

•  
•  
•  
•  
•  
•  
•

# Informe de seguimiento de los ensayos con Cultivos Energéticos

**Año 2009**

**Abril 2011**



JUNTA DE ANDALUCÍA

SECRETARÍA GENERAL DEL MEDIO RURAL Y PRODUCCIÓN ECOLÓGICA

# Informe de seguimiento de los ensayos con Cultivos Energéticos

Año 2009

## Índice de contenidos

<b>Resumen .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Antecedentes: experiencia acumulada.....</b>	<b>7</b>
<b>3. Objetivos .....</b>	<b>9</b>
<b>4. Diseño del plan de ensayos .....</b>	<b>10</b>
4.1. Selección de cultivos .....	10
4.2. Selección de fincas y parcelas .....	11
<b>5. Ensayos realizados .....</b>	<b>15</b>
5.1. <i>Arundo donax L.</i> .....	15
5.2. <i>Casuarina sp.</i> .....	22
5.3. <i>Cynara cardunculus L.</i> .....	33
5.4. <i>Eucaliptus sp.</i> .....	38
5.5. <i>Miscanthus sp.</i> .....	49
5.6. <i>Paulownia sp.</i> .....	57
5.7. <i>Populus sp.</i> .....	80
<b>6. Resumen de rendimientos y producciones.....</b>	<b>91</b>
<b>7. Conclusiones .....</b>	<b>96</b>
<b>Anexo I: Caracterización de las fincas de ensayo .....</b>	<b>99</b>
<i>Barruelos</i> .....	99
<i>Cortijo de Enmedio</i> .....	101
<i>Guzmán II</i> .....	103
<i>La Cabaña</i> .....	106
<i>La Parra</i> .....	108
<i>Los Embalses</i> .....	111
<i>Majarambú</i> .....	114

<i>Pago de Enmedio</i> .....	116
<i>Servicio de Plagas</i> .....	118
<i>Somonte</i> .....	120
<b>Anexo II: Parámetros climáticos, edafológicos y resultados de los análisis del agua de riego</b> .....	<b>122</b>

# Informe de seguimiento de los ensayos con Cultivos Energéticos

## Año 2009

### Resumen

Con la experiencia acumulada en los años anteriores con los ensayos de *Cynara cardunculus* L. y los iniciados en 2007 cuando se incluyeron especies “verdaderamente” energéticas como *Arundo donax* y *Paulownia sp.*, en 2009 se continúa profundizando en el estudio y análisis de especies innovadoras en el ámbito de la producción de biocombustibles, en particular, en aquellos que se destinan a la producción de biomasa lignocelulósica.

De este modo, los ensayos de 2009 incluyen el *Miscanthus sp.*, especie herbácea con un comportamiento vegetativo similar al de la caña común, que tan buenos resultados en relación a producción y caracterización de su biomasa se obtuvieron en la pasada campaña. No obstante, son las especies leñosas de rotación corta las principales protagonistas de los ensayos que se describen en el presente documento.

En este sentido, y como consecuencia de los excelentes resultados obtenidos de la implantación de paulownia en 2008, en 2009 se ampliaron las superficies dedicadas a este cultivo, tanto en las fincas en las que ya estaba instaurado como en otras nuevas. Además, se iniciaron ensayos con otras tres especies: *Casuarina sp.*, *Eucaliptus sp.* y *Populus sp.* Se trata de especies que, como la paulownia, presentan una óptima adaptabilidad a los territorios andaluces y resultados excelentes relativos tanto a la producción de biomasa lignocelulósica como a la calidad de la misma para su aprovechamiento energético.

Como ocurriera el año anterior con la caña común y la paulownia, los ensayos iniciados con miscanto, casuarina, eucalipto y chopo son los primeros que se llevan a cabo en las fincas públicas. Todas ellas son especies de crecimiento rápido y vigoroso, que toleran una densidad elevada, y se caracterizan por tener gran capacidad de rebrote, resistencia elevada a plagas y enfermedades, gran rusticidad o adaptabilidad a una amplia gama de suelos, y por su fácil y sencilla forma de multiplicarse.

Al tratarse de especies novedosas en el sector agrario andaluz, se pretende analizar su comportamiento y adaptabilidad a diferentes agrosistemas, y conocer los problemas con los que se podrían encontrar los agricultores a la hora de cultivarlos. Asimismo, se analizan los costes de producción asociados a estos cultivos.

En este documento se presentan los resultados y conclusiones del plan de ensayos de 2009, profundizando principalmente en las labores agrarias e incidencias de cultivo más significativas acaecidas en las fases de presiembra, siembra (o transplante) y crecimiento de las distintas especies ensayadas.



Se puede afirmar que, en líneas generales, todos los cultivos bajo ensayo presentan gran adaptabilidad y que se han encontrado escasos problemas durante su crecimiento y desarrollo vegetativo. Asimismo, los datos de producción y rendimiento de los cultivos, así como las características de su biomasa, han permitido progresar en el conocimiento del potencial energético de estas especies.

# Informe de seguimiento de los ensayos con Cultivos Energéticos

## Año 2009

### 1. Introducción

La utilización de biomasa de cultivos energéticos para la producción de combustibles o carburantes ha venido siendo en los últimos años una actividad de importancia en la lucha contra la contaminación, y en particular, frente al efecto invernadero y como estrategia de mitigación del cambio climático: se trata de una fuente de energía renovable puesto que su contenido energético procede en última instancia de la energía solar fijada por los cultivos en el proceso fotosintético.

Diversos factores, como las crisis alimentarias de los últimos años que han puesto bajo sospecha la utilización de determinadas materias primas agrícolas, como cereales y oleaginosas, para la producción de biocombustibles líquidos, han provocado que se dirijan grandes esfuerzos al estudio y análisis de otras especies cuyo destino específico es la producción de biocombustibles, tanto sólidos como líquidos, destacando entre ellos los cultivos leñosos de ciclo corto, principales protagonistas del plan de ensayos de 2009.

Los resultados obtenidos de los ensayos del año anterior pusieron de manifiesto las buenas aptitudes de especies como la paulownia, por lo que en 2009 se potenciaron sus ensayos, y se ampliaron los estudios y análisis de otras especies con similares características de crecimiento y desarrollo vegetativo como la casuarina, eucalipto y chopo. A estas se ha añadido otra especie, en este caso herbácea, que presenta también importantes aptitudes para la producción de biomasa lignocelulósica: el miscanto.

En líneas generales, tanto las especies mantenidas otros años (caña común, cardo y paulownia) como las que se han implantado en 2009 (casuarina, eucalipto, miscanto y chopo) permiten la producción de biomasa con la que poder disminuir la dependencia externa del abastecimiento de combustibles, y favorecer el desarrollo de zonas rurales puesto que suponen una oportunidad para el sector agrícola, al poder instaurarse en tierras marginales. Asimismo, el fomento y desarrollo de estas producciones puede suponer la creación de puestos de trabajo así como favorecer el incremento de la actividad del sector agrario (maquinaria, fertilizantes, técnicos, etc.).

En suma, el sector de los cultivos energéticos, y en particular de cultivos energéticos “verdaderos”, es decir, de especies cuya producción tiene como principal y prácticamente único destino la obtención de energía, es un sector innovador y sostenible que abre oportunidades de negocio a la industria andaluza, puesto que puede servir como motor e impulsor de la

investigación y desarrollo tecnológico. Asimismo, incrementa los ámbitos de actuación en las acciones y estrategias de desarrollo rural en los territorios andaluces.

El fomento del uso de energías procedentes de fuentes renovables, junto con el ahorro energético y una mayor eficiencia energética, son líneas estratégicas fundamentales para lograr la reducción de las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) y cumplir el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, así como otro conjunto de compromisos nacionales, europeos e internacionales relacionados con la reducción de las emisiones de GEI más allá del año 2012. En este sentido, el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC considera que el conjunto de las prácticas agrícolas puede suponer contribuciones significativas a la mitigación del cambio climático. Entre ellas, y en el ámbito que nos ocupa, cabe destacar la puesta en cultivo de materias primas agrícolas destinadas a la extracción de biocombustibles para usos energéticos.

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<sup>1</sup>, una serie de actuaciones destinadas al fomento del uso de estas fuentes de energía en Andalucía. Entre ellas estaba el desarrollo de ensayos con cultivos energéticos.

La Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero como entidad encargada desde su creación de la gestión y administración de las fincas públicas, fue la responsable de ponerlo en marcha en 2006, continuándolo desde entonces en años posteriores.

## 2. Antecedentes: experiencia acumulada

Los primeros ensayos relacionados con cultivos energéticos que se iniciaron en fincas de titularidad pública comenzaron en 2005 con *Cynara cardunculus* L. En dicho año se puso en marcha una red de ensayos para estudiar su adaptación y evaluar su comportamiento frente a distintas técnicas de cultivo, tipos de suelos, condiciones climáticas, etc., así como su potencial productivo. Con ella, se pretendía conocer el adecuado manejo de esta especie y analizar sus potencialidades para la obtención de biomasa y aceite para la producción de biodiésel.

El cardo se instauró en los cinco emplazamientos que aparecen en la Tabla 1.

**Tabla 1** Selección de fincas de la red de ensayos de cardo (año 2005).

Cultivo instaurado	Finca	Localización	Superficie (ha)
Cardo para la producción de biomasa, biodiésel y semilla	"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)	2,00
	"La Parra"	Puebla de Don Fadrique (Granada)	2,00
	"Los Embalses"	Campillos (Málaga)	2,00
	"Majarambú"	Castellar (Cádiz)	10,00
	"Somonte"	Palma del Río (Córdoba)	2,00

<sup>1</sup> Actualmente, Secretaría General del Medio Rural y la Producción Ecológica.

Cultivo instaurado	Finca	Localización	Superficie (ha)
Superficie total dedicada a cultivos energéticos (cardo) (hectáreas)			18,00

Fuente: Elaboración propia.

En 2006, se llevó a cabo el primer plan de ensayos con cultivos energéticos de la Consejería de Agricultura y Pesca, que incluía los ensayos iniciados con el cardo el año precedente, cultivo de trigo para producción de etanol y de colza para producción de biodiésel. Se instauraron 101,25 hectáreas de trigo en Palma del Río (Córdoba) y 18 hectáreas de colza en Carmona (Sevilla) (Tabla 2).

**Tabla 2** Selección de fincas y cultivos del plan de ensayos con Cultivos Energéticos (campana 2006-2007).

Cultivo instaurado	Finca	Localización	Superficie (ha)
Trigo para la producción de etanol	“La Palmosa”	Palma del Río (Córdoba)	101,25
Colza para la producción de biodiésel	“Tomejil”	Carmona (Sevilla)	18,00
Cardo para la producción de biomasa, biodiésel y semilla	“Cortijo de Enmedio”	Moclín (Granada)	2,00
	“La Parra”	Puebla de Don Fadrique (Granada)	2,00
	“Los Embalses”	Campillos (Málaga)	2,00
	“Majarambú”	Castellar (Cádiz)	10,00
	“Somonte”	Palma del Río (Córdoba)	2,00
	Superficie total de cardo (ha)		
Superficie total dedicada a cultivos energéticos (hectáreas)			137,25

Fuente: Elaboración propia.

Durante 2006 y 2007, el contexto de los mercados internacionales y nacionales de las materias primas agrícolas, principalmente cereales y oleaginosas, se caracterizó por un notable desabastecimiento y un acusado incremento de los precios. Fue esta una de las razones por las que al año siguiente, en 2008, se introdujeran especies específicamente energéticas, y en concreto, cultivos cuyo principal destino era la obtención de biomasa lignocelulósica para la producción de biocombustibles sólidos y líquidos. Estos cultivos se caracterizan por su rusticidad, sus elevados niveles de productividad con un bajo coste productivo y por tener un uso casi exclusivamente energético. A la vez, se continuaron las experiencias iniciadas con *Cynara cardunculus* L. Las nuevas especies fueron *Arundo donax* L. (caña común), *Paulownia* sp. y *Sorghum bicolor* para producción de biomasa lignocelulósica, y *Jatropha curcas* L. para producción de biodiésel (Tabla 3).

**Tabla 3** Selección de fincas y cultivos del plan de ensayos con Cultivos Energéticos (año 2008).

Cultivo instaurado	Finca	Localización	Superficie (ha)
Caña común para la producción de biomasa lignocelulósica	“Guzmán II”	Palma del Río (Córdoba)	0,20
	“La Palmosa”		0,10
	Superficie total de caña común (ha)		
Cardo para la producción de biomasa lignocelulósica	“Cortijo de Enmedio”	Moclín (Granada)	2,00
	“Los Embalses”	Campillos (Málaga)	2,00
	“Majarambú”	Castellar (Cádiz)	8,00

Cultivo instaurado	Finca	Localización	Superficie (ha)
	"Somonte"	Palma del Río (Córdoba)	2,00
	Superficie total de cardo (ha)		14,00
Paulownia para la producción de biomasa lignocelulósica	"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	0,46
	"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)	0,45
	"La Parra"	Puebla de Don Fadrique (Granada)	0,46
	"Los Embalses"	Campillos (Málaga)	0,17
	"Majarambú"	Castellar de la Frontera (Cádiz)	0,20
	"Pago de Enmedio"	La Rinconada (Sevilla)	0,31
	"Servicio de Plagas"	Dos Hermanas (Sevilla)	0,32
Superficie total de paulownia (ha)		2,37	
Sorgo papelero para la producción de biomasa lignocelulósica	"Pago de Enmedio"	La Rinconada (Sevilla)	1,00
Jatrofa para la producción de biodiesel	"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	0,43
	"Pago de Enmedio"	La Rinconada (Sevilla)	0,17
	Superficie total de jatrofa (ha)		0,60
<b>Superficie total dedicada a cultivos energéticos (hectáreas)</b>			<b>18,27</b>

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos pusieron de manifiesto la buena adaptabilidad de la caña común y la paulownia a las zonas en las que fueron instauradas. Asimismo, en relación a la caracterización de la biomasa de estos cultivos resaltar que se obtuvieron resultados que revelaron su buena calidad para este aprovechamiento.

En cuanto al sorgo papelero y al cardo señalar que presentaron ciertas limitaciones para su expansión como fuente de biomasa lignocelulósica con aprovechamiento energético. Así, el sorgo papelero mostró problemas de nascencia tras la siembra y de encamado durante su crecimiento, lo que perjudicó negativamente su productividad. Por su parte, el cardo presentó 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 resultó positiva.

Respecto a la jatrofa, cabe destacar los importantes daños que sufrieron las plantaciones como consecuencia de las heladas acaecidas a finales de noviembre y principios de diciembre de 2008, hecho que propició que se desestimara su estudio y análisis de cara al siguiente plan de ensayos.

### 3. Objetivos

Los objetivos de los ensayos fueron los siguientes:

- Evaluar el comportamiento en campo de cultivos energéticos destinados a la obtención de biomasa lignocelulósica y analizar 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, falta de compradores, etc.
- Estudiar los costes en los que se incurre a la hora de implantar los cultivos<sup>2</sup>.
- Transferir y divulgar los resultados y experiencias en cuanto a la instauración, desarrollo e producciones potenciales de los cultivos energéticos bajo ensayo.

## 4. Diseño del plan de ensayos

En 2009 se introducen en los ensayos especies energéticas, principalmente leñosas, cuyo destino es la obtención de biomasa lignocelulósica. Como ya se ha comentado anteriormente, se mantienen algunas de las especies que ya se ensayaron en periodos anteriores como el cardo y se amplía la superficie de caña común y paulownia.

El diseño de los ensayos partió 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.

En el **Anexo I** se presenta la caracterización de las fincas en las que se llevaron a cabo los ensayos, incluyendo una ficha en la que se resumen aspectos tales como 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. En el **Anexo II** se muestra la evolución de los datos climáticos correspondientes a las zonas de ensayo desde la campaña 2001-2002 hasta la 2007-2008, así como la evolución mensual de los datos climáticos correspondiente a la campaña 2008-2009. También contiene los resultados de los análisis de suelos y agua de riego de las parcelas de ensayo.

### 4.1. Selección de cultivos

En relación a los cultivos objeto de ensayos señalar lo siguiente:

- Se han mantenido las experiencias iniciadas en 2005 con **cardo**, continuando su estudio y análisis para su uso en alimentación animal.

---

<sup>2</sup> Para estimar los costes de producción se han considerado plantaciones con una superficie media de 20 ha y ciclos de vida de 3 años (de 4 años en el caso del cardo). 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. Se trata de costes de producción asociados a itinerarios teóricos de cultivo que persiguen establecer un manejo sostenible de las especies incluidas en el Plan: optimización de los recursos disponibles en los emplazamientos en los que localizan los cultivos, como por ejemplo el agua de riego, realización del menor número posible de pases de maquinaria agrícola y de tratamientos herbicidas y fitosanitarios, etc.

- Se ha mantenido la práctica totalidad de los ensayos de **caña común** y **paulownia**, habiéndose ampliado su superficie e introduciéndose en una finca nueva<sup>3</sup>.
- Se han instaurado cuatro especies nuevas, todas ellas destinadas a la producción de biomasa lignocelulósica: **casuarina**, **eucalipto**, **miscanto** y **chopo**.
- Tras los resultados negativos obtenidos en 2008, se han suprimido los ensayos con **sorgo papelero** y **jatrofa**.

## 4.2. Selección de fincas y parcelas

Como ya ocurriera en años anteriores, la selección de las fincas en las que establecer los cultivos se realizó atendiendo a los siguientes aspectos:

- Potencialidades agronómicas.
- Condiciones climáticas favorables a la adaptación de los cultivos elegidos.
- Emplazamiento adecuado que permitiese la demostración y el aprovisionamiento de las posibles empresas interesadas en la producción.
- Disponibilidad de superficie suficiente para cubrir las expectativas de los ensayos.

En la Tabla 4 se presentan las fincas que formaron parte de los ensayos, cultivos instaurados y superficie dedicada a cada uno de ellos.

---

<sup>3</sup> Únicamente se ha eliminado el ensayo de caña común iniciado en la campaña 2007-2008 en la finca "La Palmosa".

**Tabla 4** Selección de fincas y cultivos del plan de ensayos con Cultivos Energéticos (año 2009).

Cultivo	Finca	Localización	Superficie de cultivo
Caña común	"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	0,70
	"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)	0,42
	<b>Superficie total de caña común (ha)</b>		<b>1,12</b>
Casuarina	"Barruelos"	Chiclana de Segura (Jaén)	0,50
	"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)	0,50
	"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	0,50
	"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)	0,40
	"La Parra"	Puebla de Don Fadrique (Granada)	0,50
	"Majarambú"	Castellar de la Frontera (Cádiz)	0,50
	"Servicio de Plagas"	Dos Hermanas (Sevilla)	0,50
<b>Superficie total de casuarina (ha)</b>		<b>3,40</b>	
Cardo	"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)	1,50
	"Los Embalses"	Campillos (Málaga)	1,50
	"Majarambú"	Castellar de la Frontera (Cádiz)	8,00
	"Somonte"	Palma del Río (Córdoba)	1,50
<b>Superficie total de cardo (ha)</b>		<b>12,50</b>	
Eucalipto	"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)	0,16
	"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	0,11
	"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)	0,10
	"La Parra"	Puebla de Don Fadrique (Granada)	0,10
	"Servicio de Plagas"	Dos Hermanas (Sevilla)	0,32
<b>Superficie total de eucaliptus (ha)</b>		<b>0,79</b>	
Miscanto	"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)	0,50
	"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	0,50
	"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)	0,50
	"Servicio de Plagas"	Dos Hermanas (Sevilla)	0,50
<b>Superficie total de miscanto (ha)</b>		<b>2,00</b>	
Paulownia	"Barruelos"	Chiclana de Segura (Jaén)	0,50
	"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)	0,50
	"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	0,96
	"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)	1,29
	"La Parra"	Puebla de Don Fadrique (Granada)	0,96
	"Los Embalses"	Campillos (Málaga)	0,67
	"Majarambú"	Castellar de la Frontera (Cádiz)	0,50



Cultivo	Finca	Localización	Superficie de cultivo
	“Pago de Enmedio”	La Rinconada (Sevilla)	0,31
	“Servicio de Plagas”	Dos Hermanas (Sevilla)	0,93
	“Somonte”	Palma del Río (Córdoba)	0,50
	<b>Superficie total de paulownia (ha)</b>		<b>7,12</b>
Chopo	“Barruelos”	Chiclana de Segura (Jaén)	0,50
	“Cortijo de Enmedio”	Moclín (Granada)	0,50
	“Guzmán II”	Palma del Río (Córdoba)	0,50
	“La Cabaña”	La Rinconada (Sevilla)	0,50
	“La Parra”	Puebla de Don Fadrique (Granada)	0,50
	“Servicio de Plagas”	Dos Hermanas (Sevilla)	0,50
	<b>Superficie total de chopo (ha)</b>		<b>3,00</b>
<b>SUPERFICIE TOTAL DEDICADA A CULTIVOS ENERGÉTICOS (HA)</b>			<b>29,93</b>

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 1 muestra la distribución de las fincas y la superficie de los ensayos<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Como se ha comentado anteriormente, en el **Anexo I** se realiza una descripción más detallada de cada una de las fincas y, con el fin de conocer mejor las potencialidades y limitaciones de cada uno de sus emplazamientos, en el **Anexo II** se muestran los principales parámetros climáticos de las zonas donde están ubicadas, así como los resultados de los análisis del agua de riego (en las fincas de regadío), y las características más relevantes de los suelos de las parcelas en las que se instauraron los cultivos.



## 5. Ensayos realizados

En los siguientes apartados se describen detalladamente los ensayos que se han llevado a cabo en 2009. Para todas las especies estudiadas se presenta también un itinerario teórico de cultivo con sus costes correspondientes, y el seguimiento de las labores desarrolladas durante las etapas de preplantación, plantación, crecimiento y recolección.

El itinerario teórico propuesto no corresponde con el itinerario real que se ha llevado a cabo durante el ciclo del cultivo puesto que éste se ha ido adaptando a las necesidades específicas de cada ensayo en función de las distintas circunstancias de cada uno de ellos: disponibilidad de insumos, recursos naturales existentes en los entornos donde se iniciaron los ensayos, etc. En este sentido, cabe resaltar que las incidencias y comentarios que se citan para cada una de las especies son los ocurridos en el transcurso de los ensayos realizados<sup>5</sup>.

En cuanto a las especies leñosas, en 2009 se han iniciado las labores de medición de un conjunto de muestras de estas especies para estudiar la evolución del crecimiento de los cultivos en cuestión, con el objetivo de profundizar en el análisis de las variables que influyen en mayor grado en el desarrollo vegetativo de las plantas en los primeros estadios de crecimiento. En este sentido, el análisis se realizará “intra” e “inter” fincas, y en los ensayos en los que se implantaron clones distintos, también se estudiarán las diferencias existentes entre ellos. La toma de estos datos partió de la selección de una muestra representativa de 10 individuos por ensayo, procediéndose a la medición de su altura, diámetro y perímetro. Así, las mediciones se iniciaron en el mes de agosto de 2009 y se prolongaron hasta aproximadamente el mes de diciembre de ese mismo año, momento en el que la mayoría de los cultivos detuvieron su crecimiento vegetativo. Como se ha comentado, se pretende realizar un seguimiento y control continuo del crecimiento y desarrollo de estas especies para lo cual se midieron mensualmente la altura y el diámetro de los troncos de los individuos de la muestra seleccionada en cada ensayo. No obstante, cabe indicar que para un estudio y análisis más profundo de la evolución del crecimiento vegetativo de estas especies, los datos tomados en 2009 se compararán con los que se obtengan el próximo año (en 2010).

### 5.1. *Arundo donax* L.

#### 5.1.1. Introducción

El ensayo iniciado el año anterior en la finca “La Palmosa” se dio por finalizado, continuándose los de “Guzmán II”, donde se amplió la superficie de cultivo, e iniciándose una nueva experiencia en la finca “La Cabaña”. En ambos ensayos el cultivo se llevó a cabo en regadío (riego por goteo).

---

<sup>5</sup> El fin de los ensayos es conocer la adaptación de las especies a diferentes entornos y condiciones de cultivo en los territorios andaluces. Durante los mismos se han realizado labores y otras tareas que no se incluirían en un itinerario estándar del cultivo.

**Tabla 5** Ensayos de caña común (año 2009).

Finca	Localización	Año de inicio	Fecha de siembra	Superficie (ha)	Superficie total (ha)
"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	2008	Febrero – Marzo 2008	0,20	1,12
		2009	Febrero – Marzo 2009	0,50	
"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)	2009	Finales Febrero 2009	0,42	

Fuente: Elaboración propia.

## 5.1.2. Itinerario de cultivo: labores y costes

La Tabla 6 muestra el itinerario teórico del cultivo de caña común para obtención de biomasa lignocelulósica, así como sus costes durante los tres primeros años de cultivo.

**Tabla 6** Itinerario técnico y costes del cultivo de la caña común para tres 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	Marquilleo / 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 marquilleo, 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.

## 5.1.3. Seguimiento del cultivo

### 5.1.3.1. Material vegetal

En enero de 2009 se iniciaron las labores de preparación del terreno en “La Cabaña” dónde se instauró la nueva superficie dedicada al cultivo. Consistió en realizar pases con distintos aperos, y en concreto, con escarificador, vibrocultivador, aporcador, rulo, rotavator, semichisel y gradas.

En la superficie en la que se amplió la plantación de “Guzmán II” se instauró material vegetal procedente del ensayo iniciado el año anterior. En “La Cabaña” se implantó material vegetal procedente de un cañaveral localizado en la finca “Guadalora” en Lora del Río (Sevilla).

### 5.1.3.2. Plantación

Tras el laboreo primario del suelo, la plantación en “La Cabaña” se realizó a finales de febrero de 2009. En “Guzmán II” donde se amplió la superficie dedicada al cultivo, la plantación se prolongó hasta la primera quincena de marzo de 2009. En ambos emplazamientos se extendió el materia vegetal (cañas) a lo largo de los surcos y se enterró (este método fue el que mejores resultados obtuvo el año precedente) (Imagen 1).

**Imagen 1** Ampliación de la plantación de *Arundo donax* L. en “Guzmán II”.



“Guzmán II”

### 5.1.3.3. Crecimiento

Durante la etapa de crecimiento del cultivo se realizaron tareas dirigidas al mantenimiento de las plantaciones: riegos mensuales, escardas para la eliminación de malas hierbas y repaso para comprobar el buen funcionamiento de los goteros.

En febrero de 2009, en la plantación instaurada el año anterior en “Guzmán II” (cultivo con dos años de crecimiento por tanto) se realizó un aporte de 15,0 kilogramos de Urea (46% nitrógeno) a través del agua de riego.

Asimismo, en los tres ensayos de caña se realizaron diferentes tratamientos herbicidas, todos ellos basados en la aplicación de 125 centímetros cúbicos de MCPA mediante mochila pulverizador de 16 litros. En concreto:

- en “La Cabaña” se realizaron cinco tratamientos: dos a finales de abril, uno a mediados de junio y dos a principios de julio.
- en “Guzmán II” se llevó a cabo un tratamiento a mediados de marzo en el ensayo instaurado el año anterior, y cinco tratamientos en la superficie plantada en 2009, uno a mediados de marzo y dos a principios de los meses de abril y junio.

Las siguientes imágenes muestran el crecimiento inicial y un estado intermedio del cultivo de caña común instaurada en “Guzmán II” y “La Cabaña” (Imagen 2 e Imagen 3).

**Imagen 2** Etapa inicial de crecimiento de la caña común implantada en 2009.



“La Cabaña”

**Imagen 3** Crecimiento de la caña común durante el primer y segundo año de cultivo.



“Guzmán II”: a la izquierda, primeros estadios de desarrollo de la caña implantada en 2009; a la derecha, caña en su segundo año de cultivo (instaurada en 2008)





“La Cabaña”

A pesar de tratarse de una especie con escasos requerimientos hídricos y que su desarrollo en condiciones de secano es muy favorable, si se riega, tanto su brotación como su producción de biomasa, aumentan significativamente.

