

# Estudio y optimización de diferentes clones de *Paulownia* para su aplicación en el desarrollo de cultivos energéticos y/o madereros

RUEDA GUIJARRO, J.A.<sup>1</sup>, ALCARRIA CONTRERAS, Z.<sup>2</sup>, GARCÍA FÉRRIZ, L.<sup>3</sup>,  
PÉREZ MARTÍNEZ, L.M.<sup>2</sup>, RODRÍGUEZ GARCÍA, M.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Servicio de Medio Natural. Consellería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente. Generalitat Valenciana.

<sup>2</sup> Innovación Forestal S.L.

<sup>3</sup> Comercial Técnica de Viveros, S.A.

<sup>4</sup> Viveros y Repoblaciones La Mancha, S.L.

## Resumen

En este trabajo se plasman las primeras conclusiones de dos estudios con diferentes clones de *Paulownia*, uno de ellos desarrollado en una finca ubicada en el término municipal de Pozuelo, en Albacete, y el segundo en tres emplazamientos diferentes en la provincia de Valencia: Enguera, Requena y Guadassuar-La Yesa. Este segundo caso se enmarca en el proyecto europeo estratégico PROFORBIOMED (Promoting of residual forestry biomass in the Mediterranean basin), perteneciente al PROGRAMA MED 2007-2013, que tiene como objetivo establecer una estrategia común para el fomento de la biomasa forestal como energía renovable y el establecimiento de un mercado estratégico de la biomasa a medio-largo plazo (número de proyecto: 1S-MED10-009). En ambos casos se trata de proyectos pioneros, de carácter experimental, de implantación de diferentes variedades e híbridos clonales de *Paulownia*, dispuestos en diferentes marcos de plantación y con aplicación de volúmenes de riego y unidades fertilizantes distintos, con el fin de determinar los valores limitantes y los óptimos para cada clon, y así poder obtener un patrón de comportamiento y esquema a seguir para futuras plantaciones. Con los resultados se aporta mucho al desarrollo de la especie en el campo de los cultivos energéticos y de los aprovechamientos madereros, así como al desarrollo rural dotando de sentido a antiguas zonas de cultivo abandonadas.

## Palabras clave

*Paulownia spp.*, cultivo energético, valorización biomasa, riego deficitario, densidad de plantación.

## 1. Introducción

El estudio de nuevas especies agroforestales es necesario y patente en los últimos años. El encarecimiento y escasez de los combustibles fósiles hace que la búsqueda de nuevos recursos sea imprescindible. Así mismo, el abandono de las zonas tradicionalmente agrícolas está provocando muchos problemas de peligro de incendios, despoblamiento de zonas rurales y, consecuentemente, empobrecimiento de estas regiones. Por ello, en la búsqueda de nuevos cultivos para obtener biomasa con distintos fines, ya sean energéticos, madereros o de conservación de montes y espacios rurales, se empezó a estudiar un cultivo de muy rápido crecimiento, el género *Paulownia sp.*, como un posible factor interviniente en el desarrollo rural sostenible.

51  
52 Se presentan los datos obtenidos de varias plantaciones de diferentes variedades e  
53 híbridos interespecíficos clonales de *Paulownia sp.*, la más numerosa en cuanto a individuos  
54 en la provincia de Albacete y otros tres emplazamientos en la provincia de Valencia, en los  
55 términos municipales de Enguera, Guadassuar La Yesa y Requena.

56 Se debe destacar que en todos los casos se trata de proyectos inacabados, aún vivos, de  
57 los que se continuará obteniendo datos durante los próximos años. No obstante, es interesante  
58 exponer estos primeros resultados por su carácter pionero y posible impulsor de iniciativas  
59 similares.

