso y/o bajo ritmo de mineralización de la materia orgánica</li> <li>• Adecuada disponibilidad de calcio, magnesio, potasio. Contenido en sodio moderado; escaso en fósforo</li> <li>• Bajo riesgo de dispersión de arcillas y compactación del suelo</li> <li>• Textura pesada, hecho que puede favorecer su compactación, limitando su permeabilidad y el desarrollo radicular de los cultivos</li> </ul>	
Agua de riego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua de salinidad alta, solamente apta para el riego de cultivos tolerantes y en suelos sin problemas de permeabilidad (que presenten buen drenaje)</li> <li>• Aporte de sales altos, lo que requiere unas buenas condiciones de lavado para evitar la salinización del perfil</li> <li>• Bajo riesgo de sodificación del suelo</li> <li>• Contenido muy elevado en calcio y magnesio; alto en sodio; normal en potasio</li> <li>• Agua rica en nitratos; contenido elevado en bicarbonatos, cloruros y sulfatos</li> <li>• Contenido algo alto en manganeso y cobre; escaso en boro, hierro y zinc</li> </ul>	

### 5.1.2.2. Parámetros climáticos

**Tabla 2** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Pago de Enmedio” (La Rinconada, Sevilla) entre las campañas 2001-2002 y 2006-2007.

Campaña	Tª máxima media (°C)	Tª mínima media (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima media (%)	Precipitación (mm)
2001/02	24,36	11,28	17,46	40,80	-0,30	88,84	520,60
2002/03	24,75	11,64	17,94	45,90	-1,10	88,98	637,00
2003/04	24,43	11,68	17,84	43,60	-1,90	85,99	785,00
2004/05	25,13	9,40	17,37	40,60	-8,30	83,96	221,40
2005/06	24,42	10,82	17,32	41,90	-1,30	85,15	445,60
2006/07	24,51	10,78	17,34	42,40	-2,70	87,84	625,40
<b>MEDIA</b>	<b>24,60</b>	<b>10,94</b>	<b>17,55</b>	<b>42,53</b>	<b>-2,60</b>	<b>86,79</b>	<b>539,17</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

**Tabla 3** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Pago de Enmedio” (La Rinconada, Sevilla) durante la campaña 2007-2008.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	30,38	16,27	22,99	37,20	13,30	88,25	42,80
Octubre	26,13	12,58	18,83	31,50	7,70	82,77	22,60
Noviembre	20,44	7,28	13,08	27,10	2,90	80,76	91,40
Diciembre	15,91	4,69	9,49	19,60	-0,30	90,54	15,00
Enero	16,91	5,73	10,84	21,30	0,70	91,02	44,80
Febrero	19,24	8,82	13,39	22,90	3,00	87,06	68,40
Marzo	21,57	7,03	14,06	27,50	1,00	84,71	20,00
Abril	23,36	10,51	16,78	31,00	6,20	82,56	165,40
Mayo	24,69	12,16	18,28	31,30	8,50	87,58	51,40
Junio	33,40	15,31	24,82	40,60	10,40	82,72	0,00
Julio	34,71	17,10	25,92	37,90	13,80	83,43	4,80
Agosto	34,85	16,63	25,85	39,60	12,30	81,81	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>25,13</b>	<b>11,18</b>	<b>17,86</b>	<b>30,63</b>	<b>6,63</b>	<b>85,27</b>	<b>526,60</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

### 5.1.2.3. Suelos dedicados a los cultivos energéticos y análisis del agua de riego

**Tabla 4** Principales parámetros edafológicos de las parcelas de la finca “Pago de Enmedio” en las que se implantaron sorgo papelero, paulownia y jatrofa en la campaña 2007-2008.

Propiedades físicas		
Granulometría	Arcilla	40,00 %
	Limo	45,00 %
	Arena	15,00%
Textura (Clasificación U.S.D.A)	<b>Arcillo – Limosa</b>	
Propiedades químicas		
pH (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	8,23	
C.E. 20° C (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	350,00 µS/cm	
Caliza activa (% CaCO <sub>3</sub> )	5,63 %	
Materia orgánica (Walkey-Black)	1,2 %	
Nitrógeno (Dumas)	747,40 mg/Kg	
Fósforo disponible	19,06 mg/Kg	
Calcio disponible	13,66 meq/100 g	
Magnesio disponible	2,88 meq/100 g	
Potasio disponible	0,97 meq/100 g	
Sodio disponible	0,72 meq/100 g	
Relaciones de interés		
C/N (Relación carbono-nitrógeno)	9,33	
Ca/Na (Relación calcio-sodio)	19,00	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).

**Tabla 5** Principales parámetros descriptivos del agua de riego utilizada en las parcelas de la finca “Pago de Enmedio” en las que se implantaron sorgo papelero, paulownia y jatrofa en la campaña 2007-2008.

Propiedades químicas					
pH	8,08	Residuo calculado (g/l)		0,05	
		Presión osmótica (atm)		0,73	
C.E. (µS/cm a 25° C)	2.019,60	Dureza total (° F)		97,13	
		Tasa de absorción de sodio (S.A.R)		2,32	
Composición química					
Cationes	meq/l	mg/l	Aniones	meq/l	mg/l
Calcio	11,75	235,39	Alcalinidad (bicarbonatos)	6,98	425,79
Magnesio	7,68	93,31	Cloruros	8,04	284,98
Sodio	7,22	165,95	Nitratos	0,98	60,51
Potasio	< 0,05	< 0,02	Sulfatos (Azufre)	9,27	444,75
<b>SUMA DE CATIONES</b>	<b>26,69</b>	<b>496,65</b>	<b>SUMA DE ANIONES</b>	<b>25,26</b>	<b>1.216,03</b>
Oligoelementos	mg/l		Oligoelementos	mg/l	
Boro	< 0,05		Cobre	0,28	
Hierro	< 0,05		Zinc	0,10	
Manganeso	0,20				
Relaciones e índices de interés					
Ca/Mg	1,50		Índice de Scott	7,10	
Carbonato sódico residual (meq/l)	- 12,40		Clasificación U.S. Soil Salinity Laboratory	<b>C3 S1</b>	

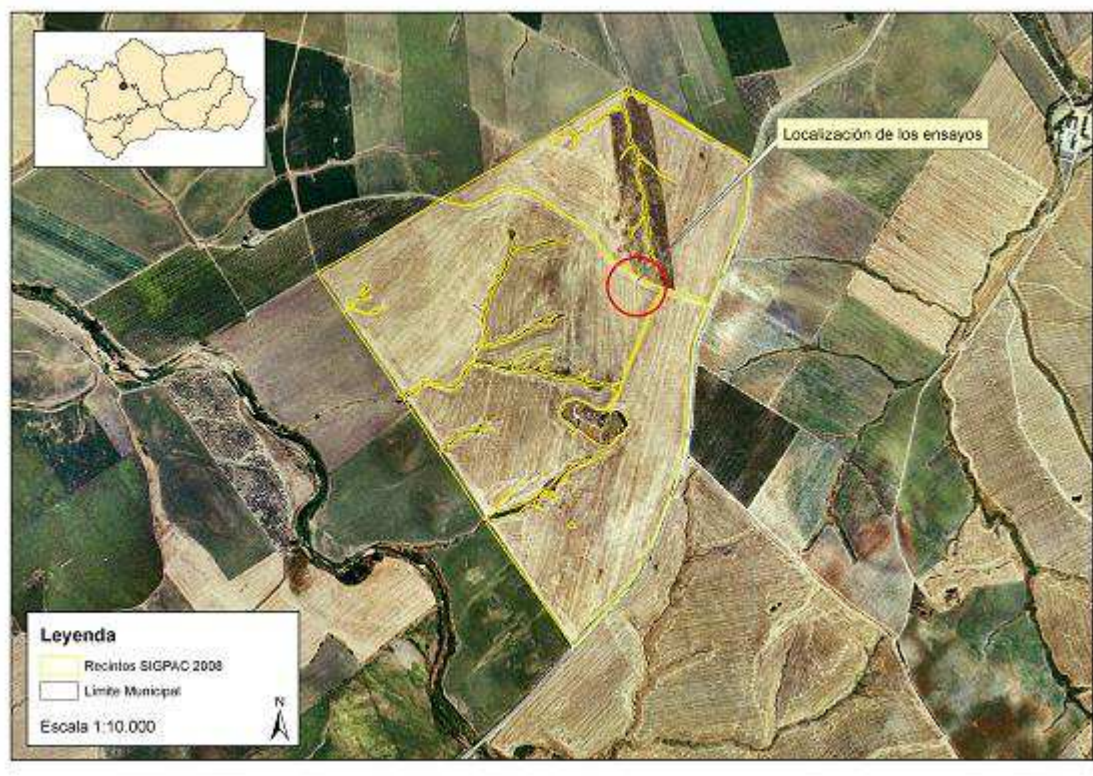
Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).



## 5.2. La Palmosa

### 5.2.1. Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 3** Croquis de localización de la finca “La Palmosa” (Palma del Río, Córdoba).



### 5.2.2. Descripción de la finca

#### 5.2.2.1. Características generales

LA PALMOSA		
Localización	Palma del Río (Córdoba)	
Superficie total de la finca	112,88 has	
Superficie por cultivo	Principales	Triticale: 101,88 has
	Energéticos	<b>Caña común: 0,10 has (secano)</b>
Destino cultivos energéticos	Obtención de biomasa lignocelulósica	

## LA PALMOSA

### Clima

- Mediterráneo semicontinental de veranos cálidos y secos
- Temperaturas medias de julio y agosto > 28° C
- Inviernos suaves: 6 – 10° C

### Características edáficas de las parcelas dedicadas a cultivos energéticos

- Suelo franco-arcillo-arenoso
- pH básico: disponibilidad limitada de la mayor parte de los elementos minerales, especialmente fósforo y microelementos
- Nivel adecuado de materia orgánica, hecho que beneficia sobre el complejo de cambio y la estructura del suelo. Asimismo, la materia orgánica se presenta muy poco descompuesta lo que puede reducir temporalmente el nitrógeno disponible en el suelo
- Suelo pobre en nitrógeno: abonado escaso y/o bajo ritmo de mineralización de la materia orgánica
- Adecuada disponibilidad de calcio y potasio. Moderada en el caso del sodio y escasa en magnesio
- Bajo riesgo de dispersión de arcillas y compactación de suelos
- Textura del suelo sin limitaciones para el cultivo

## 5.2.2.2. Parámetros climáticos

**Tabla 6** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “La Palmosa” (Palma del río, Córdoba) entre las campañas 2001-2002 y 2006-2007.

Campaña	Tª máxima media (°C)	Tª mínima media (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima media (%)	Precipitación (mm)
2001/02	24,32	11,85	17,80	39,90	0,70	82,71	503,00
2002/03	24,48	12,45	18,31	44,90	-0,50	82,65	639,40
2003/04	24,12	12,47	18,03	43,30	-0,90	81,77	698,20
2004/05	25,29	11,32	18,09	43,50	-5,50	75,71	241,00
2005/06	24,91	12,18	18,26	42,90	-0,20	79,27	576,20
2006/07	24,72	11,70	17,95	43,60	-1,90	82,36	570,00
<b>MEDIA</b>	<b>24,64</b>	<b>12,00</b>	<b>18,07</b>	<b>43,02</b>	<b>-1,38</b>	<b>80,75</b>	<b>537,97</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

**Tabla 7** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “La Palmosa” (Palma del Río, Córdoba).

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	31,28	16,98	23,73	37,40	13,50	83,44	32,20
Octubre	26,35	11,35	18,27	31,50	5,00	86,01	18,80
Noviembre	20,37	4,79	11,65	27,30	-0,80	83,09	112,40
Diciembre	16,07	3,57	8,76	20,20	-1,10	89,54	18,20
Enero	16,57	4,55	10,00	21,50	0,10	90,39	70,40
Febrero	19,11	7,07	12,47	24,00	2,30	88,09	49,40
Marzo	21,76	5,61	13,45	28,10	-0,30	85,95	7,40
Abril	24,07	9,76	16,52	31,70	5,60	84,79	208,00
Mayo	24,63	12,38	18,12	32,50	7,00	87,41	74,40
Junio	33,83	15,30	24,86	41,20	10,60	80,08	0,00
Julio	36,29	17,67	27,15	41,40	13,80	73,45	0,00
Agosto	36,60	18,01	27,51	41,10	13,00	69,98	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>25,58</b>	<b>11,18</b>	<b>17,86</b>	<b>31,49</b>	<b>5,73</b>	<b>85,27</b>	<b>526,60</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

### 5.2.2.3. Suelos dedicados a los cultivos energéticos

**Tabla 8** Principales parámetros edafológicos de la parcela de la finca “La Palmosa” en la que se instauró caña común en la campaña 2007-2008.

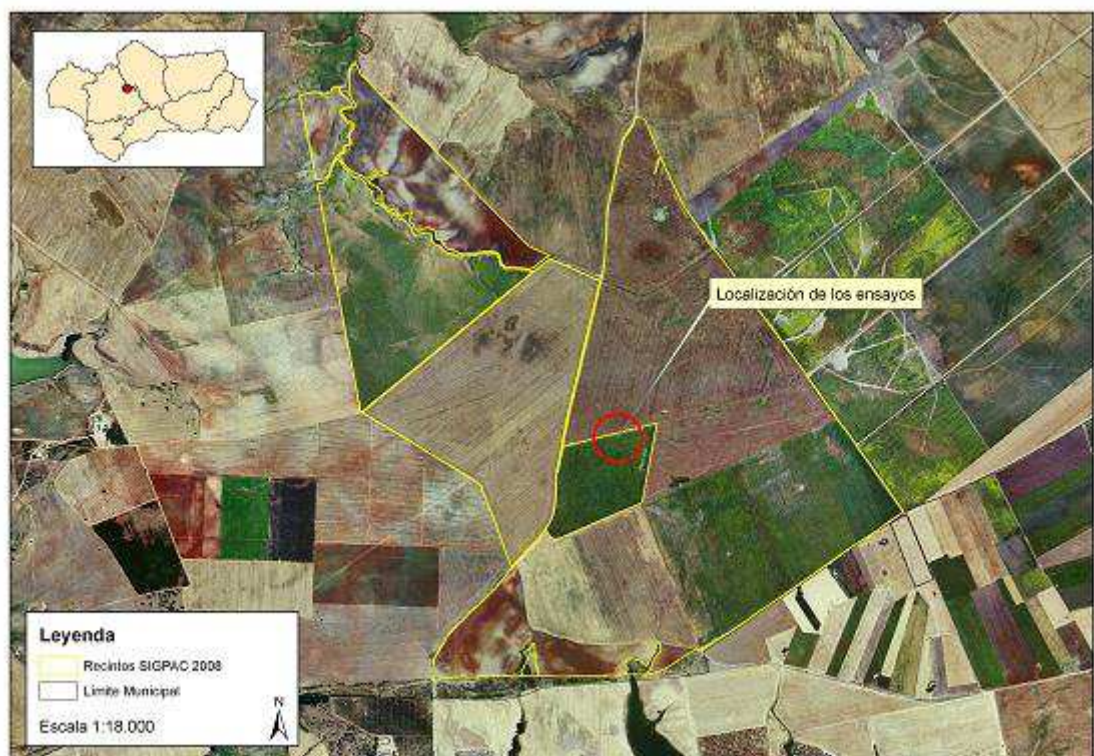
Propiedades físicas		
Granulometría	Arcilla	25,00 %
	Limo	15,00 %
	Arena	60,00 %
Textura (Clasificación U.S.D.A)	Franco – Arcillo - Arenosa	
Propiedades químicas		
pH (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	8,14	
C.E. 20° C (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	89,40 µS/cm	
Caliza activa (% CaCO <sub>3</sub> )	< 0,50 %	
Materia orgánica (Walkey-Black)	1,97 %	
Nitrógeno (Dumas)	690,60 mg/Kg	
Fósforo disponible	17,53 mg/Kg	
Calcio disponible	15,69 meq/100 g	
Magnesio disponible	0,62 meq/100 g	
Potasio disponible	1,18 meq/100 g	
Sodio disponible	0,34 meq/100 g	
Relaciones de interés		
C/N (Relación carbono-nitrógeno)	16,53	
Ca/Na (Relación calcio-sodio)	46,10	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).

## 5.3. Guzmán II

### 5.3.1. Localización de la finca y los ensayos

Imagen 4 Croquis de localización de la finca “Guzmán II” (Palma del Río, Córdoba).



### 5.3.2. Descripción de la finca

#### 5.3.2.1. Características generales

GUZMÁN II		
Localización	Palma del Río (Córdoba)	
Superficie total de la finca	403,69 has	
Superficie por cultivo	Principales	Girasol: 127,73 has Trigo blando: 104,68 has Trigo duro: 101,36 has Cebada: 61,25 has
	Energéticos	Caña común: 0,20 has Paulownia: 0,50 has Jatrofa: 0,43 has
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; background-color: #006633; color: white;">Total: 1,13 has (regadío)</div>		

<b>GUZMÁN II</b>	
<b>Destino cultivos energéticos</b>	Caña común y paulownia: obtención de biomasa lignocelulósica Jatrofa: obtención de biodiésel
<b>Clima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediterráneo semicontinental de veranos cálidos y secos</li> <li>• Temperaturas medias de julio y agosto &gt; 28° C</li> <li>• Inviernos suaves: 6 – 10° C</li> </ul>
<b>Características edáficas de las parcelas dedicadas a cultivos energéticos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo franco-arcilloso</li> <li>• pH básico: disponibilidad limitada de la mayor parte de los elementos minerales, especialmente fósforo y microelementos</li> <li>• Suelo pobre en materia orgánica, hecho que no favorece el complejo de cambio ni a la estructura del suelo. Asimismo, la materia orgánica se presenta poco descompuesta lo que puede reducir temporalmente el nitrógeno disponible en el suelo</li> <li>• Suelo muy pobre en nitrógeno: abonado de fondo escaso y/o ritmo de mineralización de la materia orgánica muy bajo</li> <li>• Suelo rico en fósforo. Baja disponibilidad de calcio y potasio. Adecuada en el caso del magnesio. Contenido moderado de sodio</li> <li>• Bajo riesgo de dispersión de arcillas y compactación de suelos</li> <li>• Textura pesada del suelo: puede favorecer su compactación, limitando su permeabilidad y el desarrollo radicular del cultivo</li> </ul>
<b>Agua de riego</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua de salinidad alta, solamente apta para el riego de cultivos tolerantes y en suelos sin problemas de permeabilidad (que presenten buen drenaje)</li> <li>• Aporte alto de sales, lo que requiere una buenas condiciones de lavado para evitar la salinización del perfil</li> <li>• Agua muy dura: presenta alto riesgo de formación de precipitados en la instalación de riego</li> <li>• No existe riego de sodificación del suelo</li> <li>• Contenido muy elevado en calcio y magnesio; normal en potasio</li> <li>• Agua rica en nitratos; contenido muy elevado en cloruros; elevado en bicarbonatos; bajo en sulfatos</li> <li>• Escaso contenido en boro, hierro, cobre y zinc</li> </ul>

### 5.3.2.2. Parámetros climáticos

**Tabla 9** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Guzmán II” (Palma del Río, Córdoba) entre las campañas 2001-2002 y 2006-2007.

Campaña	Tª máxima media (°C)	Tª mínima media (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima media (%)	Precipitación (mm)
2001/02	24,32	11,85	17,80	39,90	0,70	82,71	503,00
2002/03	24,48	12,45	18,31	44,90	-0,50	82,65	639,40
2003/04	24,12	12,47	18,03	43,30	-0,90	81,77	698,20
2004/05	25,29	11,32	18,09	43,50	-5,50	75,71	241,00
2005/06	24,91	12,18	18,26	42,90	-0,20	79,27	576,20
2006/07	24,72	11,70	17,95	43,60	-1,90	82,36	570,00
<b>MEDIA</b>	<b>24,64</b>	<b>12,00</b>	<b>18,07</b>	<b>43,02</b>	<b>-1,38</b>	<b>80,75</b>	<b>537,97</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).



**Tabla 10** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Guzmán II” (Palma del Río, Córdoba) durante la campaña 2007-2008.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	31,28	16,98	23,73	37,40	13,50	83,44	32,20
Octubre	26,35	11,35	18,27	31,50	5,00	86,01	18,80
Noviembre	20,37	4,79	11,65	27,30	-0,80	83,09	112,40
Diciembre	16,07	3,57	8,76	20,20	-1,10	89,54	18,20
Enero	16,57	4,55	10,00	21,50	0,10	90,39	70,40
Febrero	19,11	7,07	12,47	24,00	2,30	88,09	49,40
Marzo	21,76	5,61	13,45	28,10	-0,30	85,95	7,40
Abril	24,07	9,76	16,52	31,70	5,60	84,79	208,00
Mayo	24,63	12,38	18,12	32,50	7,00	87,41	74,40
Junio	33,83	15,30	24,86	41,20	10,60	80,08	0,00
Julio	36,29	17,67	27,15	41,40	13,80	73,45	0,00
Agosto	36,60	18,01	27,51	41,10	13,00	69,98	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>25,58</b>	<b>11,18</b>	<b>17,86</b>	<b>31,49</b>	<b>5,73</b>	<b>85,27</b>	<b>526,60</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

### 5.3.2.3. Suelo dedicados a los cultivos energéticos y análisis del agua de riego

**Tabla 11** Principales parámetros edafológicos de las parcelas de la finca “Guzmán II” en las que se implantaron caña común, paulownia y jatrofa en la campaña 2007-2008.

Propiedades físicas		
Granulometría	Arcilla	35,00 %
	Limo	45,00 %
	Arena	20,00 %
Textura (Clasificación U.S.D.A)	Franco - Arcillosa	
Propiedades químicas		
pH (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	7,72	
C.E. 20° C (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	167,10 µS/cm	
Caliza activa (% CaCO <sub>3</sub> )	< 0,50 %	
Materia orgánica (Walkey-Black)	1,18 %	
Nitrógeno (Dumas)	223,20 mg/Kg	
Fósforo disponible	67,40 mg/Kg	
Calcio disponible	7,88 meq/100 g	
Magnesio disponible	1,63 meq/100 g	
Potasio disponible	0,42 meq/100 g	
Sodio disponible	0,43 meq/100 g	
Relaciones de interés		
C/N (Relación carbono-nitrógeno)	29,42	
Ca/Na (Relación calcio-sodio)	18,40	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).

**Tabla 12** Principales parámetros del agua de riego utilizada en las parcelas de la finca “Guzmán II” en las que se implantaron caña común, paulownia y jatrofa en la campaña 2007-2008.