En la Tabla 7 se recogen las aportaciones de agua realizadas en los tres ensayos.

**Tabla 7** Aportaciones de agua a la caña común de los ensayos de “Guzmán II” y “La Cabaña” (mm/día y m<sup>3</sup>/ha).

Riego	mm/día		
	“Guzmán II”		“La Cabaña”
	Palma del Río (Córdoba)		La Rinconada (Sevilla)
	Ensayo iniciado en 2008	Ensayo iniciado en 2009	Ensayo iniciado en 2009
feb-09	---	---	1,47
mar-09	1,17	2,25	1,47
abr-09	0,82	2,04	1,96
may-09	1,19	1,63	2,13
jun-09	1,92	1,73	5,02
jul-09	---	2,24	9,51
ago-09	---	1,87	5,37
sep-09	---	2,24	0,98
oct-09	---	0,75	0,06
<b>MEDIA</b>	<b>1,27</b>	<b>1,85</b>	<b>3,11</b>
TOTAL ACUMULADO (PERIODO VEGETATIVO)	m <sup>3</sup> /ha		
	<b>1.528,45</b>	<b>4.429,80</b>	<b>8.388,31</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.1.3.4. Recolección

Las parcelas instauradas en 2008 y 2009 se segaron en la primera quincena de marzo de 2010 mediante una desbrozadora con sierra de disco. Únicamente se dejaron sin segar unos 30 m<sup>2</sup> de cada experiencia, situados en las esquinas de las plantaciones, para ser utilizados como testigo.

La cosecha se pesó en verde. Posteriormente, se seleccionaron tres muestras de aproximadamente 1,0 kilogramo cada una, que se secaron en una estufa de desecación a una temperatura aproximada de 105,0°C hasta alcanzar peso constante. Finalmente se pesó la biomasa seca.

**Tabla 8** Producción y rendimientos en verde y en seco de la caña común.

Finca	Localización	Año de implantación	Producción (kg)		Rendimiento (kg/ha)	
			En verde	En seco	En verde	En seco
Guzmán II	Palma del Río (Córdoba)	2008	6.790	3.538	34.467	17.957
		2009	2.330	986	4.688	1.983
La Cabaña	La Rinconada (Sevilla)	2009	5.189	3.878	12.433	9.300

Fuente: Elaboración propia.

## 5.1.4. Resultados de la caracterización de la biomasa del cultivo

La Tabla 9 muestra los resultados obtenidos del análisis de la caracterización de la biomasa de *Arundo donax* L.

**Tabla 9** Resultados de la caracterización de la biomasa de *Arundo donax* L.

Caracterización de la biomasa de <i>Arundo donax</i> L.	
<b>Determinación % Humedad / Densidad Aparente</b>	
Humedad (Base Húmeda)	46,62 %
Humedad (Base Seca)	87,34 %
Densidad Aparente (Según recibido)	151 Kg/m <sup>3</sup>
% Retenido en Criba (Tamiz: 31,50 mm)	22,12 %
<b>Determinación Poder Calorífico</b>	
Poder Calorífico Superior (Base Seca)	3.725,44 Kcal/Kg
Poder Calorífico Superior (Base Húmeda)	1.988,59 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior (Base Seca)	2.765,04 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior (Base Húmeda)	1.580,11 Kcal/Kg
<b>Análisis Elemental</b>	
Carbono	48,69 %
Hidrógeno	5,03 %
Azufre	0,19 %
Nitrógeno	2,16 %
Cloro	0,49 %
Oxígeno (por diferencias)	18,45 %
<b>Análisis Inmediato</b>	
Cenizas (Base Húmeda)	13,77 %



Caracterización de la biomasa de <i>Arundo donax</i> L.			
Cenizas (Base Seca)		25,80 %	
Inquemados		74,20 %	
Volátiles (Base Húmeda)		41,14 %	
Volátiles (Base Seca)		77,08 %	
Carbono Fijo (Base Húmeda)		- 1,53 %	
Carbono Fijo (Base Seca)		- 2,87%	
Análisis Elementos Inorgánicos			
Sodio	0,07 %	Na <sub>2</sub> O	0,10 %
Potasio	0,46 %	K <sub>2</sub> O	0,55 %
Calcio	0,91 %	CaO	1,27 %
Magnesio	0,55 %	MgO	0,92 %
Sílice	7,36 %	SiO <sub>2</sub>	1,58 %
Índices Empíricos			
Índice de Álcali		1,75 Kg/Kcal	
Índice Ciemat		3,36 %	

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

## 5.1.5. Conclusiones sobre el cultivo

Como ya se recogía en el informe anterior, la caña común presenta numerosas ventajas como materia prima para la obtención de biomasa lignocelulósica: escaso número de labores de cultivo que necesita a lo largo de su ciclo de vida, rusticidad que le permite adaptarse a diferentes entornos de suelo y clima, y altos niveles de productividad con un bajo coste productivo.

Respecto a las líneas de estudio y análisis sobre su óptimo manejo cultural propuestas en 2008 y analizadas en 2009, destacan los siguientes aspectos:

- **Material vegetal de partida**, se recomienda que las plantas se tomen del perímetro externo del cañaveral puesto que serán las que mejores condiciones de desarrollo y crecimiento vegetativo presenten por su mayor y mejor aireación y exposición a la luz solar. Igualmente, 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.
- **Consumo de agua de riego**, el aporte medio de agua en “Guzmán II” y “La Cabaña” fue de 1,56 y 3,11 mm/día respectivamente. La diferencia se justifica por la distinta capacidad de retención de agua de los suelos de las parcelas de ensayo, mayor en “Guzmán II”. En este sentido, cabe destacar los altos rendimientos productivos alcanzados por esta especie si durante su fase de crecimiento se lleva a cabo aportes de agua. Por tanto, se hace necesario continuar analizando el riego óptimo con el que lograr un equilibrio entre el consumo de agua de la planta y el rendimiento obtenido por el cultivo.

- **Productividad**, existe un gran potencial productivo de la caña común en su segundo año de cultivo: los rendimientos en seco del ensayo iniciado en 2008 en “Guzmán II” fue de 17.957 kg/ha en 2009 mientras que en el primer año de cultivo fue de 8.928 kg/ha (el rendimiento se multiplica por dos).

Por último, respecto a la caracterización de su biomasa (Tabla 9), cabe destacar que se trata de una especie que presenta niveles significativos de cloruros que generan emisiones y corrosión de las calderas. No obstante, estos inconvenientes pueden solventarse mediante diferentes medidas, como por ejemplo, el control de la temperatura de la caldera, la mezcla de biocombustibles de distinta calidad, el uso de aditivos, y la optimización en el diseño de las parrillas y en la configuración de la caldera. Asimismo, la calidad de la biomasa de caña común puede mejorarse mediante la mejora de su manejo agrícola, en concreto, a través de la optimización de su fertilización y sus labores agrícolas, factores que influyen en la composición de la biomasa cosechada.

## 5.2. *Casuarina sp.*

### 5.2.1. Introducción

La casuarina, o pino australiano, es un árbol de tamaño mediano y crecimiento rápido, que puede alcanzar una altura de entre 25 y 30 metros. Es originaria de las áreas costeras tropicales de Australia y el sudeste de Asia, y se ha introducido y adaptado a áreas del Caribe y partes de los trópicos y subtrópicos.

Se reconocen dos subespecies: *incana* y *equisetifolia*. La primera es un árbol de tamaño pequeño nativo de Australia; la segunda es un árbol mucho más grande y de distribución más amplia.

**Imagen 4** *Casuarina sp.*



Se distingue por su corteza de color marrón gris claro, áspera y arrugada, y una copa rala de ramillas fotosintéticas de color verde oscuro que se inclinan hacia abajo.

Su follaje, de hojas finas parecidas a las acículas de los pinos le da aspecto de conífera, si bien no pertenece a esta familia si no a la *Casuarinaceae*.

Resiste bien la falta de humedad y los sustratos salinos, por lo que presenta una buena adaptabilidad a zonas litorales, pero crece mejor en zonas climáticas tropicales y subtropicales húmedas, y en suelos porosos con buen drenaje y con una humedad y provisión de nutrientes adecuadas, así como en suelos con arenas pobres en nutrientes, calcáreos y de salinidad moderada, si bien, las tasas de crecimiento disminuyen bajo condiciones de excesiva salinidad.

Es una especie útil en la reforestación de las áreas costeras y tierras degradadas, y la dureza de su madera hace que se pueda emplear para todo tipo de construcciones, así como para la obtención de carbón vegetal de gran calidad. También se emplea para la elaboración de postes y para la obtención de tanino.

## 5.2.2. Itinerario de cultivo: labores y costes

La Tabla 10 presenta el itinerario teórico del cultivo de la casuarina para la obtención de biomasa lignocelulósica, así como sus costes<sup>6</sup>.

**Tabla 10** Itinerario técnico y costes de los tres primeros años de cultivo de casuarina.

Etapa	Labor	Componente	Nº pases	Coste (€/ha)		
				Año 1	Año 2	Año 3
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>
Plantación	Plantación	Marquileo / Asurcado (*)	1	440	0	0
		Plantación (incluye entutorado)	1	1.866	0	0
	Tratamientos fitosanitarios	Pulverizador hidráulico (incluye herbicida de siembra y aplicación)	1	60	0	0
	<b>Total costes de siembra</b>			<b>2.366</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 (CASUARINA)</b>				<b>4.356</b>	<b>410</b>	<b>275</b>

<sup>6</sup> Estudio de costes para una plantación media de 20 hectáreas con un marco de plantación de 3,00 x 1,00 (3.333 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 casuarina porque durante ese periodo no se acometerá esta labor agrícola.

(\*) El marquilleo supone la identificación del emplazamiento de las plantas en la parcela siendo necesario 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.

En la Tabla 11 se resumen algunas de las características de los ensayos iniciados con esta especie en 2009.

**Tabla 11** Ensayos de *Casuarina sp.* (año 2009).

Finca	Localización	Superficie (ha)	Fecha de siembra	Marco de plantación (m)	Número de plantas
"Barruelos"	Chiclana de Segura (Jaén)	0,50	Finales Marzo 2009	3,0 x 1,0	1.629
"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)	0,50	Mediados Marzo 2009		1.618
"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	0,50	Mediados Marzo 2009		1.667
"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)	0,40	Finales Marzo 2009		1.155
"La Parra"	Puebla de Don Fadrique (Granada)	0,50	Finales Marzo 2009		1.667
"Majarambú"	Castellar de la Frontera (Cádiz)	0,50	Finales Marzo 2009		1.350
"Servicio de Plagas"	Dos Hermanas (Sevilla)	0,50	Finales Enero 2009		1.680
<b>Total</b>		<b>3,40</b>	<b>Total</b>		<b>10.766</b>

Fuente: Elaboración propia.

Los ensayos de casuarina se realizaron en regadío (riego por goteo).

## 5.2.3. Seguimiento del cultivo

### 5.2.3.1. Material vegetal

El material vegetal de casuarina procede de semilleros en los que se sembraron y se desarrollaron las plántulas de esta especie.

En general, las semillas de casuarina se siembran en vivero sin tratamiento previo. La densidad óptima de germinación oscila entre 1.000 y 7.500 semillas por metro cuadrado. Se recomienda el empleo de sustrato de textura fina, generalmente suelos franco arenosos. Posteriormente, cuando alcanzan una altura de 10 a 15 centímetros, las plántulas se transfieren de las bandejas de germinación a contenedores. Esto sucede usualmente transcurridas de 6 a 10 semanas de la germinación.

Durante los meses de enero y febrero de 2009 se procedió a la realización de diversas labores agrícolas con diferentes aperos (subsolador, cultivador, semichisel, grada de discos, aporcador, rotovator, escarificador y/o rulo) destinadas a preparar el terreno para instaurar el cultivo.

En "Guzmán II" se llevó a cabo la aplicación de una mezcla de Glifosato y Oxifluorfen, con una dosis de 125 centímetros cúbicos, mediante mochila pulverizador.



Posteriormente, el material vegetal (Imagen 5) se trasladó a las parcelas en las que se iban a implantar los ensayos.

**Imagen 5** *Casuarina sp.* (material vegetal).



**Material vegetal de casuarina**

En las parcelas no se llevó a cabo ninguna labor de abonado de fondo.

### 5.2.3.2. Plantación

La plantación de la casuarina se realizó en el mes de marzo, excepto en “Servicio de Plagas” donde se llevó a cabo a finales de enero.

**Imagen 6** Plantación del material vegetal de *Casuarina sp.*



**Se procedió a la realización de hoyos en los que se instauraron los cultivares de casuarina**

En la mayoría de los ensayos, el montaje de la instalación del sistema de riego por goteo se realizó de forma simultánea a la plantación del cultivo. Sólo en “Cortijo de Enmedio” y “Servicio de Plagas” se instaló una semana después de la siembra.



“Guzmán II”



“La Cabaña”



“La Parra”

### 5.2.3.3. Crecimiento

Tras la plantación, se procedió a dar un riego en todos los ensayos. En “Cortijo de Enmedio” éste se llevó a cabo mediante manguera puesto que aún no se había instalado el sistema de riego por goteo.

En los meses posteriores se llevaron a cabo labores para el mantenimiento del cultivo: riegos mensuales, escarda para eliminar malas hierbas, tanto con azadas como con desbrozadoras, y repaso y limpieza de los goteros del sistema de riego.

Las siguientes imágenes muestran la etapa inicial de crecimiento de la casuarina en diferentes fincas (Imagen 7).



**Imagen 7** Etapa inicial de crecimiento de la *Casuarina sp.*



**“Barruelos”**



**“Cortijo de Enmedio”**

En “Majarambú”, se procedió a entutorar las plantas con caña común al inicio de su crecimiento (Imagen 4) para evitar que se cayeran por el viento o por su propio peso.

**Imagen 8** Labores de entutorado de la casuarina en “Majarambú”.



**“Majarambú”:** en abril se procedió al entutorado de la casuarina

A finales de julio se observó que muchas plantas, aparentemente secas, emitieron brotes nuevos

En septiembre se apreció un desarrollo muy notable de algunas plantas, si bien la gran mayoría presentaba un porte mediano

La Tabla 12 muestra los aspectos más destacados en relación a los tratamientos herbicidas aplicados en la fase de crecimiento.

**Tabla 12** Descripción de los tratamientos herbicidas aplicados en los ensayos de casuarina.

Finca	Número de tratamientos	Fecha	Producto	Dosis	Aplicación
"Guzmán II"	1	Finales Enero	Mezcla de Glifosato y Oxifluorfen	150 cc	Mochila pulverizador de 16 litros
	1	Primera Quincena Febrero			
	4	Primera Quincena Noviembre	Mezcla de Glifosato y MCPA	Entre 1 y 2 l/ha	
"La Cabaña"	2	Segunda Quincena Julio	Finale (*)	0,01%	
	1	Primer Quincena Diciembre	Mezcla de Glifosato (36%) y Oxifluorfen	100 cc (Glifosato) y 20 cc (Oxicurfen)	
"La Parra"	1	Mediados Junio	Mezcla de Glifosato y MCPA	2 l/ha	
"Servicio de Plagas"	1	Primera Quincena Febrero	Mezcla de Glifosato y MCPA	125 cc	
	1	Finales Junio	Glufosinato	150 cc	
	1	Mediados Septiembre	Mezcla de Glifosato y Oxifluorfen (24%)	150 cc	
	1	Principios Octubre	Glufosinato	150 cc	
	1	Primera Quincena Diciembre	Dicuat (20%) (**)	150 cc	

(\*) Finale (nombre comercial) es un herbicida de contacto con cierta acción sistémica.

(\*\*) Dicuat (nombre comercial) es un herbicida de contacto no selectivo, que también puede ser utilizado como desecante de cultivos.

Fuente: Elaboración propia.

En el ensayo de "Servicio de Plagas", a principios del mes de junio se llevó a cabo una tarea de reposición de marras. En concreto, se replantaron 322 plantas.

La Imagen 9 muestra la fase de crecimiento intermedio del ensayo de casuarina en "La Cabaña".

**Imagen 9** Etapa intermedia de crecimiento de la *Casuarina sp.*



"La Cabaña"



La Tabla 13 muestra las aportaciones de agua realizadas en los ensayos de casuarina.

**Tabla 13** Aportaciones de agua en los ensayos de casuarina de “Barruelos”, “Cortijo de Enmedio”, “Guzmán II”, “La Cabaña”, “La Parra”, “Majarambú” y “Servicio de Plagas” en 2009 (mm/día y m<sup>3</sup>/ha).

Riego	mm/día						
	“Barruelos”	“Cortijo de Enmedio”	“Guzmán II”	“La Cabaña”	“La Parra”	“Majarambú”	“Servicio de Plagas”
	Chiclana de la Frontera (Jaén)	Moclín (Granada)	Palma del Río (Córdoba)	La Rinconada (Sevilla)	Puebla de Don Fadrique (Granada)	Castellar de la Frontera (Cádiz)	Dos Hermanas (Sevilla)
ene-09	---	---	---	---	0,09	---	---
feb-09	---	---	---	---	0,09	---	0,62
mar-09	0,22	0,11	0,27	0,53	0,09	---	---
abr-09	0,87	0,49	0,41	0,66	0,09	0,54	0,31
may-09	0,76	0,46	0,51	0,25	0,09	0,54	---
jun-09	---	0,32	0,70	0,84	0,13	0,40	1,24
jul-09	2,31	0,32	0,93	1,97	0,66	0,97	1,85
ago-09	2,35	0,32	0,37	1,27	0,33	0,50	3,97
sep-09	1,39	0,26	0,37	0,55	0,33	0,50	0,70
oct-09	0,43	0,26	0,19	---	0,17	0,40	---
nov-09	---	0,06	---	---	0,03	0,13	---
<b>MEDIA</b>	<b>1,19</b>	<b>0,29</b>	<b>0,53</b>	<b>0,87</b>	<b>0,19</b>	<b>0,59</b>	<b>1,45</b>
<b>TOTAL ACUMULADO (PERIODO VEGETATIVO)</b>	<b>m<sup>3</sup>/ha</b>						
	<b>2.497,86</b>	<b>783,40</b>	<b>958,10</b>	<b>1.820,40</b>	<b>628,00</b>	<b>884,40</b>	<b>2.605,26</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.3.4. Recolección

En los meses de febrero y marzo de 2010 se cortó la cuarta parte de las plantas de las parcelas de casuarina, pesándose la cosecha obtenida en verde. Posteriormente, se seleccionaron tres muestras de, aproximadamente, 1,0 kilogramo cada una que se introdujeron en una estufa de desecación a una temperatura aproximada de 105,0° C hasta alcanzar peso constante. A continuación la muestra se pesó en seco.

**Tabla 14** Producción y rendimiento en verde y en seco de casuarina (año 2009).

Finca	Localización	Producción (kg)		Rendimiento (kg/ha)	
		En verde	En seco	En verde	En seco
“Barruelos”	Chiclana de Segura (Jaén)	246,40	156,96	1.971,20	1.255,65
“Cortijo de Enmedio”	Moclín (Granada)	320,00	196,80	2.560,00	1.574,40
“Guzmán II”	Palma del Río (Córdoba)	320,00	217,60	2.707,28	1.840,95
“La Cabaña”	La Rinconada (Sevilla)	<b>269,40</b>	<b>246,50</b>	<b>2.694,00</b>	<b>2.465,00</b>
“La Parra”	Puebla de Don Fadrique (Granada)	<b>4,63</b>	<b>2,86</b>	<b>154,33</b>	<b>95,22</b>
“Majarambú”	Castellar de la Frontera (Cádiz)	41,00	36,91	328,00	295,28
“Servicio de Plagas”	Dos Hermanas (Sevilla)	133,00	100,34	1.064,00	802,72

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.4. Resultados de la caracterización de la biomasa del cultivo

La Tabla 15 muestra los resultados obtenidos del análisis de la caracterización de la biomasa de *Casuarina sp.*

**Tabla 15** Resultados de la caracterización de la biomasa de *Casuarina sp.*

Caracterización de la biomasa de <i>Casuarina sp.</i>			
<b>Determinación % Humedad / Densidad Aparente</b>			
Humedad (Base Húmeda)			24,19 %
Humedad (Base Seca)			31,92 %
Densidad Aparente (Según recibido)			136 Kg/m <sup>3</sup>
% Retenido en Criba (Tamiz: 31,50 mm)			16,30 %
<b>Determinación Poder Calorífico</b>			
Poder Calorífico Superior (Base Seca)			4.440,49 Kcal/Kg
Poder Calorífico Superior (Base Húmeda)			3.366,18 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior (Base Seca)			3.942,10 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior (Base Húmeda)			3.032,27 Kcal/Kg
<b>Análisis Elemental</b>			
Carbono			54,05 %
Hidrógeno			5,15 %
Azúfre			0,05 %
Nitrógeno			0,85 %
Cloro			0,94 %
Oxígeno (por diferencias)			36,57 %
<b>Análisis Inmediato</b>			
Cenizas (Base Húmeda)			2,15 %
Cenizas (Base Seca)			2,83 %
Inquemados			97,17 %
Volátiles (Base Húmeda)			54,40 %
Volátiles (Base Seca)			71,76 %
Carbono Fijo (Base Húmeda)			19,26 %
Carbono Fijo (Base Seca)			25,41 %
<b>Análisis Elementos Inorgánicos</b>			
Sodio	0,09 %	Na <sub>2</sub> O	0,12 %
Potasio	1,17 %	K <sub>2</sub> O	1,41 %
Calcio	19,62 %	CaO	27,45 %
Magnesio	11,92 %	MgO	19,76 %
Sílice	62,00 %	SiO <sub>2</sub>	13,28 %
<b>Índices Empíricos</b>			
Índice de Álcali			3,43 Kg/Kcal
Índice Ciemat			30,99 %

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

## 5.2.5. Conclusiones sobre el cultivo

La adaptabilidad de la casuarina a los entornos seleccionados ha sido muy positiva, no ocasionándose incidencias reseñables a largo de las diferentes fases de cultivo.

En cuanto al **consumo de agua de riego** necesario para su crecimiento y desarrollo destaca la gran variabilidad entre los emplazamientos en los que se instauró esta especie. Así, mientras en “Cortijo de Enmedio”, “Guzmán II”, “La Parra” y “Majarambú” el volumen de agua de riego no alcanzó los 1.000 m<sup>3</sup>/ha, en “Barruelos”, “La Cabaña” y “Servicios de Plagas” superó los 1.800 m<sup>3</sup>/ha.

Del mismo modo, las **producciones y rendimientos** obtenidos en los distintos ensayos presentan grandes diferencias, fluctuando entre los 2,86 kg (peso en seco) y 95,22 kg/ha (rendimiento en seco) de “La Parra” y los 246,50 kg (peso seco) y 2.465,00 kg/ha (rendimiento en seco) de “La Cabaña”.

Respecto a los datos arrojados por el análisis de la **caracterización de su biomasa**, cabe destacar sus buenas aptitudes para aprovechamiento energético. En este sentido, presenta un óptimo poder calorífico, así como bajos niveles de azufre, sodio y cenizas, no mostrando problemas de ensuciamiento de las calderas. Destaca negativamente el contenido algo elevado de cloro, puesto que supera el 0,50%, límite máximo recomendable en el uso de calderas. Por otro lado, si bien el contenido en potasio de las cenizas que genera su combustión es algo elevado, éstas pueden ser útiles como abono.

## 5.3. *Cynara cardunculus* L.

### 5.3.1. Introducción

Los ensayos con esta especie se iniciaron en 2005 y como resultado de los conocimientos adquiridos, el cardo ha ido perdiendo interés como materia prima para aprovechamiento energético. No obstante, se ha seguido experimentando con ella para su uso en alimentación animal.

En la Tabla 16 se relacionan los ensayos que se mantienen desde el inicio del cultivo de la especie.

**Tabla 16** Ensayos de cardo que se mantienen en 2009.

Finca	Localización	Superficie (ha)	Superficie total (ha)	Fecha de recolección
“Majarambú”	Castellar de la Frontera (Cádiz)	8,00	12,50	Mayo 2009
“Los Embalses”	Campillos (Málaga)	1,50		Abril 2009
“Somonte”	Palma del Río (Córdoba)	1,50		Mayo 2009
“Cortijo de Enmedio”	Moclín (Granada)	1,50		Abril 2009

Fuente: Elaboración propia.

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

La Tabla 17 presenta el itinerario técnico y los costes de cultivo del cardo para las cuatro primeras campañas de su ciclo productivo<sup>7</sup>. Como se puede observar, a partir del segundo año únicamente se llevaron a cabo labores relacionadas con la recolección.

**Tabla 17** 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	Año 4
Presiembra	Preparación del terreno	Chisel	2	90	0	0	0
		Grada	2	60	0	0	0
	Abonado de fondo	Abonadora centrífuga (incluye abono y aplicación)	1	100	0	0	0
	<b>Total costes de presiembra</b>				<b>250</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Siembra	Siembra	Sembradora de precisión	1	30	0	0	0
	Tratamientos fitosanitarios	Pulverizador hidráulico (incluye herbicida de siembra y aplicación)	1	60	0	0	0
	<b>Total costes de siembra</b>				<b>90</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Crecimiento	Tratamientos fitosanitarios	Pulverizador hidráulico (incluye insecticida de crecimiento y aplicación)	1	50	0	0	0
	Mantenimiento del cultivo	Grada/cultivador	1	60	0	0	0
	<b>Total costes de crecimiento</b>				<b>110</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Recolección	Recolección	Segadora picadora de forraje (incluye secado)	1	---	300	300	300
	Transporte		1	---	900	900	900
	<b>Total costes de recolección</b>				<b>0</b>	<b>1.200</b>	<b>1.200</b>
<b>COSTE TOTALES DE CULTIVO (CARD0)</b>				<b>450</b>	<b>1.200</b>	<b>1.200</b>	<b>1.200</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.3. Seguimiento del cultivo

Como en campañas anteriores, en ninguna de las cuatro parcelas de ensayo de cardo se realizaron labores culturales para el mantenimiento del cultivo. Tampoco se aplicaron tratamientos herbicidas ni fitosanitarios, ni se llevó a cabo abonado de cobertera.

<sup>7</sup> Para el primer año se ha considerado que no se llevan a cabo tareas de recolección por lo que el coste de esta labor es cero.

En estas condiciones, el mayor o menor grado de desarrollo del cultivo en cada una de las fincas se justifica por las dispares condiciones climatológicas y edáficas de los entornos de cada una de ellas.

Respecto a la recolección, en “Los Embalses”, “Majarambú” y “Somonte” se segó manualmente durante los meses de abril y mayo de 2009. Posteriormente, de manera aleatoria se seleccionó una subparcela de cada ensayo cuya superficie se midió y se pesó su producción, con lo que se pudo estimar su rendimiento en verde de cada subparcela. Los valores estimados para cada subparcela se extrapolaron a la superficie total del ensayo correspondiente. La humedad de las muestras de cosecha extraídas de las subparcelas se determinó en los laboratorios de la Oficina Provincial de Sevilla<sup>8</sup>. Determinada la humedad, esta vez secas, se obtuvieron la producción y rendimiento en seco de cada uno de los ensayos.

**Imagen 10** Recolección de cardo en “Majarambú” (2009).



**En “Majarambú”, se introdujo ganado vacuno en la parcela tras la recolección, con el objetivo de aprovechar los restos del cultivo para alimentación animal y conocer la respuesta de los animales a este tipo de forraje.**

En “Cortijo de Enmedio”, la siega del cultivo se realizó en abril de 2009 con una segadora-acondicionadora de forrajes. Posteriormente se empacó con retroempacadora y se trasladó a la

---

<sup>8</sup> La humedad se ha determinado mediante un higrómetro Strandberg, modelo M-400, por conductividad eléctrica.

finca “La Parra” para aprovecharla como alimento de ganado ovino. Pese a su escaso poder nutritivo, los animales aprovecharon esta materia prima, que puede emplearse como volumen.

