

[ESPECIES LEÑOSAS]

Uso energético de la *Paulownia* en España

F. Marcos Martín

B. Latorre Monteagudo

I. Izquierdo Osado

C. Pascual Castaño

Departamento de Ingeniería Forestal. ETSI de Montes.
Universidad Politécnica de Madrid.

Cada día adquiere más importancia el uso de la biomasa herbácea y leñosa para generar calor y electricidad. A continuación, presentamos un estudio referente a una de las especies leñosas que, tal vez, sea protagonista en la producción de biomasa con fines energéticos tanto en España como en otros países.

[Estudios iniciales sobre *Paulownia*]

Existen varios estudios, de los cuales destacamos el realizado por la Universidad de Singapur, en el cual se pretende conocer las características genéticas con el fin de identificar que clon es más resistente ante fuertes sequías, para ello se examina el DNA a través de los marcadores RAPD. Siguiendo la tendencia anterior, existen estudios referidos a los efectos de la aplicación de fertilizantes sobre la productividad de varias especies de *Paulownia*, dichos trabajos han sido llevados a cabo por la Facultad de Ciencias Forestales de Misiones (Argentina). Por otra parte, el departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora (México) está desarrollando un estudio sobre el contenido de sodio, potasio, calcio y magnesio en plantas de *Paulownia* bajo estrés salino *in vitro*. Así mismo, un estudio realizado por la Universidad de Tennessee, contempla el cultivo de *Paulownia sp.* para paliar la marginalidad de varias extensiones agrarias de los Estados Unidos.

Los estudios relacionados con las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Paulownia sp.* se han realizado en su mayoría en la universidad forestal de Misiones (Argentina), en la cual se estudian a fondo las propiedades tecnológicas de la madera. Se puede destacar otra línea abierta de trabajo referida a la propagación de la utilidad de la especie como alternativa a los actuales cultivos agrícola-

las, la cual incide en demostrar que la especie de *Paulownia sp.* puede utilizarse como intercultivo con otras especies herbáceas como son el trigo, cebada, maíz y avena. Dicho trabajo se está llevando a cabo en estos momentos por el Departamento de Producción Vegetal de la Universidad de Verona (Italia).

[Investigación en España]

En España, el primer estudio (1985) que se realizó, fue a cargo del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, dirigido por Alfonso San Miguel (Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de Madrid) en la que fue estudiada la capacidad de germinación de diferentes clones de la especie en cuestión.

La Universidad de Córdoba (2000) estudió la capacidad extraordinaria del crecimiento de la especie, con el objeto de utilizar la biomasa generada en un determinado periodo, como materia prima para fabricación de pasta de papel. En el año 2006, la Universidad de Plasencia efectuó un estudio de fertilización, siguiendo una

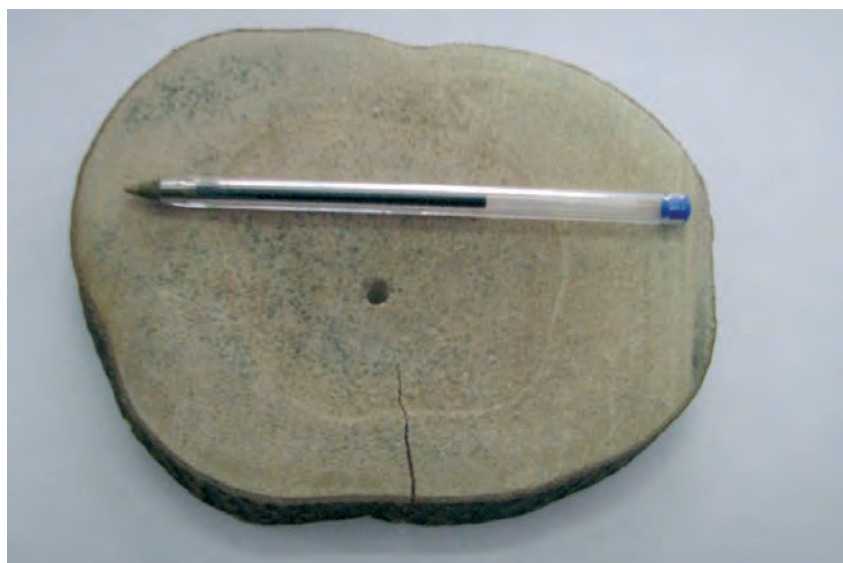


Foto 1. *Paulownia* de dos años



Foto 2. Ubicación de los cultivos energéticos ensayados. Izda: Valencia (Instituto Valenciano Investigaciones Agrarias); dcha: E. T. S. I. Montes (U.P.M) de Madrid.

línea similar a lo realizado por el trabajo mencionado anteriormente (Misiones, Argentina). Otro estudio reciente es el realizado por la Universidad de Toledo, en el cual se investiga la resistencia de la especie *Paulownia*, frente a diferentes plagas instaladas en las regiones óptimas para el cultivo de la especie.