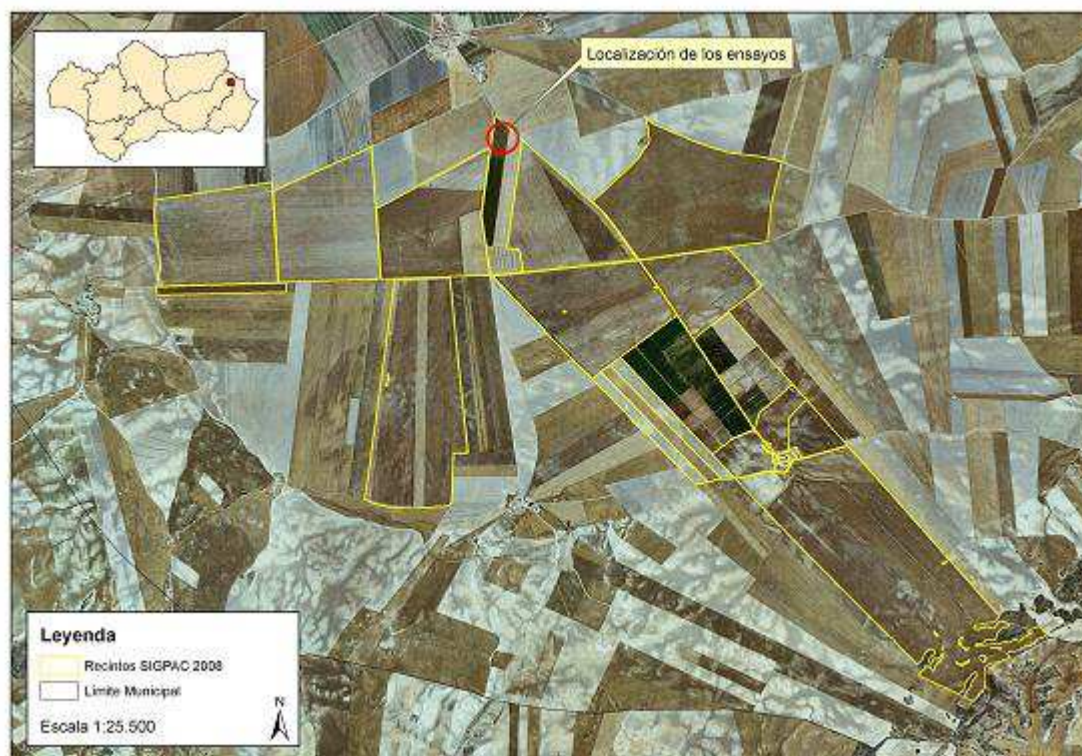
Propiedades químicas					
pH	7,82	Residuo calculado (g/l)		0,05	
		Presión osmótica (atm)		0,85	
C.E. (µS/cm a 25° C)	2.367,20	Dureza total (° F)		83,4	
		Tasa de absorción de sodio (S.A.R)		3,23	
Composición química					
Cationes	meq/l	mg/l	Aniones	meq/l	mg/l
Calcio	12,32	246,80	Alcalinidad (Bicarbonatos)	5,45	332,69
Magnesio	4,37	53,04	Cloruros	16,97	601,72
Sodio	9,33	214,70	Nitratos	1,31	81,49
Potasio	0,10	4,05	Sulfatos (Azufre)	1,04	50,15
<b>SUMA DE CATIONES</b>	<b>26,12</b>	<b>518,59</b>	<b>SUMA DE ANIONES</b>	<b>24,79</b>	<b>1.066,05</b>
Oligoelementos	mg/l		Oligoelementos	mg/l	
Boro	0,15		Cobre	< 0,05	
Hierro	< 0,05		Zinc	< 0,05	
Manganeso	< 0,005				
Relaciones e índices de interés					
Ca/Mg	2,80		Índice de Scott	3,40	
Carbonato sódico residual (meq/l)	- 11,20		Clasificación U.S. Soil Salinity Laboratory	C4 S4	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).

## 5.4. La Parra

### 5.4.1. Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 5** Croquis de localización de la finca “La Parra” (Puebla de Don Fadrique, Granada).



### 5.4.2. Descripción de la finca

#### 5.4.2.1. Características generales

LA PARRA		
Localización	Puebla de Don Fadrique (Granada)	
Superficie total de la finca	688,42 has	
Superficie por cultivo	Principales	Cebada: 221,66 has Guisante: 152,76 has Yeros: 125,36 has Avena: 99,33 has
	Energéticos	<b>Paulownia: 0,52 has (regadío)</b>

<b>LA PARRA</b>	
<b>Destino cultivos energéticos</b>	Obtención de biomasa lignocelulósica
<b>Clima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediterráneo continental de inviernos fríos (temperaturas medias en invierno por debajo de los 6 – 7º C)</li> <li>• Pluviometría muy escasa, inferior a 400 mm (precipitaciones primaverales importantes; sequía estival no absoluta)</li> </ul>
<b>Características edáficas de las parcelas dedicadas a cultivos energéticos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo arcillo-arenoso</li> <li>• pH fuertemente básico: baja disponibilidad de los elementos minerales, especialmente fósforo y microelementos</li> <li>• Alto contenido en materia orgánica: poco descompuesta</li> <li>• Contenido normal en nitrógeno: abonado de fondo adecuado y/o ritmo de mineralización de la materia orgánica normal</li> <li>• Elevada disponibilidad de magnesio y potasio; muy buena en el caso del calcio</li> <li>• Contenido en sodio muy elevado; normal en el caso del fósforo</li> <li>• Bajo riesgo de dispersión de arcillas y compactación del suelo</li> <li>• Textura pesada del suelo: puede favorecer su compactación, limitando su permeabilidad y el desarrollo radicular del cultivo</li> </ul>
<b>Agua de riego</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad</li> <li>• Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos, si bien pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio</li> <li>• Agua muy dura</li> <li>• Bajo riesgo de sodificación</li> <li>• Contenido elevado en magnesio; moderado en potasio y sodio</li> <li>• Contenido normal en bicarbonatos, cloruros y sulfatos</li> <li>• Escaso contenido en boro</li> </ul>

### 5.4.2.2. Parámetros climáticos

**Tabla 13** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “La Parra ” (Puebla de Don Fadrique, Granada) entre las campañas 2001-2002 y 2006-2007.

Campaña	Tª máxima media (°C)	Tª mínima media (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima media (%)	Precipitación (mm)
2001/02	19,88	5,66	12,56	35,60	-8,20	85,24	335,40
2002/03	20,13	6,02	13,04	37,90	-10,00	84,81	274,40
2003/04	19,38	5,81	12,33	38,30	-9,20	88,35	417,60
2004/05	20,68	5,35	12,86	39,30	-15,90	82,75	166,20
2005/06	19,73	5,77	12,67	37,80	-15,50	87,36	368,80
2006/07	19,93	6,01	12,83	37,30	-6,60	86,50	331,20
<b>MEDIA</b>	<b>19,96</b>	<b>5,77</b>	<b>12,72</b>	<b>37,70</b>	<b>-10,90</b>	<b>85,84</b>	<b>315,60</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

**Tabla 14** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “La Parra” (Puebla de Don Fadrique, Granada) durante la campaña 2007-2008.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	24,90	11,22	17,77	30,40	7,60	88,86	58,00
Octubre	17,97	6,53	12,22	27,50	0,00	92,61	34,80
Noviembre	14,97	-1,05	6,63	20,10	-7,80	88,10	7,00
Diciembre	10,99	-2,19	3,75	16,60	-8,40	92,94	3,60
Enero	12,48	-1,73	4,81	18,40	-8,60	92,82	12,00
Febrero	11,94	1,02	6,18	18,80	-6,10	92,16	15,20
Marzo	16,41	1,54	8,95	23,20	-8,00	80,23	9,80
Abril	18,60	3,89	11,40	26,80	-0,90	82,56	29,60
Mayo	20,03	7,31	13,45	27,30	3,40	86,59	50,80
Junio	26,79	10,49	18,88	34,50	5,30	84,32	93,40
Julio	31,23	13,97	22,87	34,70	11,00	76,93	1,20
Agosto	31,59	14,17	22,88	36,00	9,80	76,98	3,60
<b>MEDIA</b>	<b>19,82</b>	<b>5,43</b>	<b>12,48</b>	<b>26,19</b>	<b>-0,23</b>	<b>86,26</b>	<b>319,00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

### 5.4.2.3. Suelo dedicado a los cultivos energéticos y análisis del agua de riego

**Tabla 15** Principales parámetros edafológicos de la parcela de la finca “La Parra” en la que se implantó paulownia en la campaña 2007-2008.

Propiedades físicas		
Granulometría	Arcilla	35,00 %
	Limo	15,00 %
	Arena	50,00 %
Textura (Clasificación U.S.D.A)	Arcillo - Arenosa	
Propiedades químicas		
pH (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	8,59	
C.E. 20° C (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	205 µS/cm	
Caliza activa (% CaCO <sub>3</sub> )	4,86 %	
Materia orgánica (Walkey-Black)	2,63 %	
Nitrógeno (Dumas)	1.230,30 mg/Kg	
Fósforo disponible	30,69 mg/Kg	
Calcio disponible	18,26 meq/100 g	
Magnesio disponible	6,09 meq/100 g	
Potasio disponible	1,24 meq/100 g	
Sodio disponible	1,89 meq/100 g	
Relaciones de interés		
C/N (Relación carbono-nitrógeno)	12,42	
Ca/Na (Relación calcio-sodio)	9,70	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).



**Tabla 16** Principales parámetros del agua de riego utilizada en la parcela de la finca “La Parra” en la que se implantó paulownia en la campaña 2007-2008.

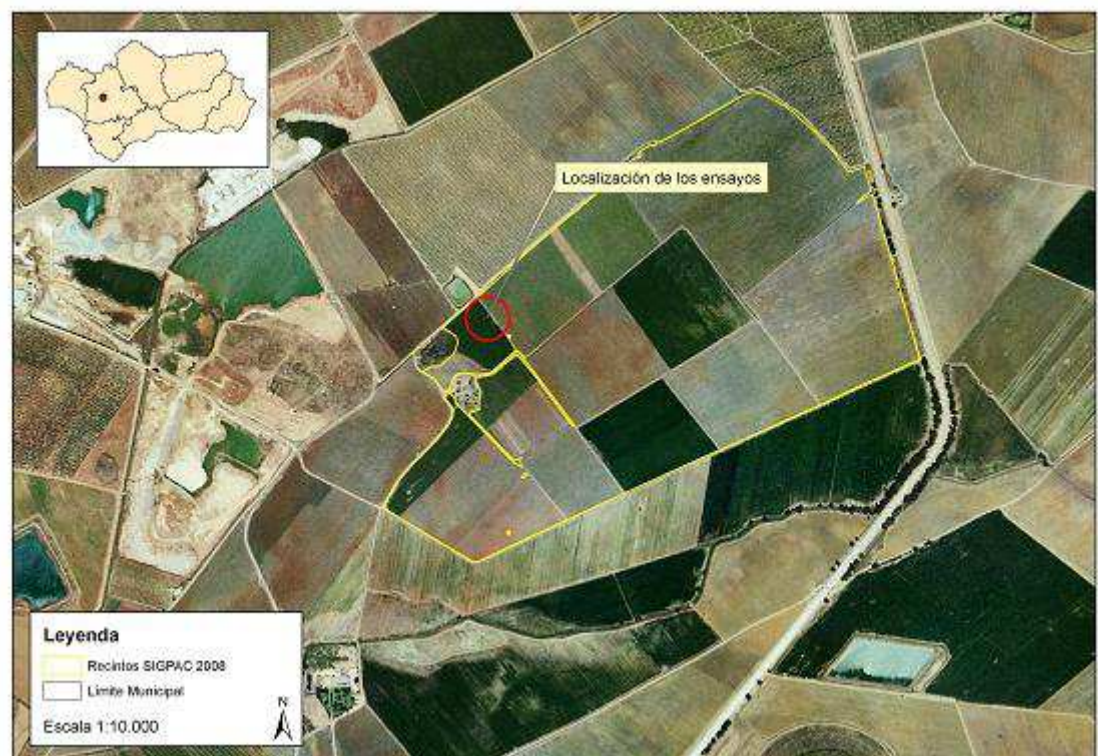
Propiedades químicas					
pH	7,40	Residuo calculado (g/l)	-		
		Presión osmótica (atm)	-		
C.E. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20° C)	1.130,00	Dureza (mg carbonato cálcico/l)	441,00		
		Tasa de absorción de sodio (S.A.R)	2,40		
Composición química					
Cationes	meq/l	mg/l	Aniones	meq/l	mg/l
Calcio	4,54	91,00	Alcalinidad (bicarbonatos)	4,11	251,00
Magnesio	4,28	52,00	Cloruros	5,61	199,00
Sodio	5,05	116,00	Nitratos	-	-
Potasio	5,47	2,19	Sulfatos (Azufre)	3,52	169,00
<b>SUMA DE CATIONES</b>	<b>19,34</b>	<b>261,19</b>	<b>SUMA DE ANIONES</b>	<b>13,24</b>	<b>619,00</b>
Oligoelementos	mg/l		Oligoelementos	mg/l	
Boro	< 0,20		Cobre	-	
Hierro	-		Zinc	-	
Manganeso	-				
Relaciones e índices de interés					
Ca/Mg	<b>2,80</b>		Índice de Scott	<b>3,40</b>	
Carbonato sódico residual (meq/l)	<b>- 11,20</b>		Clasificación U.S. Soil Salinity Laboratory	<b>C3 S1</b>	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por el Laboratorio Agroalimentario de Atarfe (2008).

## 5.5. La Cabaña

### 5.5.1. Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 6** Croquis de localización de la finca “La Cabaña” (La Rinconada, Sevilla).



### 5.5.2. Descripción de la finca

#### 5.5.2.1. Características generales

LA CABAÑA	
Localización	La Rinconada (Sevilla)
Superficie total de la finca	32,08 has
Superficie por cultivo	Principales Cebada: 21,58 has Habas: 9,50 has
	Energéticos <b>Paulownia: 0,45 has (regadío)</b>
Destino cultivos energéticos	Obtención de biomasa lignocelulósica

<b>LA CABAÑA</b>	
<b>Clima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediterráneo semicontinental de veranos cálidos y secos</li> <li>• Temperaturas medias de julio y agosto &gt; 28° C</li> <li>• Inviernos suaves: 6 – 10° C</li> </ul>
<b>Características edáficas de las parcelas dedicadas a cultivos energéticos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo arcilloso</li> <li>• pH básico: disponibilidad limitada de la mayor parte de los elementos minerales, especialmente fósforo y microelementos</li> <li>• Suelo pobre en materia orgánica, muy poco descompuesta, hecho que puede reducir temporalmente el nitrógeno disponible en el suelo</li> <li>• Suelo muy pobre en nitrógeno: abonado de fondo escaso y/o ritmo de mineralización de la materia orgánica muy bajo</li> <li>• Disponibilidad muy elevada en calcio, elevada en magnesio, potasio y sodio, y normal en fósforo</li> <li>• Bajo riesgo de dispersión de arcillas y compactación del suelo</li> </ul>
<b>Agua de riego</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua de salinidad alta, solamente apta para el riego de cultivos tolerantes y en suelos sin problemas de permeabilidad (que presenten buen drenaje)</li> <li>• Aporte de sales muy elevado, lo que requiere unas condiciones de lavado muy buenas para evitar la salinización del perfil</li> <li>• Agua muy dura: presenta alto riesgo de formación de precipitados en la instalación de riego</li> <li>• No existe riego de sodificación del suelo</li> <li>• Contenido muy elevado en calcio, magnesio y sodio; normal en potasio</li> <li>• Agua muy rica en nitratos. Contenido muy alto en cloruros y sulfatos, y alto en bicarbonatos</li> <li>• Escaso contenido en boro, hierro, cobre y zinc</li> <li>• Agua con contenido medio en sodio: peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos)</li> </ul>

### 5.5.2.2. Parámetros climáticos

**Tabla 17** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “La Cabaña” (La Rinconada, Sevilla) entre las campañas 2001-2002 y 2006-2007.

Campaña	Tª máxima media (°C)	Tª mínima media (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima media (%)	Precipitación (mm)
2001/02	24,36	11,28	17,46	40,80	-0,30	88,84	520,60
2002/03	24,75	11,64	17,94	45,90	-1,10	88,98	637,00
2003/04	24,43	11,68	17,84	43,60	-1,90	85,99	785,00
2004/05	25,13	9,40	17,37	40,60	-8,30	83,96	221,40
2005/06	24,42	10,82	17,32	41,90	-1,30	85,15	445,60
2006/07	24,51	10,78	17,34	42,40	-2,70	87,84	625,40
<b>MEDIA</b>	<b>24,60</b>	<b>10,94</b>	<b>17,55</b>	<b>42,53</b>	<b>-2,60</b>	<b>86,79</b>	<b>539,17</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

**Tabla 18** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “La Cabaña” (La Rinconada, Sevilla) durante la campaña 2007-2008.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	30,38	16,27	22,99	37,20	13,30	88,25	42,80
Octubre	26,13	12,58	18,83	31,50	7,70	82,77	22,60
Noviembre	20,44	7,28	13,08	27,10	2,90	80,76	91,40
Diciembre	15,91	4,69	9,49	19,60	-0,30	90,54	15,00
Enero	16,91	5,73	10,84	21,30	0,70	91,02	44,80
Febrero	19,24	8,82	13,39	22,90	3,00	87,06	68,40
Marzo	21,57	7,03	14,06	27,50	1,00	84,71	20,00
Abril	23,36	10,51	16,78	31,00	6,20	82,56	165,40
Mayo	24,69	12,16	18,28	31,30	8,50	87,58	51,40
Junio	33,40	15,31	24,82	40,60	10,40	82,72	0,00
Julio	34,71	17,10	25,92	37,90	13,80	83,43	4,80
Agosto	34,85	16,63	25,85	39,60	12,30	81,81	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>25,13</b>	<b>11,18</b>	<b>17,86</b>	<b>30,63</b>	<b>6,63</b>	<b>85,27</b>	<b>526,60</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

### 5.5.2.3. Suelo dedicado a los cultivos energéticos y análisis del agua de riego

**Tabla 19** Principales parámetros edafológicos de la parcela de la finca “La Cabaña” en la que se implantó paulownia en la campaña 2007-2008.

Propiedades físicas		
Granulometría	Arcilla	55,00 %
	Limo	15,00 %
	Arena	30,00 %
Textura (Clasificación U.S.D.A)	Arcillosa	
Propiedades químicas		
pH (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	8,17	
C.E. 20° C (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	227,00 µS/cm	
Caliza activa (% CaCO <sub>3</sub> )	4,67 %	
Materia orgánica (Walkey-Black)	1,59 %	
Nitrógeno (Dumas)	358,60 mg/Kg	
Fósforo disponible	39,05 mg/Kg	
Calcio disponible	33,28 meq/100 g	
Magnesio disponible	5,77 meq/100 g	
Potasio disponible	1,50 meq/100 g	
Sodio disponible	0,83 meq/100 g	
Relaciones de interés		
C/N (Relación carbono-nitrógeno)	25,68	
Ca/Na (Relación calcio-sodio)	40,00	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).

**Tabla 20** Principales parámetros del agua de riego utilizada en la parcela de la finca “La Cabaña” en la que se instauró paulownia en la campaña 2007-2008.

Propiedades químicas					
pH	7,68	Residuo calculado (g/l)		0,07	
		Presión osmótica (atm)		1,01	
C.E. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25° C)	2.806,10	Dureza total (° F)		110,73	
		Tasa de absorción de sodio (S.A.R)		3,96	
Composición química					
Cationes	meq/l	mg/l	Aniones	meq/l	mg/l
Calcio	16,65	333,66	Alcalinidad (Bicarbonatos)	5,17	315,58
Magnesio	5,50	66,78	Cloruros	11,68	414,19
Sodio	13,19	303,27	Nitratos	3,72	230,43
Potasio	0,06	2,25	Sulfatos (Azufre)	10,55	506,30
SUMA DE CATIONES	35,39	705,96	SUMA DE ANIONES	31,12	1.466,50
Oligoelementos	mg/l		Oligoelementos	mg/l	
Boro	0,05		Cobre	< 0,05	
Hierro	< 0,05		Zinc	< 0,05	
Manganeso	< 0,005				
Relaciones e índices de interés					
Ca/Mg	3,00		Índice de Scott	4,80	
Carbonato sódico residual (meq/l)	- 16,90		Clasificación U.S. Soil Salinity Laboratory	C4 S2	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).

## 5.6. Servicio de Plagas

### 5.6.1. Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 7** Croquis de localización de la finca “Servicio de Plagas” (Dos Hermanas, Sevilla).



### 5.6.2. Descripción de la finca

#### 5.6.2.1. Características generales

SERVICIO DE PLAGAS		
Localización	Dos Hermanas (Sevilla)	
Superficie total de la finca	6,13 has	
Superficie por cultivo	Principales	Ensayos: 5,84 has
	Energéticos	Paulownia: 0,29 has (regadío)



<b>SERVICIO DE PLAGAS</b>	
<b>Destino cultivos energéticos</b>	Obtención de biomasa lignocelulósica
<b>Clima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediterráneo semicontinental de veranos cálidos y secos</li> <li>• Temperaturas medias de julio y agosto &gt; 28° C</li> <li>• Inviernos suaves: 6 – 10° C</li> </ul>
<b>Características edáficas de las parcelas dedicadas a cultivos energéticos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo arcillo-limoso</li> <li>• pH fuertemente básico: baja disponibilidad de la mayor parte de los elementos minerales, especialmente fósforo y microelementos</li> <li>• Suelo pobre en materia orgánica, poco descompuesta</li> <li>• Suelo muy pobre en nitrógeno: abonado de fondo escaso y/o ritmo de mineralización de la materia orgánica muy bajo</li> <li>• Muy buena disponibilidad de calcio, magnesio y potasio. Contenido en sodio moderado y pobre en fósforo</li> <li>• Bajo riesgo de dispersión de arcillas y compactación del suelo</li> </ul>
<b>Agua de riego</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua de salinidad moderada, apta para el riego pero con preocupaciones en cultivos muy sensibles y suelos de baja permeabilidad</li> <li>• Aporte de sales moderado, lo que requiere unas adecuadas condiciones de lavado para evitar la salinización del perfil</li> <li>• Presenta alto riesgo de formación de precipitados en la instalación de riego</li> <li>• Bajo riesgo de sodificación del suelo</li> <li>• Contenido elevado de calcio y magnesio. Moderado en el caso del sodio y potasio</li> <li>• Contenido moderado en nitratos y sulfatos. Alto en bicarbonatos y bajo en cloruros</li> <li>• Escaso contenido en boro, hierro y cobre. Elevado en el caso del zinc</li> </ul>

### 5.6.2.2. Parámetros climáticos<sup>5</sup>

**Tabla 21** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Servicio de Plagas” (Dos Hermanas, Sevilla) entre las campañas 2001-2002 y 2006-2007.

Campaña	Tª máxima media (°C)	Tª mínima media (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima media (%)	Precipitación (mm)
2001/02	24,40	10,18	17,06	39,90	-1,00	88,59	483,00
2002/03	24,59	11,30	17,79	46,20	-1,90	86,46	677,20
2003/04	24,17	11,12	17,46	43,20	-2,80	86,44	678,20
2004/05	25,18	9,62	17,22	41,20	-8,70	80,01	199,00
2005/06	24,60	10,72	17,46	44,30	-1,60	83,23	444,80
2006/07	24,50	10,42	17,15	43,10	-2,90	84,72	512,80
<b>MEDIA</b>	<b>24,57</b>	<b>10,56</b>	<b>17,36</b>	<b>42,98</b>	<b>-3,15</b>	<b>84,91</b>	<b>499,17</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

<sup>5</sup> Al no existir una estación meteorológica en el municipio de Dos Hermanas (Sevilla), se han tomado los datos de la estación de los Morales (Utrera).

**Tabla 22** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Servicio de Plagas” (Dos Hermanas, Sevilla) durante la campaña 2007-2008.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	30,43	16,52	22,88	36,80	13,30	84,44	72,00
Octubre	25,68	11,90	18,33	31,50	7,30	85,37	43,00
Noviembre	20,65	6,18	12,89	27,60	2,00	82,99	118,40
Diciembre	16,03	4,16	9,39	18,70	-1,00	88,48	16,40
Enero	17,88	4,61	10,46	42,70	-0,30	86,74	37,60
Febrero	19,61	6,61	12,70	22,30	1,40	86,94	54,00
Marzo	20,58	5,14	12,93	28,40	-1,20	86,25	18,60
Abril	22,66	8,12	15,65	30,60	0,00	85,63	154,60
Mayo	23,35	11,06	16,97	31,20	5,30	87,98	43,80
Junio	32,57	14,08	23,62	40,20	9,90	81,25	0,00
Julio	35,53	15,41	25,96	40,70	0,00	73,73	6,40
Agosto	35,00	16,97	26,09	39,40	12,80	68,10	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>25,00</b>	<b>10,06</b>	<b>17,32</b>	<b>32,51</b>	<b>4,13</b>	<b>83,16</b>	<b>564,80</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

### 5.6.2.3. Suelo dedicado a cultivos energéticos y análisis del agua de riego

**Tabla 23** Principales parámetros edafológicos de la parcela de la finca “Servicio de Plagas” en la que se implantó paulownia en la campaña 2007-2008.