**Imagen 11** Recolección de cardo en “Cortijo de Enmedio” (2009).



**En “Cortijo de Enmedio”, el cardo se segó, henificó y empacó; luego se trasladó a la finca “La Parra” para la alimentación de ganado ovino**

En la Tabla 18 se muestra la producción y rendimientos, en verde y en seco, de cada uno de los ensayos<sup>9</sup>.

**Tabla 18** Producción y rendimientos en verde y en seco del cardo (2009).

Finca	Localización	Producción (kgs)		Rendimiento (kgs/ha)	
		En verde	En seco	En verde	En seco
“Cortijo de Enmedio” (*)	Moclín (Granada)	---	39.000	---	26.000
“Los Embalses”	Campillos (Málaga)	45.000	27.750	30.000	18.500
“Majarambú”	Castellar de la Frontera (Cádiz)	184.576	45.600	23.072	5.700
“Somonte”	Palma del Río (Córdoba)	187.500	37.500	125.000	25.000

(\*) Los datos se refieren a producción de heno.

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.4. Resultados de la caracterización de la biomasa del cultivo

La Tabla 15 muestra los resultados obtenidos del análisis de la caracterización de la biomasa de *Cynara cardunculus* L.

<sup>9</sup> La humedad de la biomasa en verde del cultivo de cardo en “Majarambú” fue del 28,76%, en “Los Embalses” del 30,30% y en “Somonte” del 21,03%.



**Tabla 19** Resultados de la caracterización de la biomasa de *Cynara cardunculus* L.

Caracterización de la biomasa de <i>Cynara cardunculus</i> L.			
<b>Determinación % Humedad / Densidad Aparente</b>			
Humedad (Base Húmeda)			8,60 %
Humedad (Base Seca)			9,40 %
Densidad Aparente (Según recibido)			117 Kg/m <sup>3</sup>
% Retenido en Criba (Tamiz: 31,50 mm)			92,30 %
<b>Determinación Poder Calorífico</b>			
Poder Calorífico Superior (Base Seca)			3.238,18 Kcal/Kg
Poder Calorífico Superior (Base Húmeda)			2.959,85 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior (Base Seca)			3.061,12 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior (Base Húmeda)			2.677,82 Kcal/Kg
<b>Análisis Elemental</b>			
Carbono			45,25 %
Hidrógeno			4,87 %
Azufre			0,10 %
Nitrógeno			4,87 %
Cloro			1,08 %
Oxígeno (por diferencias)			43,17 %
<b>Análisis Inmediato</b>			
Cenizas (Base Húmeda)			2,33 %
Cenizas (Base Seca)			2,55 %
Inquemados			97,45 %
Volátiles (Base Húmeda)			72,82 %
Volátiles (Base Seca)			79,67 %
Carbono Fijo (Base Húmeda)			16,25 %
Carbono Fijo (Base Seca)			17,78 %
<b>Análisis Elementos Inorgánicos</b>			
Sodio	0,00 %	Na <sub>2</sub> O	0,00 %
Potasio	2,56 %	K <sub>2</sub> O	3,09 %
Calcio	21,75 %	CaO	30,43 %
Magnesio	13,21 %	MgO	21,91 %
Aluminio	0,17 %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,33 %
Sílice	1,39 %	SiO <sub>2</sub>	2,97 %
<b>Índices Empíricos</b>			
Índice de Alcalí			0,14 Kg/GJ
Índice Ciemat			16,95 %
Índice de Fouling			34,00

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

### 5.3.5. Conclusiones sobre el cultivo

Los resultados del estudio de la caracterización de la biomasa del año 2009 y los realizados en años anteriores (tanto de la caracterización de la biomasa como del análisis de su valor nutricional) ponen de manifiesto la escasa viabilidad de la especie para estos usos.

Destaca su bajo poder calorífico, así como niveles de cloro e índice álcali elevados, factores que limitan su utilización en calderas. Además, cuando la biomasa de cardo se quema en la caldera, genera fibras que perjudican el proceso, puesto que afectan a las etapas de trituración y cribado. En cuanto a la alternativa de peletizar, cabe señalar que se trata de un proceso complejo, puesto que el pélet de cardo se desmorona fácilmente, siendo necesaria su mezcla con otros tipos de biomasa, como por ejemplo, la que procede de la poda de olivar, con el fin de conseguir una mejor compactación del producto final.

## 5.4. *Eucaliptus sp.*

### 5.4.1. Introducción

Originario de Australia, y extendido en repoblaciones forestales por todo el mundo por sus escasas exigencias en cuanto a suelos, se trata de un árbol de gran porte, con tronco liso y hojas persistentes, falciformes y coriáceas. Sus flores son poco vistosas, con un receptáculo a modo de urna en la que se quedan encerrados los estambres. El fruto es una cápsula leñosa.

Son árboles que son capaces de aprovechar bien la humedad del terreno gracias a sus potentes raíces que alcanzan capas profundas del subsuelo. Asimismo, su sistema radical superficial les permite absorber mucha agua durante las lluvias. Algunas especies se encuentran muy bien adaptadas a las condiciones áridas extremas, pudiendo soportar lluvias inferiores a los 300 litros anuales. En general, presentan mayor adaptabilidad en terrenos que mantengan un poco la humedad.

**Imagen 12** *Eucaliptus sp.*



Las hojas del eucalipto constituyen una fuente de alimentación para diversos animales y su madera se destina para diferentes usos. Igualmente se ha venido utilizando para el saneamiento de lugares pantanosos por su capacidad para desecar los humedales y para eliminar los insectos perjudiciales.

Actualmente, es uno de los árboles más utilizados en las plantaciones forestales. Se emplea para la fabricación de pasta papel, para madera con diferentes finalidades dependiendo de la especie (muebles, vigas para la construcción, herramientas o chapa) y como combustible.

Por último, cabe destacar la riqueza en aceites de sus hojas, constituyéndose como un árbol muy productivo para la industria química (disolventes, aromatizantes, perfumes, repelentes de insectos, etc.) y farmacéutica (cineol, terpineol, felandreno, etc.).

## 5.4.2. Itinerario de cultivo: labores y costes

La Tabla 20 presenta el itinerario teórico del cultivo del eucalipto para la obtención de biomasa lignocelulósica así como sus costes<sup>10</sup> durante los tres primeros años de cultivo.

**Tabla 20** Itinerario técnico y costes del cultivo del eucalipto para los tres primeros años de cultivo.

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	933	0	0
	Tratamientos fitosanitarios	Pulverizador hidráulico (incluye herbicida de siembra y aplicación)	1	60	0	0
	<b>Total costes de siembra</b>			<b>1.433</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

<sup>10</sup> Estudio de costes para una plantación media de 20 hectáreas con un marco de plantación de 3,00 x 1,00 (3.333 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 del eucalipto porque durante ese periodo no se acometerá esta labor agrícola.

Etapa	Labor	Componente	Nº pases	Coste (€/ha)		
				Año 1	Año 2	Año 3
		<b>Total costes de crecimiento</b>		<b>1.740</b>	<b>410</b>	<b>275</b>
<b>COSTE TOTALES DE CULTIVO (EUCALIPTO)</b>				<b>3.423</b>	<b>410</b>	<b>275</b>

(\*) El marquilleo supone la identificación del emplazamiento de las plantas en la parcela siendo necesario el uso de una estación total (y su mano de obra correspondiente) para el alineamiento óptimo de las plantas, además del cultivador para el asurado del terreno.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 21 resume las principales características de los ensayos de eucalipto iniciados en 2009.

**Tabla 21** Ensayos de *Eucaliptus sp.* (2009).

Finca	Localización	Superficie (ha)	Fecha de siembra	Marco de plantación (m)	Número de plantas				
					Camaldulensis	Dunnii	Maideni	Saligna	Total
"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)	0,16	Principios Abril 2009	3,0 x 1,0	265	267	---	---	532
"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	0,11	Finales Marzo 2009		113	113	113	---	379 (*)
"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)	0,10	Finales Marzo 2009		180	180	---	---	360
"La Parra"	Puebla de Don Fadrique (Granada)	0,09	Principios Abril 2009		294	---	---	---	294
"Servicio de Plagas"	Dos Hermanas (Sevilla)	0,32	Finales Marzo 2009		330	330	330	77	1.067
<b>Total</b>		<b>0,78</b>	<b>Total</b>		<b>1.182</b>	<b>890</b>	<b>443</b>	<b>77</b>	<b>2.632</b>

(\*) De las 379 plantas instauradas en la parcela del ensayo de "Guzmán II", 40 estaban mezcladas no pudiéndose diferenciar el clon correspondiente en cada caso.

Fuente: Elaboración propia.

## 5.4.3. Seguimiento del cultivo

### 5.4.3.1. Material vegetal

El eucalipto se reproduce por semilla; no obstante, se ha preferido plantar las semillas una vez germinadas en vivero a las parcelas de ensayo, ya que de este modo, se logra una mayor selección de los ejemplares que se implantan.

### 5.4.3.2. Plantación

El transplante de las plantones de eucalipto se realizó entre los meses de marzo y abril de 2009. Se llevaron a cabo diferentes pases con aperos (desbrozadora, subsolador, rotovator) para preparar el terreno y establecer la plantación.

En todos los ensayos se dispuso un marco de plantación similar, 3,0 x 1,0 metros. Simultáneamente, se estableció la instalación de riego por goteo, aplicándose un primer riego poco tiempo después de la plantación.

**Imagen 13** Implantación de eucalipto (2009).



“Cortijo de Enmedio”



“La Parra”



“Guzmán II”

### 5.4.3.3. Crecimiento

Tras el transplante del material vegetal, en la fase de crecimiento, se realizó un riego mensual, la escarda de malas hierbas mediante desbrozadora y/o azada, y el repaso y limpieza de goteros.

En los ensayos de “Cortijo de Enmedio”, “Guzmán II” y “La Cabaña” se hizo un abonado de cobertera aplicando una dosis de 100 gramos/planta de N-P-K (15-15-15) de forma manual.

La Imagen 14 muestra los estadios iniciales de desarrollo del eucalipto en las fincas de “La Parra” y “Guzmán II” en la que se instauró esta especie en 2009.

**Imagen 14** Etapa inicial de crecimiento de eucalipto.



“La Parra”



“Guzmán II”

La Tabla 22 describe los tratamientos herbicidas realizados al eucalipto plantado en 2009.

**Tabla 22** Descripción de los tratamientos herbicidas aplicados en los ensayos de eucalipto.

Finca	Número de tratamientos	Fecha	Producto	Dosis	Aplicación
“Guzmán II”	2	Primera Quincena Noviembre	Mezcla de Glifosato y MCPA	Entre 1 y 2 l/ha	Mochila pulverizador de 16 litros
“La Cabaña”	2	Segunda Quincena Julio	Finale	0,01%	
	1	Primer Quincena Diciembre	Mezcla de Glifosato (36%) y Oxifluorfen	100 cc (Glifosato) y 20 cc (Oxifluorfen)	
“Servicio de Plagas”	1	Principios Julio	Glufosinato	125 cc	
	1	Mediados Julio			
	1	Principios Agosto			
	1	Segunda Quincena Noviembre	Mezcla de Glifosato (36%) y Oxifluorfen	100 cc (Glifosato) y 20 cc (Oxifluorfen)	

Fuente: Elaboración propia.



En “Servicio de Plagas”, en junio de 2009, se dividió el ensayo en dos parcelas: una de riego, con 474 plantas, y otra de secano, con 593. En la Imagen 15 se muestra el crecimiento del eucalipto instaurado en esta finca.

**Imagen 15** Etapa de crecimiento de eucalipto.



“Servicio de Plagas”

Como ya se ha mencionado, entre las prácticas realizadas en la fase de crecimiento del cultivo se llevaron a cabo tareas de escarda. En “Cortijo de En medio”, a principios de noviembre de 2009 se eliminaron de este modo numerosos brotes de cardo.

La Tabla 23 recoge las aportaciones de agua (mediante riego por goteo) que se dieron al cultivo.

**Tabla 23** Aportaciones de agua realizadas a los ensayos de “Cortijo de Enmedio”, “Guzmán II”, “La Cabaña”, “La Parra” y “Servicios de Plagas” en la campaña 2008-2009 (mm/día y m<sup>3</sup>/ha).

Riego	mm/día				
	“Cortijo de Enmedio”	“Guzmán II”	“La Cabaña”	“La Parra”	“Servicio de Plagas”
	Moclín (Granada)	Palma del Río (Córdoba)	La Rinconada (Sevilla)	Puebla de Don Fadrique (Granada)	Dos Hermanas (Sevilla)
mar-09	---	1,01	---	---	---
abr-09	4,21	4,04	0,72	0,05	0,62
may-09	3,28	0,50	0,26	0,03	0,62
jun-09	3,19	0,68	1,00	0,11	1,34
jul-09	2,13	0,55	2,41	0,15	1,67
ago-09	2,66	0,37	1,61	0,17	---
sep-09	2,13	0,37	---	0,09	1,96
oct-09	2,13	0,18	---	0,05	0,19
nov-09	0,53	---	---	0,01	---
<b>MEDIA</b>	<b>2,53</b>	<b>0,96</b>	<b>1,20</b>	<b>0,08</b>	<b>1,07</b>
<b>TOTAL ACUMULADO</b>		<b>m<sup>3</sup>/ha</b>			



Riego	mm/día				
	“Cortijo de Enmedio”	“Guzmán II”	“La Cabaña”	“La Parra”	“Servicio de Plagas”
	Moclín (Granada)	Palma del Río (Córdoba)	La Rinconada (Sevilla)	Puebla de Don Fadrique (Granada)	Dos Hermanas (Sevilla)
(PERIODO VEGETATIVO)	6.068,57	2.310,64	1.800,60	194,00	1.919,97

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.3.4. Recolección

La recolección del eucalipto se realizó del mismo modo que en casuarina: en los meses de febrero y marzo de 2010 se cortó la cuarta parte de las plantas de las parcelas en las que se instauró y la producción se pesó en verde; posteriormente, se seleccionaron tres muestras de 1,0 kilogramos que se secaron en una estufa de desecación a una temperatura aproximada de 105,0° C hasta alcanzar peso constante. A continuación se pesaron en seco.

**Tabla 24** Producción y rendimientos en verde y en seco del eucalipto (año 2009).

Finca	Localización	Clon	Producción (kgs)		Rendimiento (kgs/ha)	
			En verde	En seco	En verde	En seco
“Cortijo de Enmedio”	Moclín (Granada)	Calmadulensis	183,40	76,11	9.170,00	3.805,55
		Dunnii	103,60	46,31	5.180,00	2.315,46
“Guzmán II”	Palma del Río (Córdoba)	Calmadulensis	70,00	43,47	8.333,00	5.175,00
		Dunnii	30,00	18,45	3.448,00	2.121,00
		Maidenei	40,00	20,00	4.983,00	2.469,00
		Saligna	60,00	60,00	7.407,00	7.407,00
“La Cabaña”	La Rinconada (Sevilla)	Calmadulensis	143,90	123,01	11.512,00	9.840,46
		Dunnii	79,30	65,68	6.344,00	5.254,74
“La Parra”	Puebla de Don Fadrique (Granada)	Calmadulensis	5,99	3,29	266,40	146,25
“Servicio de Plagas”	Dos Hermanas (Sevilla)	Calmadulensis	192,00	57,13	1.939,39	577,07
		Dunnii	44,50	24,84	449,49	250,91
		Maidenei	55,00	31,30	555,56	316,16
		Saligna	33,21	17,57	1.437,66	760,61

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.4. Resultados de la caracterización de la biomasa del cultivo

La Tabla 15 muestra los resultados obtenidos del análisis de la caracterización de la biomasa de *Eucalyptus sp.*

**Tabla 25** Resultados de la caracterización de la biomasa de *Eucalyptus sp.* (clon Camaldulensis, en riego)

Caracterización de la biomasa de <i>Eucalyptus sp.</i> (clon Camaldulensis, en riego)			
<b>Determinación % Humedad / Densidad Aparente</b>			
Humedad (Base Húmeda)			51,44 %
Humedad (Base Seca)			105,93 %
Densidad Aparente (Según recibido)			335 Kg/m <sup>3</sup>
% Retenido en Criba (Tamiz: 31,50 mm)			17,90 %
<b>Determinación Poder Calorífico</b>			
Poder Calorífico Superior (Base Seca)			4.250,25 Kcal/Kg
Poder Calorífico Superior (Base Húmeda)			2.063,91 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior (Base Seca)			3.190,58 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior (Base Húmeda)			1.639,39 Kcal/Kg
<b>Análisis Elemental</b>			
Carbono			52,18 %
Hidrógeno			5,26 %
Azufre			0,07 %
Nitrógeno			1,32 %
Cloro			0,56 %
Oxígeno (por diferencias)			37,42 %
<b>Análisis Inmediato</b>			
Cenizas (Base Húmeda)			1,75 %
Cenizas (Base Seca)			3,60 %
Inquemados			96,40 %
Volátiles (Base Húmeda)			36,53 %
Volátiles (Base Seca)			75,23 %
Carbono Fijo (Base Húmeda)			10,28 %
Carbono Fijo (Base Seca)			21,17 %
<b>Análisis Elementos Inorgánicos</b>			
Sodio	0,10 %	Na <sub>2</sub> O	0,13 %
Potasio	3,38 %	K <sub>2</sub> O	4,07 %
Calcio	48,59 %	CaO	67,98 %
Magnesio	29,52 %	MgO	48,95 %
Sílice	1,68 %	SiO <sub>2</sub>	3,59 %
<b>Índices Empíricos</b>			
Índice de Alcalí			9,88 Kg/Kcal
Índice Ciemat			27,86 %

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

**Tabla 26** Resultados de la caracterización de la biomasa de *Eucalyptus sp.* (clon Dunnii).

Caracterización de la biomasa de <i>Eucalyptus sp.</i> (clon Dunnii)			
<b>Determinación % Humedad / Densidad Aparente</b>			
Humedad (Base Húmeda)			56,81 %
Humedad (Base Seca)			131,55 %
Densidad Aparente (Según recibido)			216 Kg/m <sup>3</sup>
% Retenido en Criba (Tamiz: 31,50 mm)			11,33 %
<b>Determinación Poder Calorífico</b>			
Poder Calorífico Superior (Base Seca)			4.377,25 Kcal/Kg
Poder Calorífico Superior (Base Húmeda)			1.890,38 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior (Base Seca)			3.206,90 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior (Base Húmeda)			1.448,00 Kcal/Kg
<b>Análisis Elemental</b>			
Carbono			49,70 %
Hidrógeno			6,38 %
Azufre			0,04 %
Nitrógeno			1,28 %
Cloro			0,26 %
Oxígeno (por diferencias)			38,66 %
<b>Análisis Inmediato</b>			
Cenizas (Base Húmeda)			1,74 %
Cenizas (Base Seca)			4,04 %
Inquemados			95,96 %
Volátiles (Base Húmeda)			38,93 %
Volátiles (Base Seca)			90,14 %
Carbono Fijo (Base Húmeda)			2,51 %
Carbono Fijo (Base Seca)			5,82 %
<b>Análisis Elementos Inorgánicos</b>			
Sodio	0,07 %	Na <sub>2</sub> O	0,10 %
Potasio	0,58 %	K <sub>2</sub> O	0,70 %
Calcio	44,85 %	CaO	62,75 %
Magnesio	27,25 %	MgO	45,18 %
Sílice	29,29 %	SiO <sub>2</sub>	6,27 %
<b>Índices Empíricos</b>			
Índice de Alcali			1,83 Kg/Kcal
Índice Ciemat			132,82 %

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

**Tabla 27** Resultados de la caracterización de la biomasa de *Eucaliptus sp.* (clon Maideni, en secano).

Caracterización de la biomasa de <i>Eucaliptus sp.</i> (clon Maideni, en secano)			
<b>Determinación % Humedad / Densidad Aparente</b>			
Humedad (Base Húmeda)			44,29 %
Humedad (Base Seca)			79,51 %
Densidad Aparente (Según recibido)			266 Kg/m <sup>3</sup>
% Retenido en Criba (Tamiz: 31,50 mm)			8,54 %
<b>Determinación Poder Calorífico</b>			
Poder Calorífico Superior (Base Seca)			4.408,22 Kcal/Kg
Poder Calorífico Superior (Base Húmeda)			2.455,71 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior (Base Seca)			3.495,79 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior (Base Húmeda)			2.054,96 Kcal/Kg
<b>Análisis Elemental</b>			
Carbono			53,32 %
Hidrógeno			5,30 %
Azúfre			0,03 %
Nitrógeno			0,95 %
Cloro			0,72 %
Oxígeno (por diferencias)			36,19 %
<b>Análisis Inmediato</b>			
Cenizas (Base Húmeda)			2,16 %
Cenizas (Base Seca)			3,88 %
Inquemados			96,12 %
Volátiles (Base Húmeda)			41,37 %
Volátiles (Base Seca)			74,27 %
Carbono Fijo (Base Húmeda)			12,18 %
Carbono Fijo (Base Seca)			21,86 %
<b>Análisis Elementos Inorgánicos</b>			
Sodio	0,16 %	Na <sub>2</sub> O	0,22 %
Potasio	2,50 %	K <sub>2</sub> O	3,01 %
Calcio	31,53 %	CaO	44,12 %
Magnesio	19,16 %	MgO	31,77 %
Sílice	38,00 %	SiO <sub>2</sub>	8,14 %
<b>Índices Empíricos</b>			
Índice de Alcali			7,32 Kg/Kcal
Índice Ciemat			23,51 %

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

## 5.4.5. Conclusiones sobre el cultivo

Como ocurriera con la casuarina, el eucalipto destaca por su buena adaptabilidad a los entornos en los se instauraron sus ensayos. Así, las experiencias con esta especie puestas en marcha en 2009 no han presentado incidencias reseñables a lo largo del periodo de cultivo.

En cuanto al **consumo de agua de riego** de los ensayos con eucalipto, destaca su variabilidad, puesto que éste alcanzó los 194,00 m<sup>3</sup>/ha en “La Parra” y los 6.068,57 m<sup>3</sup>/ha en “Cortijo de Enmedio”.

Respecto a la **valoración de la producción y rendimiento**, los resultados varían entre los 3,29 kg (producción seca) y 146,25 kg/ha (rendimiento seco) del ensayo de “La Parra” y los 123,01 kg (producción seca) y 9.840,46 kg/ha (rendimiento seco) del de “La Cabaña”.

Junto a lo comentado anteriormente, destacan los buenos resultados arrojados en los análisis de la **caracterización de su biomasa**. En este sentido, los poderes caloríficos de los clones analizados (Camaldulensis, Dunnii y Maidenii) son excelentes, así como los índices de cenizas y azufre, puesto que no superan los límites máximos recomendables en el uso de calderas (0,80% para cenizas y 0,1% para azufre). Respecto a la presencia de cloro, factor que incide en la generación de emisiones y en la corrosión de las calderas, el porcentaje es algo elevado en los clones Camaldulensis (0,56%) y Maidenii (0,72%), superando el 0,50%, límite máximo recomendable. Para el clon Dunnii este porcentaje es óptimo puesto que se sitúa en un 0,26%. Respecto a los niveles de ensuciamiento, estimados a partir del índice de Alcalí, tanto Camaldulensis (9,88 kg/kcal) como Maidenii (7,32 kg/kcal) presentan ciertos problemas de ensuciamiento de las calderas, frente al clon Dunnii (1,83 kg/kcal) que no muestra esta problemática (la tendencia moderada de ensuciamiento medida a través del índice de Alcalí se sitúa en un rango de entre 1,70 y 3,30 kg/kcal). No obstante, y como ya se ha indicado al referirnos a la caracterización de la biomasa de la caña común, estas limitaciones pueden solucionarse bien controlando la temperatura de la caldera, la mezcla de biocombustibles de distinta calidad, el uso de aditivos, y la optimización en el diseño de las parrillas y en la configuración de la caldera. Asimismo, la calidad de la biomasa de eucalipto puede mejorarse avanzando en el conocimiento y estudio de su manejo agrícola. En este sentido, optimizando su fertilización y las labores agrícolas a realizar durante su cultivo, la composición de la biomasa cosechada puede proporcionarnos mejores resultados.

## 5.5. *Miscanthus sp.*

### 5.5.1. Introducción

El miscanto es una gramínea vivaz procedente de Asia que presenta dos ventajas particularmente interesantes para la producción de biocarburantes: produce mucha biomasa y requiere pocos insumos.

**Imagen 16** *Miscanthus sp.*



La notable productividad del miscanto se explica por su metabolismo fotosintético C4, idéntico al de plantas como el maíz, la caña de azúcar o el sorgo. Gracias a este metabolismo, la planta optimiza la captación del gas carbónico y su posterior transformación en materia orgánica.

Asimismo, el miscanto es una planta perenne que vuelve a brotar cada año gracias a los rizomas que desarrolla en el suelo, y una sola fase de implantación puede asegurar más de quince años de cultivo.

El primer año es crítico pues en este periodo la planta desarrolla sus raíces. Durante esa fase el crecimiento vegetativo es escaso y la aparición de malas hierbas muy rápida, por lo que es necesario emplear herbicidas para asegurar el correcto enraizamiento de las plantas. En los años posteriores el crecimiento del cultivo es rápido y permite evitar el uso de herbicidas. Además, el cultivo del miscanto no requiere tampoco el empleo de fungicidas ni de insecticidas.

### **5.5.2. Itinerario de cultivo: labores y costes**

La Tabla 28 presenta el itinerario teórico del cultivo del miscanto para la obtención de biomasa lignocelulósica, así como sus costes de cultivo, en los tres primeros años de implantación.

**Tabla 28** Itinerario técnico y costes del cultivo del miscanto para los tres primeros años de cultivo.

Itinerario técnico y costes de cultivo del miscanto						
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	Marquilleo / Asurcado (*)	1	30	0	0
		Plantación (incluye enterrado)	1	3.200	0	0
	Tratamientos fitosanitarios	Pulverizador hidráulico (incluye herbicida de siembra y aplicación)	1	60	0	0
	<b>Total costes de siembra</b>			<b>3.290</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 (MISCANTO)</b>				<b>5.775</b>	<b>770</b>	<b>798</b>

(\*) El marquilleo, 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.

La Tabla 29 muestra las principales características de los ensayos de miscanto puestos en marcha en 2009.

**Tabla 29** Ensayos de miscanto (2009).

Finca	Localización	Superficie (ha)	Fecha de siembra	Marco de plantación (m)	Número de plantas
"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)	0,50	Finales Marzo 2009	1,0 x 0,50	10.086
"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	0,50			8.230
"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)	0,50			10.000
"Servicio de Plagas"	Dos Hermanas (Sevilla)	0,50			8.300
<b>Total</b>		<b>2,00</b>	<b>Total</b>		<b>36.616</b>

Fuente: Elaboración propia.

Todos los ensayos se realizaron en regadío: en "Cortijo de Enmedio", por aspersión; en el resto de fincas, por goteo.

### 5.5.3. Seguimiento de los ensayos de cultivo

#### 5.5.3.1. Material vegetal

Existen diversos métodos de implantación del cultivo del miscanto: semillas, rizomas o fragmentos de rizomas, micropropagación y esquejes de tallo. De ellos, fue la reproducción por rizomas o fragmentos de éstos la que se utilizó en los ensayos iniciados con esta especie.