## 60 61 62 2. Objetivos

- 63
- 64 • Selección del clon más apropiado a las condiciones agroclimáticas de cada zona.
- 65 • Optimización del cultivo según los diferentes parámetros establecidos en la
- 66 implantación.
- 67 • Evaluación de la viabilidad en función de los usos energético y forestal.
- 68
- 69

## 70 3. Metodología

71  
72 En cuanto a la metodología, se deben hacer unas aclaraciones previas:

- 73 - Las variables elegidas en estos estudios se basan principalmente en la
- 74 experiencia propia de los participantes en la presente comunicación, muchos
- 75 de ellos pioneros en el estudio de la *Paulownia* en España. Así mismo, se
- 76 decidió no basarse en bibliografía previa, puesto que es muy escasa en el caso
- 77 de experiencias en España, poco comparable por contar con diferentes clones
- 78 y tratarse en su mayoría de estudios de propiedades de la madera de la
- 79 *Paulownia*, no así de su cultivo y manejo agronómico. No obstante, se refieren
- 80 en *Bibliografía* algunas de las publicaciones consultadas.
- 81 - Al ser un proyecto relativamente joven, tres años desde su inicio, en ninguna
- 82 de las ubicaciones se han apeado y cubicado árboles, por lo que no se poseen
- 83 datos del volumen y peso de los individuos, por lo que se trabaja siempre con
- 84 variables individuales (dendrométricas) y no de masa (dasométricas). En un
- 85 futuro, se completará el presente estudio con esos datos.
- 86

87 En la plantación de la provincia de Albacete, llevada a cabo en primavera de 2010, se  
88 plantaron 11.921 pies de cinco clones diferentes, que responden a los nombres comerciales  
89 registrados COTEVISA1® (COT1), COTEVISA2® (COT2), CLON IN VITRO 112® (112),  
90 LÉRIDA1® (L1) y CHINO SUN TZU 11® (CHINO). Según propias experiencias adquiridas  
91 en los años de trabajo con la *Paulownia*, se establecieron también variables dentro del mismo  
92 clon en cuanto a marcos de plantación, así como a dosis de riego y fertilización:

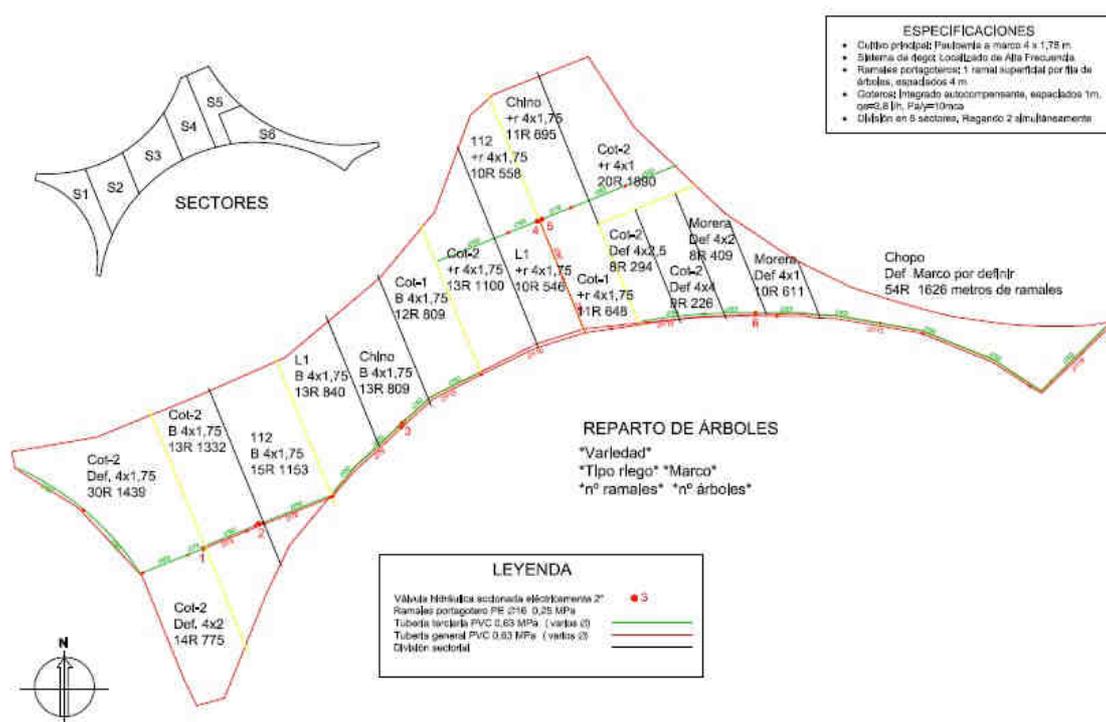
- 93 - Marcos: La mayoría a 4x1,75 metros, pero también a: 4x2, 4x2,5, 4x1, 4x4 metros.
- 94 Así mismo, se ha sectorizado la instalación, estableciendo tres regímenes de riego y
- 95 fertilización: 2.200 m<sup>3</sup>/ha/año y 100 UFN; 2.800 m<sup>3</sup>/ha/año y 200 UFN; 3.600
- 96 m<sup>3</sup>/ha/año y 300 UFN.
- 97

