



**6º CONGRESO FORESTAL
ESPAÑOL**

6CFE01-534

Montes: Servicios y desarrollo rural
10-14 junio 2013
Vitoria-Gasteiz



Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio de 2013
ISBN: 978-84-937964-9-5
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Potencialidad de uso de *Arundo donax* como biocombustible sólido.

NAVARRO, P.¹, IGLESIAS, C.² y CATALÀ, R.²

¹ Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

² Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrònoma-Universitat de Lleida.

Resumen

La especie *Arundo donax* (caña común) es una herbácea considerada invasora de ríos y riberas. Coloniza el espacio ribereño impidiendo el crecimiento y desarrollo de la flora autóctona. Según la Directiva Marco del Agua de la Agencia Catalana del Agua, se recomienda la realización de trabajos para la eliminación de la caña e instalar especies más adecuadas. De estos trabajos se obtienen unos restos de biomasa que deben ser extraídos de las zonas de actuación, tanto por la posible rebrotada como para no obturar los flujos del agua. El objeto del estudio es prospectar la posibilidad de utilización de estos restos para energía. Se ha realizado una revisión bibliográfica referente a la especie, en base a información recopilada, se hicieron entrevistas y encuestas al sector para el potencial uso, y finalmente se realizó un análisis DAFO. La caña común es una especie interesante por sus producciones anuales de biomasa, pero su composición química hace que sea útil en calderas de biomasa industriales o sin requerimientos en calidad. Además por sus características de masa, el aprovechamiento debe realizarse correctamente, planificando y buscando las zonas de mayor producción, para el óptimo en rendimientos.

Palabras clave

Aprovechamientos forestales, biomasa forestal, bioenergía, astilla, pellet, *Arundo donax*, especies invasoras, riberas

1. Introducción

La caña (*Arundo donax*) es una gramínea bastante extendida por las tierras mediterráneas. Es una especie hidrófila y hipófita (BELL 1993), le gustan los lugares con presencia de agua, pero nunca la encontraremos invadiendo el espacio acuático (NEWHOUSER et al 1999). Por eso la solemos encontrar en márgenes de acequias, campos de drenaje, terrenos fangosos, riberas de río y barrancos. En estos tres últimos hábitats la caña o el cañaverol suele colonizar rápidamente, pues no encuentra ni competidores ni depredadores que la controlen. Es de climas templados y cálidos, distribuyéndose mayoritariamente por las zonas mediterráneas y tropicales, incluso se puede encontrar en zonas áridas con cierta disponibilidad hídrica (RYAN 2001). La temperatura mínima a la que puede desarrollarse correctamente es de 9 ° C siendo la media entre 22-24 ° C (DUKE 1983).

Su esterilidad se ve con creces compensada por el rebrote subterráneo de los rizomas y hasta resultar muy invasora si no se controla. Sus formidables densidades y alturas (100% de recubrimiento) se deben casi exclusivamente a la velocidad de crecimiento, al ser sin duda la hierba más robusta que nos rodea.

La especie *Arundo donax* está considerada una de las 100 especies más invasoras del mundo por *Invasive Species Specialist Group of the World Conservation Union*, y esto se deja notar en los ecosistemas más sensibles a las alteraciones como son los de ribera (CUSHMAN y GAFFNEY 2010). Se atribuye una importancia capital en las comunidades de ribera, en el ciclo hidrológico, calidad del agua, la diversidad de hábitats, conectividad ecológica (SCHMIDT y OTAOLA-URRUTXI 2002) y muchas otras funciones.

Las altas tasas de invasiones biológicas se asocian al cambio climático (CUSHMAN 2010). Es por ello que desde los entes públicos, como la Agencia Catalana del Agua (ACA), se aborde intensamente la gestión y recuperación de la vegetación de ribera. La zonificación y la planificación del espacio fluvial, uno de los hábitats principales de la caña, corre a cargo de la ACA y se rige por la directriz para la preservación frente al riesgo de inundación del Reglamento de urbanismo (art. 6) aprobado por Decreto 305/2006 de la Comunidad Autónoma de Cataluña. Así las zonas destinadas a preservar la calidad del agua y las prescripciones técnicas adoptadas en cada actuación son tratadas por la ACA en los pliegos de condiciones técnicas de los trabajos de mejora ambiental. Se ha escrutado la viabilidad de gestionar como recurso energético los restos generados en la eliminación de cañaverales en un contexto de restauración fluvial (BELL 1997) basándose en estudios sobre eliminación de especies de flora invasoras.