**Imagen 17** *Miscanthus sp.* (material vegetal).



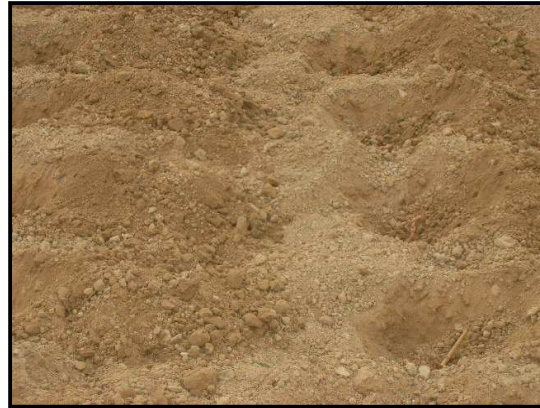
**Material vegetal de miscanto (rizomas)**



### 5.5.3.2. Plantación

La preparación del terreno previa a la plantación del cultivo se realizó mediante el pase de uno o varios aperos (rotovator, gradas, chisel, semichisel, vibrocultivador, escarificador, rulo, aporcadador). Con ello, se dejó el terreno en disposición de enterrar los rizomas (Imagen 18).

**Imagen 18** Labores preparatorias para la implantación del miscanto (2009).



**Enterramiento de los rizomas de miscanto**

Al mismo tiempo que se llevaron a cabo estas labores, se realizaron las relativas a la instalación del riego, por aspersión en “Cortijo de Enmedio” y por goteo en el resto de fincas.

### 5.5.3.3. Crecimiento

Durante la fase de crecimiento del miscanto se realizaron riegos mensuales en todos los ensayos aunque con volúmenes de agua variables en función de las necesidades de las plantas. Asimismo, se realizaron labores de escarda para la eliminación de malas hierbas (azada, desbrozadora).

En la siguiente imagen se muestran los primeros estadios de crecimiento vegetativo de las plantas en los emplazamientos de “Cortijo de Enmedio” y “Servicio de Plagas”.

**Imagen 19** Etapa inicial de crecimiento de miscanto.



**“Cortijo de Enmedio”: cultivo bajo riego por aspersión**



**“Servicio de Plagas”:** cultivo bajo riego por goteo

En dos de los ensayos se realizaron tratamientos con herbicidas de crecimiento, en concreto con 125 cm<sup>3</sup> de MCPA mediante mochila pulverizador de 16 litros: dos en “Guzmán II”, ambos a principios de junio, y tres en “Servicio de Plagas”, dos en la primera quincena de junio y uno a finales de julio.

La Imagen 20 muestra la fase de crecimiento intermedio del miscanto en “Servicio de Plagas”.

**Imagen 20** Etapa intermedia de crecimiento de miscanto.



**“Servicio de Plagas”**

En relación a la experiencia con miscanto iniciada en “La Cabaña”, en los meses de abril y mayo aún no se había producido la nascencia del cultivo, excepto en una pequeña franja de la parcela. Por esta razón se decidió abandonar el cultivo, ubicándose en su lugar el nuevo ensayo de paulownia iniciado en esta finca en 2009.

Por último, la Tabla 30 recoge las aportaciones de agua realizadas mediante el sistema de riego a lo largo del ciclo de cultivo del miscanto en la campaña 2008-2009.

**Tabla 30** Aportaciones de agua en los ensayos de miscanto iniciados en “Cortijo de Enmedio”, “Guzmán II”, “La Cabaña” y “Servicios de Plagas” en 2009 (mm/día y m<sup>3</sup>/ha).

Riego	mm/día		
	“Cortijo de Enmedio”	“Guzmán II”	“Servicio de Plagas”
	Moclín (Granada)	Palma del Río (Córdoba)	Dos Hermanas (Sevilla)
mar-09	0,55	0,49	---
abr-09	2,70	1,18	1,17
may-09	4,16	1,52	---
jun-09	4,16	1,27	5,00
jul-09	3,12	1,35	7,28
ago-09	5,20	1,08	6,24
sep-09	4,16	0,81	8,84
oct-09	4,16	1,08	1,56
nov-09	1,04	1,62	---
<b>MEDIA</b>	<b>3,25</b>	<b>1,16</b>	<b>5,01</b>
<b>TOTAL ACUMULADO (PERIODO VEGETATIVO)</b>			
	m <sup>3</sup> /ha		
	<b>8.776,00</b>	<b>3.119,12</b>	<b>9.026,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 5.5.3.4. Recolección

Como se hizo en el caso de la caña común, en el mes de abril de 2010 se recolectó toda la superficie de cada uno de los ensayos procediéndose a su pesado, a excepción de unos 30 metros cuadrados, situados en las esquinas de las plantaciones, que se dejaron como testigo. Seguidamente, se seleccionaron tres muestras de un kilogramo cada una de la biomasa recogida en verde y se introdujeron en una estufa de desecación a una temperatura aproximada de 105,0° C hasta que alcanzaron peso constante que fue anotado.

**Tabla 31** Producción y rendimientos en verde y en seco del miscanto (año 2009).

Finca	Localización	Producción (kgs)		Rendimiento (kgs/ha)	
		En verde	En seco	En verde	En seco
“Cortijo de Enmedio”	Moclín (Granada)	340,00	313,99	979,83	904,87
“Servicio de Plagas”	Dos Hermanas (Sevilla)	1.064,13	924,09	2.141,11	1.859,34

(\*) La producción de miscanto del ensayo iniciado en “Guzmán II” fue insignificante.

(\*) Como ya se ha comentado anteriormente, la experiencia con miscanto iniciada en “La Cabaña” se abandonó por problemas de nascencia del cultivo, ubicándose en su lugar el nuevo ensayo de paulownia iniciado en esta finca en 2009.

Fuente: Elaboración propia.



## 5.5.4. Resultados de la caracterización de la biomasa del cultivo

La Tabla 15 muestra los resultados obtenidos del análisis de la caracterización de la biomasa de *Miscanthus sp.*

**Tabla 32** Resultados de la caracterización de la biomasa de *Miscanthus sp.*

Caracterización de la biomasa de <i>Miscanthus sp.</i>	
Parámetro	Valor estimativo
Contenido en materia seca (en base húmeda)	15 – 25%
Proporción de tallos sobre peso seco	70 – 80%
Poder calorífico de la biomasa integral (base seca)	16,80 – 19,60 MJ/Kg
Composición de la biomasa integral (sobre peso seco)	
Holocelulosa	70 – 78%
Lignina	18 – 21%
Cenizas	1,60 – 4,00%
Análisis elemental (base seca)	
N	0,20 – 0,60%
Si	0,70%
K	0,20 – 1,30%
Ca	0,20%
S	0,04%
Cl	0,09% - 0,50%
Mg	0,06%
Al	< 0,01%
Na	< 0,01%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por el MARM (2009).

## 5.5.5. Conclusiones sobre el cultivo

El miscanto ha presentado un comportamiento vegetativo óptimo en dos de los emplazamientos en los que se iniciaron los ensayos en el año 2009, en particular, en “Cortijo de Enmedio” y “Servicios de Plagas”, no produciéndose incidencias significativas. No obstante, cabe resaltar los problemas de nascencia en la plantación instaurada en “La Cabaña”, hecho que provocó su abandono y su sustitución por la experiencia de paulownia iniciado en esa finca ese mismo año. Asimismo, cabe destacar que la cosecha de esta especie en la finca de “Guzmán II” fue insignificante.

Respecto al consumo de agua de riego, este alcanzó los 3.119,12 m<sup>3</sup>/ha en “Guzmán II”, los 8.776,00 m<sup>3</sup>/ha en Cortijo de “Enmedio” y los 9.026,00 m<sup>3</sup>/ha en “Servicio de Plagas”.

En cuanto a los resultados de producción y rendimiento, como se ha señalado anteriormente, sólo se disponen de los extraídos de las fincas de “Cortijo de Enmedio”, que alcanzaron los 313,99 kg (peso seco) y 904,87 kg/ha (rendimiento seco) y de “Servicio de Plagas”, que se situaron en los 924,09 kg (peso seco) y 1.859,34 kg/ha (rendimiento seco).

Según el MARM (2009)<sup>11</sup>, a través de ensayos experimentales, las características de la biomasa varían mucho de año en año y entre diferentes entornos o territorios, siendo este último factor el que mayor relevancia presenta frente a otros factores de manejo del cultivo.

Asimismo, las condiciones climáticas influyen poderosamente en la calidad de la biomasa, por un lado, porque después de la senescencia puede ocurrir un proceso de lixiviado de elementos minerales (cloro, potasio, cenizas) de la parte aérea, y por otro, porque la composición de tallos y hojas es diferente, y si la proporción de ambos se altera (por pérdida o fragmentación de hojas), la composición también.

Como ocurre con otras biomásas herbáceas, la calidad de la extraída del cultivo del miscanto para su empleo como combustible sólido es inferior a la biocombustibles sólidos de naturaleza leñosa. No obstante, su calidad supera a la de la biomasa de otros cultivos energéticos herbáceos no convencionales como el cardo, la caña común o el panizo de pradera.

## 5.6. *Paulownia sp.*

### 5.6.1. Introducción

Los excelentes resultados obtenidos la pasada campaña con paulownia han supuesto la continuidad de los ensayos, así como la ampliación de la superficie dedicada a esta especie, tanto en las fincas en las que ya se instauró en 2008, como en nuevos emplazamientos.

Como ya se mencionaba en el “Informe de seguimiento de los ensayos con Cultivos Energéticos” de 2008, se trata de una especie energética que presenta una buena adaptabilidad en los territorios en los que fue instaurada, siendo mínimas las incidencias que se produjeron en las diferentes fases de su cultivo. Asimismo, tanto su crecimiento y desarrollo vegetativo, como los datos relacionados con la caracterización de la biomasa obtenida de su cultivo ponen de manifiesto la viabilidad de esta especie como materia prima para aprovechamiento energético.

Todos estos factores positivos hacen de la paulownia una especie de interés para la producción de biomasa lignocelulósica. Por ello, la necesidad de continuar su estudio: al tratarse de un cultivo plurianual, es necesario analizar su evolución y su óptimo manejo cultural para optimizar su potencial de desarrollo como materia prima para obtener biomasa lignocelulósica con aprovechamiento energético.

---

<sup>11</sup> “Miscanto para producción de biomasa”. Curt, M<sup>a</sup>. D. Hojas Divulgadoras, número 2133. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (año 2009).

## 5.6.2. Itinerario de cultivo: labores y costes

La Tabla 33 muestra el itinerario de cultivo de la paulownia en su primer año de instauración y los dos siguientes, así como sus costes de cultivo<sup>12</sup>.

**Tabla 33** 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	Marquilleo / Asurado (*)	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>

(\*) El marquilleo supone la identificación del emplazamiento de las plantas en la parcela siendo necesario el uso de una estación total (y su mano de obra correspondiente) para el alineamiento óptimo de las plantas, además del cultivador para el asurado del terreno.

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, en la Tabla 34 se resumen las principales características de los ensayos de paulownia, tanto los que se iniciaron en 2008 y continuaron en 2009, como las nuevas experiencias puestas en marcha en este último año 2009.

<sup>12</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.

**Tabla 34** Ensayos de paulownia (años 2008 y 2009).

Finca	Localización	Fecha de siembra	Marco de plantación (m)	Superficie (ha)	Número de plantas				
					Clon 33	Clon Cotevisa/JM	Clon USA/105	Clon 11/9501	Total
"Barruelos"	Chiclana de Segura (Jaén)	Finales Mayo 2009	3,0 x 2,0	0,50	---	---	420	416	836
"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)	Mediados Mayo 2009	3,0 x 2,0	0,50	---	---	422	422	844
"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	Finales Abril 2008	3,0 x 3,0	0,46	317	---	---	196	513
		Mediados Mayo 2009	3,0 x 2,0	0,50	---	---	420	420	840
	<b>Total</b>			0,96	317	---	420	616	1.353
"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)	Mayo 2008	4,0 x 2,5	0,45	82	82	82	205	451
		Finales Mayo 2009	3,0 x 2,0	0,84	350	350	350	350	1.400
	<b>Total</b>			1,29	432	432	432	555	1.851
"La Parra"	Puebla de Don Fadrique (Granada)	Junio 2008	3,0 x 3,0	0,46	121	---	145	246	512
		Finales Mayo 2009	3,0 x 2,0	0,50	---	---	323	323	646
	<b>Total</b>			0,96	121	---	468	569	1.158
"Los Embalses"	Campillos (Málaga)	Mayo 2008	4,0 x 2,5	0,17	50	50	50	25	175
		Finales Mayo 2009	3,0 x 2,0	0,50	---	---	420	420	840
	<b>Total</b>			0,67	50	50	470	445	1.015
"Majarambú"	Castellar de la Frontera (Cádiz)	Mediados Septiembre 2008	4,0 x 2,5	0,20	---	---	---	---	100 (*)
		Finales Mayo 2009	3,0 x 2,0	0,30	---	---	150	150	300

Finca	Localización	Fecha de siembra	Marco de plantación (m)	Superficie (ha)	Número de plantas				
					Clon 33	Clon Cotevisa/JM	Clon USA/105	Clon 11/9501	Total
"Pago de Enmedio"	La Rinconada (Sevilla)	Mayo 2008	4,0 x 2,5	0,32	63	63	126	63	315
"Servicio de Plagas"	Dos Hermanas (Sevilla)	Junio 2008	4,0 x 2,5	0,32	180	---	---	142	322
		Principios Junio 2009	3,0 x 2,0	0,61	60	60	462	451	1.033
	<b>Total</b>			0,93	240	60	462	593	1.355
"Somonte"	Palma del Río (Córdoba)	Finales Mayo 2009	3,0 x 2,0	0,50	---	---	417	419	836
<b>Total</b>	<b>2008</b>			<b>7,12</b>	<b>1.223</b>	<b>605</b>	<b>3.787</b>	<b>4.248</b>	<b>9.863</b>
	<b>2009</b>								

(\*) Las 100 plantas instauradas en la parcela del ensayo de "Majarambú" en 2008 estaban mezcladas no pudiéndose diferenciar el clon correspondiente en cada caso.

Fuente: Elaboración propia.



## 5.6.3. Seguimiento del cultivo

### 5.6.3.1. Ensayos que se iniciaron en 2008

En las plantaciones de paulownia que se implantaron en 2008 las únicas tareas llevadas a cabo han sido tareas de riego, escarda para la eliminación de malas hierbas y repaso de los goteros del sistema de riego.

**Imagen 21** Segundo año de cultivo de *Paulownia sp.* implantada en 2008 en las fincas de “Los Embalses”, “Guzmán II” y “Servicio de Plagas”.



“Los Embalses”



“Guzmán II”: a la izquierda, paulownia en su segundo año de cultivo; a la derecha, paulownia en su primer año de cultivo (instaurada en 2009)



“Servicio de Plagas”

Respecto a los tratamientos herbicidas que se llevaron a cabo en la fase de crecimiento, la Tabla 35 resume sus principales aspectos.

**Tabla 35** Descripción de los tratamientos herbicidas aplicados en los ensayos de paulownia iniciados en 2008 durante el año 2009.

Finca	Número de tratamientos	Fecha	Producto	Dosis	Aplicación
"Guzmán II"	1	Primera Quincena Febrero	Mezcla de Glifosato y MCPA	Entre 1 y 2 l/ha	Mochila pulverizador de 16 litros
	2	Finales Octubre			
	1	Principios Diciembre			
"La Cabaña"	2	Finales Junio	MCPA	125 cc	
	1	Primera Quincena Julio	Finale	0,01%	
	1	Segunda Quincena Julio			
	1	Segunda Quincena Noviembre	Mezcla de Glifosato (36%) y Oxifluorfen	100 cc (Glifosato) y 20 cc (Oxifluorfen)	
"La Parra"	1	Mediados Marzo	Mezcla de Glifosato y MCPA (18%)	2 l/ha	
"Servicio de Plagas"	1	Finales Febrero	Mezcla de Glifosato (36%) y Oxifluorfen	125 cc (Glifosato) y 20 cc (Oxifluorfen)	
	1	Primera Quincena Marzo	Mezcla de Glifosato (36%) y MCPA	200 cc (Glifosato) y 100 cc (MCPA)	
	1	Principios Octubre	Glufosinato	150 cc	

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a incidencias de cultivo de estos ensayos destacar los daños debidos al ataque de un minador en las plantas localizadas en "Los Embalses" (Imagen 22) y los daños ocasionados en el tronco (podredumbre de la base del tronco<sup>13</sup>) de las plantas de paulownia que se instauró en "La Cabaña" (0).

**Imagen 22** Daños causados por el ataque de minador ("Los Embalses").



**"Los Embalses": perforaciones en las hojas de las plantas implantadas en 2008 provocadas por el ataque de un minador**

<sup>13</sup> Por causa desconocida.

**Imagen 23** Daños causados en el tronco en las plantas de paulownia de “La Cabaña”.



“La Cabaña”: daños en los troncos de ejemplares de paulownia que fueron plantados en 2008

### 5.6.3.2. Ensayos iniciados en 2009

#### ◆ Material vegetal

Como ocurriera en 2008, los nuevos ensayos con paulownia iniciados en 2009 se realizaron con distintos clones de esta especie, en concreto los siguientes: clon 33, clon Cotevisa/JM, clon USA/105 y clon 11/9501.

#### ◆ Plantación

Previamente al transplante de las plantas a las parcelas de cultivo, se realizaron uno o dos pases con distintos aperos (subsolador, grada, rotovator, cultivador, vibrocultivador, chisel y/o semichisel) (0).

**Imagen 24** Preparación del terreno para la plantación de *Paulownia sp* (experiencias iniciadas en 2009).



“Barruelos”



“La Cabaña”



“Cortijo de Enmedio”



“Somonte”

### ◆ Crecimiento

Además de la realización de labores como escarda para eliminar malas hierbas de las parcelas de ensayo o el repaso de goteros de los sistemas de regadío, en algunos ensayos se realizaron tratamientos herbicidas (Tabla 36 ).



**Tabla 36** Descripción de los tratamientos herbicidas aplicados en los ensayos de paulownia iniciados en 2009.

Finca	Número de tratamientos	Fecha	Producto	Dosis	Aplicación
"Guzmán II"	1	Finales Octubre	Mezcla de Glifosato y MCPA	Entre 1 y 2 l/ha	Mochila pulverizador de 16 litros
	1	Principios Diciembre			
"La Cabaña"	1	Finales Junio	Glufosinato	150 cc	
	2	Primera Quincena Julio			
	1	Primera Quincena Diciembre	Mezcla de Glifosato (36%) y Oxicurfen	100 cc (Glifosato) y 20 cc (Oxicurfen)	
"Servicio de Plagas"	1	Primera Quincena Julio	Glufosinato	150 cc	
	2	Primera Quincena Octubre	Mezcla de Glufosinato y Oxifluorfen	150 cc (Glufosinato) y 120 cc (Oxifluorfen)	
	1	Segunda Quincena Noviembre	Mezcla de Glifosato (36%) y Oxicurfen	100 cc (Glifosato) y 20 cc (Oxicurfen)	
	1	Primera Quincena Diciembre	Dicuat (20%)	150 cc	
"Somonte"	1	Mediados Diciembre	Mezcla de Glifosato y Oxifluorfen	2 l/ha (Glifosato) y 0,2 l/ha (Oxifluorfen)	

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a tratamientos fitosanitarios, en "Majarambú" se realizó uno a finales de mayo con Betaciflutrin (2,5%) a una dosis de 15 ccs para eliminar una plaga de oruga verde<sup>14</sup>. Asimismo, en el ensayo iniciado en "Somonte" se llevaron a cabo tres tratamientos con un insecticida, a finales de julio, finales de agosto y principios de septiembre. Se aplicó imidacloprid<sup>15</sup> a una dosis del 0,10%, para combatir el ataque de mosca blanca sufrido por las plantas que se plantaron en esa parcela.

En las siguientes imágenes se muestran las fases de crecimiento inicial e intermedio de las plantas de paulownia instauradas en 2009 en diferentes emplazamientos.

<sup>14</sup> Este tratamiento también se aplicó a la paulownia implantada el año anterior en la misma finca.

<sup>15</sup> Insecticida neuroactivo diseñado a partir de nicotina utilizable para el control de plagas, tratamiento de semilla, para el control de termitas y pulgas, y como insecticida sistémico.

**Imagen 25** Etapa inicial de crecimiento de *Paulownia* sp. (campaña 2008-2009).



**“La Cabaña”**



**“Somonte”**

**Imagen 26** Etapa intermedia de crecimiento de *Paulownia* sp. (campaña 2008-2009).



**“Servicio de Plagas”**

Como ocurriera en el ensayo de paulownia iniciado en 2008 en “La Cabaña”, para evitar las consecuencias del viento en las zonas de ensayo de las fincas “Cortijo de Enmedio”, “Los Embalses” y “Majarambú”, se procedió a entutorar el cultivo utilizando caña común o hierro corrugado.

**Imagen 27** Entutorado de paulownia.



**“Majarambú”**



**“Cortijo de Enmedio”**



**“Los Embalses”**

Por otro lado, cabe destacar la modificación del marco de plantación en la parcela de ensayo de Paulownia en “Los Embalses”. Como ya se ha comentado, inicialmente el material vegetal se transplantó a finales de mayo de 2009 con un marco de plantación de 3,0 x 2,0. Sin embargo, como consecuencia de las dificultades para la distribución del agua de riego (mediante tractor y cuba) y debido a las marras producidas en el desarrollo inicial del cultivo, a mediados del mes de junio de 2009 se replantó el cultivo, pasando a un marco de plantación mayor, en concreto, de 3,0 x 4,0 (se realizó la nueva plantación utilizando las plantas que se habían utilizado con el marco anterior). Por tanto, la plantación de paulownia en “Los Embalses” quedó finalmente con 417 plantas. Asimismo, en esa finca, reseñar el ataque de topes producido que dio como resultado la pérdida de un número significativo de plantas del ensayo.

En “La Cabaña” y “Servicio de Plagas” señalar los daños causados en las plantas por ataques de caracoles (Imagen 28).



**Imagen 28** Daños causados por el ataque de caracoles en las plantas de paulownia de los ensayos de “La Cabaña” y “Servicio de Plagas” (2009).



**“La Cabaña”**



**“Servicio de Plagas”**

Mencionar además los daños sufridos por las plantas instauradas en la parcela de “Barruelos”, como consecuencia de las heladas que se dieron en la primera quincena de noviembre de 2009, que causaron la quema de hojas y que dejaron los troncos verdes. No obstante, se espera que no se trate de un daño grave para la plantación puesto que en esas fechas las plantas habían detenido su desarrollo vegetativo.

**Imagen 29** Daño causados en las plantas por las heladas en “Barruelos”.



**Daños en las plantas instauradas en “Barruelos” como consecuencia de las heladas de la primera quincena de noviembre de 2009**

En la Tabla 37 se recogen las aportaciones de agua al cultivo tanto en 2008 como en 2009.

**Tabla 37** Aportaciones de agua a los ensayos de Paulownia en “Barruelos”, “Cortijo de Enmedio”, “Guzmán II”, “La Cabaña” y “La Parra” (mm/día y m<sup>3</sup>/ha).

Riego	mm/día							
	“Barruelos”	“Cortijo de Enmedio”	“Guzmán II”		“La Cabaña”		“La Parra”	
	Chiclana de la Frontera (Jaén)	Moclín (Granada)	Palma del Río (Córdoba)		La Rinconada (Sevilla)		Puebla de Don Fadrique (Granada)	
	Ensayo iniciado en 2009	Ensayo iniciado en 2009	Ensayo iniciado en 2008	Ensayo iniciado en 2009	Ensayo iniciado en 2008	Ensayo iniciado en 2009	Ensayo iniciado en 2008	Ensayo iniciado en 2009
feb-09	---	---	---	---	0,18	---	---	---
mar-09	---	---	---	---	0,37	---	---	---
abr-09	---	---	---	---	0,87	---	---	---
may-09	0,20	0,94	0,26	0,36	1,06	0,51	1,12	0,35
jun-09	1,00	1,88	0,43	0,62	2,22	1,47	0,59	0,64
jul-09	1,52	1,07	0,51	0,83	3,96	1,96	1,80	2,01
ago-09	2,07	1,34	0,31	0,66	3,75	1,98	0,80	0,67
sep-09	0,94	1,07	0,20	0,33	2,19	1,37	0,21	0,25
oct-09	0,22	1,07	---	0,83	---	---	0,17	0,15
nov-09	---	0,27	---	---	---	---	0,02	0,02
<b>MEDIA</b>	<b>0,99</b>	<b>1,09</b>	<b>0,34</b>	<b>0,61</b>	<b>1,82</b>	<b>1,46</b>	<b>0,67</b>	<b>0,58</b>
<b>TOTAL ACUMULADO (PERIODO VEGETATIVO)</b>	<b>m<sup>3</sup>/ha</b>							
	<b>1.784,54</b>	<b>2.296,60</b>	<b>512,98</b>	<b>1.089,34</b>	<b>4.379,76</b>	<b>2.188,10</b>	<b>1.413,04</b>	<b>1.227,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 38** Aportaciones de agua a los ensayos de Paulownia en “Los Embalses”, “Majarambú”, “Pago de Enmedio”, “Somonte” y “Servicio de Plagas” (mm/día y m<sup>3</sup>/ha).

Riego	mm/día							
	“Los Embalses”		“Majarambú”		“Pago de Enmedio”	“Somonte”	“Servicio de Plagas”	
	Campillos (Málaga)		Castellar (Cádiz)		Dos Hermanas (Sevilla)	Palma del Río (Córdoba)	Dos Hermanas (Sevilla)	
	Ensayo iniciado en 2008	Ensayo iniciado en 2009	Ensayo iniciado en 2008	Ensayo iniciado en 2009	Ensayo iniciado en 2009	Ensayo iniciado en 2009	Ensayo iniciado en 2008	Ensayo iniciado en 2009
mar-09	---	---	0,10	---	---	---	---	---
abr-09	---	---	0,20	---	---	---	0,10	---
may-09	0,25	0,16	0,20	0,02	---	0,04	0,34	---
jun-09	0,74	0,56	0,07	0,11	0,21	0,69	0,44	2,58
jul-09	0,66	0,44	0,18	0,27	0,21	0,93	0,58	2,38
ago-09	0,66	0,40	0,09	0,14	0,21	0,87	1,21	1,54
sep-09	0,69	0,50	0,09	0,14	---	0,82	0,97	1,65
oct-09	0,69	0,48	0,09	0,14	---	0,71	0,32	0,41
nov-09	---	---	0,05	0,07	---	0,75	---	---
<b>MEDIA</b>	<b>0,61</b>	<b>0,42</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>	<b>0,21</b>	<b>0,69</b>	<b>0,57</b>	<b>1,71</b>
TOTAL ACUMULADO	m <sup>3</sup> /ha							
	1.103,53	762,00	320,50	262,33	187,50	1.442,00	1.190,69	2.565,20

Fuente: Elaboración propia.

### 5.6.3.3. Recolección

Si bien la recolección de todos los ensayos de paulownia se llevó a cabo en los meses de febrero y marzo de 2010, el protocolo seguido fue diferente según el año del ciclo en el que se encontraba el cultivo. Así, en los ensayos iniciados en 2008 (los de “Guzmán II”, “La Cabaña”, “La Parra”, “Los Embalses”, “Majarambú”, “Pago de Enmedio” y “Servicio de Plagas”) se cortaron la mitad de las plantas y se pesaron en verde. Por su parte, en los ensayos iniciados en 2009 (en “Barruelos”, “Cortijo de Enmedio”, “Guzmán II”, “La Cabaña”, “La Parra”, “Los Embalses”, “Majarambú”, “Servicio de Plagas” y “Somonte”) se cortaron todas las plantas de las parcelas y se pesaron en verde. Posteriormente, se tomaron tres muestras de aproximadamente un kilogramo cada una para su secado en estufa de desecación a una temperatura aproximada de 105° C hasta peso constante y se pesaron en seco.