El único trabajo relacionado con la caracterización energética de la biomasa generada por la especie *Paulownia*, ha sido realizado conjuntamente por el Departamento de I+D+i, de los laboratorios de Comercial y Técnica de Viveros (Cotevisa) y Vicedex Europa, cuyos análisis energéticos han sido llevado a cabo por el Centro de Investigaciones, Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat).

Pensamos que el estudio de caracterización energética de la especie *Paulownia sp.* puede dar un impulso a que dicho género sea considerado en cuanto al aporte biomasa en el contexto energético. El actual Real Decreto 661/2007 para la generación en Régimen Especial, las primas y tarifas reguladas para la biomasa procedente de cultivos energéticos van a estimular la instalación de centrales termoeléctricas, con lo cual, plantaciones de dicha especie podrían contribuir a su suministro, considerando este uno de los principales problemas que impiden el desarrollo de este tipo de energía renovable.

Localización de los ensayos

La totalidad de los ensayos se han realizado en el Laboratorio de Biocombustibles Rodolfo Carretero perteneciente a la Escuela Superior de Ingenieros de Montes de Madrid. La biomasa analizada proviene de varias plantaciones localizadas en las Comu-

nidades de Valencia, Madrid y Extremadura (ver **Foto 2**). Las muestras de madera se corresponden con los clones (*P. tomentosa* y *P. elongata x fortunei*) que mejor se adaptan en las zonas geográficas citadas.

Características cultivos bioenergéticos y metodología

Según Marcos (2002) las principales características energéticas de los biocombustibles sólidos pueden ser físicas o químicas. Las físicas son la humedad, la densidad, el tamaño, y las químicas son las composiciones químicas y los poderes caloríficos. De nuestros ensayos de laboratorio y de la bibliografía se han extraído datos relacionados con la densidad (a 12% de humedad), la humedad, la composición química de los residuos generados tras la combustión (% de cenizas) y los poderes caloríficos.

En cuanto a la forma y tamaño se consideran los siguientes aspectos: al tratarse la combustión de una reacción química en la que la superficie de contacto entre el combustible y el comburente (generalmente aire) juegan un papel importante, la forma del primero influirá en la rapidez de la combustión. La biomasa de *Paulownia* puede utilizarse con fines energéticos en forma de leña y en forma de astillas. Si se apro-

vecha como leña su forma es cilíndrica más o menos curvada, con lo que arde deprisa, especialmente si el diámetro de la leña no es grande, la leña está seca y como es el caso, la densidad es pequeña. Cuanto más gruesa, húmeda y densa esté, más tardará en arder. Si se aprovecha astillada hemos de considerar que la astilla tiene forma plana, predominando la longitud y el ancho sobre el espesor. La humedad es una variable física importante y que además influye en otras variables físicas y químicas. Así, por ejemplo, es la que más influye en el poder calorífico. Además transportar biomasa húmeda supone transportar agua. Se puede medir en base húmeda y base seca. En nuestro laboratorio se dispone de balanza de precisión (0,5 mg) y estufa de 2 kW de potencia que llega hasta los 200°C y que son empleadas para obtener la humedad de las muestras que se desean ensayar.

A tener en cuenta

Debido a la capacidad que tienen los cultivos energéticos de generar grandes cantidades de biomasa aérea en periodos de tiempo cortos, acumulan grandes cantidades de carbonatos y cloratos, asunto que repercute en el estado y funcionamiento de las calderas, hasta el punto de disminuir su vida útil considerablemente, ya que el cloro es un elemento corrosivo.

La densidad depende de la humedad. Se entiende por densidad de la madera anhidra cuando la humedad a la que se mide la densidad es 0. Se entiende por densidad normal cuando la densidad se mide al 12% de humedad. Para su determinación se han realizado ensayos en el laboratorio evaluando la masa de varias rodajas de madera (en una balanza) y su volumen mediante cálculos geométricos (ver **Foto 3**). La



Foto 3. Muestras de biomasa analizada correspondiente a *P. tomentosa*



Foto 4. Bomba calorimétrica IKA automática

densidad es una propiedad física a tener en cuenta en ciertos cálculos económicos, ya que condiciona los costes de transporte. Los valores de densidad varían en función de la humedad.

El poder calorífico es una de las variables más importantes para estudiar el comportamiento energético de los biocombustibles, el cual se mide mediante ensayos en bomba calorimétrica. Obtenidos el poder calorífico superior y la humedad por métodos convencionales, se obtiene el poder calorífico inferior (es el que se emplea a nivel industrial). Los materiales empleados en nuestro laboratorio para medir el poder calorífico superior y la humedad han sido: bomba calorimétrica IKA C-4000 (ver Foto 4) con sus accesorios, estufa y balanzas.

Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos repartidos en las tablas siguientes, haciendo referencia a los ensayos realizados en el Laboratorio de Biocombustibles Rodolfo Carretero (E.T.S.I. Montes, UPM) y los consultados en la bibliografía.

La densidad de la madera de Paulownia, como cabía esperar, es más baja que la de pino y que la de los chopos, lo que encarece sus costes de transporte. Otra característica relacionada con el % de cenizas obtenido en nuestros ensayos y los cultivos energéticos, radica en que, debido a la capacidad que tienen los cultivos energéticos en generar grandes cantidades de biomasa aérea en periodos de tiempo cortos, acumulan grandes cantidades de carbonatos y cloratos, asunto que repercute en el estado y funcionamiento de las calderas, hasta el punto de disminuir su vida útil considerablemente, ya que el cloro es un elemento corrosivo. Añadir que no es sistemático, pero a razón que aumenta el % de cenizas, aumenta el % de cloratos.

Tabla 1: Densidades según GONZÁLEZ et al. 2003 y ensayos propios

	Densidad (kg/dm ³)
<i>P. tomentosa</i>	0,245-0,290
<i>P. elongata x fortunei</i>	0,265-0,333

Tabla 3: Poder calorífico superior anhidro y poder calorífico inferior (elaboración propia)

	P. C. Inferior (humedades indicadas, base seca) kJ/kg		PCSo kJ/kg	
	Madera	Corteza	Madera	Corteza
<i>P. tomentosa</i>	16.636 (9,9)	16.758 (11,4)	19.895	20.034
<i>P. elongata x fortunei</i>	15.961 (9,7)	16.447 (9,2)	19.558	19.881

Tabla 2: Porcentaje de cenizas en residuos tras la combustión (LATORRE, B y RUANO, R. 2008)

	% Cenizas
<i>P. tomentosa</i>	2,88
<i>P. elongata x fortunei</i>	1,12

Conclusiones

- 1.- El poder calorífico inferior obtenido para los clones ensayados se sitúan en orden de magnitud media con respecto a biomasa proveniente de otras especies consideradas bioenergéticas. Además, los residuos generados tras la combustión son muy bajos, por lo tanto el rendimiento y vida útil de las calderas no se verán afectados por las cenizas originadas, las cuales contienen elementos corrosivos.
- 2.- La densidad es baja alcanzando valores inferiores a los atribuibles a la biomasa de chopo o pino, por consiguiente los costes asociados al transporte serán altos. Esto es un inconveniente para el uso energético de la biomasa de Paulownia.
- 3.- Por lo tanto, el estudio de caracterización energética de biomasa, ha arrojado resultados lo suficientemente alentadores para continuar con su investigación, con objeto de establecer plantaciones energéticas con la especie *Paulownia sp.*

Agradecimientos

A D. Lorenzo García, de la empresa Cotevisa, y a D. Manuel Ibarra, de Foresta Capital (antes en Cotevisa), sus aportaciones y el habernos facilitado las plantas de paulownias hace ya algunos años. También a D. José Luis Herranz sus apreciaciones científicas, a D. Julián Ramonell su trabajo de laboratorio y a D. Juan Rafael Ruano Martínez (Ingeniero de Montes) por la dirección del proyecto final de carrera de D. B. Latorre Monteagudo, que ha servido como inicio en estos trabajos.

Bibliografía

- AENOR. 2003. Norma UNE 164001 Biocombustibles sólidos. Método para la determinación del poder calorífico. AENOR. Madrid.
- GONZÁLEZ et al. 2003. Estudio de las propiedades tecnológicas de las maderas de cinco especies forestales de interés industrial de misiones, Argentina. Revista forestal Yvyrareta 11. Argentina.
- KASAMAKI, P. 2009. Cultivos energéticos. Paulownia para biomasa. Jornada sobre cultivos energéticos leñosos organizada por ADABE y ESCAN. Madrid.
- LATORRE, B. y RUANO, R. 2008. Estudio de producción de la especie Paulownia con fines bioenergéticos y madereros. Trabajo Final de Carrera. U.PV. Valencia.
- MARCOS MARTÍN, F. 1985. Cultivos energéticos forestales. V Conf. sobre Planificación, Ahorro y Alternativas Energéticas. Zaragoza.
- MARCOS, F. 2002. Biocombustibles sólidos de origen forestal. Ed. AENOR. Madrid.
- MARCOS MARTÍN, F, IZQUIERDO OSADO I., 2005. Sostenibilidad de los cultivos energéticos leñosos. Energética XXI:22-24. Madrid.
- MARCOS, F y CAMPS., M. 2008. Los biocombustibles. Colección energías renovables. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- SAN MIGUEL AYANZ A. 1985. Germinación, siembras, producción de plantitas, estaquillado y crecimiento de Paulownia tomentosa (Thunb.) Steud. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid. •