Propiedades físicas		
Granulometría	Arcilla	43,00 %
	Limo	47,00 %
	Arena	10,00 %
Textura (Clasificación U.S.D.A)	Arcillo - Limosa	
Propiedades químicas		
pH (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	8,36	
C.E. 20° C (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	128,90 µS/cm	
Caliza activa (% CaCO <sub>3</sub> )	5,77 %	
Materia orgánica (Walkey-Black)	0,91 %	
Nitrógeno (Dumas)	367,00 mg/Kg	
Fósforo disponible	11,51 mg/Kg	
Calcio disponible	18,47 meq/100 g	
Magnesio disponible	2,56 meq/100 g	
Potasio disponible	0,57 meq/100 g	
Sodio disponible	0,37 meq/100 g	
Relaciones de interés		
C/N (Relación carbono-nitrógeno)	14,34	
Ca/Na (Relación calcio-sodio)	50,20	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).

**Tabla 24** Principales parámetros del agua de riego utilizada en la parcela de la finca “Servicio de Plagas” en la que se instauró paulownia en la campaña 2007-2008.

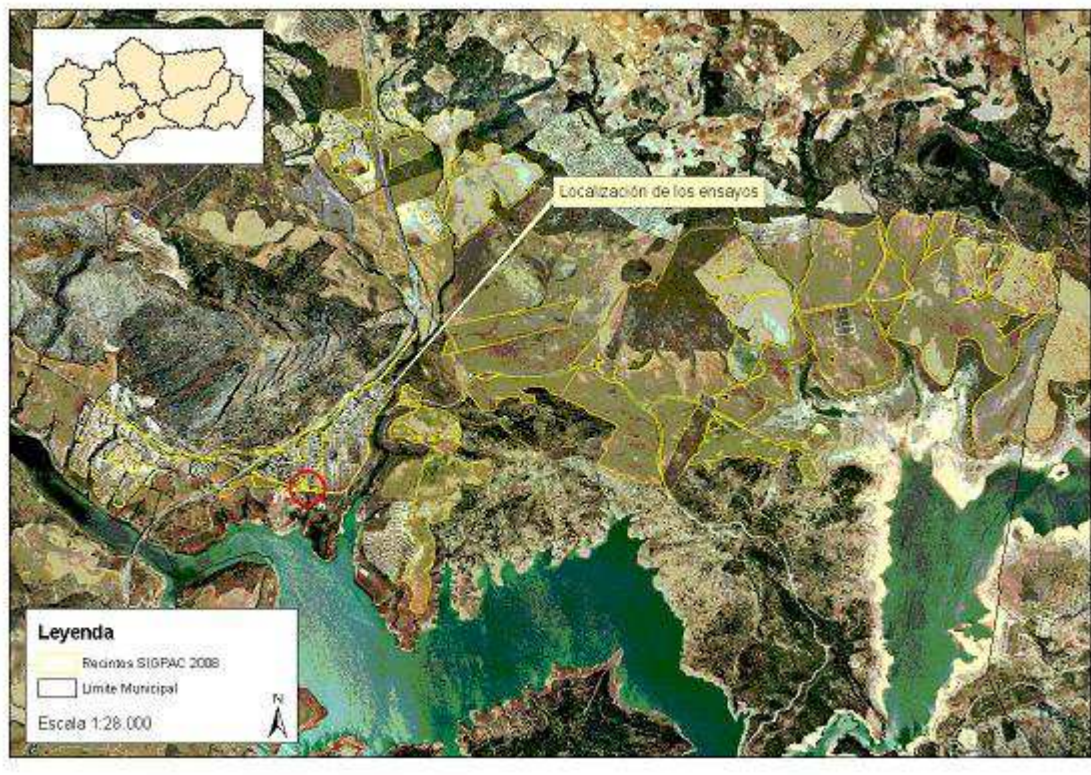
Propiedades químicas					
pH	7,51	Residuo calculado (g/l)		0,03	
		Presión osmótica (atm)		0,46	
C.E. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25° C)	1.282,60	Dureza total (° F)		52,05	
		Tasa de absorción de sodio (S.A.R)		1,82	
Composición química					
Cationes	meq/l	mg/l	Aniones	meq/l	mg/l
Calcio	7,79	156,19	Alcalinidad (Bicarbonatos)	6,10	372,13
Magnesio	2,62	31,79	Cloruros	2,84	100,51
Sodio	4,16	95,63	Nitratos	0,66	40,88
Potasio	< 0,05	< 2,00	Sulfatos (Azufre)	4,19	200,92
<b>SUMA DE CATIONES</b>	<b>14,62</b>	<b>285,61</b>	<b>SUMA DE ANIONES</b>	<b>13,78</b>	<b>714,44</b>
Oligoelementos	mg/l		Oligoelementos	mg/l	
Boro	< 0,05		Cobre	< 0,05	
Hierro	< 0,05		Zinc	4,47	
Manganeso	< 0,005				
Relaciones e índices de interés					
Ca/Mg	<b>3,00</b>		Índice de Scott	<b>18,50</b>	
Carbonato sódico residual (meq/l)	<b>- 4,30</b>		Clasificación U.S. Soil Salinity Laboratory	<b>C3 S1</b>	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).

## 5.7. Los Embalses

### 5.7.1. Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 8** Croquis de localización de la finca “Los Embalses” (Campillos, Málaga).



### 5.7.2. Descripción de la finca

#### 5.7.2.1. Características generales

LOS EMBALSES	
Localización	Campillos (Málaga)
Superficie total de la finca	708,67 has
Superficie por cultivo	Principales
	Cebada: 233,26 has
	Guisante: 97,54 has
	Trigo duro: 84,49 has
	Haba: 55,61 has
	Garbanzo: 52,29 has

LOS EMBALSES	
Energéticos	<p><b>Paulownia: 0,15 has (regadío)</b></p> <p><b>Cardo: 2,00 has (secano)</b></p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: flex-end;"> <span style="font-size: 2em; margin-right: 10px;">}</span> <div style="border: 1px solid black; background-color: #92d050; padding: 5px; border-radius: 10px;"> <b>Total: 2,15 has</b> </div> </div>
Destino cultivos energéticos	Obtención de biomasa lignocelulósica
Clima	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mediterráneo continental templado</li> <li>Temperaturas medias de julio y agosto &gt; 28° C</li> <li>Inviernos suaves: 6 – 10° C</li> <li>Pluviometría muy escasa, en torno a los 400 mm</li> </ul>
Características edáficas de las parcelas dedicadas a cultivos energéticos	<p>Parcela donde se instauró <u>paulownia</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Suelo arenoso</li> <li>pH próximo a la neutralidad: adecuada disponibilidad de la mayor parte de los elementos minerales</li> <li>Suelo pobre en materia orgánica</li> <li>Suelo pobre en nitrógeno, por abonado de fondo escaso, o bien, por ritmo de mineralización de la materia orgánica muy bajo</li> <li>Suelo rico en fósforo</li> <li>Contenido en sodio muy elevado</li> <li>Adecuada disponibilidad de calcio. Escasa disponibilidad de magnesio y potasio</li> <li>Contenido medio en caliza: puede provocar problemas nutricionales sólo en especies muy sensibles</li> </ul> <p>Parcela donde se instauró <u>cardo</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Suelo arcilloso</li> <li>pH básico: disponibilidad limitada de la mayor parte de los elementos minerales, especialmente fósforo y microelementos</li> <li>Nivel adecuado de materia orgánica (poco descompuesta)</li> <li>Suelo pobre en nitrógeno, por abonado de fondo escaso, o bien, por ritmo de mineralización de la materia orgánica bajo</li> <li>Contenido muy elevado en calcio, magnesio y potasio; normal en fósforo y sodio</li> <li>Bajo riesgo de dispersión de arcillas y compactación del suelo</li> </ul>

## LOS EMBALSES

### Agua de riego

- Agua de salinidad moderada, apta para el riego pero con preocupaciones en cultivos muy sensibles y suelos de baja permeabilidad
- Aporte de sales moderado, lo que requiere unas adecuadas condiciones de lavado para evitar la salinización del perfil
- Presión osmótica moderada: puede dificultar la absorción de agua por parte de la planta
- Agua dura: presenta alto riesgo de formación de precipitados en la instalación de riego
- Bajo riesgo de sodificación del suelo
- Contenido elevado en calcio; moderado en magnesio, sodio y potasio
- Contenido moderado en bicarbonatos; bajo en cloruros (óptima calidad para el riego); también bajo en nitratos y sulfatos
- Escaso contenido en boro, hierro, cobre y zinc



### 5.7.2.2. Parámetros climáticos<sup>6</sup>

**Tabla 25** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Los Embalses” (Campillos, Málaga) entre las campañas 2001-2002 y 2006-2007.

Campaña	Tª máxima media (°C)	Tª mínima media (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima media (%)	Precipitación (mm)
2001/02	22,06	10,03	16,06	37,70	-2,20	85,22	526,00
2002/03	22,06	10,49	16,37	42,40	-3,10	84,44	483,40
2003/04	21,61	10,25	15,96	41,30	-3,60	85,65	607,60
2004/05	22,38	9,51	16,01	43,00	-8,10	81,57	261,00
2005/06	22,09	9,99	16,10	39,60	-2,00	84,43	373,00
2006/07	21,92	9,92	15,94	39,30	-2,50	84,95	440,60
<b>MEDIA</b>	<b>22,02</b>	<b>10,03</b>	<b>16,07</b>	<b>40,55</b>	<b>-3,58</b>	<b>84,38</b>	<b>448,60</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

<sup>6</sup> Al no existir una estación meteorológica en el municipio de Campillos (Málaga) se han seleccionado los datos de la estación meteorológica más próxima, en concreto, Sierra Yeguas (Antequera).

**Tabla 26** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Los Embalses” (Campillos, Málaga) durante la campaña 2007-2008.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	26,89	15,12	20,87	32,80	12,10	88,17	53,20
Octubre	22,15	10,75	16,33	27,00	5,90	93,50	63,80
Noviembre	17,57	5,64	11,34	23,20	1,00	93,67	27,80
Diciembre	13,92	2,95	8,11	19,90	-2,60	98,19	28,20
Enero	14,44	3,71	9,18	20,90	-0,50	98,54	40,60
Febrero	15,66	7,01	11,04	20,80	1,30	94,81	33,60
Marzo	17,75	5,28	11,72	23,70	-1,80	87,20	16,80
Abril	19,88	8,19	14,26	27,30	3,40	85,41	100,40
Mayo	20,83	10,26	15,59	28,30	5,50	92,79	46,80
Junio	29,70	14,24	22,67	37,90	8,40	74,51	1,40
Julio	32,25	16,81	25,21	35,70	13,50	73,15	0,80
Agosto	32,74	17,96	25,64	37,40	13,50	74,72	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>21,98</b>	<b>9,83</b>	<b>16,00</b>	<b>27,91</b>	<b>4,98</b>	<b>87,89</b>	<b>413,40</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

### 5.7.2.3. Suelo dedicado a cultivos energéticos y análisis del agua de riego

**Tabla 27** Principales parámetros edafológicos de la parcela de la finca “Los Embalses” en la que se implantó paulownia en la campaña 2007-2008.

Propiedades físicas		
Granulometría	Arcilla	5,00 %
	Limo	5,00 %
	Arena	90,00 %
Textura (Clasificación U.S.D.A)	<b>Arenosa</b>	
Propiedades químicas		
pH (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	7,59	
C.E. 20° C (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	121,20 µS/cm	
Caliza activa (% CaCO <sub>3</sub> )	2,77 %	
Materia orgánica (Walkey-Black)	0,76 %	
Nitrógeno (Dumas)	224,40 mg/Kg	
Fósforo disponible	31,71 mg/Kg	
Calcio disponible	4,71 meq/100 g	
Magnesio disponible	0,42 meq/100 g	
Potasio disponible	0,22 meq/100 g	
Sodio disponible	8,44 meq/100 g	
Relaciones de interés		
C/N (Relación carbono-nitrógeno)	19,55	
Ca/Na (Relación calcio-sodio)	0,60	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).

**Tabla 28** Principales parámetros edafológicos de la parcela de la finca “Los Embalses” en la que se implantó cardo en la campaña 2005-2006.

Propiedades físicas		
Granulometría	Arcilla	55,00 %
	Limo	35,00 %
	Arena	10,00 %
Textura (Clasificación U.S.D.A)	Arcillosa	
Propiedades químicas		
pH (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	8,13	
C.E. 20° C (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	196,30 µS/cm	
Caliza activa (% CaCO <sub>3</sub> )	5,58 %	
Materia orgánica (Walkey-Black)	2,14 %	
Nitrógeno (Dumas)	908,60 mg/Kg	
Fósforo disponible	25,97 mg/Kg	
Calcio disponible	36,49 meq/100 g	
Magnesio disponible	3,23 meq/100 g	
Potasio disponible	1,84 meq/100 g	
Sodio disponible	0,50 meq/100 g	
Relaciones de interés		
C/N (Relación carbono-nitrógeno)	13,69	
Ca/Na (Relación calcio-sodio)	72,70	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).

**Tabla 29** Principales parámetros del agua de riego utilizada en la parcela de la finca “Los Embalses” en las que se implantó paulownia en la campaña 2007-2008.

Propiedades químicas					
pH	7,91	Residuo calculado (g/l)		0,02	
		Presión osmótica (atm)		0,33	
C.E. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25° C)	923,01	Dureza total (° F)		34,32	
		Tasa de absorción de sodio (S.A.R)		1,65	
Composición química					
Cationes	meq/l	mg/l	Aniones	meq/l	mg/l
Calcio	5,50	110,19	Alcalinidad (Bicarbonatos)	4,95	302,12
Magnesio	1,36	16,58	Cloruros	2,96	105,08
Sodio	3,06	70,47	Nitratos	0,37	22,99
Potasio	< 0,05	< 2,00	Sulfatos (Azufre)	1,75	83,84
Suma de cationes	9,98	199,24	Suma de aniones	10,03	514,03
Oligoelementos	mg/l		Oligoelementos	mg/l	
Boro	< 0,05		Cobre	< 0,05	
Hierro	< 0,05		Zinc	< 0,05	
Manganeso	< 0,005				
Relaciones e índices de interés					
Ca/Mg	4,00		Índice de Scott	19,30	
Carbonato sódico residual (meq/l)	- 1,90		Clasificación U.S. Soil Salinity Laboratory	C3 S1	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).

## 5.8. Somonte

### 5.8.1. Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 9** Croquis de localización de la finca “Somonte” (Palma del Río, Córdoba).



### 5.8.2. Descripción de la finca

#### 5.8.2.1. Características generales

SOMONTE	
Localización	Palma del Río (Córdoba)
Superficie total de la finca	632,70 has
Superficie por cultivo	<b>Principales</b> Trigo blando: 122,93 has Girasol: 110,87 has Trigo duro: 104,81 has Cebada: 76,06 has Habas: 86,31 has Avena: 43,47 has

<b>SOMONTE</b>	
<b>Energéticos</b>	<b>Cardo: 2,00 has (secano)</b>
<b>Destino cultivos energéticos</b>	Obtención de biomasa lignocelulósica
<b>Clima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediterráneo semicontinental de veranos cálidos y secos</li> <li>• Temperaturas medias de julio y agosto &gt; 28° C</li> <li>• Inviernos suaves: 6 – 10° C</li> </ul>
<b>Características edáficas de las parcelas dedicadas a cultivos energéticos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo franco-arcilloso</li> <li>• Contenido medio-alto de materia orgánica (fertilidad potencial elevada)</li> <li>• Contenido moderado en caliza activa</li> <li>• Fertilidad media alta para fósforo, calcio, magnesio y potasio: el abonado mineral a aplicar debería ser moderado al menos en los primeros años</li> <li>• Escaso contenido en sales solubles: bajo riesgo de salinidad para la gran mayoría de los cultivos</li> </ul>

## 5.8.2.2. Parámetros climáticos

**Tabla 30** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Somonte” (Palma del Río, Córdoba) entre las campañas 2001-2002 y 2006-2007.

Campaña	T <sup>a</sup> máxima media (°C)	T <sup>a</sup> mínima media (°C)	T <sup>a</sup> media (°C)	T <sup>a</sup> máxima absoluta (°C)	T <sup>a</sup> mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima media (%)	Precipitación (mm)
2001/02	24,32	11,85	17,80	39,90	0,70	82,71	503,00
2002/03	24,48	12,45	18,31	44,90	-0,50	82,65	639,40
2003/04	24,12	12,47	18,03	43,30	-0,90	81,77	698,20
2004/05	25,29	11,32	18,09	43,50	-5,50	75,71	241,00
2005/06	24,91	12,18	18,26	42,90	-0,20	79,27	576,20
2006/07	24,72	11,70	17,95	43,60	-1,90	82,36	570,00
<b>MEDIA</b>	<b>24,64</b>	<b>12,00</b>	<b>18,07</b>	<b>43,02</b>	<b>-1,38</b>	<b>80,75</b>	<b>537,97</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).



**Tabla 31** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Somonte” (Palma del Río, Córdoba) durante la campaña 2007-2008.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	31,28	16,98	23,73	37,40	13,50	83,44	32,20
Octubre	26,35	11,35	18,27	31,50	5,00	86,01	18,80
Noviembre	20,37	4,79	11,65	27,30	-0,80	83,09	112,40
Diciembre	16,07	3,57	8,76	20,20	-1,10	89,54	18,20
Enero	16,57	4,55	10,00	21,50	0,10	90,39	70,40
Febrero	19,11	7,07	12,47	24,00	2,30	88,09	49,40
Marzo	21,76	5,61	13,45	28,10	-0,30	85,95	7,40
Abril	24,07	9,76	16,52	31,70	5,60	84,79	208,00
Mayo	24,63	12,38	18,12	32,50	7,00	87,41	74,40
Junio	33,83	15,30	24,86	41,20	10,60	80,08	0,00
Julio	36,29	17,67	27,15	41,40	13,80	73,45	0,00
Agosto	36,60	18,01	27,51	41,10	13,00	69,98	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>25,58</b>	<b>11,18</b>	<b>17,86</b>	<b>31,49</b>	<b>5,73</b>	<b>85,27</b>	<b>526,60</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

### 5.8.2.3. Suelo dedicado a los cultivos energéticos

**Tabla 32** Principales parámetros edafológicos de las parcelas de la finca “Somonte” en la que se instauró cardo en la campaña 2005-2006<sup>7</sup>.

Propiedades físicas		
Granulometría	Arcilla	32,00 %
	Limo	32,00 %
	Arena	36,00 %
Textura (Clasificación U.S.D.A)	<b>Franco - Arcillosa</b>	
Propiedades químicas		
pH (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	8,40	
C.E. 20° C (extracto 1/5 H <sub>2</sub> O)	238,00 µS/cm	
Caliza activa (% CaCO <sub>3</sub> )	6,00 %	
Materia orgánica (Walkey-Black)	2,25 %	
Nitrógeno (Dumas)	885,35 mg/Kg	
Fósforo disponible	22,51 mg/Kg	
Calcio disponible	18,90 meq/100 g	
Magnesio disponible	0,99 meq/100 g	
Potasio disponible	2,06 meq/100 g	
Sodio disponible	0,31 meq/100 g	
Relaciones de interés		
C/N (Relación carbono-nitrógeno)	---	
Ca/Na (Relación calcio-sodio)	---	

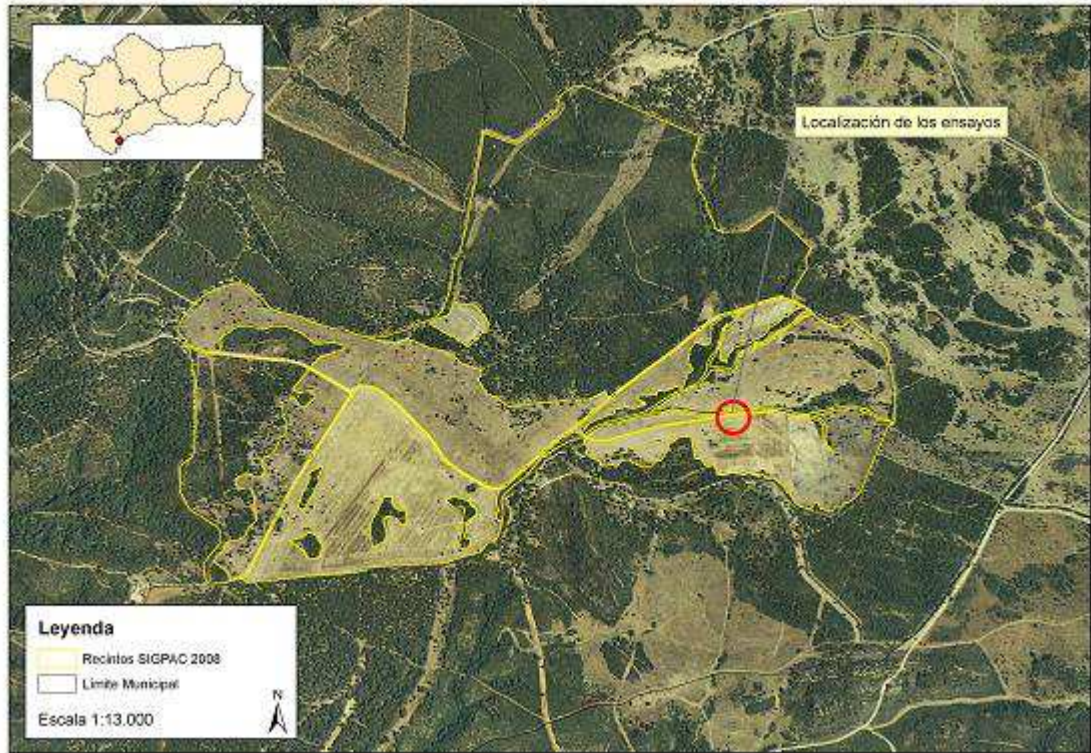
Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).

<sup>7</sup> Los valores mostrados en la Tabla 32 se han calculado como media de los resultados de los análisis de suelo de dos muestras diferentes de la parcela de la finca “Somonte” en la que en la campaña 2005-2006 se inició el ensayo de cardo.

## 5.9. Majarambú

### 5.9.1. Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 10** Croquis de localización de la finca “Majarambú” (Castellar de la Frontera, Cádiz).



### 5.9.2. Descripción de la finca

#### 5.9.2.1. Características generales

MAJARAMBÚ		
Localización	Castellar de la Frontera (Cádiz)	
Superficie total de la finca	233,27 has	
Superficie por cultivo	Principales	Forestal: 121,76 has Triticale: 42,91 has Avena: 39,10 has
	Energéticos	<b>Cardo: 8,00 has (secano)</b>

<b>MAJARAMBÚ</b>	
<b>Destino cultivos energéticos</b>	Obtención de biomasa lignocelulósica
<b>Clima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediterráneo oceánico de la costa atlántica</li> <li>• Temperatura media anual en invierno &gt; 10° C; temperatura media anual en verano, en torno a los 25° C</li> <li>• Pluviometría entre los 500 y 600 mm</li> </ul>
<b>Características edáficas de las parcelas dedicadas a cultivos energéticos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo arenoso</li> <li>• Muy poco fértil, con escasa capacidad de amortiguación ante los cambios de cantidad de nutrientes inducidos por extracciones de las cosechas o adiciones de abonado</li> <li>• Contenido moderado en materia orgánica y nitrógeno</li> <li>• Contenido elevado en fósforo, calcio, magnesio y potasio</li> </ul>
<b>Agua de riego</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua de salinidad muy baja, óptima para el riego agrícola</li> <li>• Aporte de sales muy reducido, bajo riesgo de salinización del perfil radicular</li> <li>• Presión osmótica óptima, hecho que facilita la absorción de agua por parte de la planta</li> <li>• Agua muy blanda: bajo riesgo de formación de precipitados en la instalación de riego</li> <li>• Bajo riesgo de sodificación del suelo</li> <li>• Contenido normal en potasio; muy bajo en calcio, magnesio y sodio</li> <li>• Contenido en nitratos moderado; bajo en bicarbonatos; muy bajo en cloruros y sulfatos</li> <li>• Escaso contenido en boro, hierro, cobre y zinc</li> </ul>

### 5.9.2.2. Parámetros climáticos<sup>8</sup>

**Tabla 33** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Majarambú” (Castellar de la Frontera, Cádiz) entre las campañas 2001-2002 y 2006-2007.