**Tabla 39** Producción y rendimientos en verde y en seco de la paulownia (años 2008 y 2009).

Finca	Localización	Año	Clon	Producción (kgs)		Rendimiento (kgs/ha)	
				En verde	En seco	En verde	En seco
“Barruelos”	Chiclana de Segura (Jaén)	2009	Clon USA/105	72,80	25,55	291,20	102,21
			Clon 11/9501	54,10	20,83	216,40	83,31
“Cortijo de Enmedio”	Moclín (Granada)	2009	Clon USA/105	243,50	80,60	974,00	322,39
			Clon 11/9501	263,30	94,52	1.053,20	378,10
“Guzmán II”	Palma del Río (Córdoba)	2008	Uso como madera (no extracción como biomasa)				
		2009	Clon USA/105	180,00	81,36	746,27	337,31
			Clon 11/9501	210,00	76,65	1.035,50	377,96
“La Cabaña” (*)	La Rinconada (Sevilla)	2008 (2R – 2V)	Clon USA/105	122,60	76,33	12.260,00	7.633,08
			Cotevisa/JM	76,60	51,25	8.511,11	5.693,93
			Clon 11/9501	407,20	293,92	16.288,00	11.756,68
			Clon 33	25,70	20,65	3.671,43	2.949,99
		2008 (2R – 1V)	Clon USA/105	27,40	16,79	13.700,00	8.396,73
			Cotevisa/JM	28,40	20,86	14.200,00	10.431,32
			Clon 11/9501	103,10	67,58	11.455,56	7.509,12
			Clon 33	6,40	4,06	2.133,33	1.354,88
		2009	Clon USA/105	45,20	35,92	215,24	171,05
			Cotevisa/JM	76,00	48,47	361,90	230,79
			Clon 11/9501	99,40	60,74	473,33	289,25
			Clon 33	46,80	35,86	222,86	170,75
“La Parra”	Puebla de Don Fadrique (Granada)	2008	Clon 11/9501	70,42	28,10	579,57	231,25
			Clon 33	46,19	19,54	814,60	344,58
			Clon USA/105	5,99	2,34	109,18	42,69
		2009	Clon USA/105	9,65	3,83	48,23	19,15
			Clon 11/9501	16,57	6,46	82,87	32,32

Finca	Localización	Año	Clon	Producción (kgs)		Rendimiento (kgs/ha)	
				En verde	En seco	En verde	En seco
"Los Embalses"	Campillos (Málaga)	2008	No se distinguió entre clones	49,40	18,53	5.488,89	2.058,33
		2009	Clon 11/9501	15,16	5,83	60,62	23,34
			Clon USA/105	11,84	4,45	47,34	17,80
"Majarambú"	Castellar de la Frontera (Cádiz)	2008	No se diferenciaron los clones	5,50	nd	27,50	nd
		2009	Clon USA/105	4,50	2,72	30,00	18,13
			Clon 11/9501	11,00	6,82	73,33	45,47
"Pago de Enmedio I" (*)	La Rinconada (Sevilla)	2008 (2R – 2V)	Clon USA/105	68,00	27,74	34.000,00	13.872,00
			Cotevisa/JM	33,00	13,86	33.000,00	13.860,00
			Clon 11/9501	58,00	25,81	58.000,00	25.810,00
			Clon 33	35,00	14,42	35.000,00	14.420,00
"Servicio de Plagas"	Dos Hermanas (Sevilla)	2008	Uso como madera (no extracción como biomasa)				
		2009	Clon USA/105	210,10	72,80	750,36	260,00
			Clon 11/9501	279,20	85,68	1.034,07	317,33
			Cotevisa/JM	31,50	10,62	787,50	265,60
		Clon 33	46,00	15,61	1.150,00	390,25	
"Somonte"	Palma del Río (Córdoba)	2009	Clon USA/105	960,00	333,12	3.840,00	1.332,48
			Clon 11/9501	1.170,00	396,63	4.545,45	1.540,91

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.6.4. Resultados de la caracterización de la biomasa del cultivo

La Tabla 15 muestra los resultados obtenidos del análisis de la caracterización de la biomasa de *Paulownia sp.*

**Tabla 40** Resultados de la caracterización de la biomasa de *Paulownia sp.* (clon USA/105, un año).

Caracterización de la biomasa de <i>Paulownia sp.</i> (clon USA/105, un año)			
<b>Determinación % Humedad / Densidad Aparente</b>			
Humedad (Base Húmeda)	70,87 %		
Humedad (Base Seca)	243,32 %		
Densidad Aparente (Según recibido)	322 Kg/m <sup>3</sup>		
% Retenido en Criba (Tamiz: 31,50 mm)	1,67 %		
<b>Determinación Poder Calorífico</b>			
Poder Calorífico Superior (Base Seca)	4.555,68 Kcal/Kg		
Poder Calorífico Superior (Base Húmeda)	1.326,93 Kcal/Kg		
Poder Calorífico Inferior (Base Seca)	3.095,70 Kcal/Kg		
Poder Calorífico Inferior (Base Húmeda)	837,80 Kcal/Kg		
<b>Análisis Elemental</b>			
Carbono	52,77 %		
Hidrógeno	5,86 %		
Azufre	0,02 %		
Nitrógeno	1,28 %		
Cloro	0,00 %		
Oxígeno (por diferencias)	38,95 %		
<b>Análisis Inmediato</b>			
Cenizas (Base Húmeda)	0,33 %		
Cenizas (Base Seca)	1,12 %		
Inquemados	98,88 %		
Volátiles (Base Húmeda)	23,54 %		
Volátiles (Base Seca)	80,82 %		
Carbono Fijo (Base Húmeda)	5,26 %		
Carbono Fijo (Base Seca)	18,06 %		
<b>Análisis Elementos Inorgánicos</b>			
Sodio	0,06 %	Na <sub>2</sub> O	0,08 %
Potasio	1,25 %	K <sub>2</sub> O	1,51 %
Calcio	10,67 %	CaO	14,92 %
Magnesio	6,48 %	MgO	10,75 %
Sílice	63,75 %	SiO <sub>2</sub>	13,65 %
<b>Índices Empíricos</b>			
Índice de Alcalí	3,48 Kg/Kcal		
Índice Ciemat	16,18 %		

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



**Tabla 41** Resultados de la caracterización de la biomasa de *Paulownia* sp. (clon USA/105, dos años).

Caracterización de la biomasa de <i>Paulownia</i> sp. (clon USA/105, dos años)			
<b>Determinación % Humedad / Densidad Aparente</b>			
Humedad (Base Húmeda)			50,68 %
Humedad (Base Seca)			102,78 %
Densidad Aparente (Según recibido)			253 Kg/m <sup>3</sup>
% Retenido en Criba (Tamiz: 31,50 mm)			11,891 %
<b>Determinación Poder Calorífico</b>			
Poder Calorífico Superior (Base Seca)			4.556,81 Kcal/Kg
Poder Calorífico Superior (Base Húmeda)			2.247,19 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior (Base Seca)			3.512,70 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior (Base Húmeda)			1.825,19 Kcal/Kg
<b>Análisis Elemental</b>			
Carbono			52,23 %
Hidrógeno			6,03 %
Azúfre			0,06 %
Nitrógeno			2,43 %
Cloro			0,04 %
Oxígeno (por diferencias)			38,46 %
<b>Análisis Inmediato</b>			
Cenizas (Base Húmeda)			0,83 %
Cenizas (Base Seca)			1,68 %
Inquemados			98,32 %
Volátiles (Base Húmeda)			41,11 %
Volátiles (Base Seca)			83,35 %
Carbono Fijo (Base Húmeda)			7,38 %
Carbono Fijo (Base Seca)			14,96 %
<b>Análisis Elementos Inorgánicos</b>			
Sodio	0,10 %	Na <sub>2</sub> O	0,14 %
Potasio	5,63 %	K <sub>2</sub> O	6,78 %
Calcio	4,20 %	CaO	5,87 %
Magnesio	2,55 %	MgO	4,23 %
Sílice	24,75 %	SiO <sub>2</sub>	5,30 %
<b>Índices Empíricos</b>			
Índice de Alcali			15,17 Kg/Kcal
Índice Ciemat			1,46 %

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

**Tabla 42** Resultados de la caracterización de la biomasa de *Paulownia* sp. (clon 33, dos años).

Caracterización de la biomasa de <i>Paulownia</i> sp. (clon 33, dos años)			
<b>Determinación % Humedad / Densidad Aparente</b>			
Humedad (Base Húmeda)	56,66 %		
Humedad (Base Seca)	130,75 %		
Densidad Aparente (Según recibido)	223 Kg/m <sup>3</sup>		
% Retenido en Criba (Tamiz: 31,50 mm)	12,90 %		
<b>Determinación Poder Calorífico</b>			
Poder Calorífico Superior (Base Seca)	4.549,80 Kcal/Kg		
Poder Calorífico Superior (Base Húmeda)	1.971,72 Kcal/Kg		
Poder Calorífico Inferior (Base Seca)	3.382,84 Kcal/Kg		
Poder Calorífico Inferior (Base Húmeda)	1.529,84 Kcal/Kg		
<b>Análisis Elemental</b>			
Carbono	49,97 %		
Hidrógeno	6,73 %		
Azúfre	0,01 %		
Nitrógeno	2,65 %		
Cloro	0,00 %		
Oxígeno (por diferencias)	39,54 %		
<b>Análisis Inmediato</b>			
Cenizas (Base Húmeda)	0,81 %		
Cenizas (Base Seca)	1,87 %		
Inquemados	98,13 %		
Volátiles (Base Húmeda)	40,57 %		
Volátiles (Base Seca)	93,62 %		
Carbono Fijo (Base Húmeda)	1,96 %		
Carbono Fijo (Base Seca)	4,52 %		
<b>Análisis Elementos Inorgánicos</b>			
Sodio	0,06 %	Na <sub>2</sub> O	0,08 %
Potasio	1,33 %	K <sub>2</sub> O	1,61 %
Calcio	6,12 %	CaO	8,56 %
Magnesio	3,72 %	MgO	6,16 %
Sílice	96,75 %	SiO <sub>2</sub>	20,72 %
<b>Índices Empíricos</b>			
Índice de Alcali	3,71 Kg/Kcal		
Índice Ciemat	8,73 %		

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

**Tabla 43** Resultados de la caracterización de la biomasa de *Paulownia sp.* (clon 11/9501, dos años).

Caracterización de la biomasa de <i>Paulownia sp.</i> (clon 11/9501, dos años)			
<b>Determinación % Humedad / Densidad Aparente</b>			
Humedad (Base Húmeda)			50,87 %
Humedad (Base Seca)			103,52 %
Densidad Aparente (Según recibido)			254 Kg/m <sup>3</sup>
% Retenido en Criba (Tamiz: 31,50 mm)			13,01 %
<b>Determinación Poder Calorífico</b>			
Poder Calorífico Superior (Base Seca)			4.421,90 Kcal/Kg
Poder Calorífico Superior (Base Húmeda)			2.172,67 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior (Base Seca)			3.374,07 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior (Base Húmeda)			1.750,07 Kcal/Kg
<b>Análisis Elemental</b>			
Carbono			50,07 %
Hidrógeno			6,37 %
Azúfre			0,01 %
Nitrógeno			2,37 %
Cloro			0,03 %
Oxígeno (por diferencias)			40,20 %
<b>Análisis Inmediato</b>			
Cenizas (Base Húmeda)			1,14 %
Cenizas (Base Seca)			2,33 %
Inquemados			97,67 %
Volátiles (Base Húmeda)			44,04 %
Volátiles (Base Seca)			89,64 %
Carbono Fijo (Base Húmeda)			3,95 %
Carbono Fijo (Base Seca)			8,04 %
<b>Análisis Elementos Inorgánicos</b>			
Sodio	0,07 %	Na <sub>2</sub> O	0,09 %
Potasio	0,63 %	K <sub>2</sub> O	0,75 %
Calcio	10,80 %	CaO	15,11 %
Magnesio	6,56 %	MgO	10,88 %
Sílice	54,75 %	SiO <sub>2</sub>	11,72 %
<b>Índices Empíricos</b>			
Índice de Alcalí			1,90 Kg/Kcal
Índice Ciemat			30,90 %

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

### 5.6.5. Conclusiones sobre el cultivo

Como ocurriera en su primer año de cultivo, en 2009 la paulownia ha mostrado una adaptabilidad excelente a los territorios en los que fue implantada, no produciéndose incidencias destacables durante las fases de su crecimiento y desarrollo.

Respecto al **consumo de agua de riego** utilizado a lo largo del periodo de cultivo de la paulownia cabe resaltar la gran variabilidad entre los ensayos iniciados tanto en 2008 como en 2009. En este sentido, mientras en “Majarambú” se emplearon 320,50 m<sup>3</sup>/ha en la plantación que se instauró en 2008 y 202,33 m<sup>3</sup>/ha en la plantación que se instauró en 2009, en “La Cabaña” los consumos de agua de riego necesarios para el cultivo de paulownia alcanzaron los 4.379,76 m<sup>3</sup>/ha y 2.188,10m<sup>3</sup>/ha en las plantaciones de 2008 y 2009 respectivamente.

En cuanto a **producciones y rendimientos**, también destaca la gran variabilidad de los resultados obtenidos en las diferentes experiencias iniciadas en 2008 y 2009. En este sentido, destacan los valores obtenidos en “La Cabaña” y “Pago de Enmedio I”. Así, en “La Cabaña”, los rendimientos en seco de las plantaciones iniciadas en 2008, en concreto de los clones 11/9501, clon USA/105 y Cotevisa/JM, alcanzaron valores de entre 5.000 y 12.000 kg/ha. En “Pago de Enmedio I” superaron los 13.000 kg/ha en las plantaciones de todos sus clones.

Respecto a la **caracterización de su biomasa**, en 2009 se ha procedido al análisis de muestras de uno y dos años de cultivo. En concreto, se analizaron cuatro muestras de paulownia: dos del clon USA/105 (una procedente de una plantación de un año de edad, instaurada en 2009, y otra de una plantación de dos años de edad, instaurada en 2008) y dos de los clones 33 y 11/9501 (ambas procedentes de plantaciones de dos años de edad, instauradas en 2008).

Tanto estos análisis como los realizados en 2008 ponen de manifiesto la excelente viabilidad de esta especie como materia prima para aprovechamiento energético. En este sentido, destaca los excelentes valores de poder calorífico, así como los bajos niveles de cloro, azufre y sodio. El contenido de potasio de las cenizas que genera la combustión de su biomasa, algo elevado en algunas de las muestras analizadas, permite que puedan ser utilizadas como abono.

A lo comentado en el párrafo anterior, cabe resaltar que no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos de las muestras de los clones analizados, así como en relación a la edad de corte de la biomasa. En este sentido, a la hora de seleccionar un clon a instaurar en una plantación, se hace necesario profundizar en otros aspectos relativos con el material vegetal, como por ejemplo, su capacidad de crecimiento y desarrollo vegetativo, o bien su adaptación al entorno en el que éste se va a implantar. Asimismo, los resultados ponen de manifiesto que la decisión relativa al momento óptimo de corte (o recolección) de la paulownia se hace necesario la toma en consideración de parámetros relacionados con el manejo del cultivo. Como se ha indicado, en ambos casos (selección del clon y del momento de la recolección) la calidad de la biomasa extraída es prácticamente similar.

Como ya se indicara en el informe del año anterior, al tratarse de un cultivo plurianual, se hace necesario que a lo largo de los próximos años se estudie su evolución con el fin de conocer el mejor manejo cultural posible de esta especie para evaluar objetivamente su potencial como materia prima para obtener biomasa lignocelulósica con aprovechamiento energético.

En este sentido, avanzar en el estudio de la adaptabilidad del material vegetal a diferentes entornos y territorios, así como en su manejo cultural, fundamentalmente en relación a su recolección, son factores clave en los que seguir progresando en el estudio de la paulownia.

## 5.7. *Populus sp.*

### 5.7.1. Introducción

El género *Populus sp.* pertenece a la familia *Salicaceae*, que comprende aproximadamente unas treinta especies con amplia distribución natural a lo largo del hemisferio norte. Dispone de amplitud ecológica y variación genética, características que posibilitan en gran parte su mejora genética.

La capacidad que presenta para reproducirse vegetativamente hace que las plantas obtenidas sean rigurosamente idénticas entre sí y al ejemplar de partida.

**Imagen 30** *Populus sp.*



Dos de las características del cultivo del chopo para fines energéticos son el reducido turno de corta al que puede someterse y la alta densidad que permite utilizar en las plantaciones. Asimismo, presenta ciertas particularidades que hacen que sea adecuado como cultivo energético, entre las que destacan las siguientes:

- Crecimiento juvenil rápido.
- Elevada y constante producción de brotes.
- Inmunidad o al menos resistencia frente a enfermedades foliares.
- Buena cicatrización de los cortes de explotación anual.
- Poco deterioro del tocón.
- Respuesta a la mejora de las condiciones de crecimiento.
- Bajo nivel de ataques de insectos plaga.
- Capacidad de crecer en plantaciones densas.
- Capacidad de utilización de todo el periodo vegetativo.

- Abundante follaje.
- Alto contenido en energía.

La implantación del cultivo puede hacerse en el comienzo del otoño o al final del invierno, o bien a principios de la primavera, dependiendo de las condiciones climáticas de la zona.

La cosecha se realiza en turnos de corta no superiores a cinco años y el número de años transcurridos entre dos recolecciones consecutivas puede variar entre dos y cinco años. Puesto que rebrota de cepa, después de cada corta, ya se tiene una nueva plantación. Cada corta se realiza en la época de parada vegetativa y después de que hayan caídos las hojas. Se estima que la vida de la plantación puede ser superior a quince años.

A la hora de fijar el turno de corta, además de la producción esperada se debe tener en cuenta el crecimiento potencial de la planta (diámetro) a la densidad determinada, pues éste parámetro condiciona enormemente la maquinaria de recolección a utilizar.

Asimismo, cabe señalar que el chopo se adapta a una gran diversidad climática siempre que disponga de agua. Su temperatura óptima de crecimiento se encuentra entre 15 y 25 °C, siendo limitantes las inferiores a 5-10° C y superiores a 30-40° C. En cuanto a la altitud, en España puede vegetar desde el nivel del mar hasta los mil metros gracias a la fuerte insolación y clima generalmente templado. Se adapta bien a muchos tipos de suelos, si éstos no son extremadamente arcillosos, ácidos o salinos, vegetando bien en terrenos sueltos (arenosos) con la condición de que disponga de agua periódicamente, prefiriendo suelos de textura tipo franca a franca-arenosa o franca-limosa. No se considera una especie exigente en nutrientes y gracias a esto puede encontrarse en suelos de regadío que son pobres para el cultivo agrícola, aunque no cabe duda que un suelo fértil favorece su desarrollo.

## 5.7.2. Itinerario de cultivo: labores y costes

La Tabla 44 presenta el itinerario teórico del cultivo del chopo para la obtención de biomasa lignocelulósica, así como sus costes de cultivos<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Estudio de costes para una plantación media de 20 hectáreas con un marco de plantación de 1,75 x (0,40 x 0,75) (20.000 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 del chopo porque durante ese periodo no se acometerá esta labor agrícola.



**Tabla 44** Itinerario técnico y costes del cultivo del chopo.

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	Marquilleo / Asurcado	1	440	0	0
		Plantación (incluye entutorado) (*)	1	4.000	0	0
	Tratamientos fitosanitarios	Pulverizador hidráulico (incluye herbicida de siembra y aplicación)	1	60	0	0
	<b>Total costes de siembra</b>			<b>4.500</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 (CHOPO)</b>				<b>6.490</b>	<b>410</b>	<b>275</b>

(\*) El marquilleo supone la identificación del emplazamiento de las plantas en la parcela siendo necesario 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.

Asimismo, en la Tabla 45 se presentan algunas características de los ensayos de chopo iniciados en 2009.

**Tabla 45** Ensayos de *Populus sp.* (año 2009).

Finca	Localización	Superficie (ha)	Fecha de siembra	Marco de plantación (m)	Número de plantas
"Barruelos"	Chiclana de Segura (Jaén)	0,50	Mediados Marzo 2009	1,75 x (0,40 x 0,75)	11.162
"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)	0,50	Mediados Marzo 2009		10.047
"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	0,50	Principios Marzo 2009		10.287
"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)	0,50	Finales Febrero 2009		7.500
"La Parra"	Puebla de Don Fadrique (Granada)	0,50	Finales Marzo 2009		10.000
"Servicio de Plagas"	Dos Hermanas (Sevilla)	0,50	Finales Febrero 2009		10.500
<b>Total</b>		<b>3,00</b>	<b>Total</b>		<b>59.496</b>

Fuente: Elaboración propia.

Todos los ensayos se realizaron en regadío, si bien, los dos primeros riegos mensuales en "La Parra" fueron a manta.

## 5.7.3. Seguimiento del cultivo

### 5.7.3.1. Material vegetal

La multiplicación del chopo se realiza normalmente por medio de estacas (o estaquillas) o brotes de cepa.

La producción de estaquilla se lleva a cabo a partir de plantas madres cultivadas en vivero. Igualmente, se pueden aprovechar las varas obtenidas el primer año tras una labor de recepe<sup>17</sup>. Su tamaño varía alrededor de los 25 centímetros de longitud y los 8-20 milímetros de diámetro.

Las siguientes imágenes muestran ejemplos de material vegetal que se implantó en los ensayos de chopo de "La Cabaña" y "Cortijo de Enmedio".

<sup>17</sup> Operación que consiste en cortar los tallos de chopo a ras del suelo al finalizar el primer periodo de crecimiento con el objetivo de favorecer el desarrollo de las yemas latentes situadas en la base del tallo, formando una especie de cepa, a partir de la cual crecen con mayor vigor un mayor número de brotes.

**Imagen 31** *Populus sp.* (material vegetal).



**Material vegetal de chopo instaurado en “La Cabaña”**



**Material vegetal de chopo instaurado en “Cortijo de Enmedio”:** pasados 10 días de la plantación aparecieron los primeros brotes

### 5.7.3.2. Plantación

La plantación de chopo en los diferentes ensayos que se establecieron supuso, además de la realización de uno o más pases con diferentes aperos para preparar el suelo, la ejecución de operaciones destinadas a su señalización y replanteo con el fin de lograr un diseño óptimo en cada una de las parcelas en las que se realizaron ensayos con esta especie. Con ello se pretendía mejorar el aprovechamiento de las parcelas, así como facilitar en el futuro las labores de recolección del cultivo. Cabe señalar, como se muestra en las imágenes de la plantación de



“Cortijo de Enmedio” (Imagen 32), que la instalación del sistema de riego se llevó a cabo simultáneamente a la plantación del cultivo.

**Imagen 32** Implantación de *Populus sp* (2009).



**“Cortijo de Enmedio”:** implantación de las estacas de chopo e instalación del sistema de riego por aspersión



**“Guzmán II”**

**“Servicio de Plagas”**

En “Barruelos”, el material vegetal con el que se realizó la plantación procedía de Sevilla y Granada. Pasadas las primeras semanas de crecimiento del cultivo, todas las plantas procedentes de Sevilla estaban prácticamente brotadas y con hojas, mientras que la mitad de las de Granada estaban sin brotar. Esta diferencia en el desarrollo vegetativo puede deberse a que las estaquillas en un caso se cortasen más tarde que en el otro, o bien a que estuvieran más reseca. Semanas más tarde, todas las plantas mejoraron por igual, si bien se observaron algunas marras. El cultivo se igualó, no destacándose diferencias apreciables como consecuencia de la procedencia del material vegetal de partida. Cabe señalar que tanto en este ensayo como en el resto, las marras podían ser debidas a factores como el riego de implantación, o al tipo de suelo de las parcelas.

**Imagen 33** Implantación de *Populus sp* (2009).



“Barruelos”

En los ensayos de “Cortijo de Enmedio” y “La Parra” se realizó un abonado de fondo consistente en una mezcla de 600 kg/ha superfosfato de cal (18,00%) y 400 kg/ha sulfato amónico (21,00%) por medio de una abonadora centrífuga. Se enterró el fertilizante, dejando preparada la parcela para la posterior plantación del cultivo.

### 5.7.3.3. Crecimiento

Durante el periodo de crecimiento del cultivo básicamente se llevaron a cabo labores de mantenimiento del cultivo, en concreto, riego, escarda (manual o mediante apero), desbrozado y repaso de goteros.

**Imagen 34** Etapa inicial de crecimiento de *Populus sp*.



“La Cabaña”



“Barruelos”





“Cortijo de Enmedio”

En la Tabla 46 se especifican los tratamientos herbicidas aplicados en los ensayos iniciados con chopo en 2009.

**Tabla 46** Tratamientos herbicidas aplicados en los ensayos de chopo iniciados en 2009.

Finca	Número de tratamientos	Fecha	Producto	Dosis	Aplicación
“Cortijo de Enmedio”	1	Finales Abril	Mezcla de Glifosato (18%) y MCPA (18%)	4,8 litros (16 mochilas, con dosis unitarias de 300 centímetros cúbicos)	Mochila pulverizador de 16 litros
“Guzmán II”	6	Mediados Noviembre		Entre 1 y 2 l/ha	
“La Parra”	1	Finales Mayo		4 l/ha	
“Servicio de Plagas”	1	Principios Julio	Finale	150 cc	
	1	Finales Julio			

Fuente: Elaboración propia.

En “Servicio de Plagas”, pasadas unas semanas tras la plantación del cultivo, se observó el ataque de minadores en la raíz, si bien no se apreciaron consecuencias negativas en su desarrollo posterior como puede observarse en las imágenes que se presentan a continuación.

**Imagen 35** Etapa intermedia de crecimiento de *Populus sp.* en la finca Servicio de Plagas.



“Servicio de Plagas”

La Tabla 47 muestra las aportaciones de agua que se hicieron a los ensayos.

**Tabla 47** Aportaciones de agua a los ensayos de chopo iniciados en “Barruelos”, “Cortijo de Enmedio”, “Guzmán II”, “La Cabaña”, “La Parra” y “Servicios de Plagas” en 2009 (mm/día y m<sup>3</sup>/ha).

Riego	mm/día					
	“Barruelos”	“Cortijo de Enmedio”	“Guzmán II”	“La Cabaña”	“La Parra”	“Servicio de Plagas”
	Chiclana de la Frontera (Jaén)	Moclín (Granada)	Palma del Río (Córdoba)	La Rinconada (Sevilla)	Puebla de Don Fadrique (Granada)	Dos Hermanas (Sevilla)
ene-09	---	---	---	---	---	---
feb-09	---	---	---	1,71	9,60	0,73
mar-09	1,00	1,43	1,39	3,41	8,67	3,79
abr-09	4,00	6,53	1,23	1,66	---	4,04
may-09	5,27	8,75	0,98	2,12	7,68	6,85
jun-09	7,07	5,63	1,06	3,45	3,47	8,81
jul-09	15,70	4,69	1,12	5,15	10,67	11,99
ago-09	8,93	4,69	1,35	2,90	8,13	10,77
sep-09	4,54	2,81	1,12	4,83	3,00	16,64
oct-09	1,55	1,87	1,12	0,37	2,00	2,94
nov-09	---	0,47	1,35	---	0,25	---
<b>MEDIA</b>	<b>6,01</b>	<b>4,10</b>	<b>1,19</b>	<b>2,84</b>	<b>5,94</b>	<b>7,40</b>
<b>TOTAL ACUMULADO (PERIODO VEGETATIVO)</b>	<b>m<sup>3</sup>/ha</b>					
	<b>14.413,84</b>	<b>11.062,60</b>	<b>3.215,94</b>	<b>7.676,98</b>	<b>16.036,00</b>	<b>19.967,10</b>

Fuente: Elaboración propia.