98 Para obtener los diferentes parámetros estudiados (Altura total, Diámetro en la base y  
 99 Diámetro normal) se llevó a cabo un muestreo. Para obtener el coeficiente de variación se  
 100 realizó un muestreo en cada clon, tomando quince muestras. Una vez obtenido se llevó a  
 101 cabo el muestreo de variables mediante parcelas de radio 3m. El número de pies muestreados  
 102 total fue:

- 103 -Cot-1: 120 pies.  
 104 -Cot-2: 63 pies.  
 105 -112: 35 pies.  
 106 -L1: 175 pies.  
 107 -Chino: 41 pies.  
 108

109 Obtenidos los datos y comprobada variabilidad aceptable, se realizó un análisis  
 110 estadístico multivariante para determinar las correlaciones entre todas las  
 111 variables y así saber cuáles tenían una mayor significancia. Este análisis asigna, en función  
 112 del tamaño de muestra y si el P-value está dentro del rango de significancia, un valor directo  
 113 de correlación.

114  
 115 En la Figura 1 se muestra la disposición de la plantación y los diferentes parámetros  
 116 antes citados.  
 117



118

120

121

122

123

124

125

Figura 1. Disposición de la plantación en Pozuelo (Albacete).

En el caso de las plantaciones de la provincia de Valencia, implantadas en verano de 2010 (Guadassuar, La Garrofera, La Yesa) y primavera de 2012 (Enguera y Requena), se ha llevado a cabo un conteo pie a pie de todos los individuos establecidos en la parcela. En este caso, en las tres ubicaciones podemos encontrar:

- 126 - Enguera: clon COTEVISA2®, marco de plantación 4x2 pareado, Aproximadamente  
 127 unas 1.600 plantas/ha. Riego deficitario.  
 128 - La Yesa (La Garrofera): clones COTEVISA2®, USA®, CHINO TZU 11®. Marco de  
 129 5x5 metros, unas 400 plantas/ha. Riego por goteo.  
 130 - Requena: clon COTEVISA2®, marco de plantación 4x4 metros, unas 600 plantas/ha.  
 131 Esta plantación está establecida en secano, con dos riegos de apoyo cada mes  
 132 después de la plantación.  
 133

134 En todas las ubicaciones los parámetros medidos son: Altura total, Diámetro en la base  
 135 y Diámetro normal, este último es muy escaso por ser los pies aún pequeños y no se ha  
 136 incluido en los análisis.  
 137

138 Los datos se han sometido a un análisis estadístico, ANOVA multifactorial, en función  
 139 del clon y de la parcela. Como la edad actual de las plantas no es la misma, se ha optado por  
 140 coger los datos de crecimiento a un año, que son los que se pueden comparar en todos los  
 141 casos, no obstante, como ya se comentó anteriormente, el estudio está vivo y se continúa  
 142 recogiendo datos y ampliando información. Los datos arrojados se exponen en el apartado de  
 143 resultados.  
 144

#### 146 4. Resultados

147 Provincia de Valencia:

149 Los resultados tanto para la Altura total como para el Diámetro en la base es que los  
 150 crecimientos para el primer año en el clon Chino de Guadassuar-La Yesa son  
 151 significativamente superiores a los de Requena y Enguera (entre ellos sin diferencias  
 152 significativas). Así mismo, en cuanto a la influencia de la parcela (marco de plantación  
 153 diferente), todas las variables son significativamente distintas, siendo de nuevo la parcela de  
 154 Guadassuar-La Yesa la de mayor media, seguida por orden de las de Enguera y Requena; esta  
 155 se corresponde con un marco de plantación de 5x5 metros, el mayor de los estudiados. En las  
 156 Tablas 1 y 2 se muestran parte del análisis estadístico, correspondiente a las medias de la  
 157 variable Altura (Ht) y Diámetro en la base (Db).  
 158

159 *Tabla 1. Tabla de Medias halladas por el método de Mínimos Cuadrados del análisis ANOVA para Ht (cm) con intervalos*  
 160 *de confianza del 95,0%*