Campaña	T <sup>a</sup> máxima media (°C)	T <sup>a</sup> mínima media (°C)	T <sup>a</sup> media (°C)	T <sup>a</sup> máxima absoluta (°C)	T <sup>a</sup> mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima media (%)	Precipitación (mm)
2001/02	23,19	11,31	17,27	37,90	-0,20	89,23	623,20
2002/03	23,62	12,11	17,84	40,30	-0,70	87,78	821,60
2003/04	23,00	11,82	17,35	37,90	-0,30	89,38	940,40
2004/05	23,52	10,75	17,15	42,80	-3,90	86,60	419,40
2005/06	23,03	10,86	16,98	42,10	-0,80	88,36	695,40
2006/07	23,23	10,87	16,96	40,90	-1,90	87,21	637,80
<b>MEDIA</b>	<b>23,27</b>	<b>11,29</b>	<b>17,26</b>	<b>40,32</b>	<b>-1,30</b>	<b>88,09</b>	<b>689,63</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

<sup>8</sup> Al no existir una estación meteorológica en el municipio de Castellar de la Frontera (Cádiz) se han seleccionado los datos de la estación meteorológica más próxima, en concreto, Jimena de la Frontera (Campo de Gibraltar).

**Tabla 34** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Majarambú” (Castellar de la Frontera, Cádiz) durante la campaña 2007-2008.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	26,87	14,99	20,94	31,40	11,70	89,78	108,40
Octubre	23,59	12,01	17,67	29,70	7,70	87,84	20,80
Noviembre	19,88	7,42	13,15	25,40	3,30	90,32	57,80
Diciembre	19,00	6,68	12,15	44,40	-0,20	87,16	243,60
Enero	17,76	5,69	11,42	33,00	0,00	91,34	61,40
Febrero	16,65	9,96	13,11	20,90	3,30	86,17	113,60
Marzo	20,61	7,27	13,81	26,90	0,40	86,84	46,80
Abril	21,21	9,15	15,59	27,40	3,80	87,04	81,80
Mayo	23,47	11,42	17,34	29,60	7,00	88,91	19,00
Junio	28,79	13,68	21,79	36,70	9,70	86,20	0,00
Julio	32,81	18,45	25,77	41,60	13,50	76,72	0,20
Agosto	33,01	18,36	25,72	39,50	14,50	79,53	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>23,64</b>	<b>11,26</b>	<b>17,37</b>	<b>32,21</b>	<b>6,23</b>	<b>86,49</b>	<b>753,40</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

### 5.9.2.3. Suelo dedicado a cultivos energéticos y análisis del agua de riego

**Tabla 35** Principales parámetros edafológicos de las parcelas de la finca “Majarambú” en las que se implantó paulownia en la campaña 2007-2008 y cardo en la 2005-2006.

Propiedades físicas		
Granulometría	Arcilla	5,00 %
	Limo	5,00%
	Arena	95,00 %
Textura (Clasificación U.S.D.A)	<b>Arenosa</b>	
Propiedades químicas		
pH (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	7,96	
C.E. 20° C (extracto 1/5 H <sub>2</sub> O)	205,00 µS/cm	
Caliza activa (% CaCO <sub>3</sub> )	1,10 %	
Materia orgánica (Walkey-Black)	1,49 %	
Nitrógeno (Dumas)	365,50 mg/Kg	
Fósforo disponible	26,27 mg/Kg	
Calcio disponible	6,50 meq/100 g	
Magnesio disponible	0,56 meq/100 g	
Potasio disponible	0,21 meq/100 g	
Sodio disponible	1,68 meq/100 g	
Relaciones de interés		
C/N (Relación carbono-nitrógeno)	---	
Ca/Na (Relación calcio-sodio)	---	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).

**Tabla 36** Principales parámetros del agua de riego utilizada en la parcela de la finca “Majarambú” en la que se implantó paulownia en la campaña 2007-2008.

Propiedades químicas					
pH	7,22	Residuo calculado (g/l)		0,00	
		Presión osmótica (atm)		0,08	
C.E. (µS/cm a 25° C)	235,00	Dureza total (° F)		4,69	
		Tasa de absorción de sodio (S.A.R)		0,71	
Composición química					
Cationes	meq/l	mg/l	Aniones	meq/l	mg/l
Calcio	0,59	11,73	Alcalinidad (Bicarbonatos)	0,71	43,50
Magnesio	0,35	4,28	Cloruros	0,45	15,88
Sodio	0,49	11,17	Nitratos	0,60	36,96
Potasio	< 0,05	< 2,00	Sulfatos (Azufre)	< 0,21	< 10,00
<b>SUMA DE CATIONES</b>	<b>1,47</b>	<b>29,18</b>	<b>SUMA DE ANIONES</b>	<b>1,97</b>	<b>106,34</b>
Oligoelementos	mg/l		Oligoelementos	mg/l	
Boro	< 0,05		Cobre	< 0,05	
Hierro	< 0,05		Zinc	< 0,05	
Manganeso	< 0,005				
Relaciones e índices de interés					
Ca/Mg	<b>1,70</b>		Índice de Scott	---	
Carbonato sódico residual (meq/l)	<b>- 0,20</b>		Clasificación U.S. Soil Salinity Laboratory	<b>C1 S1</b>	

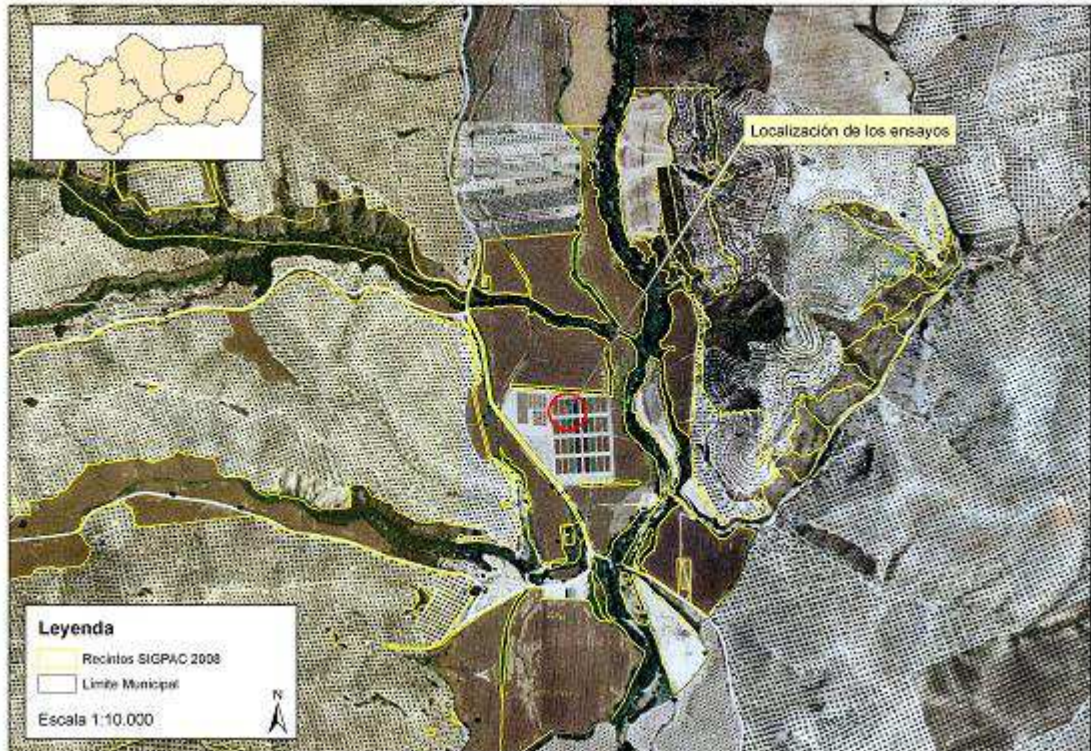
Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).



## 5.10. Cortijo de Enmedio

### 5.10.1. Localización de la finca y los ensayos

Imagen 11 Croquis de localización de la finca “Cortijo de Enmedio” (Moclín, Granada).



### 5.10.2. Descripción de la finca

#### 5.10.2.1. Características generales

CORTIJO DE ENMEDIO	
Localización	Moclín (Granada)
Superficie total de la finca	266,43 has
Superficie por cultivo	Principales Olivar: 182,52 has Guisante: 38,31 has Pasto (arbolado y arbustivo): 17,20 has
	Energéticos Cardo: 2,00 has (secano)

<b>CORTIJO DE ENMEDIO</b>	
<b>Destino cultivos energéticos</b>	Obtención de biomasa lignocelulósica
<b>Clima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediterráneo continental templado</li> <li>• Temperaturas medias de julio y agosto &gt; 28° C</li> <li>• Inviernos suaves: 6 – 10° C</li> <li>• Pluviometría muy escasa, en torno a los 400 mm</li> </ul>
<b>Características edáficas de las parcelas dedicadas a cultivos energéticos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH fuertemente básico: baja disponibilidad de la mayor parte de los elementos minerales, especialmente fósforo y microelementos</li> <li>• Nivel adecuado de materia orgánica: poco descompuesta</li> <li>• Suelo pobre en nitrógeno: abonado de fondo escaso y/o bajo ritmo de mineralización de la materia orgánica</li> <li>• Contenido en sodio muy elevado</li> <li>• Muy buena disponibilidad de calcio y magnesio; contenido normal en fósforo y potasio</li> <li>• Bajo riesgo de dispersión de arcillas y compactación del suelo</li> </ul>

### 5.10.2.2. Parámetros climáticos<sup>9</sup>

**Tabla 37** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Cortijo de Enmedio” (Moclín, Granada) entre las campañas 2001-2002 y 2006-2007.

Campaña	Tª máxima media (°C)	Tª mínima media (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima media (%)	Precipitación (mm)
2001/02	23,75	9,03	15,91	39,30	-3,10	81,76	495,20
2002/03	24,17	9,61	16,48	43,10	-4,30	81,12	443,60
2003/04	23,49	9,35	15,92	43,40	-4,30	83,20	532,60
2004/05	25,00	8,41	16,27	42,90	-9,50	74,49	185,00
2005/06	24,38	9,06	16,30	42,60	-4,80	73,21	369,20
2006/07	24,41	9,26	16,40	41,20	-5,10	59,81	279,40
<b>MEDIA</b>	<b>24,20</b>	<b>9,12</b>	<b>16,21</b>	<b>42,08</b>	<b>-5,18</b>	<b>75,60</b>	<b>384,17</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

<sup>9</sup> Al no existir una estación meteorológica en el municipio de Moclín (Granada) se han seleccionado los datos de la estación meteorológica más próxima, en concreto, Pinos Puente (Vega de Granada).

**Tabla 38** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Cortijo de Enmedio” (Moclín, Granada) durante la campaña 2007-2008.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	30,60	15,16	22,08	36,90	10,80	82,13	37,40
Octubre	24,32	9,69	16,33	30,90	5,30	89,92	52,40
Noviembre	19,20	4,11	10,87	24,70	-1,70	87,05	22,20
Diciembre	15,00	1,58	7,52	20,20	-2,60	91,72	13,40
Enero	16,04	2,45	8,42	23,30	-1,40	93,24	37,20
Febrero	18,37	4,92	10,90	22,80	-0,30	87,05	35,60
Marzo	20,72	4,29	12,00	28,00	-2,40	85,17	18,80
Abril	22,42	7,40	14,79	31,50	1,70	85,43	75,80
Mayo	24,59	10,56	17,12	32,50	5,90	88,37	66,80
Junio	33,07	14,42	23,79	39,70	8,80	73,95	17,60
Julio	36,56	17,11	26,82	39,30	13,90	64,56	0,60
Agosto	36,79	17,41	27,01	41,30	13,10	58,99	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>24,81</b>	<b>9,09</b>	<b>16,47</b>	<b>30,93</b>	<b>4,26</b>	<b>82,30</b>	<b>377,80</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía) (2008).

### 5.10.2.3. Suelo dedicado a cultivos energéticos

**Tabla 39** Principales parámetros edafológicos de las parcelas de la finca “Cortijo de Enmedio” en la que se implantó cardo en la campaña 2005-2006.

Propiedades físicas		
Granulometría	Arcilla	40,00 %
	Limo	25,00 %
	Arena	35,00 %
Textura (Clasificación U.S.D.A)	Arcillosa	
Propiedades químicas		
pH (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	8,60	
C.E. 20° C (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	202,00 µS/cm	
Caliza activa (% CaCO <sub>3</sub> )	5,85 %	
Materia orgánica (Walkey-Black)	1,68 %	
Nitrógeno (Dumas)	766,20 mg/Kg	
Fósforo disponible	23,85 mg/Kg	
Calcio disponible	16,79 meq/100 g	
Magnesio disponible	2,67 meq/100 g	
Potasio disponible	0,82 meq/100 g	
Sodio disponible	1,25 meq/100 g	
Relaciones de interés		
C/N (Relación carbono-nitrógeno)	12,71	
Ca/Na (Relación calcio-sodio)	13,50	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2008).

## 6. ENSAYOS REALIZADOS

En los siguientes apartados se describen detalladamente los ensayos. Para todos ellos, tras una breve descripción de cada especie, se recoge un itinerario técnico teórico del cultivo, con sus costes correspondientes, y el seguimiento de las tareas desarrolladas en cada una de las etapas: presiembra (o preplantación), siembra (o plantación), crecimiento y recolección.

Como se ha comentado anteriormente, las prácticas agrarias realizadas en cada cultivo no tienen por qué coincidir con las labores que recogen los itinerarios descritos: se trata de experiencias con las que se pretendía conocer cómo se adaptan estas especies a diferentes entornos y condiciones de cultivo en los territorios andaluces, habiéndose realizado tratamientos que no formarían parte de un itinerario estándar del cultivo.

Finalmente se presenta un apartado referente a la valoración energética de la biomasa obtenida de cada especie que contiene información procedente de los análisis realizados por SEDEBISA (Secaderos de Biomasa, S.A.) en Puente Genil (Córdoba) así como las principales conclusiones sobre su idoneidad como fuente de materia prima para la obtención de energía.

### 6.1. Sorghum bicolor

#### 6.1.1. Introducción

El sorgo es un cultivo de la familia de las poáceas que posee una gran variabilidad genética, clasificándose en una única especie colectiva denominada *Sorghum bicolor* debido a que las diferentes formas cultivadas se pueden cruzar entre sí con facilidad.

**Imagen 12** Sorghum bicolor.



El sorgo paplero se caracteriza por su elevada producción de biomasa, una mayor resistencia al encamado que otras variedades de la especie y conservar un alto contenido en celulosa. Se trata de un cultivo con gran potencial como fuente de energía renovable para usos térmicos o eléctricos.

El sorgo es resistente a la sequía y se adapta a suelos de muy distintas texturas y pH, lo que le confiere una gran adaptabilidad a las condiciones de cultivo de los territorios andaluces.

En Andalucía se han obtenido elevadas producciones en condiciones de cultivo exigentes (producción media de biomasa seca de 50 t/ha) que apuntan hacia la viabilidad de su introducción en diferentes zonas de la Comunidad.

## 6.1.2. Itinerario de cultivo: labores y costes

En la siguiente tabla se presentan las labores realizadas en el ensayo de sorgo. Se realizó una siembra muy tardía (mediados de junio de 2008) con el objetivo de aprovechar la segunda cosecha. No se llevo a cabo ninguna siega, dejando la planta con todo su potencial productivo.

Como se comentará con más detalle en los apartados siguientes, este potencial no pudo ser recolectado, porque en la fase de crecimiento del cultivo la acción del viento provocó el encamado de la práctica totalidad de las plantas de la parcela donde fue instaurada la especie.

**Tabla 40** Itinerario técnico y costes del cultivo del sorgo papelero<sup>10</sup>.

Itinerario técnico y costes de cultivo del sorgo papelero					
Etapa	Labor	Componente	Número de unidades	Coste (€/ha)	
				Año 1	
Presiembra	Preparación del terreno	Grada	2 pases	60	
	Abonado de fondo	Abonadora centrífuga (incluye abono y aplicación)	1 pase	100	
	Herbicida de presiembra	Herbicida total (Glifosato (36%) + MCPA (40%))		3 l/ha	24
		Aplicación herbicida		1 pase	10
	Riego	Trazado del riego		1 pase	30
		Riego a manta		1 jornal	60
	<b>Total costes de presiembra</b>				<b>284</b>
Siembra	Semilla (suministrada)		250.000 semillas/ha	40	
	Siembra tradicional	Sembradora a chorrillo	1 pase	28	
	<b>Total costes de siembra</b>				<b>68</b>
Crecimiento	Abonado de cobertera	Urea 46%	300 kg/ha	100	
		Abonadora centrífuga (aplicación abonado de cobertera)	1 pase	10	
	Riego	Riego de nascencia (riego a manta)		1 jornal	60
		Riegos de crecimiento (riego a manta)		2 jornales	120
	<b>Total costes de crecimiento</b>				<b>290</b>
Recolección	Recolección	Segadora de forrajes	1 pase	300	
	Transporte		1	180	

<sup>10</sup> Como coste de cultivo no se ha incluido el coste del canon de riego (150 €/ha y año). Asimismo, tampoco se incluye el coste de la instalación de riego al tratarse de un sistema de riego por superficie (riego a manta).

Itinerario técnico y costes de cultivo del sorgo papelero				
Etapa	Labor	Componente	Número de unidades	Coste (€/ha)
				Año 1
		Total costes de recolección		480
<b>COSTE TOTALES DE CULTIVO (SORGO PAPELERO)</b>				<b>1.122</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como se ha comentado anteriormente, en la campaña 2007-2008 se instauró 1,00 hectárea de sorgo papelero en regadío en la finca "Pago de Enmedio" localizada en el municipio de La Rinconada (Sevilla) con el fin de obtener biomasa lignocelulósica.

### 6.1.3. Seguimiento del ensayo de cultivo

#### 6.1.3.1. Presiembra

El sorgo se instauró en una parcela con buenas características edafológicas, ubicada en las primeras terrazas del Guadalquivir, con una gran profundidad de suelo. El cultivo de la campaña anterior fue patata, estando el suelo suficientemente abonado.

Con el objetivo de eliminar las malas hierbas, de hoja estrecha y ancha, se realizó un tratamiento herbicida de presiembra basado en la mezcla de glifosato (36%) y MCPA (40%) con una proporción 3,00:1,50 de producto comercial.

Posteriormente, se realizó un riego previo a la siembra del cultivo para garantizar la nascencia del mismo. Por las condiciones de las instalaciones de la zona, éste fue por superficie.

Tras el riego, y cuando se pudo entrar en la parcela, se aplicó el abonado de fondo, en concreto, 300 kg/ha de N-P-K (8-15-15) por medio de una abonadora centrífuga. Se enterró el abono, dejando preparada la superficie del terreno para la posterior siembra del cultivo.

#### 6.1.3.2. Siembra

La siembra se produjo en la segunda quincena de junio. Se pretendía analizar el comportamiento de esta especie en siembras tardías y estudiar la posibilidad de su instauración en territorios andaluces como cultivo alternativo en segunda cosecha para la obtención de biomasa lignocelulósica para aprovechamiento energético.

Se empleó maquinaria convencional utilizada en la zona donde fue instaurado el cultivo.

La dosis de semilla empleada fue de 250.000 semillas por hectárea, siendo la distancia entre líneas de 40 centímetros y entre plantas de 10 centímetros. La densidad de plantación final se situó en torno a las 200.000 plantas/ha.

Se resembró por problemas en la primera nascencia del cultivo.



### 6.1.3.3. Crecimiento

El cultivo se dejó crecer, llevándose a cabo dos riegos coincidiendo con las dotaciones de agua correspondientes: el primer riego en la primera quincena de julio, después del riego de nascencia; el segundo, a principios de agosto.

Durante el desarrollo del cultivo no se apreció ningún tipo de efecto producido por algún tipo de plaga o enfermedad. Así, su crecimiento fue rápido y vigoroso.

La principal incidencia acaecida en el ensayo de sorgo fue el encamado del cultivo como consecuencia de las lluvias de principios de otoño unidas al fuerte viento, que ocasionaron la caída de las plantas al suelo, haciendo inviable la recolección mecanizada del cultivo.

**Imagen 13** Etapa de crecimiento del sorgo papelero en “Pago de Enmedio”.



**Sorgo papelero instaurado en “Pago de Enmedio”**

**Imagen 14** Problema de encamado del sorgo papelero en “Pago de Enmedio”.



**Encamado (tumbado y caída) del sorgo papelero como consecuencia del viento**

### 6.1.3.4. Recolección

Debido al encamado provocado por el viento no pudo llevarse a cabo la recolección. No obstante, en noviembre de 2008 se pudo realizar un muestreo en la parcela, obteniéndose un aforo aproximado de la producción de biomasa en verde en estas condiciones de cultivo, destacando que realizando una siembra tardía se consiguió alcanzar un significativo nivel productivo. Así, en tres puntos representativos de la parcela donde se instauró esta especie, se realizó una estimación del rendimiento del cultivo obteniéndose valores de 12,00, 12,50 y 13,00 kilogramos (peso bruto) por metro cuadrado, por lo que el rendimiento medio considerado en esta parcela es de 125.000 kg/ha de biomasa en base húmeda.

### 6.1.4. Valorización energética del cultivo

Las dos tablas siguientes muestran los principales parámetros relacionados con la valorización energética del sorgo.

**Tabla 41** Valorización energética de *Sorghum bicolor*.

Valorización energética del sorgo			
Humedad (% base húmeda)	Cenizas (% base seca)	Cloro (% base seca)	Azufre (% base seca)
10,00 – 15,00	5,00 – 10,00	0,50 – 1,50	0,03 – 0,06
PCI (base seca) (kcal/kg)			
4.063,00 – 4.302,00			

Fuente: Elaboración propia a partir de Ballesteros (2008)<sup>11</sup>.

Valorización energética del sorgo			
Carbono fijo (% base seca)	Volátiles (% base seca)	Cenizas (% base seca)	
18,63	75,78	5,59	
Carbono (%)	Hidrógeno (%)	Nitrógeno (%)	Azufre (%)
42,70	6,50	0,24	0,05
PCI (base húmeda, 10,00%) (kcal/kg)			
3.630,00			

Fuente: Elaboración propia a partir de Fernández (2003)<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> Ballesteros P. M. (2008). "Nuevas fuentes de suministro y su transformación a biomasa doméstica". GENERA 2008 (Feria Internacional de Energía y Medio Ambiente), Madrid.

<sup>12</sup> Fernández, J. (2003). Capítulo "Energía de la biomasa". En De Juana, J. M. "Energías renovables para el desarrollo". Edición Thomson – Paraninfo.