### 5.7.3.4. Recolección

En los meses de febrero y marzo de 2010 se cortaron todas las plantas de las parcelas de ensayo, excepto unos 30 metros cuadrados que se dejaron como testigo en una esquina de cada una de ellas. Posteriormente, la biomasa extraída se pesó en verde y se seleccionaron tres muestras de aproximadamente 1 kilogramo cada una que se secaron en una estufa de desecación a 105° C hasta peso constante, procediéndose después a pesar la biomasa ya seca.

**Tabla 48** Producción y rendimientos en verde y en seco del chopo implantado en 2009.

Finca	Localización	Superficie (ha)	Producción (kgs)		Rendimiento (kgs/ha)	
			En verde	En seco	En verde	En seco
“Barruelos”	Chiclana de Segura (Jaén)	0,50	6.409,00	3.486,50	12.895,37	7.015,08
“Cortijo de Enmedio”	Moclín (Granada)	0,50	4.180,00	2.371,63	8.410,46	4.771,90
“Guzmán II”	Palma del Río (Córdoba)	0,50	795,00	445,20	1.599,60	895,77
“La Cabaña”	La Rinconada (Sevilla)	0,50	3.532,50	2.694,59	7.107,65	5.421,71
“La Parra”	Puebla de Don Fadrique (Granada)	0,50	353,08	178,30	710,41	358,76
“Servicio de Plagas”	Dos Hermanas (Sevilla)	0,50	6.050,00	3.070,40	23.269,23	11.809,23

Fuente: Elaboración propia.

### 5.7.4. Resultados de la caracterización de la biomasa del cultivo

La Tabla 15 muestra los resultados obtenidos del análisis de la caracterización de la biomasa de *Populus sp.*

**Tabla 49** Resultados de la caracterización de la biomasa de *Populus sp.* (chopo Viriato).

Caracterización de la biomasa de <i>Populus sp.</i> (chopo Viriato)			
<b>Determinación % Humedad / Densidad Aparente</b>			
Humedad (Base Húmeda)	45,38 %		
Humedad (Base Seca)	83,07 %		
Densidad Aparente (Según recibido)	197 Kg/m <sup>3</sup>		
% Retenido en Criba (Tamiz: 31,50 mm)	1,86 %		
<b>Determinación Poder Calorífico</b>			
Poder Calorífico Superior (Base Seca)	4.557,82 Kcal/Kg		
Poder Calorífico Superior (Base Húmeda)	2.489,71 Kcal/Kg		
Poder Calorífico Inferior (Base Seca)	3.623,09 Kcal/Kg		
Poder Calorífico Inferior (Base Húmeda)	2.085,36 Kcal/Kg		
<b>Análisis Elemental</b>			
Carbono	52,86 %		
Hidrógeno	5,83 %		
Azufre	0,03 %		
Nitrógeno	2,11 %		
Cloro	0,00 %		
Oxígeno (por diferencias)	38,32 %		
<b>Análisis Inmediato</b>			
Cenizas (Base Húmeda)	0,90 %		
Cenizas (Base Seca)	1,64 %		
Inquemados	98,36 %		
Volátiles (Base Húmeda)	43,96 %		
Volátiles (Base Seca)	80,47 %		
Carbono Fijo (Base Húmeda)	9,77 %		
Carbono Fijo (Base Seca)	17,89 %		
<b>Análisis Elementos Inorgánicos</b>			
Sodio	0,04 %	Na <sub>2</sub> O	0,06 %
Potasio	1,17 %	K <sub>2</sub> O	1,41 %
Calcio	22,00 %	CaO	30,78 %
Magnesio	13,37 %	MgO	22,16 %
Sílice	12,00 %	SiO <sub>2</sub>	2,57 %
<b>Índices Empíricos</b>			
Índice de Alcali	3,22 Kg/Kcal		
Índice Ciemat	36,13 %		

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

### 5.7.5. Conclusiones sobre el cultivo

El chopo ha mostrado un comportamiento excelente durante todas las fases de cultivo en el conjunto de emplazamientos en los que en 2009 se iniciaron sus ensayos, no produciéndose incidencias reseñables a lo largo de su crecimiento y desarrollo.

Respecto al **consumo de agua de riego**, cabe destacar que se trata de una especie con elevados requerimientos hídricos. Así, estos han variado desde los 3.215,94 m<sup>3</sup>/ha empleados en “Guzmán II” y los 19.967,10 m<sup>3</sup>/ha utilizados en “Servicios de Plagas”.

En cuanto a **producción y rendimientos**, destacan los buenos resultados obtenidos en la gran mayoría de los emplazamientos en los que se ha puesto en marcha los ensayos con esta especie. Así, cabe resaltar los valores de “Barruelos” (3.486,50 kgs de peso seco y 7.015,08 kgs/ha de rendimiento seco), de “Servicio de Plagas” (3.070,40 kgs de peso seco y 11.809,23 kgs/ha de rendimiento seco), de “La Cabaña” (2.694,59 kgs de peso seco y 5.421,71 kgs/ha de rendimiento seco) y de “Cortijo de Enmedio” (2.371,63 kgs de peso seco y 4.771,90 kgs/ha de rendimiento seco).

Por último, los resultados del análisis de la **caracterización de la biomasa** de chopo ponen de manifiesto la excelente calidad de la misma para su aprovechamiento energético. Así, todos los indicadores (cloro, azufre, cenizas e índice Alcalí) presentan valores óptimos para su uso como biocombustible sólido, convirtiéndose en una especie de gran interés para su aprovechamiento energético.

## 6. Resumen de rendimientos y producciones

La Tabla 50 sintetiza los rendimientos y producciones de los ensayos llevados a cabo en 2009. Se ofrecen los resultados de la biomasa en verde y en seco.

**Tabla 50** Rendimientos y producciones totales de las especies bajo ensayo.

Cultivo	Finca	Localización	Clon	Año de plantación	Producción (kg)		Rendimiento (kg/ha)	
					En verde	En seco	En verde	En seco
<i>Arundo donax</i> L.	“Guzmán II”	Palma del Río (Córdoba)	---	2008	6.790	3.538	34.467	17.957
				2009	2.330	986	4.688	1.983
	“La Cabaña”	La Rinconada (Sevilla)		2009	5.189	3.878	12.433	9.300
<i>Casuarina</i> sp.	“Barruelos”	Chiclana de Segura (Jaén)	---	2009	246,40	156,96	1.971,20	1.255,65
	“Cortijo de Enmedio”	Moclín (Granada)			320,00	196,80	2.560,00	1.574,40
	“Guzmán II”	Palma del Río (Córdoba)			320,00	217,60	2.707,28	1.840,95
	“La Cabaña”	La Rinconada (Sevilla)			269,40	246,50	2.694,00	2.465,00
	“La Parra”	Puebla de Don Fadrique (Granada)			4,63	2,86	154,33	95,22
	“Majarambú”	Castellar de la Frontera (Cádiz)			41,00	36,91	328,00	295,28
	“Servicio de Plagas”	Dos Hermanas (Sevilla)			133,00	100,34	1.064,00	802,72
<i>Cynara cardunculus</i> L. (*)	“Majarambú”	Castellar de la Frontera (Cádiz)	---	2005-2006	23.072	5.700	184.576	45.600
	“Los Embalses”	Campillos (Málaga)			30.000	18.500	60.000	37.000
	“Somonte”	Palma del Río (Córdoba)			125.000	25.000	250.000	50.000
	“Cortijo de Enmedio”	Moclín (Granada)			26.000		39.000	
<i>Eucaliptus</i> sp.	“Cortijo de Enmedio”	Moclín (Granada)	Calmadulensis	2009	183,40	76,11	9.170,00	3.805,55
			Dunnii		103,60	46,31	5.180,00	2.315,46
	“Guzmán II”	Palma del Río (Córdoba)	Calmadulensis		70,00	43,47	8.333,00	5.175,00
			Dunnii		30,00	18,45	3.448,00	2.121,00
			Maidenei		40,00	20,00	4.983,00	2.469,00

Cultivo	Finca	Localización	Clon	Año de plantación	Producción (kg)		Rendimiento (kg/ha)		
					En verde	En seco	En verde	En seco	
	"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)	Saligna		60,00	60,00	7.407,00	7.407,00	
			Calmadulensis		143,90	123,01	11.512,00	9.840,46	
			Dunnii		79,30	65,68	6.344,00	5.254,74	
	"La Parra"	Puebla de Don Fadrique (Granada)	Calmadulensis		5,99	3,29	266,40	146,25	
			"Servicio de Plagas"		Dos Hermanas (Sevilla)	Calmadulensis	192,00	57,13	1.939,39
	Dunnii	44,50				24,84	449,49	250,91	
	Maidenei	55,00				31,30	555,56	316,16	
Saligna	33,21	17,57		1.437,66		760,61			
<i>Miscanthus sp.</i>	"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)	---	2009	340,00	313,99	979,83	904,87	
	"Servicio de Plagas"	Dos Hermanas (Sevilla)	---		1.064,13	924,09	2.141,11	1.859,34	
<i>Paulownia sp.</i>	"Barruelos"	Chiclana de Segura (Jaén)	Clon USA/105	2009	72,80	25,55	291,20	102,21	
			Clon 11/9501		54,10	20,83	216,40	83,31	
	"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)	Clon USA/105	2009	243,50	80,60	974,00	322,39	
			Clon 11/9501		263,30	94,52	1.053,20	378,10	
	"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)	---	2008	Uso como madera (no extracción como biomasa)				
			Clon USA/105	2009	180,00	81,36	746,27	337,31	
			Clon 11/9501		210,00	76,65	1.035,50	377,96	
	"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)	Clon USA/105	2008 - 2V	(2R)	122,60	76,33	12.260,00	7.633,08
			Cotevisa/JM			76,60	51,25	8.511,11	5.693,93
			Clon 11/9501			407,20	293,92	16.288,00	11.756,68
Clon 33			25,70			20,65	3.671,43	2.949,99	
Clon USA/105			2008 (2R - 1V)			27,40	16,79	13.700,00	8.396,73
Cotevisa/JM						28,40	20,86	14.200,00	10.431,32

Cultivo	Finca	Localización	Clon	Año de plantación	Producción (kg)		Rendimiento (kg/ha)	
					En verde	En seco	En verde	En seco
			Clon 11/9501	2009	103,10	67,58	11.455,56	7.509,12
			Clon 33		6,40	4,06	2.133,33	1.354,88
			Clon USA/105		45,20	35,92	215,24	171,05
			Cotevisa/JM		76,00	48,47	361,90	230,79
			Clon 11/9501		99,40	60,74	473,33	289,25
			Clon 33		46,80	35,86	222,86	170,75
	"La Parra"	Puebla de Don Fadrique (Granada)	Clon 11/9501	2008	70,42	28,10	579,57	231,25
			Clon 33		46,19	19,54	814,60	344,58
			Clon USA/105		5,99	2,34	109,18	42,69
			Clon USA/105	2009	9,65	3,83	48,23	19,15
			Clon 11/9501		16,57	6,46	82,87	32,32
	"Los Embalses"	Campillos (Málaga)	No se distinguió entre clones	2008	49,40	18,53	5.488,89	2.058,33
			Clon 11/9501	2009	15,16	5,83	60,62	23,34
			Clon USA/105		11,84	4,45	47,34	17,80
	"Majarambú"	Castellar de la Frontera (Cádiz)	No se diferenciaron los clones	2008	5,50	nd	27,50	nd
			Clon USA/105	2009	4,50	2,72	30,00	18,13
			Clon 11/9501		11,00	6,82	73,33	45,47
	"Pago de En medio I"	La Rinconada (Sevilla)	Clon USA/105	2008 (2R - 2V)	68,00	27,74	34.000,00	13.872,00
			Cotevisa/JM		33,00	13,86	33.000,00	13.860,00
			Clon 11/9501		58,00	25,81	58.000,00	25.810,00
Clon 33			35,00		14,42	35.000,00	14.420,00	
"Servicio de Plagas"	Dos Hermanas (Sevilla)	Clon USA/105	2009	210,10	72,80	750,36	260,00	



Cultivo	Finca	Localización	Clon	Año de plantación	Producción (kg)		Rendimiento (kg/ha)	
					En verde	En seco	En verde	En seco
			Clon 11/9501		279,20	85,68	1.034,07	317,33
			Cotevisa/JM		31,50	10,62	787,50	265,60
			Clon 33		46,00	15,61	1.150,00	390,25
	"Somonte"	Palma del Río (Córdoba)	Clon USA/105	2009	960,00	333,12	3.840,00	1.332,48
			Clon 11/9501		1.170,00	396,63	4.545,45	1.540,91
<i>Populus sp.</i>	"Barruelos"	Chiclana de Segura (Jaén)	Viriato	2009	6.409,00	3.486,50	12.895,37	7.015,08
	"Cortijo de Enmedio"	Moclín (Granada)		2009	4.180,00	2.371,63	8.410,46	4.771,90
	"Guzmán II"	Palma del Río (Córdoba)		2009	795,00	445,20	1.599,60	895,77
	"La Cabaña"	La Rinconada (Sevilla)		2009	3.532,50	2.694,59	7.107,65	5.421,71
	"La Parra"	Puebla de Don Fadrique (Granada)		2009	353,08	178,30	710,41	358,76
	"Servicio de Plagas"	Dos Hermanas (Sevilla)		2009	6.050,00	3.070,40	23.269,23	11.809,23

(\*) La biomasa extraída del cultivo del cardo en "Cortijo de Enmedio" se empleó para alimentación de ganado vacuno, mientras que la del resto de fincas se destinó a biomasa lignocelulósica.

Fuente: Elaboración propia.

## 7. Conclusiones

A partir de la información y datos sobre los resultados de producción y caracterización de la biomasa, así como la de la descripción de las labores realizadas en las diferentes fases de cultivo e incidencias más destacables de las especies bajo ensayo, seguidamente se exponen las conclusiones.

Sobre el **cardo**, cuyos ensayos se iniciaron en la campaña 2005-2006, la **caña común**, que comenzó su estudio en 2008, y el **miscanto**, que se implantó en 2009, destacan los siguientes aspectos:

- **Cardo.** Se trata de una especie que presenta condicionantes negativos para la obtención de biomasa lignocelulósica con destino energético.

Sus desventajas para su aprovechamiento tanto energético como alimentario (para ganado) son notables: los resultados obtenidos tras la caracterización de su biomasa muestran que tanto el nivel de cloruros como el índice Álcali alcanzan valores elevados, poniendo de manifiesto su escaso interés para su uso en calderas. Respecto a su destino alimentario, los análisis realizados denotan su baja calidad como forraje.

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.

- **Caña común.** Con dos años de experiencia con esta especie, destaca su excelente adaptabilidad y los escasos condicionantes que presenta su establecimiento en las parcelas de cultivo. Asimismo, cabe resaltar su gran potencial productivo, en particular en su segundo año de cultivo como ponen de manifiesto los resultados del ensayo desarrollado en “Guzmán II”, en el que el rendimiento se ha multiplicado por dos en el periodo 2008-2009.

En cuanto a la calidad de su biomasa, destaca la presencia de niveles significativos de cloruros que generan emisiones y corrosión de las calderas, si bien estos inconvenientes pueden solucionarse a través del control de la temperatura de la caldera, la mezcla de biocombustibles sólidos de distinta calidad, el empleo de aditivos, y/o la optimización en el diseño de las parrillas y en la configuración de la caldera. Además, ésta puede mejorarse a través de su manejo agrícola, en concreto, optimizando su fertilización y sus labores agrícolas, ya que son factores que influyen en la composición de su biomasa.

- **Miscanto.** Es la única especie de las ensayadas que ha presentado incidencias relevantes durante su cultivo. Así, el miscanto instaurado en la finca de “La Cabaña” mostró problemas de nascencia, abandonándose posteriormente el cultivo. Por otro lado, la cosecha de “Guzmán II” fue insignificante. En el resto de emplazamientos, la adaptabilidad ha sido excelente, sin incidencias significativas durante la fase de desarrollo y crecimiento vegetativo del cultivo.

Respecto a las características de su biomasa, cabe destacar su variabilidad de año en año y entre emplazamientos, siendo este factor, el emplazamiento, clave en relación a la calidad de la misma. Asimismo, aunque su calidad para su empleo como combustible

sólido es inferior a la biocombustibles sólidos de naturaleza leñosa, ésta supera a la de la biomasa de otros cultivos energéticos herbáceos no convencionales como el cardo, la caña común o el panizo de pradera.

Respecto a las **especies leñosas de rotación corta (casuarina, eucalipto, paulownia y chopo)**, cuyos ensayos se iniciaron en 2009, cabe destacar la excelente adaptabilidad en los entornos en los que se han instauraron, no produciéndose incidencias significativas durante sus primeros estadios de desarrollo y crecimiento. Igualmente, las plantas de paulownia de segundo año han mostrado una evolución muy positiva en 2009. Asimismo, la biomasa extraída de estas especies presentan excelentes cualidades para su aprovechamiento energético.

- **Casuarina y Eucalipto.** La adaptabilidad y la calidad de la biomasa de ambas especies son excelentes. Únicamente cabe destacar como aspecto negativo el contenido algo elevado de cloro presente en las biomásas que se extraen de ellas, causantes de la generación de emisiones y corrosión de las calderas. No obstante, como ya se ha señalado anteriormente para el caso de la caña común, estos inconvenientes pueden solucionarse a través de diferentes medidas como son el control de la temperatura de la caldera, mezcla de biocombustibles sólidos de distinta calidad, utilización de aditivos, y optimización en el diseño de las parrillas y en la configuración de la caldera.
- **Chopo.** Sin ninguna incidencia reseñable a lo largo de su periodo de cultivo, y con unos parámetros de calidad excelentes, el chopo se convierte en una especie de gran interés para su aprovechamiento energético.

Como ocurriera el año pasado con los ensayos iniciados con la paulownia, al tratarse de cultivos leñosos plurianuales (casuarina, eucalipto y chopo), durante los próximos años se hace necesario profundizar en el estudio de su evolución, así como conocer su óptimo manejo cultural con el fin de evaluar objetivamente su potencial como materia prima para la obtención de biomasa lignocelulósica con aprovechamiento energético.

En este sentido, conocer el materia vegetal de partida y analizar su adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas y edafológicas de los territorios en los que se pretenda instaurar estas especies, se convierten en materias de estudio para estas especies. Asimismo, otro factor a considerar será la recolección, pues al tratarse de especies plurianuales, será necesario conocer el número óptimo de cortes a realizar a las plantas, así como la maquinaria óptima a utilizar

- **Paulownia.** Los ensayos iniciados en 2008 y 2009 ponen de manifiesto la gran adaptabilidad de esta especie en los entornos seleccionados. Asimismo, destaca la ausencia de incidencias reseñables a lo largo de las distintas etapas de cultivo.

En cuanto a la caracterización de su biomasa, los análisis realizados en 2008 y 2009 ponen de manifiesto la excelente calidad de esta especie como materia prima para aprovechamiento energético, destacando los excelentes valores de poder calorífico, así como los bajos niveles de cloro, azufre y sodio. Asimismo, cabe resaltar la ausencia de diferencias significativas entre los resultados obtenidos de las muestras de los clones analizados, así como en relación a la edad de corte de la biomasa.

Profundizando en el estudio de las especies leñosas de rotación corta, además de ser fuente de materia prima para la obtención de biomasa lignocelulósica para la producción de biocombustibles, las plantaciones de especies leñosas de rotación corta presentan grandes beneficios medioambientales, entre los que destacan los siguientes:

- Son **sumideros de carbono** que favorecen la mitigación del cambio climático a través de la absorción de carbono tanto por las plantas como por el suelo en el que se hayan emplazadas.
- La **fitocorrección o fitorremediación de suelos**, es decir, la descontaminación de suelos contaminados mediante la extracción de los contaminantes del suelo y del agua. En este sentido, cabe destacar que estas especies actúan como filtros biológicos que pueden descomponer o estabilizar metales pesados o bien degradar componentes orgánicos.
- Favorecen el **control de la erosión de los suelos**.
- Pueden ser empleadas como cortavientos, son refugio de fauna y mejoran la **diversidad paisajística** del entorno.

Por último, se plantean una serie de recomendaciones a tener en cuenta en relación al potencial productivo de especies leñosas de rotación corta. Son las siguientes:

- El estudio y análisis de la selección clonal para potenciar y desarrollar sus capacidades productivas en el ámbito energético. En este sentido, se hace necesario profundizar en la interacción genotipo/ambiente y, tener en cuenta factores no exclusivamente ligados a la producción, como la eficiencia en el uso de los recursos, principalmente agua, respuesta a plagas y enfermedades, etc.
- La optimización de la producción en función del diseño del cultivo teniendo en cuenta tanto el marco de plantación como los turnos de corta, factores que se relacionan con la logística de acopio de la biomasa lignocelulósica que puede extraerse de estas especies.
- La mejora del manejo agrícola con el objetivo de aumentar su productividad, si bien se justifique en términos económicos y medioambientales. Así, se hace necesario la cuantificación de los impactos medioambientales, tanto positivos (efecto sumidero, protección de suelo, etc.), como negativos (plantaciones mal dimensionadas o localizadas en zonas inapropiadas, gestión inadecuada de los insumos utilizados en las diferentes fases de cultivo, etc.).
- El estudio de la mecanización del sistema de producción, principalmente en su etapa de recolección, así como el análisis de una logística adecuada en cada caso.
- El estudio del análisis del ciclo de vida de estos cultivos que permita conocer el balance energético y económico bajo criterios de sostenibilidad.

# Anexo I: Caracterización de las fincas de ensayo

## Barruelos

### Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 36** Croquis de localización de la finca “Barruelos” (Chiclana de Segura, Jaén).



## Descripción de la finca

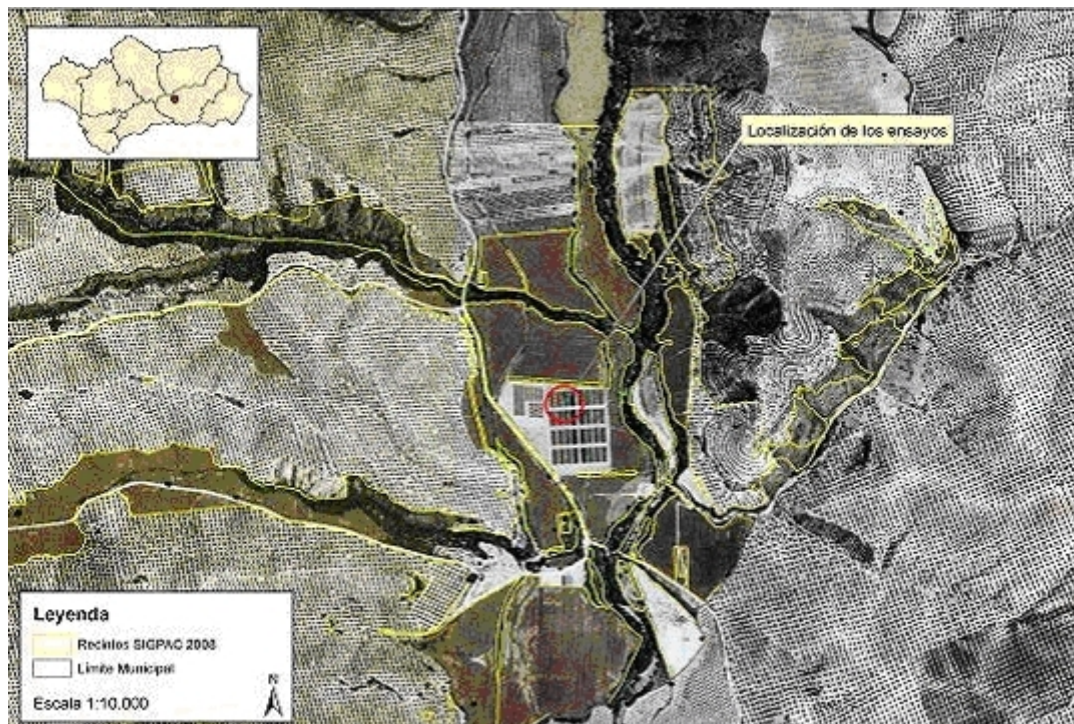
"BARRUELOS"		
Localización	Chiclana de Segura (Jaén)	
Superficie total de la finca	196,43 has	
Superficie por cultivo	Cultivos principales	Olivar: 85,80 has Pasto y pastizal: 6,01 has Pistacho: 5,00 has
	Cultivos energéticos	<b>Casuarina: 0,50 has</b> <b>Paulownia: 0,50 has</b> <b>Chopo: 0,50 has</b>
		
Destino de los cultivos energéticos	Obtención de biomasa lignocelulósica	
Climatología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clima mediterráneo continental de inviernos fríos (temperaturas medias en invierno por debajo de los 6 – 7° C)</li> <li>• Pluviometría muy escasa, inferior a 400 mm (precipitaciones primaverales importantes; sequía estival no absoluta)</li> </ul>	
Características edáficas de las parcelas dedicadas a cultivos energéticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelo franco-arcilloso</li> <li>• pH fuertemente básico: baja disponibilidad de los elementos minerales, especialmente fósforo y microelementos</li> <li>• Escaso contenido en materia orgánica, hecho que no favorece el complejo de cambio ni la estructura del suelo</li> <li>• Contenido muy pobre en nitrógeno: abonado de fondo escaso y/o ritmo de mineralización de la materia orgánica muy bajo</li> <li>• Contenido en sodio moderado; muy pobre en fósforo</li> <li>• Adecuada disponibilidad de calcio y magnesio; baja en potasio</li> <li>• Bajo riesgo de dispersión de arcillas; compactación del suelo</li> <li>• Textura pesada del suelo: puede favorecer su compactación, limitando su permeabilidad y el desarrollo radicular del cultivo</li> </ul>	
Características del agua de riego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salinidad baja, apta para el riego pero teniendo precauciones en cultivos muy sensibles</li> <li>• Aporte de sales reducido, bajo riesgo de salinización del perfil radicular</li> <li>• Dureza elevada: presenta alto riesgo de formación de precipitados en la instalación de riego</li> <li>• Bajo riesgo de sodificación del suelo</li> <li>• Contenido en calcio moderado, normal en potasio, algo elevado en magnesio y muy bajo en sodio</li> <li>• Contenido en bicarbonatos y sulfatos moderado; muy bajo en cloruros y nitratos</li> <li>• Escaso contenido en boro, hierro, cobre y zinc</li> </ul>	



# Cortijo de Enmedio

## Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 37** Croquis de localización de la finca “Cortijo de Enmedio” (Moclín, Granada).