Nivel	Casos	Media (cm)	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
MEDIA GLOBAL	1780	159,048			
PARCELA					
ENGUERA	1468	159,418	4,98657	149,644	169,191
LA YESA	168	222,779	3,31187	216,288	229,27
REQUENA	144	94,9458	6,02332	83,1403	106,751
CLON					
CHINO	60	193,368	6,9852	179,678	207,059
COT2	1660	135,039	2,40058	130,334	139,744
USA	60	148,735	6,9852	135,044	162,426

161  
 162  
 163

164  
165  
166

Tabla 2. Tabla de Medias halladas por el método de Mínimos Cuadrados del análisis ANOVA para Db (cm) con intervalos de confianza del 95,0%

Nivel	Casos	Media (cm)	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
MEDIA GLOBAL	1779	3,90806			
PARCELA					
ENGUERA	1468	3,0611	0,105489	2,85435	3,26785
LA YESA	167	6,31591	0,0701628	6,1784	6,45343
REQUENA	144	2,34716	0,127374	2,09751	2,59681
CLON					
CHINO	60	4,88381	0,147599	4,59452	5,1731
COT2	1660	3,38381	0,0507249	3,28439	3,48323
USA	59	3,45655	0,148376	3,16574	3,74736

167  
168  
169  
170  
171

Se debe destacar que en los datos de mediciones al tercer año en la parcela de Guadassuar- La Yesa demuestran que el clon que mejor se está desarrollando a partir del segundo año es el COT2.

172  
173  
174  
175  
176  
177

Provincia de Albacete:

Tras un análisis multivariante, el resultado para la plantación de Albacete, es que el mejor clon de los implantados allí es el COTEVISA2, en un marco de plantación 4x1,75 metros y con dosis de riego 2.500 m<sup>3</sup>/ha/año.

## 178 5. Discusión

179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186

Para las condiciones dadas en la plantación de Albacete, con un clima Mediterráneo continental el clon que mejor crece es el COT2, con un marco de 4x1,75 metros. Esta plantación se encuentra a unos 750 m.s.n.m. y recibe una precipitación media de 400 mm anuales. En próximos años queda pendiente evaluar crecimientos y tipo de desarrollo de los árboles en función del marco de plantación para determinar su uso con fines madereros/forestales o bioenergéticos.

187 En el ensayo de la provincia de Albacete es destacable que se encuentra como cifra óptima  
188 de riego la de 2.500 m<sup>3</sup>, y en las pruebas en las que se ha aportado más cantidad de agua por  
189 hectárea se ha visto que no por aportar más agua se beneficia más al crecimiento de la planta.  
190 Es un dato muy interesante para su aplicación en las futuras plantaciones de clima similar al  
191 de Albacete.

192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200

En las parcelas situadas en la provincia de Valencia ha quedado determinada claramente la gran influencia que tiene el clima y la implantación de sistemas de irrigación, así como la evolución de los diferentes clones en cada parcela. La parcela de Guadassuar – La Yesa tiene un clima mucho más favorable para el desarrollo de la *Paulownia*. Así mismo, la aplicación de riego claramente favorece, puesto que esta es la única parcela con riego. Igualmente, cabe destacar la ubicación de la parcela de La Garrofera La Yesa que se encuentra en antiguos terrenos agrícolas mientras que las parcelas de Requena y Enguera están ubicadas en llanos enclavados en el monte.

201 En estos ensayos se ve que el clon Chino tiene un mayor desarrollo durante el primer año,  
202 pero según los datos obtenidos posteriormente, el clon que mejor parece adaptarse a estas  
203 condiciones es el COT2, al igual que en el caso de la provincia de Albacete.

204  
 205 En cuanto a otras diferencias entre las parcelas de Valencia, centrándonos en el clon  
 206 COT2, presente en todas las parcelas, vuelve a destacar la parcela de La Garrofera como la de  
 207 mayor crecimiento. Si se pretende plantar con fines forestales/madereros queda demostrado  
 208 que el mayor espaciamiento aporta un mayor crecimiento en diámetro. Así mismo, la de  
 209 menores cifras es Requena, plantación establecida en prácticamente secano, con sólo unos  
 210 riegos en las peores condiciones de verano, por lo que, pese a tener un mayor marco de  
 211 plantación que Enguera, queda demostrado que el riego también es limitante para el  
 212 crecimiento, como ya se vio en las parcelas de Albacete.