## 6.1.5. Aprovechamiento energético: conclusiones

El sorgo papelero, como cultivo de segunda cosecha para la obtención de biomasa lignocelulósica para aprovechamiento energético con un único corte al finalizar su ciclo productivo, presenta como principal inconveniente el encamado durante la fase de crecimiento del cultivo. Esta incidencia no permitió la recolección del mismo. Se trata de un factor limitante que hay que tener en cuenta si se pretende desarrollar y potenciar esta especie como materia prima para la obtención de biomasa lignocelulósica.

Asimismo, los datos e informaciones sobre valorización energética de la biomasa que pueden extraerse de esta especie, ponen de manifiesto bajos valores de poder calorífico (en comparación con la biomasa obtenida de otros cultivos) y elevados niveles de cloro, hecho que provoca emisiones (como por ejemplo, dioxinas) y corrosión de las calderas. Además, se recoge en verde, siendo necesario su secado previo para su aprovechamiento energético en calderas.

## 6.2. Arundo donax

### 6.2.1. Introducción

La caña común es una planta herbácea, perenne, rizomatosa de hasta cinco metros de altura perteneciente a la familia de las poáceas.

Se considera una de las principales especies invasoras a escala internacional. Coloniza zonas húmedas y ocupa grandes extensiones en poco tiempo, no permitiendo la recuperación de la vegetación natural.

**Imagen 15** *Arundo donax*.



Su principal uso es ornamental, en concreto, para la formación de setos. Asimismo, su tallo, que es una caña leñosa, presenta aprovechamiento maderero, y recientemente viene utilizándose en plantas de biomasa para uso energético.

Cabe señalar que aparece en hábitats con cierta humedad edáfica, como lugares de vías de aguas en riachuelos, márgenes de cañaverales, etc. Tolera la salinidad en la costa, elevada nitrofilia y suelos arenosos. También crece en canales y canalizaciones.

## 6.2.2. Itinerario de cultivo: labores y costes

La Tabla 42 recoge el itinerario teórico del cultivo de la caña común para la obtención de biomasa lignocelulósica, así como sus costes de cultivo. Asimismo, en la Tabla 43 se recogen las superficies y fechas de siembra de los ensayos llevados a cabo con esta especie durante la campaña 2007-2008.

**Tabla 42** Itinerario técnico y costes del cultivo de la caña común para los tres primeros años de cultivo.

Itinerario técnico y costes de cultivo de la caña común						
Etapa	Labor	Componente	Nº pases	Coste (€/ha)		
				Año 1	Año 2	Año 3
Presiembra	Preparación del terreno	Chisel	1	45	0	0
		Grada	1	30	0	0
	Abonado de fondo	Abonadora centrífuga (incluye abono y aplicación)	1	100	0	0
	<b>Total costes de presiembra</b>			<b>175</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Siembra	Siembra	Marquileo / Asurcado (*)	1	30	0	0
		Plantación (incluye enterrado)	1	1.500	0	0
	Tratamientos fitosanitarios	Pulverizador hidráulico (incluye herbicida de siembra y aplicación)	1	60	0	0
	<b>Total costes de siembra</b>			<b>1.590</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Crecimiento	Abonado de cobertera	Abonadora centrífuga (incluye abono y aplicación)	1	0	120	148
	Riego	Instalación filtros/goteo (incluye energía)	---	1.800	150	150
	Mantenimiento del cultivo	Grada/cultivador	1	30	0	0
	<b>Total costes de crecimiento</b>			<b>1.830</b>	<b>270</b>	<b>298</b>
Recolección	Recolección	Cosechadora picadora de maíz forrajero (incluye secado)	1	300	300	300
	Transporte		1	180	200	200
	<b>Total costes de recolección</b>			<b>480</b>	<b>500</b>	<b>500</b>
<b>COSTE TOTALES DE CULTIVO (CAÑA COMÚN)</b>				<b>4.075</b>	<b>770</b>	<b>798</b>

(\*) El marquileo, que consiste en identificar el emplazamiento que han de tener las plantas en la parcela, se realiza mediante el uso de un cultivador que asurca el terreno.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 43** Ensayos de *Arundo donax* (campaña 2007-2008).

Finca	Localización	Superficie (ha)	Superficie total (ha)	Fecha de siembra
“La Palmosa”	Palma del Río (Córdoba)	0,10	0,30	Enero – Febrero 2008
“Guzmán II”		0,20		Febrero – Marzo 2008

Fuente: Elaboración propia.

El cultivo de caña común en “La Palmosa” se realizó en secano, mientras que en la parcela de “Guzmán II” se realizó en regadío (riego por goteo).

## 6.2.3. Seguimiento de los ensayos del cultivo

### 6.2.3.1. Presiembra: material vegetal

En enero de 2008 se realizaron pases con distintos aperos con el fin de preparar el terreno para la instauración del cultivo.

Entre enero y marzo de 2008 se extrajo el material vegetal de partida de un cañaveral silvestre situado en la finca “Somonte” (Imagen 16) y se transportó hasta las fincas en las que fue implantado (“La Palmosa” y “Guzmán II”).

Cabe recordar que la caña común se propaga vegetativamente a partir de esquejes obtenidos de los tallos, aunque también es posible propagarla utilizando los tallos completos.

**Imagen 16** *Arundo donax* (Somonte, Palma del Río).



Cañaveral silvestre localizado en la finca “Somonte” del que se tomó el material vegetal utilizado para la instauración del cultivo de *Arundo donax* en “La Palmosa” y “Guzmán II”

### 6.2.3.2. Siembra

La plantación del material vegetal en “La Palmosa” se inició en enero de 2008 y se prolongó hasta principios de febrero, mientras que en “Guzmán II” comenzó a mediados de febrero de 2008 y finalizó a mediados de marzo. Las plantas empezaron a germinar a principios de marzo en “La Palmosa” y a finales del mismo mes en “Guzmán II”.

En “La Palmosa” el material vegetal utilizado se cortó en fragmentos: en una parte de la parcela se enterraron verticalmente en los surcos, mientras que en el resto de la parcela se enterraron de forma horizontal. En “Guzmán II” se utilizaron cañas enteras que se enterraron horizontalmente en los surcos de la parcela.

Las imágenes siguientes muestran el modo en que se instauró la caña en ambas fincas (Imagen 17 e Imagen 18)

**Imagen 17** Plantación de *Arundo donax* en “La Palmosa”.



Instauración de *Arundo donax* en “La Palmosa”: las cañas se enterraron vertical y horizontalmente

**Imagen 18** Plantación de *Arundo donax* en “Guzmán II”.



Instauración de *Arundo donax* en “Guzmán II”: las cañas se enterraron horizontalmente

### 6.2.3.3. Crecimiento

En abril de 2008 se montó el sistema de riego por goteo del que luego se hizo uso en la caña de “Guzmán II”. Durante los meses desde abril hasta agosto se dieron varios riegos, aplicándose en el agua de riego el abono nitrogenado (urea). Se estima una aplicación de 3.000 metros cúbicos de agua por hectárea.

**Imagen 19** Etapa inicial de crecimiento del *Arundo donax*.



Crecimiento inicial de *Arundo donax*  
instaurado “La Palmosa”



Crecimiento inicial de *Arundo donax*  
instaurado “Guzmán II”

Entre finales de marzo y finales de julio de 2008 (durante la etapa de crecimiento del cultivo) se llevaron a cabo varios tratamientos herbicidas. En concreto:

- en “La Palmosa” se llevaron a cabo tres tratamientos con MCPA a una dosis de 2 l/ha y uno con una mezcla de glifosato y oxifluorfen a una dosis de 3 l/ha;
- en “Guzmán II”, se aplicó MCPA, 2,4 D + Clorirralida y una mezcla de MCPA y glifosato, todos ellos a una dosis de 1,5 l/ha.

En ambas fincas los tratamientos se realizaron mediante mochila y atomizador con pistola. Los resultados obtenidos fueron positivos, consiguiéndose controlar el desarrollo de malas hierbas.

Adicionalmente en “Guzmán II”, durante el mes de agosto de 2008, se llevaron a cabo labores de escarda manual, y se comprobaron los goteros del sistema de riego.

**Imagen 20** Etapa intermedia de crecimiento del *Arundo donax*.



**Crecimiento intermedio de *Arundo donax* en "Guzmán II"**



**Crecimiento intermedio de *Arundo donax* en "La Palmosa"**

#### 6.2.3.4. Recolección

La recolección de la caña instaurada tanto en "La Palmosa" como en "Guzmán II" se llevó a cabo la primera quincena de noviembre de 2008 con una cosechadora picadora de maíz forrajero.

En las siguientes imágenes se presentan las labores de recolección de esta especie.

**Imagen 21** Recolección del *Arundo donax*.



**Recolección de *Arundo donax* en "Guzmán II"**



Las producciones y rendimientos obtenidos en las dos fincas, tanto en verde como en seco, se presentan en la Tabla 44.

**Tabla 44** Producción y rendimientos en verde del cardo en la campaña 2007-2008.

Finca	Localización	Superficie (ha)	Producción en verde (kg)	Rendimiento en verde (kg/ha)	Rendimiento en seco (kg/ha)
"La Palmosa"	Palma del Río (Córdoba)	0,10	950	9.500	4.560
"Guzmán II"		0,20	3.720	18.600	8.928

La humedad de la biomasa obtenida en ambas fincas fue del 48,00%.

Fuente: Elaboración propia.

## 6.2.4. Resultados de la valorización energética del cultivo

En las tablas siguientes se muestran los resultados de la valorización energética de dos muestras de biomasa lignocelulósica obtenida de las plantaciones de *Arundo donax*.

**Tabla 45** Resultados de la valorización energética de *Arundo donax*.

Valorización energética de la caña			
Humedad (%)	Cenizas (%) (base húmeda)	Cenizas (%) (base seca)	Inquemados (%)
8,02	2,390	2,599	97,401
PCS (base seca) (kcal/kg)		PCI (base húmeda) (kcal/kg)	
4.441,25		3.805,03	
Cloruros (%)	Azufre (%)	Sodio (%)	Potasio (%)
--- (*)	0,10	0,02	0,14
Índice Alcalí (kg/kcal)			
0,355			

(\*) No se tiene información sobre el nivel de cloruros por problemas de la muestra de caña.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por SEDEBISA.

Valorización energética de la caña					
Humedad (%)			Cenizas (%) (base húmeda)		
2,49			5,021		
PCS (base seca) (kcal/kg)			PCI (base húmeda) (kcal/kg)		
4.318,48			3.949,05		
Cloruros (%)	Azufre (%)	Sodio (%)	Potasio (%)	Calcio (%)	Magnesio (%)
0,31	0,41	0,094	1,373	0,494	0,299
Volátiles (base húmeda) (%)			Carbono fijo (%)		
87,70			4,79		
Índice Alcalí (kg/kcal)					
3,397					

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por SEDEBISA.

## 6.2.5. Aprovechamiento energético: conclusiones

Respecto al aprovechamiento energético de la caña común, cabe destacar los óptimos resultados obtenidos en su valorización energética, así como el escaso número de labores de cultivo que son necesarias para su instauración, crecimiento, mantenimiento y desarrollo, haciendo de ella una especie de gran interés para continuar el estudio de su potencial como materia prima para la producción de energía.

Se debería profundizar en el conocimiento de su óptimo manejo cultural, incidiendo principalmente en tres ámbitos.

En primer lugar, sobre el material vegetal a emplear en futuras plantaciones: no existen clones y/o material vegetal mejorado, por lo que han de emplearse cañaverales silvestres para la extracción del material vegetal de partida. Se recomienda que las cañas que se tomen sean de las plantas situadas en el perímetro externo del cañaveral ya que serán las que se encuentren en condiciones de mayor aireación y que también tendrán un mejor desarrollo vegetativo por su mayor y mejor exposición a la luz solar. Asimismo, en la selección del material vegetal de partida se ha de tener en cuenta la presencia de *Phytophthora* y el grado de humedad del mismo. Además, se recomienda la siembra horizontal frente al enterramiento del material vegetal de forma vertical.

En segundo lugar, sobre la pluviometría de la zona de implantación del cultivo y el consumo necesario de agua de riego para su óptimo crecimiento y desarrollo: se trata de una especie que presenta altos rendimientos productivos si se realizan aportes de agua. Sería necesario analizar el riego necesario para lograr un equilibrio entre el consumo de agua de la planta y el rendimiento obtenido por el cultivo.

En tercer y último lugar, sobre su recolección: se trata de una especie plurianual que produce gran cantidad de biomasa lignocelulósica a lo largo de su ciclo de cultivo, siendo necesario

conocer el número óptimo de cortes a realizar a la planta, así como la maquinaria más eficiente y eficaz para realizar dicho corte.

Finalmente, en cuanto a su valorización energética, si bien el nivel de cloruros de una de las muestras analizadas no llega al 0,50% (límite máximo recomendable en el uso de calderas), en líneas generales, y al igual que los cultivos herbáceos, se trata de una especie que presenta niveles significativos de cloruros que generan emisiones y corrosión de las calderas. Sería necesario estudiar la valorización energética de la biomasa lignocelulósica de caña común de uno o varios años, con el fin de conocer que tipo de biomasa presenta mejores condiciones para este aprovechamiento.

## 6.3. Paulownia sp.

### 6.3.1. Introducción

La Paulownia es un árbol originario de China que se caracteriza por presentar un crecimiento ultra-rápido, de varios metros al año en condiciones favorables, por su aptitud en gran variedad de climas y suelos, y por su rápida regeneración del corte, con rápido crecimiento tras el mismo.

**Imagen 22** Paulownia sp.



Su cultivo a gran escala para la producción de biomasa con fines energéticos se basa en su buena adaptación a suelos y climatología de algunas zonas de España, como puede ser el caso de ciertas áreas de Andalucía. Cabe destacar su gran productividad en biomasa, así como la excelente calidad de la misma.

### 6.3.2. Itinerario de cultivo: labores y costes

En la Tabla 46 se presenta el itinerario de cultivo de la paulownia en su campaña de instauración, así como sus costes de cultivo<sup>13</sup>. Asimismo, en la Tabla 47 se sintetizan algunas de las características de los ensayos iniciados con este cultivo para la obtención de biomasa lignocelulósica en la campaña 2007-2008. Por último, se muestran los croquis de localización

<sup>13</sup> Estudio de costes para una plantación media de 20 hectáreas con un marco de plantación de 4,00 x 2,50 (1.000 unidades/ha). Para los abonados de fondo y cobertera se ha considerado la aplicación de 100 unidades de nitrógeno y para los tratamientos herbicidas de siembra y crecimiento, productos no selectivos, como mezclas de glifosato (2 l/ha) y MCPA (1 l/ha) o glifosato (1 l/ha) y oxifluorfen (100 cc/ha).

No se incluyen los costes de recolección de los tres primeros años de cultivo de la paulownia porque durante ese periodo no se acometerá esta labor agrícola.

de las fincas y parcelas de ensayo, así como los diseños de plantación de cada parcela ya que se han utilizado distintos clones, en concreto cuatro: clon 33, clon Cotevisa/JM, clon USA/105 y clon 11/9501.

**Tabla 46** Itinerario técnico y costes del cultivo de la paulownia.

Etapa	Labor	Componente	Nº pases	Coste (€/ha)		
				Año 1	Año 2	Año 3
Presiembra (preplantación)	Preparación del terreno	Chisel	2	90	0	0
		Grada	2	60	0	0
	Abonado de fondo	Abonadora centrífuga (incluye abono y aplicación)	1	100	0	0
	<b>Total costes de presiembra</b>			<b>250</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Siembra (plantación)	Plantación	Marquileo / Asurcado (*)	1	440	0	0
		Plantación (incluye entutorado)	1	2.805	0	0
	Tratamientos fitosanitarios	Pulverizador hidráulico (incluye herbicida de siembra y aplicación)	1	60	0	0
	<b>Total costes de siembra</b>			<b>3.305</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Crecimiento	Abonado de cobertera	Abonadora centrífuga (incluye abono y aplicación)	1	0	100	125
	Tratamientos fitosanitarios	Pulverizador hidráulico (incluye herbicida de crecimiento y aplicación)	1	0	60	0
	Riego	Instalación filtros/goteo (incluye energía)	---	1.650	150	150
	Mantenimiento de cultivo	Poda (y mantenimiento del cultivo)	1	90	100	0
	<b>Total costes de crecimiento</b>			<b>1.740</b>	<b>410</b>	<b>275</b>
<b>COSTE TOTALES DE CULTIVO (PAULOWNIA)</b>				<b>5.295</b>	<b>410</b>	<b>275</b>

(\*) En el caso de la paulownia, el marquileo supone un coste mayor que en la caña ya que la identificación del emplazamiento de las plantas en la parcela implica el uso de una estación total (y su mano de obra correspondiente) para el alineamiento óptimo de las plantas, además del cultivador para el asurcado del terreno.

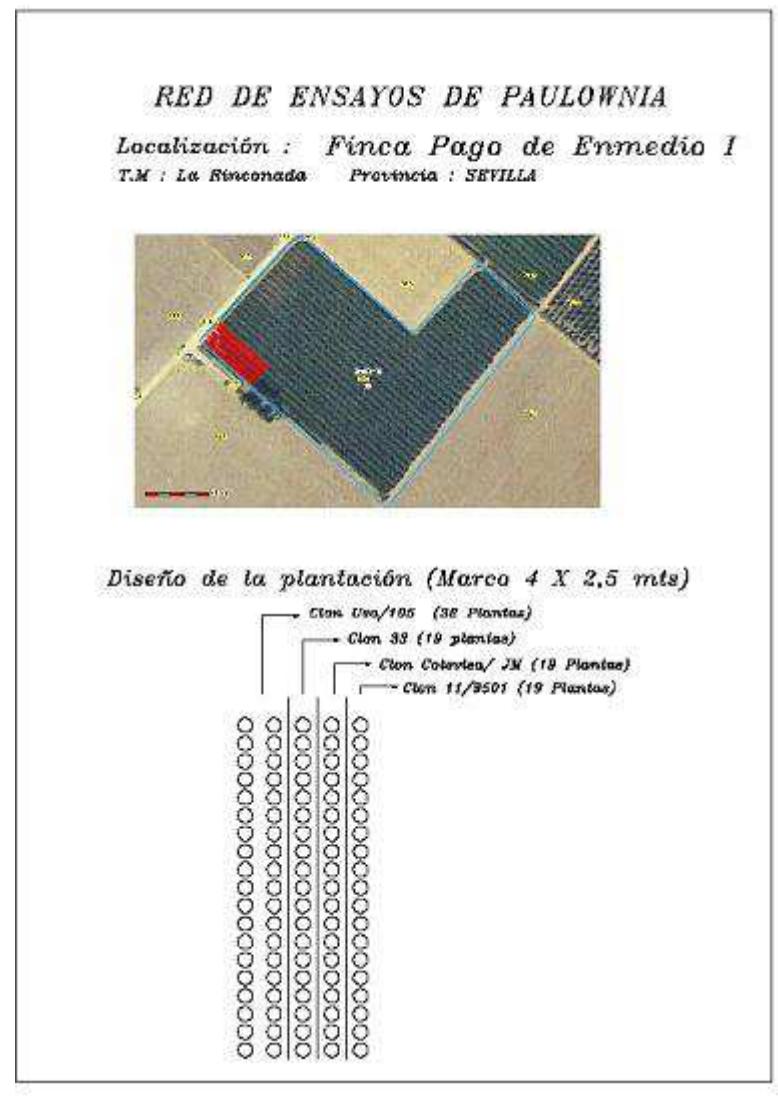
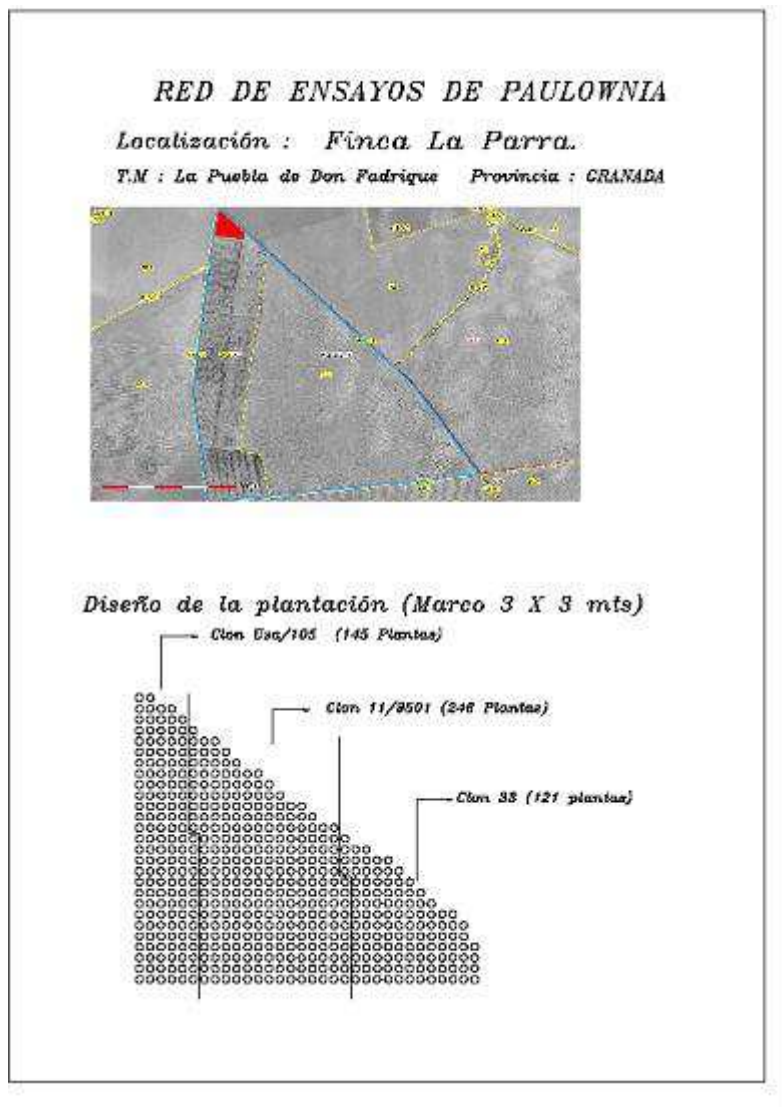
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 47** Ensayos de paulownia (campaña 2007-2008).