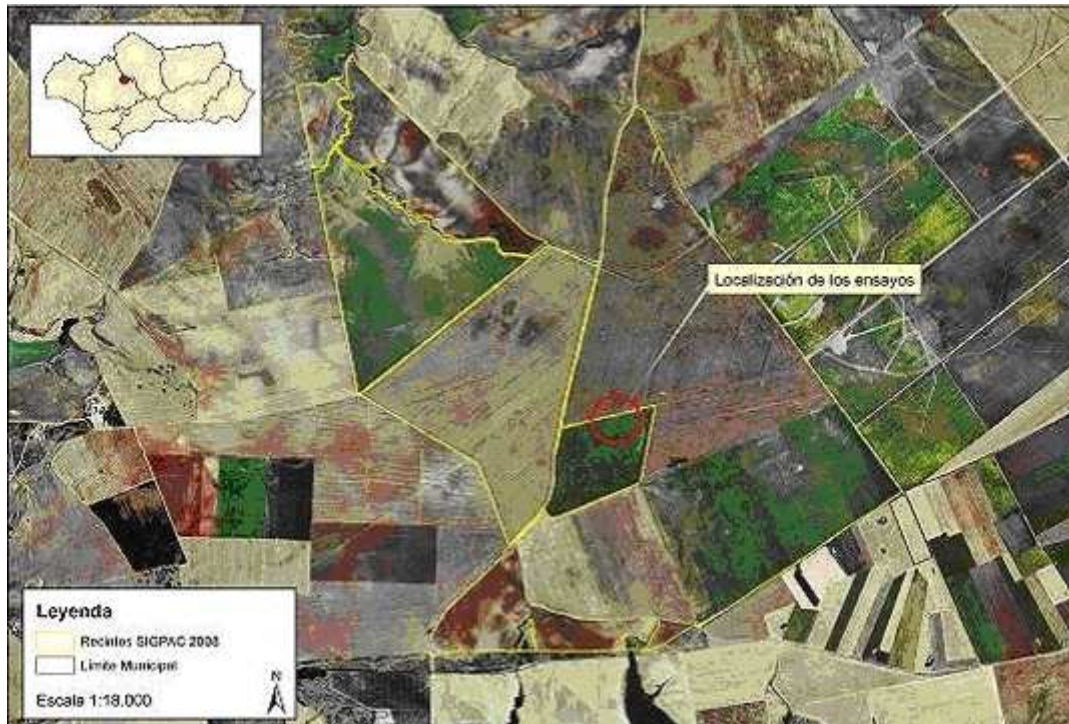
## Descripción de la finca

"CORTIJO DE ENMEDIO"		
Localización	Moclín (Granada)	
Superficie total de la finca	267,21 has	
Superficie por cultivo	Cultivos principales	Olivar: 182,38 has Guisante: 36,44 has Pasto (arbolado y arbustivo): 17,55 has Forestal: 11,75 has Pistacho: 6,12 has
	Cultivos energéticos	<b>Casuarina: 0,50 has</b> <b>Cardo: 1,50 has</b> <b>Eucalipto: 0,16 has</b> <b>Miscanto: 0,50 has</b> <b>Paulownia: 0,50 has</b> <b>Chopo: 0,50 has</b>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; background-color: #008000; color: white; border-radius: 5px;"> <b>Total: 3,66 has</b> </div>		
Destino de los cultivos energéticos	Obtención de biomasa lignocelulósica	
Climatología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clima mediterráneo semicontinental de veranos cálidos y secos</li> <li>• Temperaturas medias de julio y agosto superiores a 28° C</li> <li>• Inviernos suaves con temperaturas de entre 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	<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; compactación del suelo</li> </ul>	
Características del agua de riego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua de buena calidad apta para el riego</li> <li>• Salinidad media; agua baja en sodio</li> <li>• Contenido alto en bicarbonatos y bajo en sulfatos</li> </ul>	


## Guzmán II

### Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 38** Croquis de localización de la finca “Guzmán II” (Palma del Río, Córdoba).



## Descripción de la finca

"GUZMÁN II"	
Localización	Palma del Río (Córdoba)
Superficie total de la finca	403,68 has
Superficie por cultivo	<b>Cultivos principales</b> Habas: 165,22 has Trigo duro: 70,55 has Trigo blando: 65,17 has Cebada: 61,25 has Cártamo: 36,12 has
	<b>Cultivos energéticos</b> <b>Caña común: 0,70 has</b> <b>Casuarina: 0,50 has</b> <b>Eucalipto: 0,11 has</b> <b>Miscanto: 0,50 has</b> <b>Paulownia: 0,96 has</b> <b>Chopo: 0,50 has</b>
	
Destino de los cultivos energéticos	Obtención de biomasa lignocelulósica
Climatología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clima mediterráneo semicontinental de veranos cálidos y secos</li> <li>• Temperaturas medias de julio y agosto superiores a 28° C</li> <li>• Inviernos suaves con temperaturas de entre 6 – 10° C</li> </ul>
Características edáficas de las parcelas dedicadas a cultivos energéticos	<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; compactación de suelos</li> <li>• Textura pesada del suelo: puede favorecer su compactación, limitando su permeabilidad y el desarrollo radicular del cultivo</li> </ul>

### “GUZMÁN II”

#### Características del agua de riego

- Agua de salinidad alta, solamente apta para el riego de cultivos tolerantes y en suelos sin problemas de permeabilidad (que presenten buen drenaje)
- Aporte alto de sales, lo que requiere una buenas condiciones de lavado para evitar la salinización del perfil
- Agua muy dura: presenta alto riesgo de formación de precipitados en la instalación de riego
- No existe riesgo de sodificación del suelo
- Contenido muy elevado en calcio y magnesio; normal en potasio
- Agua rica en nitratos; contenido muy elevado en cloruros; elevado en bicarbonatos; bajo en sulfatos
- Escaso contenido en boro, hierro, cobre y zinc



# La Cabaña

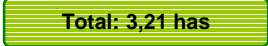
## Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 39** Croquis de localización de la finca “La Cabaña” (La Rinconada, Sevilla).





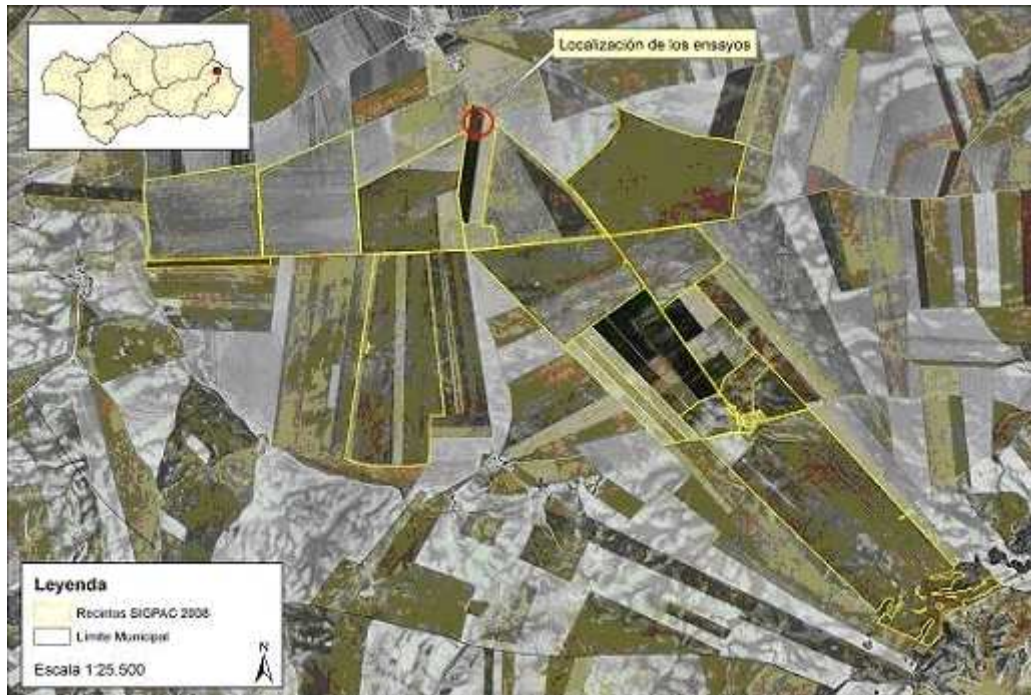
## Descripción de la finca

"LA CABAÑA"	
Localización	La Rinconada (Sevilla)
Superficie total de la finca	102,20 has
Superficie por cultivo	<b>Cultivos principales</b> Habas: 21,58 has Cebada: 7,00 has
	<b>Cultivos energéticos</b> Caña común: 0,42 has Casuarina: 0,40 has Eucalipto: 0,10 has Miscanto: 0,50 has Paulownia: 1,29 has Chopo: 0,50 has
	
Destino de los cultivos energéticos	Obtención de biomasa lignocelulósica
Climatología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clima mediterráneo semicontinental de veranos cálidos y secos</li> <li>• Temperaturas medias de julio y agosto superiores a 28° C</li> <li>• Inviernos suaves con temperaturas de entre 6 – 10° C</li> </ul>
Características edáficas de las parcelas dedicadas a cultivos energéticos	<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; compactación del suelo</li> </ul>
Características del 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 muy elevado, lo que requiere unas condiciones de lavado muy buenas para evitar la salinización del perfil</li> <li>• Dureza muy elevada: 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>

# La Parra

## Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 40** Croquis de localización de la finca “La Parra” (Puebla de Don Fadrique, Granada).



## Descripción de la finca

"LA PARRA"		
<b>Localización</b>	Puebla de Don Fadrique (Granada)	
<b>Superficie total de la finca</b>	688,86 has	
<b>Superficie por cultivo</b>	<b>Cultivos principales</b>	Guisante: 275,15 has Cebada: 252,49 has Hortícolas: 23,07 has Trigo blando: 13,52 has Pastizal, pasto y pradera: 12,36 has Pistacho: 5,02 has
	<b>Cultivos energéticos</b>	<b>Casuarina: 0,50 has</b> <b>Eucalipto: 0,10 has</b> <b>Paulownia: 0,96 has</b> <b>Chopo: 0,50 has</b>
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; background-color: #92d050; padding: 5px; display: inline-block;"><b>Total: 2,06 has</b></div>		
<b>Destino de los cultivos energéticos</b>	Obtención de biomasa lignocelulósica	
<b>Climatología</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clima mediterráneo continental de inviernos fríos</li> <li>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; compactación del suelo</li> <li>Textura pesada del suelo: puede favorecer su compactación, limitando su permeabilidad y el desarrollo radicular del cultivo</li> </ul>	

### “LA PARRA”

#### Características del agua de riego

- 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
- 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
- Dureza muy elevada
- Bajo riesgo de sodificación
- Contenido elevado en magnesio; moderado en potasio y sodio
- Contenido normal en bicarbonatos, cloruros y sulfatos
- Escaso contenido en boro

# Los Embalses

## Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 41** Croquis de localización de la finca “Los Embalses” (Campillos, Málaga).



## Descripción de la finca

"LOS EMBALSES"	
Localización	Campillos (Málaga)
Superficie total de la finca	710,03 has
Superficie por cultivo	<b>Cultivos principales</b> Cebada: 137,04 has Habas: 126,18 has Olivar: 114,42 has Girasol: 65,76 Trigo blando: 62,63 has Triticale: 55,61 has Garbanzo: 42,38 has Avena: 33,59 has Almendro: 7,41 has
	<b>Cultivos energéticos</b> <b>Cardo: 1,50 has</b> <b>Paulownia: 0,67 has</b>
	<b>Total: 2,17 has</b>
Destino de los cultivos energéticos	Obtención de biomasa lignocelulósica
Climatología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clima mediterráneo continental templado</li> <li>• Temperaturas medias de julio y agosto superiores a 28° C</li> <li>• Inviernos suaves con temperaturas de entre 6 – 10° C</li> <li>• Pluviometría muy escasa, en torno a los 400 mm</li> </ul>



## “LOS EMBALSES”

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

Parcela donde se instauró paulownia:

- Suelo arenoso
- pH próximo a la neutralidad: adecuada disponibilidad de la mayor parte de los elementos minerales
- Suelo pobre en materia orgánica
- Suelo pobre en nitrógeno, por abonado de fondo escaso, o bien, por ritmo de mineralización de la materia orgánica muy bajo
- Suelo rico en fósforo
- Contenido en sodio muy elevado
- Adecuada disponibilidad de calcio. Escasa disponibilidad de magnesio y potasio
- Contenido medio en caliza: puede provocar problemas nutricionales sólo en especies muy sensibles

Parcela donde se instauró cardo:

- Suelo arcilloso
- pH básico: disponibilidad limitada de la mayor parte de los elementos minerales, especialmente fósforo y microelementos
- Nivel adecuado de materia orgánica (poco descompuesta)
- Suelo pobre en nitrógeno, por abonado de fondo escaso, o bien, por ritmo de mineralización de la materia orgánica bajo
- Contenido muy elevado en calcio, magnesio y potasio; normal en fósforo y sodio
- Bajo riesgo de dispersión de arcillas; compactación del suelo

### Características del agua de riego

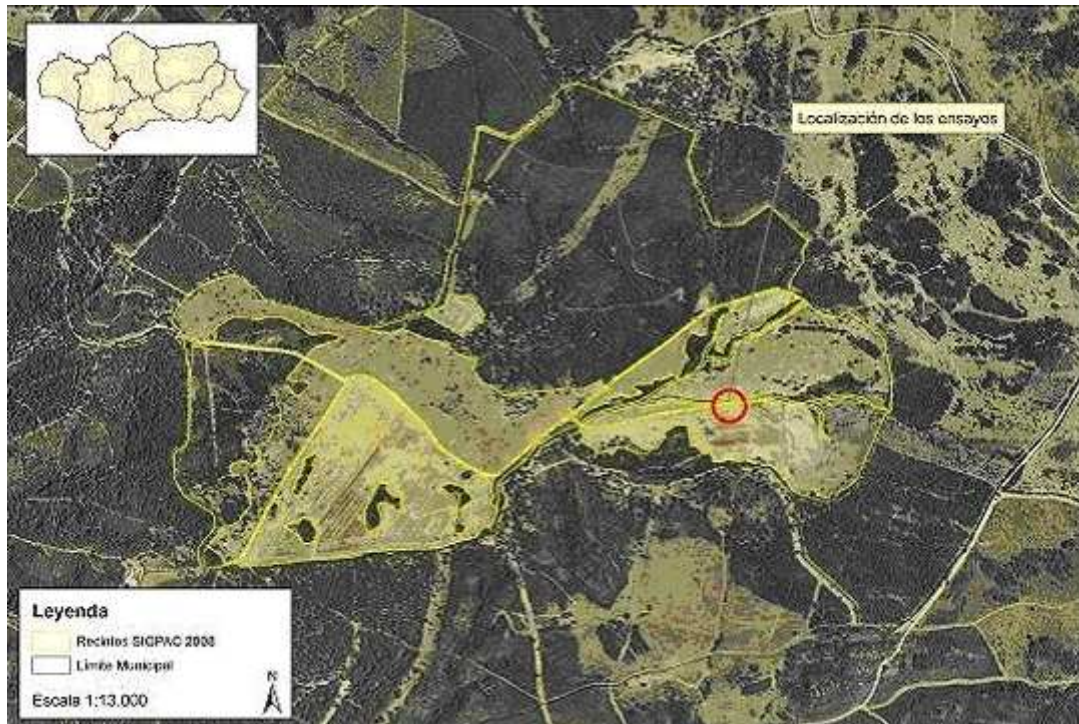
- Agua de salinidad moderada, apta para el riego pero con preocupaciones en cultivos muy sensibles y suelos de baja permeabilidad
- Aporte de sales moderado, lo que requiere unas adecuadas condiciones de lavado para evitar la salinización del perfil
- Presión osmótica moderada: puede dificultar la absorción 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



# Majarambú

## Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 42** Croquis de localización de la finca “Majarambú” (Castellar de la Frontera, Cádiz).



## Descripción de la finca

"MAJARAMBÚ"		
Localización	Castellar de la Frontera (Cádiz)	
Superficie total de la finca	233,27 has	
Superficie por cultivo	Cultivos principales	Forestal: 121,76 has
	Cultivos energéticos	<p><b>Casuarina: 0,50 has</b></p> <p><b>Cardo: 8,00 has</b></p> <p><b>Paulownia: 0,50 has</b></p> <div style="display: flex; align-items: center; margin-left: 20px;"> <span style="font-size: 2em; margin-right: 5px;">}</span> <div style="border: 1px solid black; background-color: #008000; color: white; padding: 2px 5px; border-radius: 5px;"> <b>Total: 9,00 has</b> </div> </div>
Destino de los cultivos energéticos	Obtención de biomasa lignocelulósica	
Climatología	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clima mediterráneo oceánico de la costa atlántica</li> <li>Temperatura media anual en invierno por debajo de los 10º C; temperatura media anual en verano, en torno a los 25º C</li> <li>Pluviometría entre los 500 y 600 mm</li> </ul>	
Características edáficas de las parcelas dedicadas a cultivos energéticos	<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>	
Características del agua de riego	<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>	

## Pago de Enmedio

### Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 43** Croquis de localización de la finca “Pago de Enmedio” (La Rinconada, Sevilla).



## Descripción de la finca

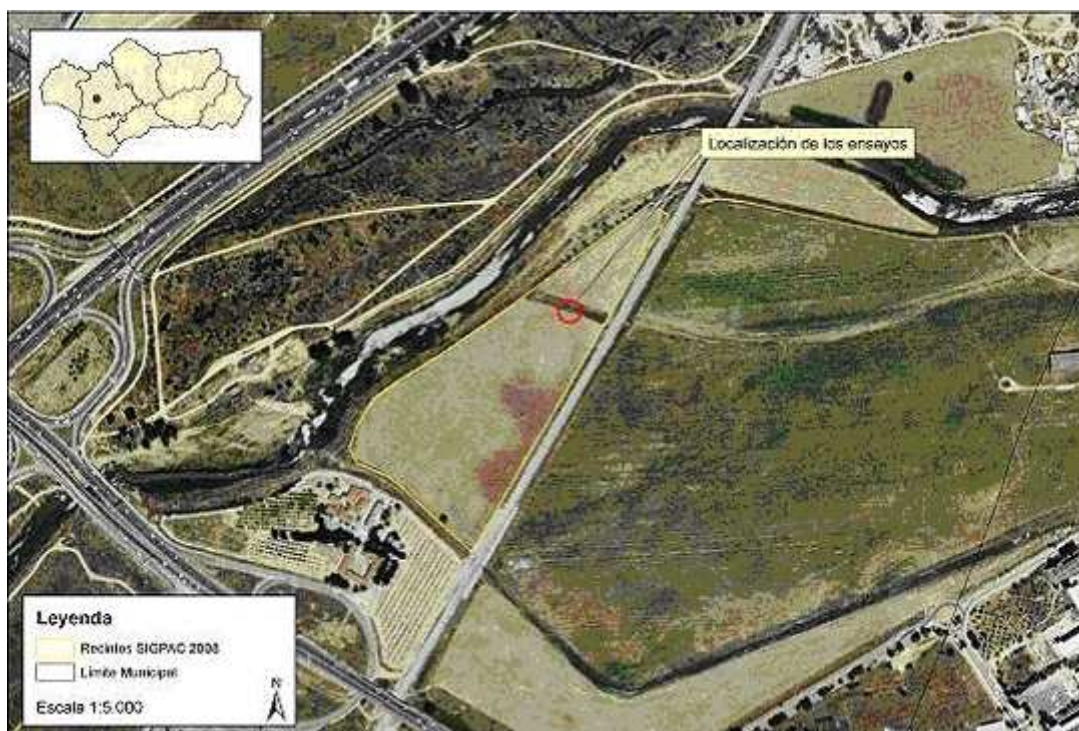
"PAGO DE ENMEDIO"	
Localización	La Rinconada (Sevilla)
Superficie total de la finca	171,55 has
Superficie por cultivo	Cultivos principales Cítricos: 65,21 has Avena: 52,35 has
	Cultivos energéticos <b>Paulownia: 0,31 has</b>
Destino de los cultivos energéticos	Obtención de biomasa lignocelulósica
Climatología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clima mediterráneo semicontinental de veranos cálidos y secos</li> <li>• Temperaturas medias de julio y agosto superiores a los 28° C</li> <li>• Inviernos suaves con temperaturas de entre 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; 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>
Características del 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>



## Servicio de Plagas

### Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 44** Croquis de localización de la finca “Servicio de Plagas” (Dos Hermanas, Sevilla).



## Descripción de la finca

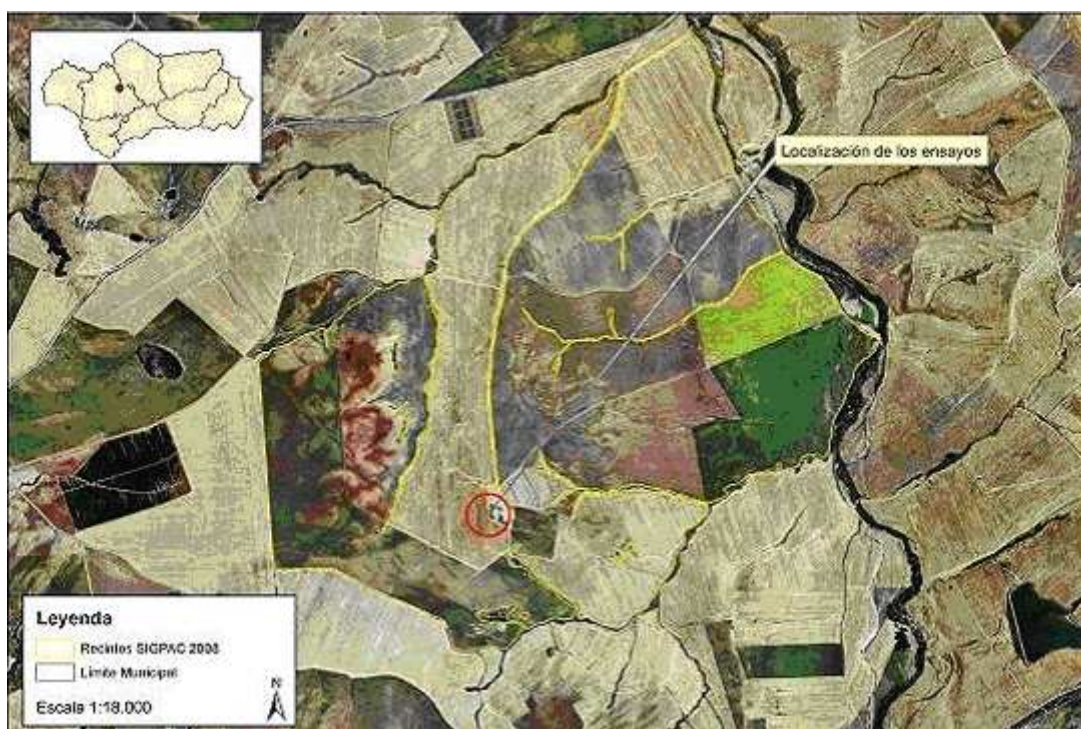
“SERVICIO DE PLAGAS”		
Localización	Dos Hermanas (Sevilla)	
Superficie total de la finca	6,13 has	
Superficie por cultivo	Cultivos principales	Ensayos: 6,13 has
	Cultivos energéticos	<p><b>Casuarina: 0,50 has</b>  <b>Eucalipto: 0,32 has</b>  <b>Miscanto: 0,50 has</b>  <b>Paulownia: 0,93 has</b>  <b>Chopo: 0,50 has</b></p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">}</span> <div style="border: 1px solid black; background-color: #008000; color: white; padding: 5px; border-radius: 10px;"> <b>Total: 2,75 has</b> </div> </div>
Destino de los cultivos energéticos	Obtención de biomasa lignocelulósica	
Climatología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clima mediterráneo semicontinental de veranos cálidos y secos</li> <li>• Temperaturas medias de julio y agosto superiores a los 28° C</li> <li>• Inviernos suaves con temperaturas de entre 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, 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>	
Características del agua de riego	<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>	



# Somonte

## Localización de la finca y los ensayos

**Imagen 45** Croquis de localización de la finca “Somonte” (Palma del Río, Córdoba).



## Descripción de la finca

"SOMONTE"		
Localización	Palma del Río (Córdoba)	
Superficie total de la finca	632,69 has	
Superficie por cultivo	Cultivos principales	Habas: 255,63 has Girasol: 112,82 has Cebada: 104,81 has Avena: 76,06 has Guisante: 38,79 has Forestal: 5,08 has
	Cultivos energéticos	<b>Cardo: 1,50 has</b> <b>Paulownia: 0,50 has</b> <span style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; background-color: #008000; color: white; margin-left: 10px;">Total: 2,00 has</span>
Destino cultivos energéticos	Obtención de biomasa lignocelulósica	
Climatología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clima mediterráneo semicontinental de veranos cálidos y secos</li> <li>• Temperaturas medias de julio y agosto superiores a los 28° C</li> <li>• Inviernos suaves con temperaturas de entre 6 – 10° C</li> </ul>	
Características edáficas de las parcelas dedicadas a cultivos energéticos	<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>	
Características del agua de riego	<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 en calcio y bajo en magnesio. Normal en potasio y muy bajo en sodio</li> <li>• Contenido moderado en bicarbonatos, bajo en sulfatos y muy bajo en cloruros.</li> <li>• Agua rica en nitratos</li> <li>• Escaso contenido en boro, hierro, manganeso, cobre y zinc</li> </ul>	

## Anexo II: Parámetros climáticos, edafológicos y resultados de los análisis del agua de riego

A continuación se recogen los principales parámetros climáticos<sup>18</sup> de cada una de las fincas que forman parte de la red de ensayos, así como los resultados de los análisis del agua de riego (en las fincas de regadío) de cada finca, y las características más relevantes de los suelos de las parcelas en los que se instauraron los cultivos energéticos<sup>19</sup>.

### ◆ “Barruelos”

#### ➤ *Parámetros climáticos*

**Tabla 51** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Barruelos” (Chiclana de Segura, Jaén) entre las campañas 2001-2002 y 2007-2008.

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	23,54	8,05	15,59	40,50	-6,80	87,98	470,60
2002/03	23,39	8,73	16,09	42,00	-7,30	87,49	492,60
2003/04	22,72	8,55	15,54	41,70	-5,60	87,45	590,60

<sup>18</sup> Los datos climáticos corresponden a la campaña agrícola, es decir al periodo comprendido entre el 1 de septiembre y el 31 de agosto.

<sup>19</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). Así, los datos sobre suelos y agua de “Guzmán II”, “La Cabaña”, “La Parra”, “Los Embalses”, “Majarambú”, “Pago de Enmedio” y “Servicio de Plagas” se obtuvieron de análisis realizados la pasada campaña (2007-2008), y ya se incluyeron el “Informe sobre el Plan de Cultivos Energéticos. Campaña 2007-2008”. Respecto a los datos sobre agua de “Barruelos”, “Cortijo de Enmedio” y “Somonte”, así como sobre suelo de “Barruelos”, se obtuvieron de análisis realizados en la campaña 2008-2009.

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)
2004/05	24,22	7,01	15,55	42,60	-12,30	82,12	148,20
2005/06	23,43	8,25	15,72	41,60	-6,10	85,61	426,00
2006/07	23,28	8,30	15,60	42,30	-5,80	85,62	479,60
2007/08	23,66	7,64	15,47	40,40	-8,60	85,53	525,40
<b>MEDIA</b>	<b>23,46</b>	<b>8,08</b>	<b>15,65</b>	<b>41,59</b>	<b>-7,50</b>	<b>85,97</b>	<b>447,57</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la "Red de Información Agroclimática de Andalucía" (CAP, 2009).

**Tabla 52** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca "Barruelos" (Chiclana de Segura, Jaén) durante la campaña 2008-2009.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	27,51	13,31	20,11	33,50	7,30	85,17	47,00
Octubre	22,12	9,45	15,47	27,30	3,10	89,32	69,60
Noviembre	14,18	1,22	7,33	19,70	<b>-6,10</b>	92,62	69,20
Diciembre	11,50	0,27	5,08	20,60	-4,90	93,16	53,20
Enero	10,25	1,27	5,53	18,90	-5,60	92,71	59,80
Febrero	14,57	0,93	7,19	19,90	-2,60	92,49	37,40
Marzo	19,50	3,77	11,33	26,70	0,70	90,36	64,00
Abril	18,50	5,39	11,90	26,90	0,40	89,44	40,20
Mayo	27,82	10,14	19,19	37,00	3,60	82,13	24,60
Junio	33,09	14,85	24,56	40,90	9,40	73,48	3,20
Julio	36,90	15,72	27,00	<b>42,20</b>	12,40	59,40	0,00
Agosto	36,49	15,92	26,60	39,40	12,20	67,89	0,80
<b>MEDIA</b>	<b>22,70</b>	<b>7,69</b>	<b>15,11</b>			<b>84,01</b>	<b>TOTAL 469,00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la "Red de Información Agroclimática de Andalucía" (CAP, 2009).