La biomasa de caña puede tener dos orígenes, uno forestal (cañaverales ya existentes) y otro agronómico (cultivo energético). Se considera biomasa de origen forestal todos los productos y restos que provienen de los trabajos de aprovechamiento, mantenimiento y mejora de las masas forestales. En el marco del proyecto *Energisilva*, se definió como biomasa forestal primaria (BFP) a la que proviene directamente de los bosques, siendo la biomasa forestal secundaria la procedente de los residuos de las industrias de primera transformación (ENES,DANS y MOLINA, 2007). Los cultivos energéticos leñosos y herbáceos son aquellos cultivos de plantas de crecimiento rápido que se destinan de forma específica a obtener energía. Entre los primeros cabe destacar: los cultivos lignocelulósicos como el *Eucalyptus sp.* y el *Populus sp.* Entre los cultivos herbáceos encontramos el cardo (*Cynara cardunculus*), la caña americana (*Arundo donax*), el *Miscanthus* y otros. Estas dos definiciones referidas a diferentes formas de obtención de la biomasa, son aplicables a un mismo producto como es el caso del *Arundo donax*. De hecho, estos dos serán los ejes principales del presente estudio. El aprovechamiento de la caña como biomasa de origen forestal y como cultivo energético. Refiriéndose en adelante al aprovechamiento de la caña y los restos provenientes de los trabajos de recuperación de los ecosistemas fluviales y de ribera como biomasa forestal primaria (BFP).

Según GÜNTER OETTINGER, 2011 (Comisario europeo para la energía), la mayor parte de recursos (naturales y económicos principalmente) deberían dirigirse a garantizar la creación de cadenas de producción y suministro eficiente de bioenergía. Él mismo apunta como uno de los pilares básicos para conseguir este objetivo, la mejora en la eficiencia de producción y uso de la biomasa. En esta línea, el presente trabajo pretende revisar la información que da soporte a la idea de que el *Arundo donax* es una de las especies con mayor potencial para convertirse en un referente en el mundo de los bio-combustibles. Para entender la viabilidad de este producto, solo hay que prestar atención a las características ecológicas de la especie que, junto con el creciente interés de la sociedad en temas medioambientales, la hacen una materia prima muy idónea.

2. Objetivos

Identificar las características energéticas de la caña.

Identificar los parámetros de la gestión y aprovechamiento de la caña.

Realizar la prospección de uso en el mercado energético actual.

3. Metodología

El trabajo se ha basado en la revisión bibliográfica, la realización de cuestionarios online y entrevistas personales a expertos en la materia a fin de identificar, definir y valorar los parámetros que determinarán las variables que condicionan las tareas de aprovechamiento y estimar los rendimientos y costes de obtención de biomasa de caña. La búsqueda bibliográfica se ha centrado en artículos científicos sobre el cultivo de caña, publicaciones científicas en otros formatos, publicaciones de otros campos relacionados, como las restauraciones fluviales, aprovechamientos forestales, aprovechamientos de biomasa forestal, aprovechamiento de biomasa procedente de otros cultivos energéticos, que de manera indirecta han aportado información relevante para trazar el recorrido definitivo del aprovechamiento.

Las entrevistas personales: llamadas telefónicas y e-mail han sido los canales de comunicación preferentes y se han hecho sobre todo con el fin de obtener información sobre el cultivo de caña. Los destinatarios han sido tanto del mundo académico como del empresarial. En principio se distribuyeron un total de 107 encuestas online entre empresas, instituciones, empresarios, centros de investigación y administraciones competentes, de las cuales sólo se obtuvieron siete respuestas. Dada la escasa respuesta obtenida se optó por realizar entrevistas personales vía telefónica a los responsables de empresas que en principio se pensó que podían tener cierta relación e interés en el uso como biomasa de la especie. Así pues se obtuvo un total de diecinueve respuestas.

En base a la bibliografía y las entrevistas, se ha planteado un esquema de los trabajos a realizar: corta, recogida, transporte, almacenamiento, astillado y secado, más plantación y tratamientos culturales en el caso de cultivos. Se ha tratado de inventariar los trabajos a realizar atendiendo a diferentes tipos de gestión. Las principales modalidades de gestión diseñadas se refieren a los carrizales existentes (ríos, riberas, orillas, acequias, etc.) y los de nueva implantación (cultivos energéticos).

En segundo lugar y a partir de la elaboración de encuestas a diferentes empresas del sector, para valorar su utilidad como especie energética y con la ayuda de un análisis DAFO de la especie como recurso energético, se ha investigado la potencial acogida de la especie y su adaptabilidad en el mercado energético actual.

En último término se realizaron pruebas de laboratorio para determinar el poder calorífico de muestras, convenientemente preparadas y secadas, de *Arundo donax* recogidas durante trabajos de eliminación siguiendo la norma europea UNE-EN 14918:2011.

4. Resultados

Identificación de las variables para la gestión y aprovechamiento. Cálculo de rendimientos y costes.

Las variables de aprovechamiento y gestión dependen de si el cañizal es existente o si es de nueva implantación. En el caso de un nuevo establecimiento las variables se reducen a las propias de los cultivos agroforestales, a excepción de métodos de control de no expansión a fincas colindantes, que consisten principalmente en el control físico a nivel sub-superficial mediante barreras físicas y al control mediante desbroce de la parte aérea (en el caso de expansión). Siendo el esquema básico de la explotación: siega, triturado, carga y transporte a planta de tratamiento.