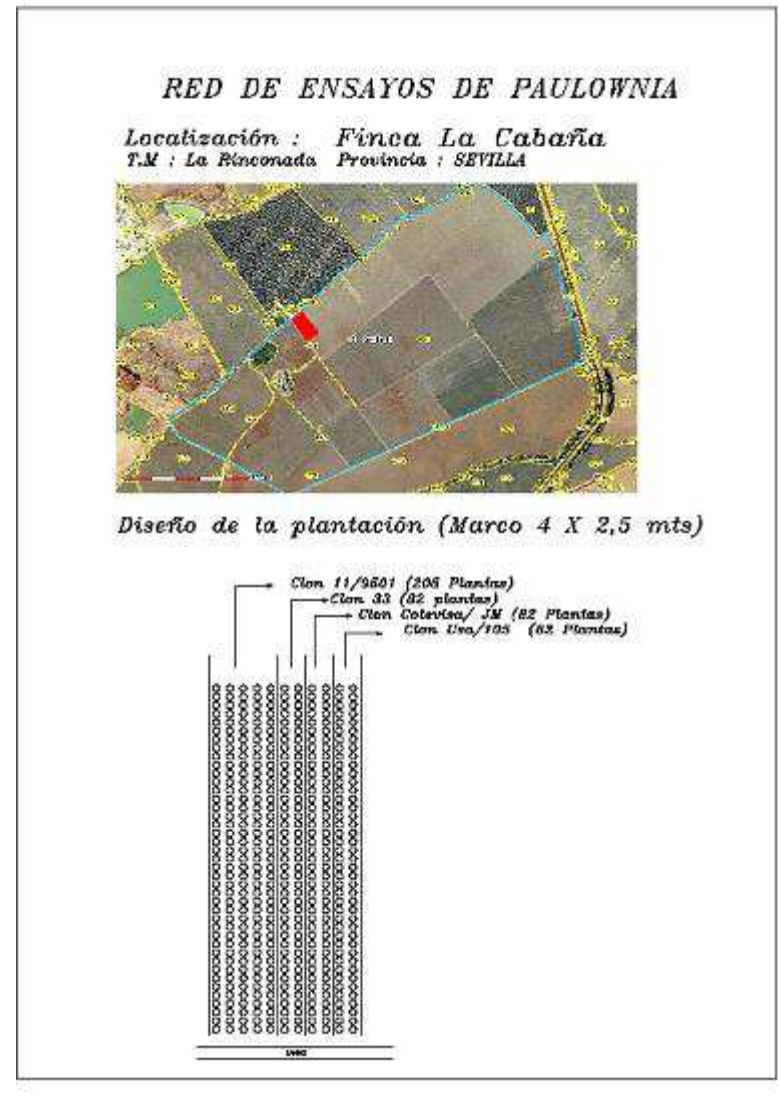
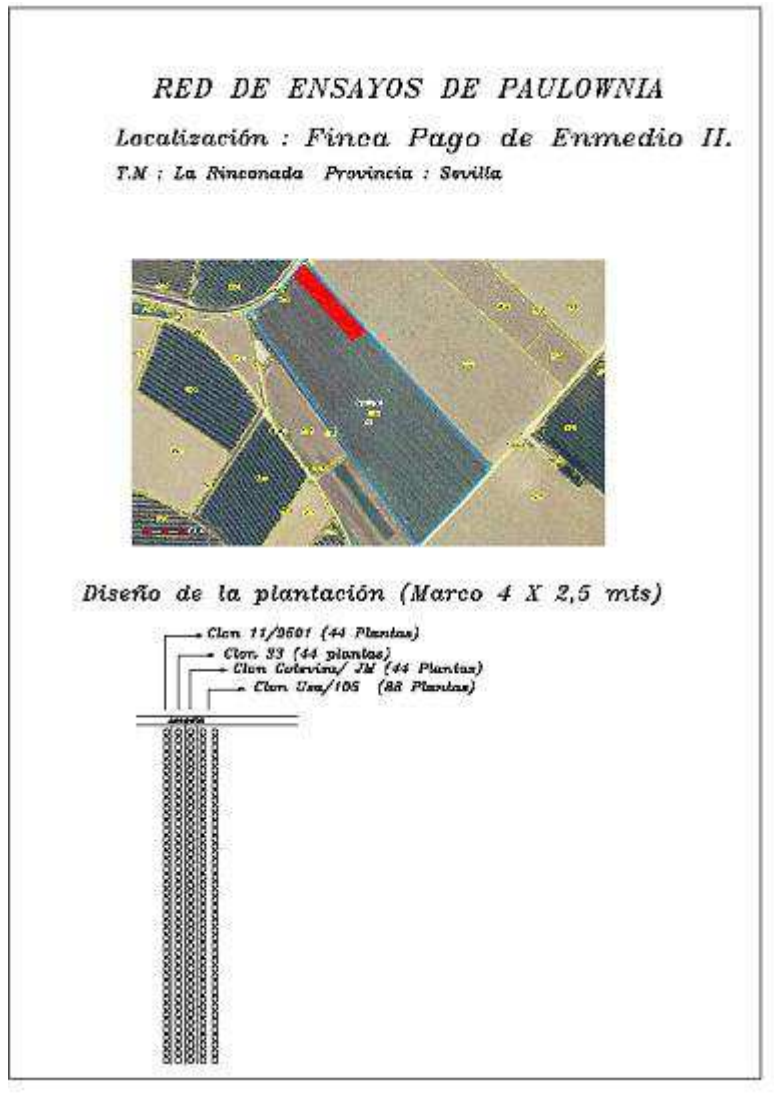
Finca	Localización	Superficie (ha)	Fecha de siembra	Marco de plantación (m)	Número de plantas				
					Clon 33	Clon Cotevisa/JM	Clon USA/105	Clon 11/9501	Total
"La Parra"	Puebla de Don Fadrique (Granada)	0,52	Junio 2008	3,0 x 3,0	121	---	145	246	512
"Pago de Enmedio"	La Rinconada (Sevilla)	0,10	Mayo 2008	4,0 x 2,5	19	19	38	19	95
"Pago de Enmedio II"		0,22	Mayo 2008	4,0 x 2,5	44	44	88	44	220
"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)	0,45	Mayo 2008	4,0 x 2,5	82	82	82	205	451
"Servicio de Plagas"	Dos Hermanas (Sevilla)	0,29	Junio 2008	4,0 x 2,5	180	---	---	142	322
"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	0,50	Finales abril 2008	3,0 x 3,0	317	---	---	196	513
"Los Embalses"	Campillos (Málaga)	0,15	Mayo 2008	4,0 x 2,5	50	50	50	25	175
<b>Total</b>		<b>2,53</b>	<b>Total</b>		<b>813</b>	<b>195</b>	<b>403</b>	<b>877</b>	<b>2.288</b>

Fuente: Elaboración propia.

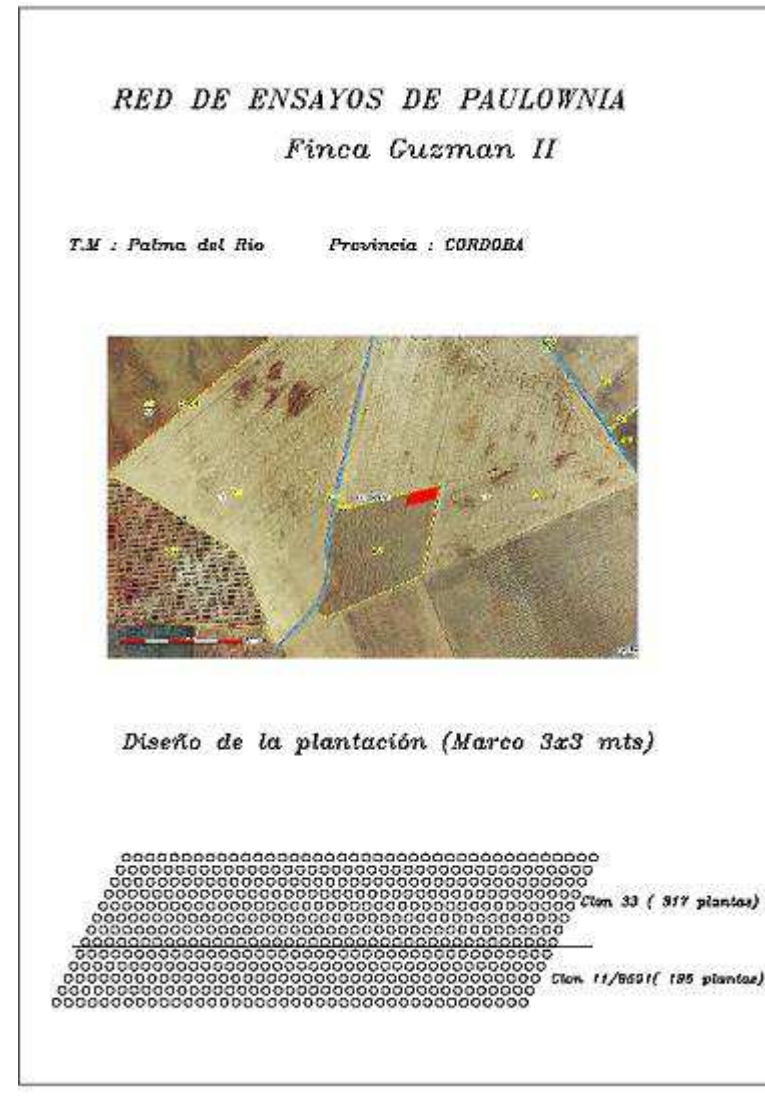
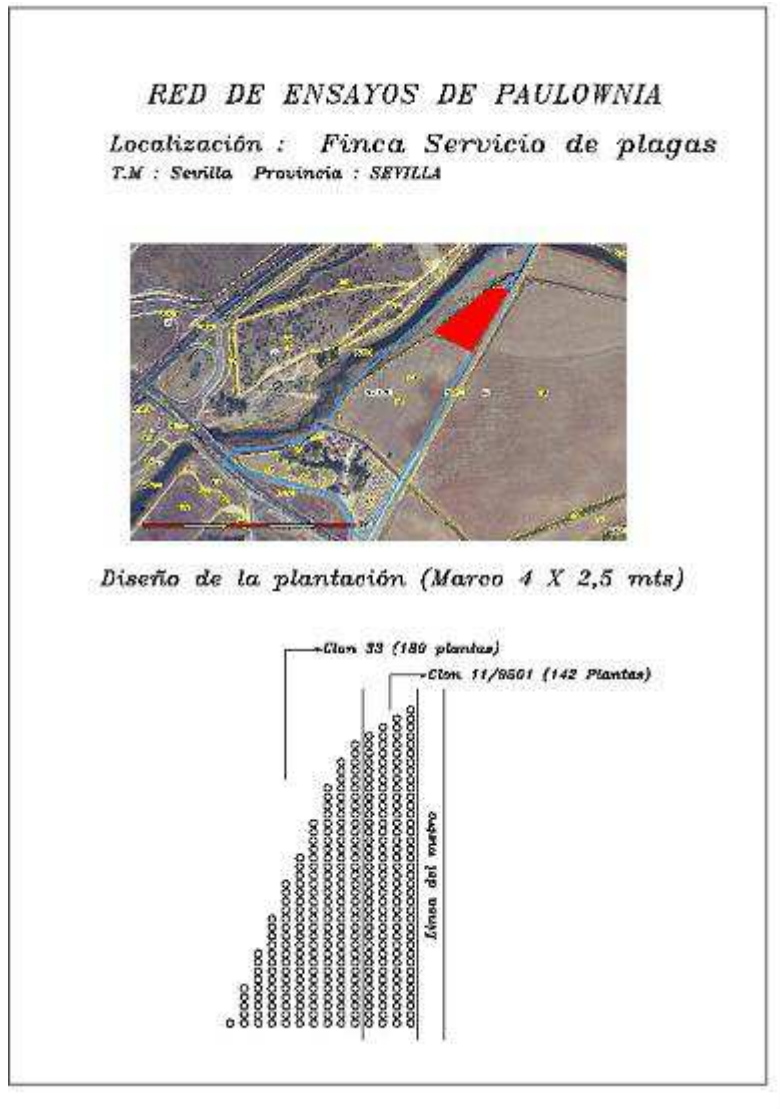
**Imagen 23** Localización y diseño de los ensayos de *Paulownia* sp. en “La Parra” y “Pago de Enmedio I”.



**Imagen 24** Localización y diseño de los ensayos de Paulownia sp. en “Pago de Enmedio II” y “La Cabaña”.

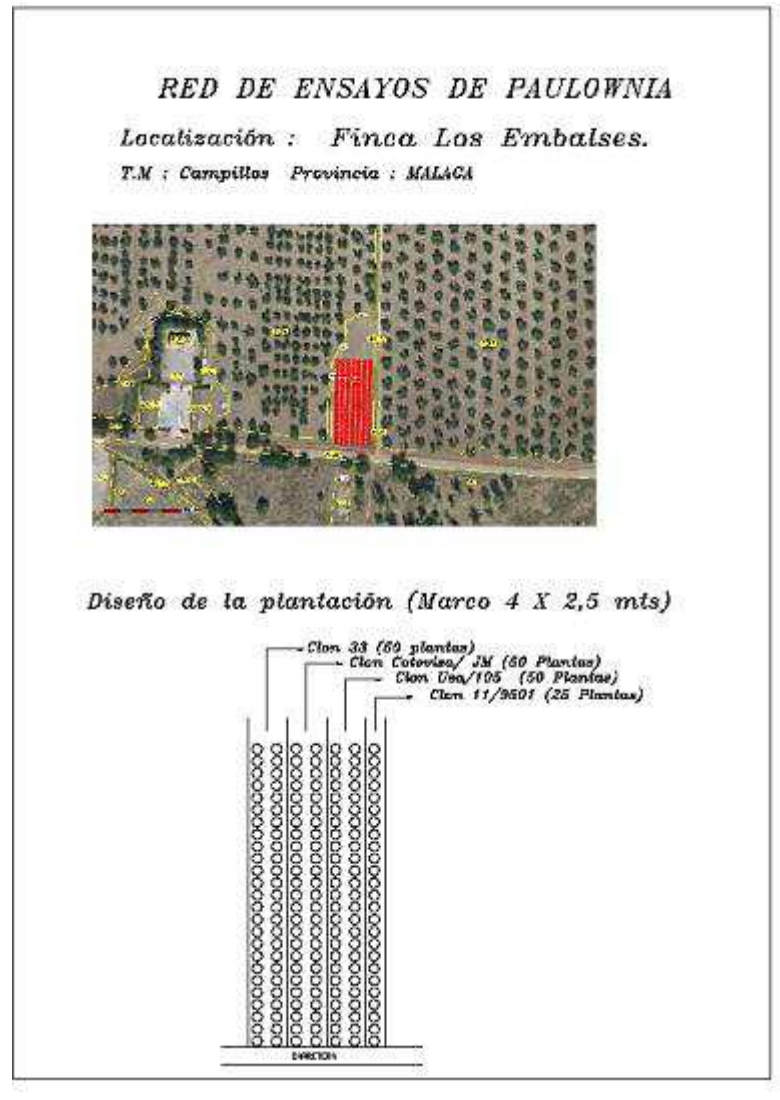


**Imagen 25** Localización y diseño de los ensayos de *Paulownia* sp. en las fincas “Servicio de Plagas” y “Guzmán II”.





**Imagen 26** Localización y diseño del ensayo de *Paulownia* sp. en “Los Embalses”.



### 6.3.3. Seguimiento de los ensayos de cultivo

#### 6.3.3.1. Presiembra: material vegetal

Como ya se ha indicado se han realizado ensayos con distintos clones de Paulownia; cuatro en concreto: clon 33, clon Cotevisa/JM, clon USA/105 y clon 11/9501.

En la siguiente imagen se muestra el material vegetal instaurado en “Pago de Enmedio”.

**Imagen 27** Material vegetal de *Paulownia sp.*



**Material vegetal de paulownia (varios clones) implantado en la finca “Pago de Enmedio”**

Previamente al transplante de las plantas a las parcelas de cultivo, se llevaron a cabo labores preparatorias del terreno que básicamente consistieron en uno o dos pases de distintos tipos de aperos: subsolador, grada, rotovator, vibrocultivador, chisel y/o semichisel. Asimismo, señalar que en las fincas no se realizó abonado de fondo.

#### 6.3.3.2. Plantación

La plantación en las distintas parcelas se realizó entre finales de abril de 2008, y junio del mismo año.

**Imagen 28** Implantación de *Paulownia sp* (campaña 2007-2008).



**“La Cabaña”: siembra en mayo de 2008**



**“Pago de Enmedio”:** siembra en mayo de 2008

El marco de plantación para todos los ensayos fue de 4,00 x 2,50 metros, excepto en el caso de los ensayos de “La Parra” y “Guzmán II” en los que fue de 3,00 x 3,00 metros.

### 6.3.3.3. Crecimiento

Tras la siembra, en todas las fincas se procedió a dar un riego al cultivo. Así, por ejemplo, el programa de riego en “La Parra” consistió en un riego semanal de 8 l/h (20 horas), y en “Los Embalses” un riego de 15 l/árbol/día (tres días a la semana).

En la Imagen 29 se muestra la etapa inicial de crecimiento de las plantas.

**Imagen 29** Etapa inicial de crecimiento de *Paulownia* sp.



**Crecimiento inicial de la paulownia en  
“Guzmán II”**



**Crecimiento inicial de paulownia en  
“La Cabaña”**

En todas las parcelas de cultivo se realizó un abonado de cobertera con nitrato amónico de forma manual y tras el riego (33,50% a una dosis de 10 gramos/planta). En “Los Embalses” la dosis empleada fue mayor: 20 gramos/planta, haciéndose el tratamiento con periodicidad mensual.

Debido a su gran porte aéreo, se hizo necesario entutorar el cultivo, utilizándose para ello tutores de caña de bambú o de hierro corrugado (Imagen 30).

**Imagen 30** Labores de entutorado de la paulownia.



**“Pago de Enmedio”**



**“La Cabaña”**

**“Servicio de Plagas”**

**Se emplearon tutores de caña de bambú y de hierro corrugado, a los que se ató el material vegetal implantado (su altura llegaba hasta los 2 metros, y se clavaron en el suelo unos 30 centímetros).**

Cabe señalar que en “La Cabaña” se produjo lo que inicialmente pareció un ataque de insectos polífagos, que resultó ser un daño físico producido por el viento. El movimiento de las hojas unas sobre otras provocaba que se eliminara la pilosidad superficial de las mismas, con lo que se incrementaba su sensibilidad a cualquier agente externo como el sol o el propio aire, provocando la muerte del tejido. En casos extremos aparecían perforaciones semejantes a las causadas por insectos.

**Imagen 31** Daño causado por el viento en la fase de crecimiento de la paulownia en “La Cabaña”.



Por otro lado, cabe destacar la incidencia de *Phytophthora* en algunas de las parcelas donde se instauró el cultivo. Así, en “Pago de Enmedio” y “Servicio de Plagas”, el ataque de este hongo provocó el secado del cuello de la zona del cuello en individuos adultos.

**Imagen 32** Secado del cuello de una planta de paulownia por ataque de *Phytophthora*.



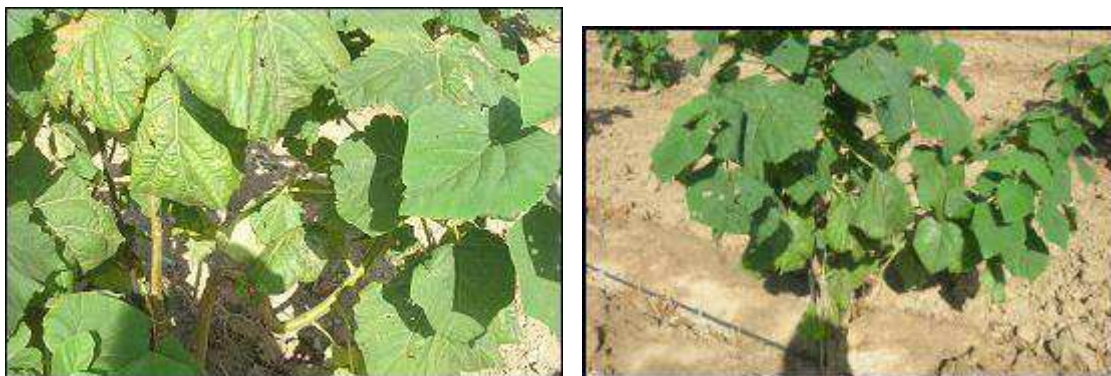
**Secado del cuello de una planta de paulownia por ataque de *Phytophthora* en la finca “Pago de Enmedio”:** se llevó a cabo un tratamiento con Aliette, si bien, el resultado no fue el esperado ya que frenó el desarrollo de la planta

Respecto a la aplicación de tratamientos fitosanitarios, cabe destacar los llevados a cabo en “Guzmán II”: dos para el control de malas hierbas (uno con trifluralina y otro con MCPA, a una dosis de 1,5 l/ha aplicado por medio de pistola y mochila) y dos para combatir un ataque de gardama<sup>14</sup>. Asimismo, se aplicó Aminovital, un bioestimulante natural, a una dosis de 40 cc/ha.

---

<sup>14</sup> Minador para el que se llevaron a cabo dos tratamientos, el primero, a finales de junio de 2008, con dimetoato, y el segundo, a principios de septiembre del mismo año, con detalmetrín.

**Imagen 33** Tratamientos fitosanitarios aplicados en “Guzmán II”.



**Ataque de gardama (minador) en “Guzmán II”: se llevaron a cabo dos tratamientos, el primero, a finales de junio de 2008, con dimetoato; el segundo, a principios de septiembre de 2008, con deltametrin, ambos con pistola y mochila a una dosis de 20 cc/ha.**



**En “Guzmán II” la aplicación de dimetoato para combatir el ataque de gardama (minador) provocó deformaciones en el tronco de la planta paralizando su crecimiento y desarrollo**

Finalmente, cabe señalar que se llevaron a cabo diversas labores de mantenimiento del cultivo. Así, en “La Cabaña” se realizaron varios pases de grada para eliminar malas hierbas y en “Guzmán II” un pase de cultivador y escarda manual.

En las siguientes imágenes se muestra el cultivo de paulownia en su etapa de crecimiento.

**Imagen 34** Etapa de crecimiento de *Paulownia* sp.



Ejemplares de paulownia en  
"La Cabaña"



Ejemplares de paulownia en  
"Servicio de Plagas"



Ejemplares de paulownia en  
"Los Embalses"

### **6.3.4. Estudio del crecimiento y desarrollo vegetativo de la *Paulownia* sp.**

En el presente apartado se analiza el crecimiento y desarrollo vegetativo de la paulownia instaurada en la campaña 2007-2008. Así, en primer lugar se estudia la evolución de la altura alcanzada por las plantas hasta el mes de diciembre de 2008 en cuatro de las siete fincas en las que se instauró la especie. En segundo lugar, se ha realizado un análisis de la altura en función del clon.

La toma de los datos de altura de las plantas de paulownia se llevó a cabo en diciembre de 2008, tras la caída de la hoja de la planta, y contempla todas las plantas de cuatro de las siete fincas en las que se llevaron a cabo los ensayos con esta especie: "Pago de Enmedio", "La Cabaña", "Servicio de Plagas" y "Los Embalses".

#### **6.3.4.1. Análisis de la altura alcanzada por las plantas de paulownia según las fincas**

Seguidamente se presentan los principales parámetros estadísticos de los datos sobre altura de las plantas de paulownia en las fincas de "Pago de Enmedio", "La Cabaña", "Servicio de Plagas" y "Los Embalses" hasta el mes de diciembre de 2008.