➤ **Características de los suelos y resultados de los análisis del agua de riego**

**Tabla 53** Principales parámetros edafológicos de las parcelas de la finca “Barruelos” en las que se implantaron casuarina, paulownia y chopo en 2009.

Propiedades físicas		
Granulometría	Arcilla	35,00 %
	Limo	25,00 %
	Arena	40,00 %
Textura (Clasificación U.S.D.A)	Franco - Arcillosa	
Propiedades químicas		
pH (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	8,21	
C.E. 20° C (extracto 1/2,5 H <sub>2</sub> O)	194,40 µS/cm	
Caliza activa (% CaCO <sub>3</sub> )	2,53 %	
Materia orgánica (Walkey-Black)	0,82 %	
Nitrógeno (Dumas)	283,60 mg/kg	
Fósforo disponible	7,66 mg/kg	
Calcio disponible	8,26 meq/100 g	
Magnesio disponible	2,17 meq/100 g	
Potasio disponible	0,25 meq/100 g	
Sodio disponible	0,26 meq/100 g	
Relaciones de interés		
C/N (Relación carbono-nitrógeno)	16,73	
Ca/Na (Relación calcio-sodio)	31,90	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2009).

**Tabla 54** Principales parámetros descriptivos del agua de riego utilizada en las parcelas de la finca “Barruelos” en las que se implantaron casuarina, paulownia y chopo en 2009.

Propiedades químicas					
pH	7,86	Residuo calculado (g/l)	0,01		
		Presión osmótica (atm)	0,27		
C.E. (µS/cm a 25° C)	745,91	Dureza total (° F)	32,11		
		Tasa de absorción de sodio (S.A.R)	0,35		
Composición química					
Cationes	meq/l	mg/l	Aniones	meq/l	mg/l
Calcio	3,26	65,43	Alcalinidad (Bicarbonatos)	2,64	161,33
Magnesio	3,16	38,35	Cloruros	0,52	18,37
Sodio	0,62	14,37	Nitratos	< 0,16	< 10,00
Potasio	0,13	4,91	Sulfatos (Azufre)	3,57	171,14
<b>SUMA DE CATIONES</b>	<b>7,17</b>	<b>123,06</b>	<b>SUMA DE ANIONES</b>	<b>6,89</b>	<b>360,84</b>
Oligoelementos	mg/l		Oligoelementos	mg/l	
Boro	0,17		Cobre	< 0,05	
Hierro	< 0,05		Zinc	< 0,05	
Manganeso	< 0,005				
Relaciones e índices de interés					
Ca/Mg	<b>1,00</b>		Índice de Scott	<b>106,3</b>	
Carbonato sódico residual (meq/l)	<b>- 3,80</b>		Clasificación U.S. Soil Salinity Laboratory	<b>C2 S1</b>	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2009).



## ◆ “Cortijo de Enmedio”

### ➤ *Parámetros climáticos*<sup>20</sup>

**Tabla 55** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Cortijo de Enmedio” (Moclín, Granada) entre las campañas 2001-2002 y 2007-2008.

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
2007/08	24,81	9,09	16,47	41,30	-2,60	82,30	377,80
<b>MEDIA</b>	<b>24,29</b>	<b>9,12</b>	<b>16,25</b>	<b>41,97</b>	<b>-4,81</b>	<b>76,56</b>	<b>383,26</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).

<sup>20</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 56** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Cortijo de Enmedio” (Moclín, Granada) durante la campaña 2008-2009.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	29,82	14,34	21,33	35,10	7,80	77,04	21,00
Octubre	23,59	10,58	16,51	29,90	1,20	87,43	88,00
Noviembre	16,24	3,33	9,19	20,80	-1,80	90,97	61,20
Diciembre	13,25	1,92	6,75	21,40	-1,70	93,59	58,60
Enero	11,41	2,51	6,40	20,70	<b>-4,70</b>	96,70	60,20
Febrero	18,68	4,50	12,13	22,20	0,00	83,48	3,00
Marzo	20,80	6,07	12,78	28,40	1,10	89,83	54,40
Abril	20,59	5,30	12,82	29,00	0,00	89,58	53,20
Mayo	29,01	10,92	19,70	35,50	6,40	79,07	6,60
Junio	34,33	15,92	25,19	40,00	9,90	67,96	5,60
Julio	38,17	17,80	28,07	<b>42,10</b>	14,10	52,00	0,20
Agosto	36,98	17,78	27,05	39,50	14,00	57,80	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>24,41</b>	<b>9,25</b>	<b>16,49</b>			<b>80,45</b>	<b>TOTAL 412,00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).

➤ **Características de los suelos y resultados de los análisis del agua de riego**

**Tabla 57** Principales parámetros edafológicos de las parcelas de la finca “Cortijo de Enmedio” en la que se implantó cardo en la campaña 2005-2006, y casuarina, eucalipto, miscanto, paulownia y chopo en 2009.

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 (2009).

**Tabla 58** Principales parámetros descriptivos del agua de riego utilizada en las parcelas de la finca “Cortijo de Enmedio” en la que se implantó casuarina, eucalipto, miscanto, paulownia y chopo en 2009.

Propiedades químicas					
pH	7,40	Residuo calculado (g/l)	-		
		Presión osmótica (atm)	-		
C.E. (µS/cm a 20° C)	486,00	Dureza (mg carbonato cálcico/l)	301,00		
		Tasa de absorción de sodio (S.A.R)	0,60		
Composición química					
Cationes	meq/l	mg/l	Aniones	meq/l	mg/l
Calcio	3,69	74,00	Alcalinidad (bicarbonatos)	4,60	281,00
Magnesio	2,31	28,00	Cloruros	0,59	21,00
Sodio	0,99	23,00	Nitratos	-	-
Potasio	0,09	3,50	Sulfatos (Azufre)	1,90	91,00
<b>SUMA DE CATIONES</b>	<b>15,22</b>	<b>261,19</b>	<b>SUMA DE ANIONES</b>	<b>11,82</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	-		Índice de Scott	-	
Carbonato sódico residual (meq/l)	-		Clasificación U.S. Soil Salinity Laboratory	<b>C2 S1</b>	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por el Laboratorio Agroalimentario de Atarfe (2004).

◆ **“Guzmán II”**

➤ ***Parámetros climáticos***

**Tabla 59** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Guzmán II” (Palma del Río, Córdoba) entre las campañas 2001-2002 y 2007-2008.

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
2007/08	25,58	11,18	17,86	41,40	-1,10	85,27	526,60
<b>MEDIA</b>	<b>24,77</b>	<b>11,88</b>	<b>18,04</b>	<b>42,79</b>	<b>-1,34</b>	<b>81,39</b>	<b>536,34</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).

**Tabla 60** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Guzmán II” (Palma del Río, Córdoba) durante la campaña 2008-2009.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	29,79	15,87	22,32	35,10	11,80	80,86	42,60
Octubre	24,42	11,85	18,18	29,50	0,00	86,52	73,20
Noviembre	17,95	4,41	10,53	21,90	<b>-3,50</b>	87,89	29,40
Diciembre	13,85	3,06	7,75	19,90	-1,50	90,61	56,60
Enero	13,55	4,01	8,37	18,80	<b>-3,50</b>	89,99	63,80
Febrero	17,13	3,88	9,92	21,70	0,50	89,55	105,20
Marzo	21,75	7,29	13,96	29,10	3,10	86,71	78,60
Abril	22,72	7,76	15,15	30,00	3,40	83,00	13,60
Mayo	29,35	11,63	20,54	35,50	7,20	78,43	6,40
Junio	33,85	17,06	25,27	<b>41,90</b>	10,40	77,66	1,20
Julio	37,25	17,43	27,83	41,10	14,30	71,90	0,00
Agosto	37,66	18,40	28,17	41,70	14,30	71,87	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>24,94</b>	<b>10,22</b>	<b>17,33</b>			<b>82,92</b>	<b>TOTAL 470,60</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).



➤ **Características de los suelos y resultados de los análisis del agua de riego**

**Tabla 61** Principales parámetros edafológicos de las parcelas de la finca “Guzmán II” en las que se implantaron caña común y paulownia en 2008, y caña común, casuarina, eucalipto, miscanto, paulownia y chopo en 2009<sup>21</sup>.

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).

<sup>21</sup> En “Guzmán II”, en 2009, se aumentaron las superficies de cultivo dedicadas a los ensayos de caña común y paulownia.

**Tabla 62** Principales parámetros del agua de riego utilizada en las parcelas de la finca “Guzmán II” en las que se implantaron caña común y paulownia en 2008, y caña común, casuarina, eucalipto, miscanto, paulownia y chopo en 2009.

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).

## ◆ “La Cabaña”

### ➤ *Parámetros climáticos*

**Tabla 63** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “La Cabaña” (La Rinconada, Sevilla) entre las campañas 2001-2002 y 2007-2008.

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	24,36	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
2007/08	25,13	11,18	17,86	40,60	-0,30	85,27	526,60
<b>MEDIA</b>	<b>24,68</b>	<b>10,97</b>	<b>17,59</b>	<b>42,26</b>	<b>-2,27</b>	<b>86,58</b>	<b>537,37</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).

**Tabla 64** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “La Cabaña” (La Rinconada, Sevilla) durante la campaña 2008-2009.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	28,75	15,41	21,59	34,20	10,20	86,20	45,80
Octubre	23,97	12,18	17,67	28,60	3,00	89,73	58,00
Noviembre	18,10	4,51	10,83	22,50	-1,90	87,72	7,60
Diciembre	13,94	3,24	8,23	19,70	-2,80	92,26	35,40
Enero	12,96	4,06	8,26	17,20	-3,90	94,12	59,00
Febrero	15,91	4,19	9,64	20,10	0,70	91,06	103,20
Marzo	20,55	6,91	13,42	27,30	<b>-4,50</b>	85,65	35,40
Abril	22,51	7,06	14,69	30,20	4,00	85,28	21,60
Mayo	27,71	12,41	20,06	34,60	8,20	82,55	0,80
Junio	31,37	16,65	23,80	38,90	8,50	87,92	13,40
Julio	35,35	17,13	26,40	39,60	14,30	87,13	0,00
Agosto	36,66	18,43	27,78	<b>41,30</b>	13,50	80,59	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>23,98</b>	<b>10,18</b>	<b>16,86</b>			<b>87,52</b>	<b>TOTAL 380,20</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).

➤ **Características de los suelos y resultados de los análisis del agua de riego**

**Tabla 65** Principales parámetros edafológicos de la parcela de la finca “La Cabaña” en la que se implantó paulownia en 2008, y caña común, casuarina, eucalipto, miscanto, paulownia y chopo en 2009<sup>22</sup>.

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).

<sup>22</sup> En “La Cabaña”, en 2009, se aumentó la superficie de cultivo dedicada al ensayo de paulownia.

**Tabla 66** Principales parámetros del agua de riego utilizada en la parcela de la finca “La Cabaña” en la que se instauró paulownia en 2008, y caña común, casuarina, eucalipto, miscanto, paulownia y chopo en 2009.

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).



◆ **“La Parra”**

➤ **Parámetros climáticos**

**Tabla 67** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “La Parra ” (Puebla de Don Fadrique, Granada) entre las campañas 2001-2002 y 2007-2008.

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
2007/08	19,82	5,43	12,48	36,00	-8,60	86,26	319,00
<b>MEDIA</b>	<b>19,94</b>	<b>5,72</b>	<b>12,68</b>	<b>37,46</b>	<b>-10,57</b>	<b>85,90</b>	<b>316,09</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).

**Tabla 68** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “La Parra” (Puebla de Don Fadrique, Granada) durante la campaña 2008-2009.

Mes	T <sup>a</sup> máxima (°C)	T <sup>a</sup> mínima (°C)	T <sup>a</sup> media (°C)	T <sup>a</sup> máxima absoluta (°C)	T <sup>a</sup> mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	24,20	11,31	17,48	30,00	6,60	85,67	32,20
Octubre	17,83	7,88	12,75	24,60	1,00	92,55	55,40
Noviembre	11,32	0,11	5,44	16,40	-7,20	93,87	0,77
Diciembre	8,96	-1,02	3,36	18,40	-5,30	95,54	58,77
Enero	8,36	-1,15	3,22	17,30	<b>-8,80</b>	97,12	15,60
Febrero	10,97	-1,41	4,56	17,50	-5,80	95,14	22,00
Marzo	15,64	1,86	8,43	24,20	-1,90	90,51	86,00
Abril	15,81	2,81	9,28	24,20	-0,10	90,84	17,60
Mayo	23,95	6,87	15,72	31,40	0,80	86,57	25,20
Junio	30,31	11,90	21,67	35,50	6,10	73,56	0,60
Julio	33,89	13,87	24,81	<b>38,50</b>	11,40	65,50	2,20
Agosto	30,83	14,05	22,65	35,30	11,40	77,89	17,80
<b>MEDIA</b>	<b>19,34</b>	<b>5,59</b>	<b>12,45</b>			<b>87,06</b>	<b>TOTAL 334,13</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).

➤ **Características de los suelos y resultados de los análisis del agua de riego**

**Tabla 69** Principales parámetros edafológicos de la parcela de la finca “La Parra” en la que se implantó paulownia en 2008, y casuarina, eucalipto, paulownia y chopo en 2009<sup>23</sup>.

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 (2009).

<sup>23</sup> En “La Parra”, en 2009, se aumentó la superficie de cultivo dedicada al ensayo de paulownia.

**Tabla 70** Principales parámetros del agua de riego utilizada en la parcela de la finca “La Parra” en la que se implantó paulownia en 2008, y casuarina, eucalipto, paulownia y chopo en 2009.

Propiedades químicas					
pH	7,40	Residuo calculado (g/l)	-		
		Presión osmótica (atm)	-		
C.E. (µS/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	2,80		Índice de Scott	3,40	
Carbonato sódico residual (meq/l)	- 11,20		Clasificación U.S. Soil Salinity Laboratory	C3 S1	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por el Laboratorio Agroalimentario de Atarfe (2009).

## ◆ “Los Embalses”

### ➤ *Parámetros climáticos*<sup>24</sup>

**Tabla 71** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Los Embalses” (Campillos, Málaga) entre las campañas 2001-2002 y 2007-2008.

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
2007/08	21,98	9,83	16,00	37,90	-2,60	87,89	413,40
<b>MEDIA</b>	<b>22,01</b>	<b>10,00</b>	<b>16,06</b>	<b>40,17</b>	<b>-3,44</b>	<b>84,88</b>	<b>443,57</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).

<sup>24</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 72** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Los Embalses” (Campillos, Málaga) durante la campaña 2008-2009.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	26,75	15,04	20,69	32,60	11,50	86,05	21,00
Octubre	21,53	11,35	16,39	26,90	4,00	92,53	86,80
Noviembre	14,35	4,39	9,19	19,00	-0,30	95,70	76,20
Diciembre	11,63	3,90	7,73	17,90	-0,90	97,05	37,80
Enero	10,77	2,78	6,88	17,00	<b>-5,10</b>	98,31	65,20
Febrero	13,64	4,29	8,84	18,60	0,70	97,12	72,40
Marzo	17,37	7,11	12,08	26,10	0,70	87,87	42,00
Abril	18,43	6,13	12,71	27,70	2,20	90,10	38,20
Mayo	25,11	10,34	18,25	30,80	5,90	83,55	11,80
Junio	30,48	15,37	23,34	37,00	9,80	78,12	5,80
Julio	34,16	17,60	26,58	<b>38,00</b>	12,30	69,23	0,00
Agosto	33,10	17,61	25,87	37,00	11,40	72,64	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>21,44</b>	<b>9,66</b>	<b>15,71</b>			<b>87,36</b>	<b>TOTAL 457,20</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).



➤ **Características de los suelos y resultados de los análisis del agua de riego**

**Tabla 73** Principales parámetros edafológicos de la parcela de la finca “Los Embalses” en la que se implantó paulownia en 2008 y se amplió la superficie de la plantación en 2009.

Propiedades físicas		
Granulometría	Arcilla	5,00 %
	Limo	5,00 %
	Arena	90,00 %
Textura (Clasificación U.S.D.A)	Arenosa	
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 74** 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 75** Principales parámetros del agua de riego utilizada en la parcela de la finca “Los Embalses” en las que se implantó paulownia en 2008 y se amplió la superficie de la plantación en 2009.

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).

## ◆ “Majarambú”

### ➤ *Parámetros climáticos*

**Tabla 76** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Majarambú” (Castellar de la Frontera, Cádiz) entre las campañas 2001-2002 y 2007-2008.

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
2007/08	23,64	11,26	17,37	44,40	-0,20	86,49	753,40
<b>MEDIA</b>	<b>23,32</b>	<b>11,28</b>	<b>17,27</b>	<b>40,90</b>	<b>-1,14</b>	<b>87,86</b>	<b>698,74</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).

**Tabla 77** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Majarambú” (Castellar de la Frontera, Cádiz) durante la campaña 2008-2009.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	28,01	16,32	21,96	34,70	11,80	84,33	87,20
Octubre	23,07	12,20	17,42	29,20	3,20	91,12	113,60
Noviembre	17,86	6,19	11,67	22,70	1,80	90,00	110,80
Diciembre	14,98	5,99	10,43	18,60	-0,20	89,66	145,60
Enero	14,99	5,20	9,89	19,50	<b>-2,70</b>	89,91	95,20
Febrero	16,02	6,64	11,18	22,90	1,40	88,77	143,40
Marzo	18,44	7,70	13,03	27,10	4,00	88,73	37,20
Abril	20,97	7,07	14,00	23,40	2,90	88,57	24,00
Mayo	26,06	11,74	19,10	33,80	7,60	84,84	10,40
Junio	31,09	16,70	23,61	38,30	12,10	80,84	1,20
Julio	35,12	18,93	27,02	<b>43,30</b>	13,70	73,54	0,00
Agosto	31,90	17,51	24,99	38,40	13,50	81,11	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>23,21</b>	<b>11,02</b>	<b>17,03</b>			<b>85,95</b>	<b>TOTAL 768,60</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).

➤ **Características de los suelos y resultados de los análisis del agua de riego**

**Tabla 78** Principales parámetros edafológicos de las parcelas de la finca “Majarambú” en las que se implantó casuarina y paulownia en 2009 y cardo en la 2005-2006.

Propiedades físicas		
Granulometría	Arcilla	5,00 %
	Limo	5,00%
	Arena	90,00 %
Textura (Clasificación U.S.D.A)	Arenosa	
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 79** Principales parámetros del agua de riego utilizada en la parcela de la finca “Majarambú” en la que se implantó casuarina y paulownia en 2009.

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).



## ◆ “Pago de Enmedio”

### ➤ *Parámetros climáticos*

**Tabla 80** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Pago de Enmedio” (La Rinconada, Sevilla) entre las campañas 2001-2002 y 2007-2008.

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
2007/08	25,13	11,18	17,86	40,60	-0,30	85,27	526,60
<b>MEDIA</b>	<b>24,68</b>	<b>10,97</b>	<b>17,59</b>	<b>42,26</b>	<b>-2,27</b>	<b>86,58</b>	<b>537,37</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).

**Tabla 81** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Pago de Enmedio” (La Rinconada, Sevilla) durante la campaña 2008-2009.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	28,75	15,41	21,59	34,20	10,20	86,20	45,80
Octubre	23,97	12,18	17,67	28,60	3,00	89,73	58,00
Noviembre	18,10	4,51	10,83	22,50	-1,90	87,72	7,60
Diciembre	13,94	3,24	8,23	19,70	-2,80	92,26	35,40
Enero	12,96	4,06	8,26	17,20	-3,90	94,12	59,00
Febrero	15,91	4,19	9,64	20,10	0,70	91,06	103,20
Marzo	20,55	6,91	13,42	27,30	<b>-4,50</b>	85,65	35,40
Abril	22,51	7,06	14,69	30,20	4,00	85,28	21,60
Mayo	27,71	12,41	20,06	34,60	8,20	82,55	0,80
Junio	31,37	16,65	23,80	38,90	8,50	87,92	13,40
Julio	35,35	17,13	26,40	39,60	14,30	87,13	0,00
Agosto	36,66	18,43	27,78	<b>41,30</b>	13,50	80,59	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>23,98</b>	<b>10,18</b>	<b>16,86</b>			<b>87,52</b>	<b>TOTAL 380,20</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).

➤ **Características de los suelos y resultados de los análisis del agua de riego**

**Tabla 82** Principales parámetros edafológicos de las parcelas de la finca “Pago de Enmedio” en las que se implantó paulownia en 2008 y se continuó su cultivo en 2009.

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 83** Principales parámetros descriptivos del agua de riego utilizada en las parcelas de la finca “Pago de Enmedio” en las que se implantó paulownia en 2008 y se continuó su cultivo en 2009.

Propiedades químicas					
pH	8,08	Residuo calculado (g/l)		0,05	
		Presión osmótica (atm)		0,73	
C.E. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ 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	C3 S1	

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

## ◆ “Servicio de Plagas”

### ➤ *Parámetros climáticos*<sup>25</sup>

**Tabla 84** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Servicio de Plagas” (Dos Hermanas, Sevilla) entre las campañas 2001-2002 y 2007-2008.

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	24,40	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
2007/08	25,00	10,06	17,32	42,70	-1,20	83,16	564,80
<b>MEDIA</b>	<b>24,63</b>	<b>10,49</b>	<b>17,35</b>	<b>42,94</b>	<b>-2,87</b>	<b>84,66</b>	<b>508,54</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).

<sup>25</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 85** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Servicio de Plagas” (Dos Hermanas, Sevilla) durante la campaña 2008-2009.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	29,14	15,48	21,98	35,10	11,60	78,98	35,20
Octubre	24,01	12,63	18,09	28,80	3,60	85,88	82,80
Noviembre	17,72	5,04	10,88	22,10	0,30	85,63	42,20
Diciembre	14,24	3,82	8,72	20,10	-0,30	89,14	53,60
Enero	13,23	4,27	8,70	18,60	<b>-3,90</b>	89,16	64,00
Febrero	16,80	4,78	10,38	21,60	1,70	87,65	114,20
Marzo	21,44	7,11	14,10	28,60	0,00	84,58	34,40
Abril	21,70	7,15	14,22	29,40	3,70	85,84	37,40
Mayo	27,91	10,66	19,33	34,70	7,50	80,39	3,20
Junio	32,29	16,10	23,99	40,40	10,00	78,79	5,60
Julio	36,09	17,20	26,57	<b>42,00</b>	13,30	68,33	0,00
Agosto	36,60	18,66	27,68	41,20	14,10	72,65	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>24,26</b>	<b>10,24</b>	<b>17,05</b>			<b>82,25</b>	<b>TOTAL 472,60</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).

**Tabla 86** Principales parámetros edafológicos de la parcela de la finca “Servicio de Plagas” en la que se implantó paulownia en 2008, y casuarina, eucalipto, miscanto, paulownia y chopo en la campaña en 2009<sup>26</sup>.

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).

<sup>26</sup> En “Servicio de Plagas”, en 2009, se aumentó la superficie de cultivo dedicada al ensayo de paulownia.



**Tabla 87** Principales parámetros del agua de riego utilizada en la parcela de la finca “Servicio de Plagas” en la que se instauró paulownia en 2008, y casuarina, eucalipto, miscanto, paulownia y chopo en 2009.

Propiedades químicas					
pH	7,51	Residuo calculado (g/l)		0,03	
		Presión osmótica (atm)		0,46	
C.E. (µS/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
SUMA DE CATIONES	14,62	285,61	SUMA DE ANIONES	13,78	714,44
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	3,00		Índice de Scott	18,50	
Carbonato sódico residual (meq/l)	- 4,30		Clasificación U.S. Soil Salinity Laboratory	C3 S1	

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

◆ **“Somonte”**

➤ **Parámetros climáticos**

**Tabla 88** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Somonte” (Palma del Río, Córdoba) entre las campañas 2001-2002 y 2007-2008.

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
2007/08	25,58	11,18	17,86	41,40	-1,10	85,27	526,60
<b>MEDIA</b>	<b>24,77</b>	<b>11,88</b>	<b>18,04</b>	<b>42,79</b>	<b>-1,34</b>	<b>81,39</b>	<b>536,34</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).

**Tabla 89** Evolución de los parámetros climáticos medios de la finca “Somonte” (Palma del Río, Córdoba) durante la campaña 2008-2009.

Mes	Tª máxima (°C)	Tª mínima (°C)	Tª media (°C)	Tª máxima absoluta (°C)	Tª mínima absoluta (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Precipitación (mm)
Septiembre	29,79	15,87	22,32	35,10	11,80	80,86	42,60
Octubre	24,42	11,85	18,18	29,50	0,00	86,52	73,20
Noviembre	17,95	4,41	10,53	21,90	<b>-3,50</b>	87,89	29,40
Diciembre	13,85	3,06	7,75	19,90	-1,50	90,61	56,60
Enero	13,55	4,01	8,37	18,80	<b>-3,50</b>	89,99	63,80
Febrero	17,13	3,88	9,92	21,70	0,50	89,55	105,20
Marzo	21,75	7,29	13,96	29,10	3,10	86,71	78,60
Abril	22,72	7,76	15,15	30,00	3,40	83,00	13,60
Mayo	29,35	11,63	20,54	35,50	7,20	78,43	6,40
Junio	33,85	17,06	25,27	<b>41,90</b>	10,40	77,66	1,20
Julio	37,25	17,43	27,83	41,10	14,30	71,90	0,00
Agosto	37,66	18,40	28,17	41,70	14,30	71,87	0,00
<b>MEDIA</b>	<b>24,94</b>	<b>10,22</b>	<b>17,33</b>			<b>82,92</b>	<b>TOTAL 470,60</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la información extraída de la “Red de Información Agroclimática de Andalucía” (CAP, 2009).

➤ **Características de los suelos y resultados de los análisis del agua de riego**

**Tabla 90** Principales parámetros edafológicos de las parcelas de la finca “Somonte” en la que se instauró cardo en la campaña 2005-2006<sup>27</sup> y paulownia en 2009.

Propiedades físicas		
Granulometría	Arcilla	32,00 %
	Limo	32,00 %
	Arena	36,00 %
Textura (Clasificación U.S.D.A)	Franco - Arcillosa	
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>27</sup> Los valores mostrados en la Tabla 90 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.

**Tabla 91** Principales parámetros del agua de riego utilizada en la parcela de la finca “Somonte” en las que se implantó paulownia en 2009.

Propiedades químicas					
pH	7,34	Residuo calculado (g/l)	0,02		
		Presión osmótica (atm)	0,33		
C.E. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25° C)	928,62	Dureza total (° F)	38,15		
		Tasa de absorción de sodio (S.A.R)	0,51		
Composición química					
Cationes	meq/l	mg/l	Aniones	meq/l	mg/l
Calcio	6,75	135,24	Alcalinidad (Bicarbonatos)	3,04	185,30
Magnesio	0,88	10,71	Cloruros	0,77	27,33
Sodio	0,99	22,71	Nitratos	2,89	178,97
Potasio	0,19	7,36	Sulfatos (Azufre)	1,31	63,11
<b>SUMA DE CATIONES</b>	<b>8,81</b>	<b>176,02</b>	<b>SUMA DE ANIONES</b>	<b>8,01</b>	<b>454,71</b>
Oligoelementos	mg/l		Oligoelementos	mg/l	
Boro	0,08		Cobre	< 0,05	
Hierro	< 0,05		Zinc	< 0,05	
Manganeso	< 0,005				
Relaciones e índices de interés					
Ca/Mg	<b>7,70</b>		Índice de Scott	<b>70,50</b>	
Carbonato sódico residual (meq/l)	<b>- 4,60</b>		Clasificación U.S. Soil Salinity Laboratory	<b>C3 S1</b>	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por AGQ (2009).