213  
 214  
 215

## 216 6. Conclusiones

217  
 218  
 219

Según los resultados obtenidos, se puede concluir, aunque nunca de manera categórica, lo siguiente:

- 220 - Como es de esperar, el riego es un factor limitante, en la parcela de Albacete se  
 221 estableció un riego óptimo de unos 2.500 m<sup>3</sup>/ha/año. Así mismo, este hecho se  
 222 corrobora, con el menor crecimiento dado en la parcela de Requena, a la que  
 223 únicamente se le han dado riegos de apoyo.
- 224 - En las condiciones ensayadas el clon que ha mostrado mayor crecimiento es el COT2,  
 225 a partir del primer año en el clima más frío de Albacete y a partir del segundo en un  
 226 clima más benigno como el de La Garrofera.
- 227 - El marco de plantación mayor influye positivamente en el crecimiento en diámetro y  
 228 altura de las plantas, como destaca el crecimiento de la parcela de La Yesa,  
 229 significativamente superior al resto de ubicaciones, de manera que si el  
 230 aprovechamiento deseado es maderero, parece necesario tener un mayor marco de  
 231 plantación para obtener diámetros mayores. Para aprovechamiento como biomasa,  
 232 será necesario esperar al apeo y cubicación de árboles, para saber qué marco  
 233 favorece un mayor crecimiento en volumen – peso.
- 234 - De cualquier manera, al estudiar los datos, se aprecia que los clones de *Paulownia sp.*  
 235 son en general de muy rápido crecimiento (en un solo período vegetativo alcanzan  
 236 una altura de aproximadamente 2 metros), muy recomendable como ejemplares para  
 237 recuperar antiguos espacios agrícolas abandonados, como en los que están  
 238 enclavadas las parcelas de la provincia de Valencia. Dando así una posible nueva  
 239 salida a los terrenos agrícolas abandonados, apoyado por la idoneidad de los clones  
 240 estudiados tanto para cultivos energéticos como para aprovechamiento maderero. Y  
 241 con la ventaja añadida de su posible empleo como cortafuegos natural en los  
 242 incendios forestales.
- 243 - Ha quedado demostrada la influencia de los factores especie y clon en *Paulownia sp.* y  
 244 la necesidad de realizar estudios que permitan desarrollar proyectos agroforestales  
 245 con variedades y clones concretos en los cuales se haya evaluado su uso.
- 246 - El presente estudio sienta las bases para continuar la investigación de los clones del  
 247 género *Paulownia sp.* Actualmente se siguen tomando datos en las citadas  
 248 localizaciones y se está ampliando la superficie de experimentación, por lo que con  
 249 los años la batería de datos irá creciendo exponencialmente, suponiendo una muy  
 250 interesante fuente de conocimiento para las futuras plantaciones, al igual que los que  
 251 ya se están obteniendo con este proyecto.

252

253  
254  
255  
256  
257  
258  
259  
260  
261  
262  
263  
264  
265  
266  
267  
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279

## 7. Agradecimientos

Puesto que este trabajo es el fruto del esfuerzo de mucha gente, se hace un agradecimiento general a todas las personas que han hecho posible este proyecto y han colaborado en la aportación de datos y conocimientos, puesto que sin ellos no hubiera sido posible. Y en particular al proyecto PROFORBIOMED y a las empresas participantes en este estudio que prestan su apoyo incondicional en todo momento.

## 8. Bibliografía

IDAE (INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA); 2007. Biomasa: Cultivos energéticos. IDAE, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 53. Madrid.

DUPRAZ, C. & al.2005. Silvoarable Agroforestry for Europe (SAFE). SAFE Final Report. INRA-UMR System Editions. 254. Montpellier.

MARTÍNEZ GARCÍA, E.; LUCAS BORJA, M.E.; ANDRÉS ABELLÁN, M.; LÓPEZ SERRANO, F.R.; GARCÍA MOROTE, F.A.; DEL CERRO BARJA, A: 2010. Aprovechamiento energético de *Paulownia* spp. en el ámbito mediterráneo. *Montes* 102 5-11.

WAYNE, K.; DONALD, G.; 2004. Tree crops for marginal farmland. Paulownia. Practical guide from the university of Tennessee. 31. Tennessee.