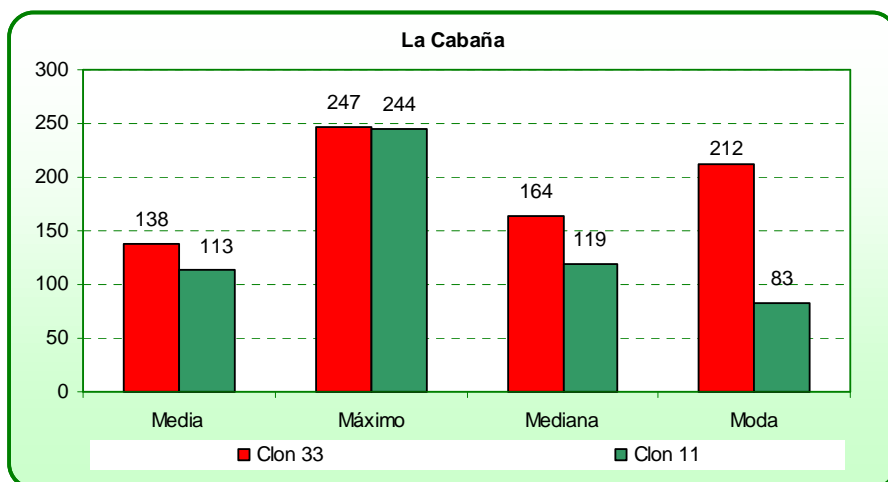
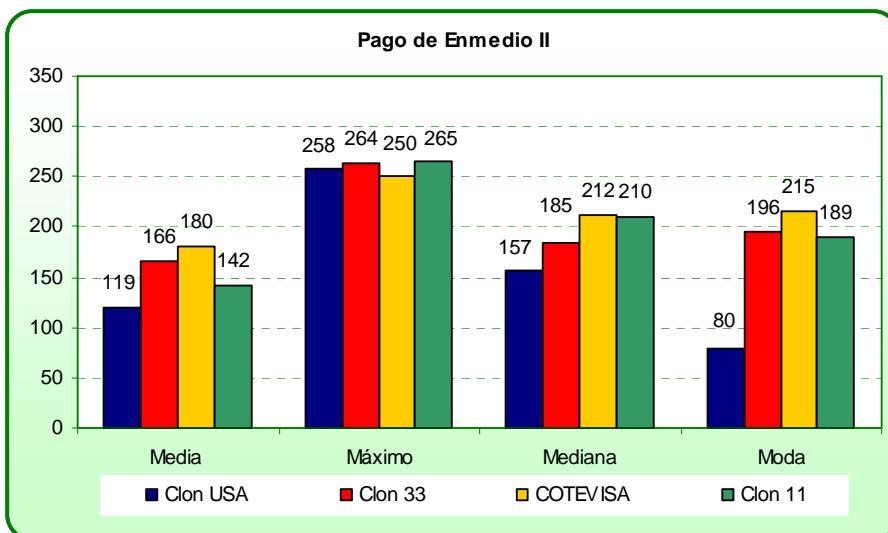
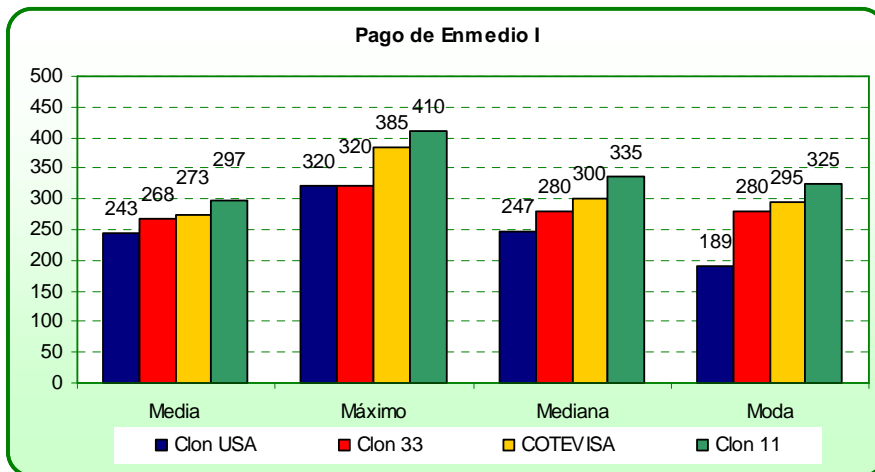
**Tabla 48** Parámetros estadísticos de los datos sobre altura de las plantas de paulownia por fincas hasta diciembre de 2008.

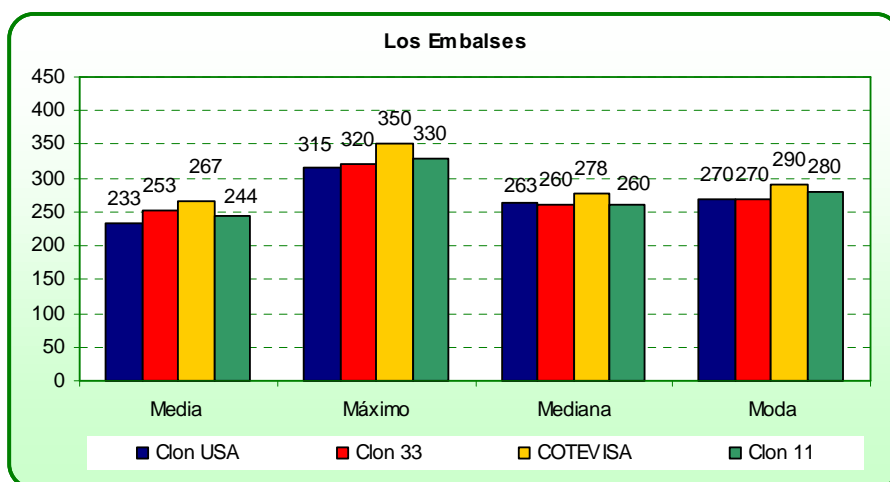
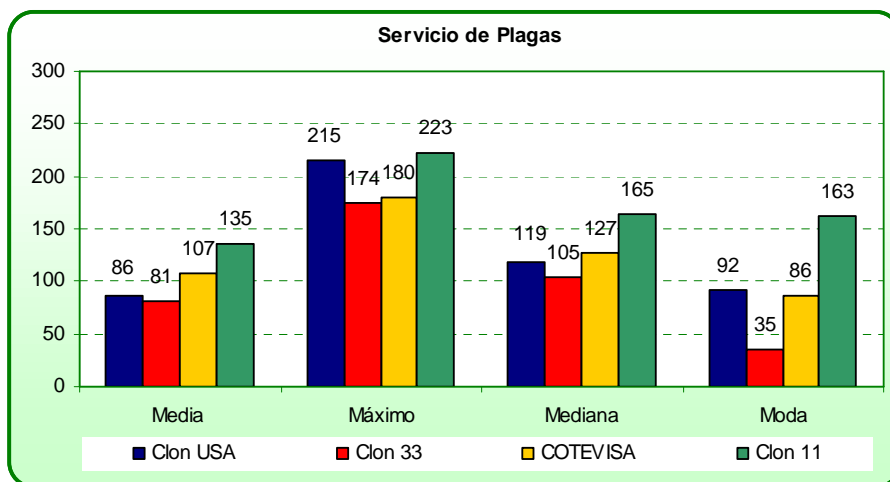
Altura alcanzada por las plantas de paulownia (centímetros)					
Finca	Parámetro estadístico	Clon USA	Clon 33	COTEVISA	Clon 11
Pago de Enmedio I	Media	243	268	273	297
	Desviación	35	38	65	73
	Mínimo	186	165	164	168
	Máximo	320	320	385	410
	Mediana	247	280	300	335
	Moda	189	280	295	325
Pago de Enmedio II	Media	119	166	180	142
	Desviación	57	50	42	63
	Mínimo	30	75	60	30
	Máximo	258	264	250	265
	Mediana	157	185	212	210
	Moda	80	196	215	189
La Cabaña	Media	86	81	107	135
	Desviación	51	40	34	40
	Mínimo	20	25	34	20
	Máximo	215	174	180	223
	Mediana	119	105	127	165
	Moda	92	35	86	163
Servicio de Plagas	Media	---	138	---	113
	Desviación	---	48	---	43
	Mínimo	---	25	---	56
	Máximo	---	247	---	244
	Mediana	---	164	---	119
	Moda	---	212	---	83
Los Embalses	Media	244	253	267	233
	Desviación	42	28	34	50
	Mínimo	130	190	180	85
	Máximo	330	320	350	315
	Mediana	260	260	278	263
	Moda	280	270	290	270

Fuente: Elaboración propia.



**Gráfico 1** Representación gráfica de los parámetros estadísticos de los datos sobre altura de las plantas de paulownia por fincas hasta diciembre de 2008.





Fuente: Elaboración propia.

De los datos reflejados en la tabla y gráficos anteriores, cabe destacar los siguientes puntos:

- En “Pago de Enmedio I” es el clon 11 el que presenta un mejor comportamiento respecto a la altura alcanzada por la planta: los valores de media, mediana y moda de este clon son mayores que los registrados por el resto de clones, si bien se trata del clon que presenta mayor variabilidad (mayor desviación estándar). Por otro lado, es el clon USA, con la menor media, mediana y moda, el que presenta una mayor homogeneidad (menor desviación estándar).
- En “Pago de Enmedio II”, el clon COTEVISA presenta los mejores parámetros estadísticos: mayor media, mediana y moda, y menor desviación estándar.
- En “La Cabaña”, el clon 11 el que presenta mayor media, mediana y moda, y el clon COTEVISA es el que presenta menor desviación estándar.
- De los dos clones implantados en la finca de “Servicios de Plagas”, el clon 33 es el que mejor comportamiento presenta: los valores alcanzados por la media, mediana y moda son mayores a los registrados para el clon 11, si bien este último presenta una menor variabilidad en la altura de las plantas (menor desviación estándar).

- En el caso de la finca “Los Embalses”, el clon COTEVISA es el que presenta mejor comportamiento frente al resto de clones instaurados en la finca. Así, este clon es el que presenta mayor media, mediana y moda. Por otro lado, el clon 33 es el que presenta menor desviación estándar.

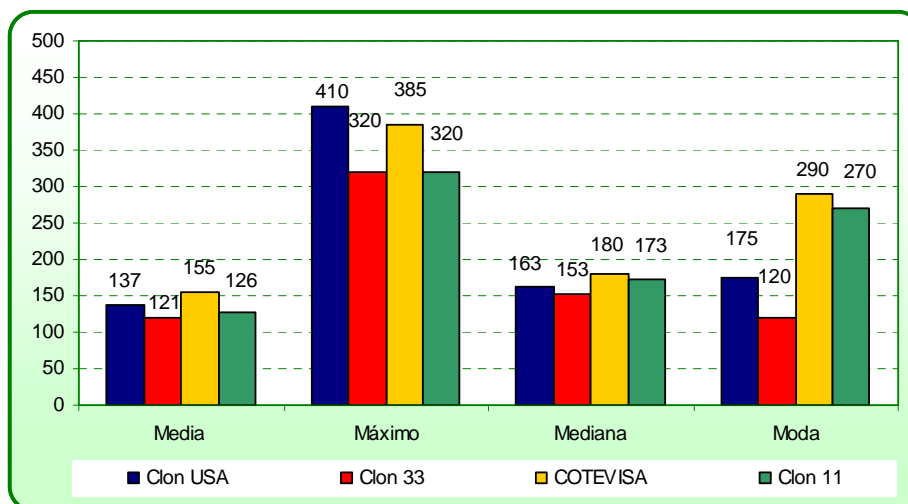
### 6.3.4.2. Análisis de la altura alcanzada por clones

En la tabla siguiente se recogen los principales parámetros estadísticos de los datos sobre altura en función del clon de paulownia implantado en las fincas de “Pago de Enmedio”, “La Cabaña”, “Servicio de Plagas” y “Los Embalses” en la campaña 2007-2008.

**Tabla 49** Parámetros estadísticos de los datos sobre altura de las plantas de paulownia en función del tipo de clon hasta diciembre de 2008.

	Clon USA	Clon 33	COTEVISA	Clon 11
Media	135	121	155	126
Desviación	64	61	80	76
Mínimo	20	25	34	20
Máximo	410	320	385	320
Mediana	163	153	180	173
Moda	175	120	290	270

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

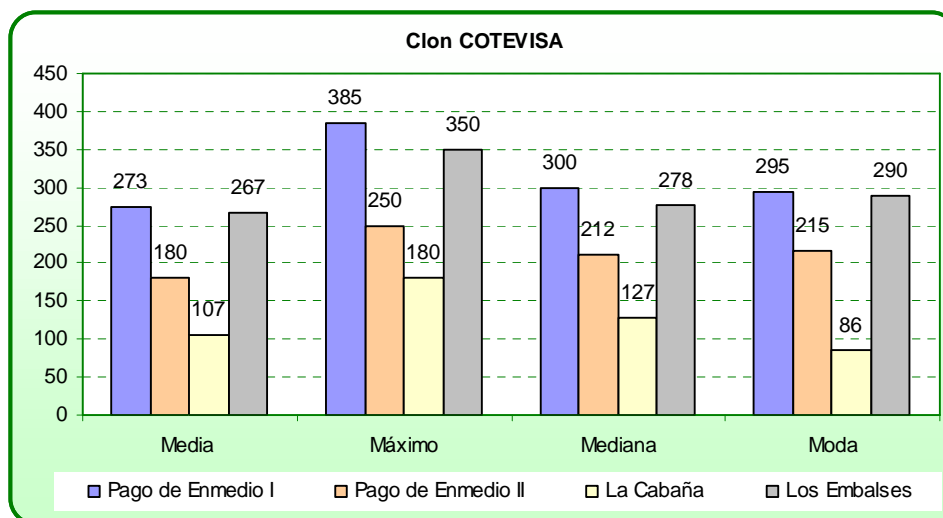
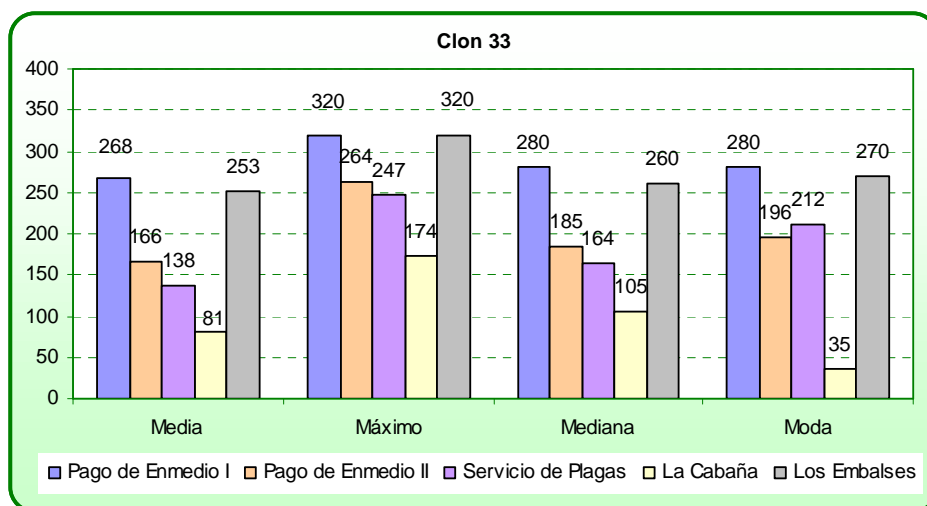
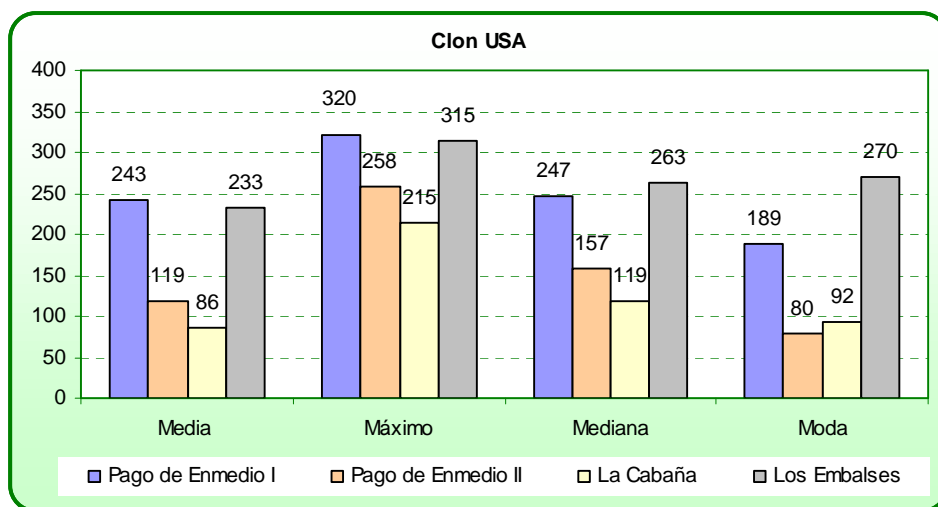
Por clones, de los datos e informaciones anteriores se deduce que son los clones COTEVISA y 11 los que presentan mejor comportamiento en cuanto a la altura alcanzada por las plantas de paulownia instauradas en las fincas de “Pago de Enmedio I”, “Pago de Enmedio II”, “La Cabaña”, “Servicio de Plagas” y “Los Embalses”: el clon COTEVISA presenta los mayores valores de media, mediana y moda, si bien es el que presenta mayor desviación estándar; tras él, el clon 11 es el que registra mayor mediana y moda del resto de clones.

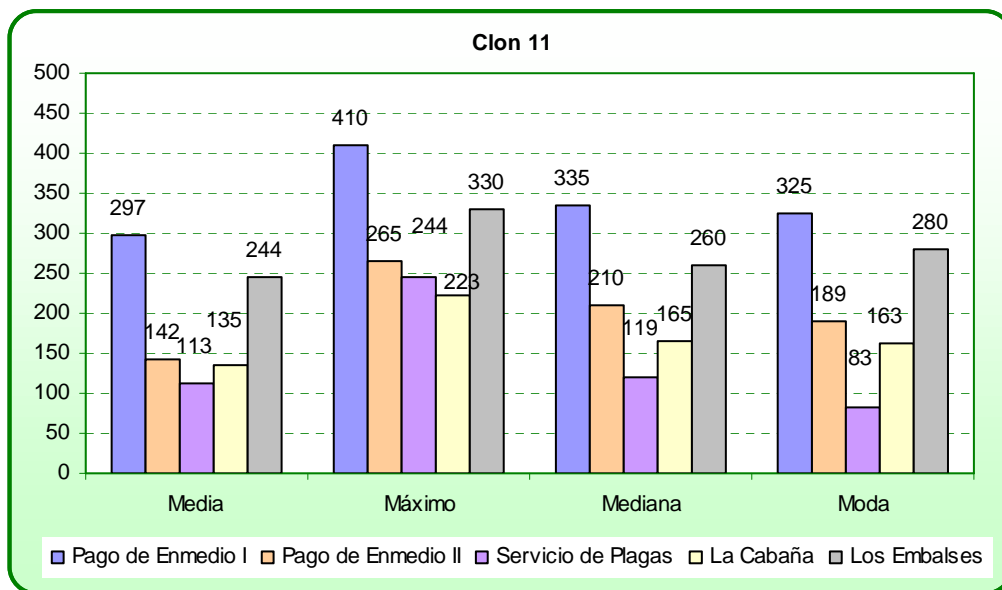
**Tabla 50** Parámetros estadísticos de los datos sobre la altura de las plantas de paulownia en función del clon hasta diciembre de 2008.

Altura alcanzada por las plantas de paulownia (centímetros)						
Finca	Parámetro estadístico	Pago de Enmedio I	Pago de Enmedio II	Servicio de Plagas	La Cabaña	Los Embalses
Clon USA	Media	243	119	---	86	233
	Desviación	35	57	---	51	50
	Mínimo	186	30	---	20	85
	Máximo	320	258	---	215	315
	Mediana	247	157	---	119	263
	Moda	189	80	---	92	270
Clon 33	Media	268	166	138	81	253
	Desviación	38	50	48	40	28
	Mínimo	165	75	25	25	190
	Máximo	320	264	247	174	320
	Mediana	280	185	164	105	260
	Moda	280	196	212	35	270
Clon COTEVISA	Media	273	180	---	107	267
	Desviación	65	42	---	34	34
	Mínimo	164	60	---	34	180
	Máximo	385	250	---	180	350
	Mediana	300	212	---	127	278
	Moda	295	215	---	86	290
Clon 11	Media	297	142	113	135	244
	Desviación	73	63	43	40	42
	Mínimo	168	30	56	20	130
	Máximo	410	265	244	223	330
	Mediana	335	210	119	165	260
	Moda	325	189	83	163	280

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 2** Representación gráfica de los parámetros estadísticos de los datos sobre la altura de las plantas de paulownia en función del clon hasta diciembre de 2008.





Fuente: Elaboración propia.

La tabla y los gráficos anteriores confirman lo comentado anteriormente: son los clones COTEVISA y 11 los que mejor comportamiento muestran en relación a la altura alcanzada por las plantas instauradas en las fincas de las que se tomaron los datos.

### 6.3.5. Resultados de la valorización energética del cultivo

La Tabla 51 muestra los resultados obtenidos del análisis de la valorización energética de la paulownia.

**Tabla 51** Resultados de la valorización energética de la paulownia.

Valorización energética de la paulownia					
Humedad (%)			Cenizas (%) (base húmeda)		
1,99			2,437		
PCS (base seca) (kcal/kg)			PCI (base húmeda) (kcal/kg)		
4.710,36			4.356,49		
Cloruros (%)	Azufre (%)	Sodio (%)	Potasio (%)	Calcio (%)	Magnesio (%)
0,03	0,10	0,402	1,753	0,142	0,086
Volátiles (base húmeda) (%)			Carbono fijo (%)		
98,30			-2,73		
Índice Álcali (kg/kcal)					
4,576					

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por SEDEBISA.

### 6.3.6. Aprovechamiento energético: conclusiones

Respecto al aprovechamiento energético de la paulownia, cabe destacar la buena adaptabilidad de esta especie a los territorios en los que ha sido instaurada. Así, durante las fases de implantación, crecimiento y desarrollo inicial del cultivo, las incidencias han sido mínimas, no perjudicando su potencial productivo.

En cuanto al crecimiento y desarrollo vegetativo de los clones de paulownia, los que presentan mejor comportamiento respecto a la altura alcanzada por las plantas son los clones COTEVISA y 11.

Asimismo, los datos relacionados con la valorización energética de la biomasa obtenida del cultivo de la paulownia ponen de manifiesto la viabilidad de esta especie como materia prima para aprovechamiento energético: presenta un excelente poder calorífico y bajos niveles de cloro, azufre y sodio, no mostrando problemas de ensuciamiento de las calderas. Asimismo, el elevado contenido de potasio de las cenizas que genera la combustión de su biomasa pueden ser utilizadas como abono.

Al tratarse de un cultivo plurianual, durante los próximos años será necesario estudiar su evolución y su óptimo manejo cultural para evaluar objetivamente su potencial como materia prima para obtener biomasa lignocelulósica con aprovechamiento energético.

Así, será necesario profundizar en el material vegetal de partida, en concreto, analizar la adaptabilidad de los clones existentes en el mercado a las diferentes condiciones climáticas y edafológicas de los territorios en los que se pretenda instaurar esta especie.

Otro factor a tener en cuenta es la recolección: al ser una especie plurianual, será necesario conocer el número óptimo de cortes a realizar a la planta, así como la maquinaria óptima para realizar dicho corte.

## 6.4. *Cynara cardunculus*

### 6.4.1. Introducción



El cardo es un cultivo plurianual que se instauró en la campaña 2005-2006 en diferentes emplazamientos con el objetivo de analizar sus posibilidades como especie de aprovechamiento energético (fundamentalmente de su biomasa lignocelulósica, si bien, también puede extraerse aceite de sus semillas que podría utilizarse en la producción de biodiesel).

**Imagen 35** *Cynara cardunculus*.

La Tabla 52 muestra los ensayos iniciados en la campaña 2005-2006 que continuaron en la campaña 2007-2008.

**Tabla 52** Ensayos de cardo (campaña 2007-2008).

Finca	Localización	Superficie (ha)	Superficie total (ha)	Fecha de recolección
"Majarambú"	Castellar de la Frontera (Cádiz)	8,00	14,00	Finales julio 2008
"Los Embalses"	Campillos (Málaga)	2,00		Finales julio 2008
"Somonte"	Palma del Río (Córdoba)	2,00		Mediados julio 2008
"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)	2,00		Finales junio 2008

Fuente: Elaboración propia.

## 6.4.2. Itinerario de cultivo: labores y costes

La Tabla 53 presenta el itinerario técnico y los costes de cultivo del cardo para las tres primeras campañas de su ciclo productivo<sup>15</sup>.

**Tabla 53** Itinerario técnico y costes del cultivo del cardo.

Itinerario técnico y costes de cultivo del cardo						
Etapa	Labor	Componente	Nº pases	Coste (€/ha)		
				Año 1	Año 2	Año 3
Presiembra	Preparación del terreno	Chisel	2	90	0	0
		Grada	2	60	0	0
	Abonado de fondo	Abonadora centrífuga (incluye abono y aplicación)	1	100	0	0
	<b>Total costes de presiembra</b>				<b>250</b>	<b>0</b>
Siembra	Siembra	Sembradora de precisión	1	30	0	0
	Tratamientos fitosanitarios	Pulverizador hidráulico (incluye herbicida de siembra y aplicación)	1	60	0	0
	<b>Total costes de siembra</b>				<b>90</b>	<b>0</b>
Crecimiento	Tratamientos fitosanitarios	Pulverizador hidráulico (incluye insecticida de crecimiento y aplicación)	1	50	0	0
	Mantenimiento del cultivo	Grada/cultivador	1	60	0	0
	<b>Total costes de crecimiento</b>				<b>110</b>	<b>0</b>

<sup>15</sup> Para el primer año se ha considerado que no se llevan a cabo tareas de recolección por lo que los costes de esta labor es cero.



Itinerario técnico y costes de cultivo del cardo						
Etapa	Labor	Componente	Nº pases	Coste (€/ha)		
				Año 1	Año 2	Año 3
Recolección	Recolección	Segadora picadora de forraje (incluye secado)	1	---	300	300
	Transporte		1	---	900	900
	<b>Total costes de recolección</b>			<b>0</b>	<b>1.200</b>	<b>1.200</b>
<b>COSTE TOTALES DE CULTIVO (CARDÓ)</b>				<b>450</b>	<b>1.200</b>	<b>1.200</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 6.4.3. Seguimiento de los ensayos del cultivo

Como se recoge en la Tabla 53, durante el tercer año de cultivo (campaña 2007-2008) la única labor que se llevó a cabo fue la recolección de la producción. Únicamente en “Los Embalses”, a finales de mayo de 2008, se tuvo que realizar una aplicación de dimetoato (dosificación del 0,10 %) para combatir un ataque de casida.

**Imagen 36** Ataque de casida en el cardo instaurado en “Los Embalses”.



**Síntomas del ataque de casida en cardo instaurado en “Los Embalses”:** tanto adultos como larvas se alimentan del parénquima foliar produciendo un daño típico de aspecto de perdigonada (pérdida de la superficie foliar)

En todas las fincas se empleó la misma maquinaria de recolección: una segadora picadora de forraje y, en línea, un remolque en el que se iba cargando la biomasa cosechada.

Las siguientes imágenes muestran la recolección del cardo en distintas fincas de la red de ensayos.

**Imagen 37** Labores de recolección del cardo (campaña 2007-2008).



En todas las fincas en las que en la campaña 2005-2006 se instauró el cardo y se continuó su cultivo en 2007-2008, la recolección se llevó a cabo por medio de una segadora picadora de forraje y un remolque en línea

La biomasa obtenida en “Majarambú”, “Los Embalses” y “Somonte” se destinó a aprovechamiento energético, mientras que la obtenida en “Cortijo de Enmedio” se destinó a alimentación a animal, en concreto, vacuno

Las producciones y rendimientos en verde obtenidos en las cuatro fincas donde se ubicaban los ensayos se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 54** Producción y rendimientos en verde del cardo durante la campaña 2007-2008.

Finca	Localización	Superficie (ha)	Producción (kgs)	Rendimiento (kgs/ha)
"Majarambú"	Castellar de la Frontera (Cádiz)	8,00	38.514	4.814
"Los Embalses"	Campillos (Málaga)	2,00	16.506	8.253
"Somonte"	Palma del Río (Córdoba)	2,00	19.430	9.715
"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)	2,00	107.550	53.775

Fuente: Elaboración propia.

La notable diferencia existente en el rendimiento alcanzado en "Cortijo de Enmedio" respecto al resto de fincas se justifica en el momento en el que se llevo a cabo la recolección del cultivo: en "Cortijo de Enmedio" la recolección se efectuó cuando las plantas aún no se habían secado de forma natural, conservando las hojas verdes y turgentes, mientras que en el resto de fincas se espero a recolectar cuando las plantas alcanzaron la madurez.

## 6.4.4. Resultados de la valorización del cultivo: destino energético y alimentación animal

Las tres tablas siguientes muestran los resultados de los análisis de la valorización energética del cardo. En la Tabla 55 se presentan los parámetros obtenidos para diferentes partes de la planta (tallo, flores y hojas). En la Tabla 56 y la Tabla 57 se incluyen los resultados para el cardo peletizado y pretriturado respectivamente.

**Tabla 55** Resultados de la valorización energética del cardo (tallos, flores y hojas).

Valorización energética de los tallos de cardo			
Humedad (%)	Cenizas (%) (base húmeda)	Cenizas (%) (base seca)	Inquemados (%)
12,90	2,838	3,259	96,741
PCS (base seca) (kcal/kg)		PCI (base húmeda) (kcal/kg)	
4.322,31		3.468,18	
Cloruros (%)	Azufre (%)	Sodio (%)	Potasio (%)
0,51	0,03	0,05	1,33
Índice Álcali (kg/kcal)			
3,199			
Valorización energética de los flores de cardo			
Humedad (%)	Cenizas (%) (base húmeda)	Cenizas (%) (base seca)	Inquemados (%)
30,89	2,113	3,057	96,943
PCS (base seca) (kcal/kg)		PCI (base húmeda) (kcal/kg)	
4.311,92		2.623,67	
Cloruros (%)	Azufre (%)	Sodio (%)	Potasio (%)
0,12	0,11	0,08	2,10
Índice Álcali (kg/kcal)			
5,049			
Valorización energética de las hojas de cardo			
Humedad (%)	Cenizas (%) (base húmeda)	Cenizas (%) (base seca)	Inquemados (%)
7,05	14,764	15,885	84,115
PCS (base seca) (kcal/kg)		PCI (base húmeda) (kcal/kg)	
3.763,13		3.220,74	
Cloruros (%)	Azufre (%)	Sodio (%)	Potasio (%)
0,08	0,27	0,42	1,74
Índice Álcali (kg/kcal)			
5,733			

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por SEDEBISA.

**Tabla 56** Resultados de la valorización energética de pelets de cardo.

Valorización energética de pelets de cardo			
Humedad (%)	Cenizas (%) (base húmeda)	Cenizas (%) (base seca)	Inquemados (%)
7,69	10,149	10,995	89,005
PCS (base seca) (kcal/kg)		PCI (base húmeda) (kcal/kg)	
3.869,95		3.293,28	
Cloruros (%)	Azufre (%)	Sodio (%)	Potasio (%)
2,26	0,33	0,260	1,227
Volátiles (%) (base húmeda)	Volátiles (%) (base seca)	Carbono fijo (%)	
78,90	85,48	3,26	
Índice Alcali (kg/kcal)			
3,842			

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por SEDEBISA.

**Tabla 57** Resultados de la valorización energética de cardo pretriturado.

Valorización energética de cardo pretriturado			
Humedad (%)	Cenizas (%) (base húmeda)	Cenizas (%) (base seca)	Inquemados (%)
29,57	4,009	5,691	94,309
PCS (base seca) (kcal/kg)		PCI (base húmeda) (kcal/kg)	
4.291,78		2.671,05	
Cloruros (%)	Azufre (%)	Sodio (%)	Potasio (%)
1,48	0,08	0,554	1,592
Volátiles (%) (base húmeda)	Volátiles (%) (base seca)	Carbono fijo (%)	
63,69	90,42	2,74	
Índice Alcali (kg/kcal)			
5,00			

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por SEDEBISA.

Respecto al posible uso de esta especie en alimentación animal, la Tabla 58 muestra las características nutricionales principales de su biomasa (obtenida en la finca "Cortijo de Enmedio").

**Tabla 58** Características nutricionales de la biomasa procedente del cultivo del cardo de la finca “Cortijo de Enmedio” (campaña 2007-2008).

Parámetro nutricional	
Proteína Bruta	9,40 %
Fibra Bruta	34,10 %
Minerales	8,60 %
Fibra Neutro Detergente	55,10 %
Fibra Ácido Detergente	43,00 %
pH	6,82
Materia Seca	30,80 %

Fuente: Elaboración propia.

### 6.4.5. Aprovechamiento energético: conclusiones

Tanto los resultados del estudio de la valorización energética como los relacionados con el valor nutricional de la biomasa lignocelulósica obtenida en las diferentes fincas de ensayo ponen de manifiesto la inviabilidad de la especie como materia prima para su aprovechamiento energético (uso en calderas) y alimentario (ganado vacuno).

Respecto a la valorización energética, como se ha señalado al analizar el sorgo y la caña común, en comparación con la biomasa que puede extraerse de otras especies, la biomasa obtenida del cardo presenta bajos valores de poder calorífico, así como niveles de cloro e índice álcali elevados, siendo factores limitantes para su uso en calderas.

Asimismo, cabe señalar que la biomasa procedente de esta especie, cuando se quema en la caldera, genera fibras que perjudican el proceso, ya que éstas afectan a las etapas de trituración y cribado. Respecto a la posibilidad de someter la biomasa extraída del cardo a un proceso de peletización, cabe señalar que el proceso presenta cierta complejidad: el pelet de cardo se desmorona fácilmente, siendo necesaria su mezcla con otros tipos de biomasa, como restos de poda de olivar, para conseguir una mejor compactación del producto final.

En cuanto a su destino alimentario, como ya se ha mencionado, los análisis de la biomasa obtenida en “Cortijo de Enmedio” ponen de manifiesto su baja calidad como forraje. Al no poderse henificar, únicamente se podría consumir ensilada y al carecer de azúcares y presentar un pH alto, no se produce una buena fermentación.

Dependiendo del precio y de los costes adicionales del ensilaje, se podría utilizar para la alimentación de animales no productivos (de recreo) como sustitución de henos de mediana-baja calidad. Otra alternativa, sería estudiar el aprovechamiento alimentario del pelet de cardo, y analizar la respuesta del ganado al mismo.

## 6.5. *Jatropha curcas*

### 6.5.1. Introducción

La jatrofa es una especie leñosa de pequeño porte perteneciente a la familia de las euforbiáceas que produce semillas oleaginosas ricas en un aceite tóxico que tiene usos medicinales.

Originaria de Centroamérica, se ha introducido como cultivo en diversos países de Asia y África. Se trata de una planta muy rústica, que crece en climas tropicales y subtropicales, tolerante a suelos pobres y a la sequía y que da cosecha al tercer año de su plantación.

**Imagen 38** *Jatropha curcas*.



La jatrofa es una planta oleaginosa muy resistente, que puede adaptarse a, prácticamente, cualquier tipo de terreno, utilizada para combatir la desertificación y rehabilitar tierras degradadas; sus semillas, de las que puede extraerse un 40% aproximadamente de aceite que puede ser procesado y transformado en biodiésel, son tóxicas, por lo que su aceite no es comestible y su precio no está influenciado por la competencia por el uso alimentario. Distintas experiencias y ensayos arrojan un

rendimiento de 1.900 litros de aceite por hectárea de jatrofa cultivada a partir del segundo año.

En los siguientes apartados se presenta el itinerario y costes de cultivo de esta especie. Asimismo, se describen las labores realizadas en los ensayos, en concreto, presiembra, siembra (y trasplante del material vegetal) y crecimiento. No se incluye información relativa a su recolección, pues, como se ha comentado anteriormente, se trata de un cultivo plurianual que comienza a desarrollar su potencial productivo a partir del tercer año.

### 6.5.2. Itinerario de cultivo: labores y costes

La Tabla 59 muestra el itinerario de cultivo de la jatrofa en su campaña de implantación y en las dos siguientes. También se incluyen los costes de cultivo para esas campañas.

En la Tabla 60 se sintetizan algunas especificidades de los ensayos realizados.

**Tabla 59** Itinerario técnico y costes del cultivo de la jatrofa.

Itinerario técnico y costes de cultivo de la jatrofa						
Etapa	Labor	Componente	Nº pases	Coste (€/ha)		
				Año 1	Año 2	Año 3
Presiembra	Preparación del terreno	Chisel	1	45	0	0
		Grada	1	30	0	0
	Abonado de fondo	Abonadora centrífuga	1	100	0	0
	<b>Total costes de presiembra</b>				<b>175</b>	<b>0</b>
Siembra	Siembra	Marquileo (asurcado)	1	30	0	0
		Plantación	1	300	0	0
	Tratamientos fitosanitarios	Pulverizador hidráulico (herbicida de siembra)	1	60	0	0
	<b>Total costes de siembra</b>				<b>390</b>	<b>0</b>
Crecimiento	Abonado de cobertera	Abonadora centrífuga	1	0	120	150
	Tratamientos fitosanitarios	Pulverizador hidráulico (herbicida de crecimiento)	1	0	105	105
	Riego	Instalación filtros/goteo (incluye energía)	---	1650	150	150
	Mantenimiento de cultivo	Poda (y mantenimiento)	1	0	100	100
	<b>Total costes de crecimiento</b>				<b>1650</b>	<b>475</b>
<b>COSTE TOTALES DE CULTIVO (JATROFA)</b>				<b>2.215</b>	<b>475</b>	<b>505</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 60** Ensayos de jatrofa (campaña 2007-2008).

Finca	Localización	Superficie (ha)	Fecha transplante	Marco de plantación (m)	Número de plantas
"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	0,43	Junio 2008	4,00 x 1,50	67
"Pago de Enmedio"	La Rinconada (Sevilla)	0,17	Finales junio 2008	4,00 x 1,50	145
<b>Total</b>		<b>0,60</b>	<b>Total</b>		<b>212</b>

Fuente: Elaboración propia.

En ambas fincas, el cultivo se realizó en regadío: por goteo en "Guzmán II" y a manta en "Pago de Enmedio".



## 6.5.3. Seguimiento de los ensayos del cultivo

### 6.5.3.1. Presiembra

Tanto en “Guzmán II” como en “Pago de Enmedio” se realizaron diversas labores de preparación del terreno previamente al trasplante de la planta, que se realizó en junio de 2008. En “Guzmán II” se dio un pase de vibrocultivador y se llevaron a cabo las tareas necesarias para la instauración del sistema de riego por goteo.

### 6.5.3.2. Siembra y trasplante del material vegetal

Se realizaron plantaciones con plántulas suministradas por un vivero que disponía de material vegetal procedente de otros ensayos de germinación de semillas. Asimismo, se obtuvieron semillas de ese mismo vivero que fueron empleadas para obtener parte de las plántulas de los ensayos en la finca de “Guzmán II”. Cabe señalar que todas las plantas procedían de Angola.

**Imagen 39** Semilleros de jatrofa (“Guzmán II”).



Los semilleros se hicieron en marzo de 2008 en “Guzmán II”; la siembra se realizó en bandejas con turba. De las 480 semillas sembradas inicialmente, germinaron un total de 67, que fueron las que finalmente se transplantaron a la parcela correspondiente. En junio de 2008, se procedió a su trasplante.

**Imagen 40** Transplante e implantación de jatrofa en “Guzmán II”.



En “Pago de Enmedio”, el trasplante se realizó a finales de ese mismo mes por medio de una azada. En ambas fincas, el marco de plantación fue de 4,00 x 1,50 metros.

### 6.5.3.3. Crecimiento

Como se ha comentado anteriormente, el cultivo se llevó a cabo en regadío. En concreto:

- En “Guzmán II”, el riego, por goteo, se realizó diariamente entre los meses de junio y agosto de 2008, con un consumo equivalente a 1.800 metros cúbicos de agua por hectárea.
- En “Pago de Enmedio”, se realizaron cinco riegos a manta, incluido el de plantación.

**Imagen 41** Etapa de crecimiento de la *Jatropha curcas*.



Aspecto del cultivo en “Guzmán II”



Aspecto del cultivo en “Pago de Enmedio”

En líneas generales, tras el transplante de las plantas los ejemplares de ambas fincas presentaron un comportamiento óptimo con un desarrollo vegetativo excelente, no produciéndose ataques de plagas ni daños de ningún tipo (físicos, malas hierbas, etc.).

Durante los meses de julio y agosto de 2008 se llevaron a cabo varias tareas de escarda manual dirigidas al mantenimiento del cultivo en “Guzmán II”. Asimismo, se aplicó Aminovital, un bioestimulante natural, a una dosis de 40 cc/ha.

Sin embargo, entre finales de noviembre y principios de diciembre de 2008, fechas en que se produjeron varias heladas, la planta quedó muy afectada.

**Imagen 42** Daños provocados por las heladas en el cultivo de la jatrofa.



Daños ocasionados por las heladas en “Guzmán II”



Daños por helada en "Pago de Enmedio"

#### 6.5.4. Aprovechamiento energético: conclusiones

Como consecuencia de las heladas se ha paralizado el conjunto de ensayos puestos en marcha por lo que los resultados de la implantación de esta especie en los territorios seleccionados han sido muy negativos hasta finales de diciembre de 2008. No obstante, se espera a las heladas de invierno para comprobar su respuesta a las bajas temperaturas.

Los principales puntos críticos de la instauración de esta especie en los territorios en los que fue implantado son el riesgo de heladas, así como el periodo de maduración y la adaptación de la recolección por medios mecanizados. Se trata de factores que habrá que profundizar en su estudio durante los próximos años.

Asimismo, no existe material vegetal con garantía de procedencia y que presente una óptima adaptabilidad a nuestra climatología (secano), si bien, los ensayos puestos en marcha se realizaron con riego por goteo en "Guzmán II" y a manta en "Pago de Enmedio".

Se hace necesario avanzar en una red más extensa de ensayos en diferentes condiciones climatológicas y edafológicas en el conjunto de territorios de Andalucía, descartando aquellas zonas con riesgo de heladas por ser el principal factor limitante para su óptimo crecimiento y desarrollo durante su ciclo de cultivo. Asimismo, al tratarse de una especie plurianual, sería interesante establecer un análisis de costes de cultivo para un ciclo de varios años.

## 7. RESUMEN DE RENDIMIENTOS Y PRODUCCIONES

En la Tabla 61 se sintetizan los rendimientos y producciones de las diferentes especies energéticas ensayadas. Sólo se incluyen los cultivos que han podido recolectarse, en concreto, sorgo papelero, caña común y cardo.

**Tabla 61** Rendimientos y producciones totales de sorgo papelero, caña común y cardo en la campaña 2007-2008.

Cultivo	Finca	Localización	Destino	Rendimiento (kg/ha)	Producción total (kg)
<b>Sorgo papelero</b>	“Pago de Enmedio”	La Rinconada (Sevilla)	Biomasa lignocelulósica	125.000	125.000
<b>Caña común</b>	“La Palmosa”	Palma del Río (Córdoba)	Biomasa lignocelulósica	9.500	950
	“Guzmán II”			18.600	3.720
<b>Cardo</b>	“Majarambú”	Castellar de la Frontera (Cádiz)	Biomasa lignocelulósica	4.814	38.514
	“Los Embalses”	Campillos (Málaga)		8.253	16.506
	“Somonte”	Palma del Río (Córdoba)		9.715	19.430
	“Cortijo de Enmedio”	Moclín (Granada)	Biomasa lignocelulósica (alimentación de ganado vacuno)	53.775	107.550

Para el cardo, se presentan los valores de rendimiento y producción en verde.

Fuente: Elaboración propia.

## 8. CONCLUSIONES

A continuación se exponen las conclusiones del estudio para cada una de las especies ensayadas, así como otras conclusiones generales.

### En relación al sorgo papelero (de segunda cosecha) y el cardo:

- Ambas especies presentan condicionantes negativos para la obtención de biomasa lignocelulósica con destino energético.
- En el caso del **sorgo papelero**, los problemas de encamado durante el crecimiento han afectado negativamente a su recolección, no siendo recomendable su instauración para la obtención de biomasa lignocelulósica. Cabe indicar que no se ha ensayado la realización de varios cortes durante su crecimiento. No obstante, las plantas energéticas de biomasa no recomiendan la biomasa de esta especie dada su caracterización energética.
- El **cardo** presenta desventajas tanto para su aprovechamiento energético como alimentario (para ganado). Así, los resultados obtenidos tras su valorización energética que muestran que tanto el nivel de cloruros como el índice álcali alcanzan valores elevados, ponen de manifiesto su escaso interés para su uso en calderas. Respecto a su destino alimentario, los análisis realizados denotan su baja calidad como forraje: en función de su precio y del costo de ensilaje, podría emplearse para la alimentación de animales de recreo. Tras tres años de cultivo en diferentes fincas de los territorios andaluces, los resultados productivos obtenidos no han sido satisfactorios poniendo de manifiesto su escaso potencial para su destino como materia prima para la obtención de biomasa lignocelulósica.

**Respecto a la caña común, la paulownia y la jatrofa, especies energéticas “verdaderas”, que resultan cultivos innovadores dentro de los ensayos con cultivos energéticos que se desarrollan en fincas de titularidad pública:**

- **Caña común:** destaca su buena adaptabilidad a los territorios andaluces, así como los escasos condicionantes a tener en cuenta para establecer el cultivo. A esto se unen los buenos resultados obtenidos de la valorización energética de su biomasa lignocelulósica. Todo ello puede favorecer y facilitar su expansión como cultivo energético, si bien, habría que profundizar en el estudio de su manejo cultural, en concreto, el material vegetal de partida, necesidades hídricas mínimas para su crecimiento y desarrollo óptimo, y recolección.

En cuanto a su recolección, sería interesante estudiar los rendimientos por hectárea que se obtienen en el primer año de cultivo, y los obtenidos si el corte de la caña se realiza en el segundo o tercer año de su ciclo productivo.

Asimismo, es necesario caracterizar energéticamente la biomasa lignocelulósica obtenida el primer año y la obtenida en los siguientes años del cultivo, con el fin de conocer qué tipo de biomasa podría presentar mejores condiciones para su valorización energética.

- **Paulownia:** señalar su buena adaptabilidad a las zonas en las que se ha implantado, no apareciendo problemas significativos durante sus primeras etapas de cultivo y desarrollo.

Al tratarse de un cultivo plurianual sería necesario analizar su evolución en las próximas campañas para evaluar de forma objetiva su potencial como fuente de biomasa lignocelulósica para aprovechamiento energético.

Asimismo, de los diferentes clones utilizados en los ensayos, se recomienda que únicamente se utilicen dos, siendo necesario confirmar cuál sería el óptimo para futuros ensayos.

- **Jatrofa:** los ensayos realizados ponen de manifiesto su escasa tolerancia a las heladas (las producidas a finales de noviembre y principios de diciembre de 2008 provocaron graves daños a las plantas).

No obstante, se trata de ensayos pioneros en Andalucía y probablemente en España, siendo necesario estudiar los aspectos y factores que condicionan su crecimiento y desarrollo, tanto si se trata de una especie con potencial productivo como si por el contrario no lo tiene. La continuidad de los ensayos permitirá disponer de información agronómica al respecto, prácticamente nula en la actualidad.

Como conclusiones generales destacar las siguientes:

- A la hora de instaurar un cultivo energético para la obtención de biomasa es necesario tener en cuenta todos los factores que condicionan su cultivo: características edafológicas de la parcela donde van a ser implantado, agua de riego (en el caso de que sea necesaria), programa de abonado, tratamientos fitosanitarios y recolección del cultivo. En función de este conjunto de parámetros, los resultados de la valorización energética de la biomasa obtenida puede diferir entre especies y campañas.
- En líneas generales, cultivos herbáceos como sorgo papelero y caña común, presentan poderes caloríficos inferiores a los alcanzados por cultivos leñosos, como la paulownia. Asimismo, la biomasa obtenida de especies herbáceas presenta elevados niveles de cloro, hecho que provoca emisiones, como dioxinas, y corrosión de las calderas de combustión.
- Para poder eliminar (absorber) el cloro que se genera en el proceso de combustión en las calderas, se pueden utilizar, por ejemplo, sobrecalentadores de titanio, si bien su uso resulta excesivamente caro, por lo que incrementa los costes económicos del proceso.
- Es necesario profundizar en el estudio de especies con altos rendimientos (kilogramos de materia seca por hectárea) y cuya biomasa posea un elevado poder calorífico como por ejemplo paulownia o chopo en plantaciones intensivas.