En cuanto al aprovechamiento de la caña existente (principalmente el desbroce) las variables a tener en cuenta son: presencia de especies de flora y fauna autóctonas, tamaño de las cañas, cantidad de biomasa aprovechable (condicionado por la fracción de cabida cubierta), características del terreno, época del año (MOTA, 2009), y también han de considerarse otras variables como el acceso, distancias de transporte (materiales livianos), trituración y almacenamiento. En base a estos factores se determinó los condicionantes necesarios para la correcta ejecución de los trabajos. Siendo el esquema básico: desbroce (manual o mecanizado), recogida/apilado, trituración (en caso de desbroce manual) y transporte a planta de tratamiento.

Masas de caña existentes:

Tabla 1: Condicionantes de aprovechamiento de cañizales existentes

Proceso	Variable	Condicionante
Desbroce	Pendiente	<30% (Tractor de cadenas/otros) <80% (Motodesbrozadora)
	Fracción de cabida cubierta	> 50%
	Flora y fauna autóctonas	Localizar y destacar los núcleos importantes a conservar
	Épocas del año	En parada vegetativa si el objetivo es obtención de biomasa (mayor cantidad de material seco)
Recogida/apilado	Pendiente	<30% (Mecanizado) <25% (Manual)
	Distancia	<30 m (acceso permitido a tránsito rodado) <20 m (Manual)
Transporte	Acceso	Existencia de vías principales y secundarias próximas
	Pendiente (vías de entrada y salida)	<10% (camiones) <20% (Tractores con remolque)
	Distancias a destino	<10 km (Tractor/camión) <50 km (camión)

En los casos de utilización de tractores de cadenas en el desbroce, la recogida, apilado y transporte se reducen considerablemente los rendimientos, a excepción de tractores con cabezales de triturado y succión.

Si el desbroce se realiza de forma manual, se recomienda triturar antes del transporte, de tal manera que se incremente la densidad del material. Por otra parte los procesos previos de secado de caña apilada podrían mejorar el astillado debido al alto contenido en fibra (ANGELINI et al, 2005).

Cultivo energético de la caña

La preparación del terreno se realiza físicamente mediante un arado profundo, hasta 40 cm de profundidad (CURT 2009). En los años siguientes no se suelen hacer trabajos sobre el terreno debido a la adaptación y colonización tan rápida de la planta. Según experiencias realizadas en cultivo de caña para energía, se requieren 2 t / ha de rizomas. Los trabajos de implementación como cultivo son: la conservación, transporte e implantación de rizomas, pues al ser irregulares y amorfas dificultan su mecanización. Aunque se puede sustituir la implantación del cultivo haciéndolo con esquejes de varas de caña, como se realiza con los cultivos leñosos de corta rotación. La densidad de plantación suele encontrarse entre 10.000 y 12.500 plantas / ha (100-150 x 80 cm), realizándose en líneas (CURT 2009). El riego no suele ser necesario, salvo en los lugares donde las precipitaciones no llegan a un mínimo. Para aumentar la producción se recomienda un riego al primer año de plantación. En cuanto al tratamiento de las malas hierbas es necesario vigilar el primer año pero en cuanto la caña brota y empieza a crecer no es problema este control. La cosecha se realiza una o dos veces al año. La cosecha debe realizarse cuando ya se ha completado el ciclo vegetativo que es en otoño e invierno. Si se realiza en invierno puede ser más beneficioso para el posterior procesado, pues el contenido de humedad de la planta es más bajo. Los costes de explotación por biomasa con fines energéticos se situaría entre 1,55€/ t y € 5,30€/t, realizándose con maquinaria similar a la que se utiliza con el maíz y otros cultivos energéticos (PICCHI 2007). Las variables de que depende son: toneladas por hectárea, tiempo de trabajo, distribución, densidades, pendientes y otros (TOLOSANA et al 2008).

Las diferentes opciones de mecanización del aprovechamiento deben combinar tareas de desbroce, picado y carga en el remolque del material vegetal. Se aconseja que los cortes se hagan entre 5 y 10 cm del suelo y de manera horizontal, ya que el corte oblicuo puede provocar daños en las ruedas. Para evitar esto se han ensayado diversos sistemas que combinan la siega, el picado y carga en remolque del material vegetal; se recomienda el uso de "cosechadoras-picadoras" de forraje sin barra de corte, con cabezal tipo *Kemper* (Foto 1) o similar. Hay otro sistema con algunas diferencias también con sistema de corte tipo *Kemper* y asociado a un sistema de acondicionamiento industrial. Es un sistema planteado para que funcione de manera conjunta y autopropulsada, evitando nuevas pasadas, gastos y posibles afectaciones a los nuevos rebrotes. Este sistema garantiza un secado rápido ya que conseguiríamos romper y aplastar el tallo de manera transversal y longitudinal, permitiendo así la circulación del aire. La finalidad del proceso consiste en romper la caña pero evitando el astillado a diferencia del otro sistema propuesto. Se han hecho experiencias de desbroce de la biomasa dejándola posteriormente una semana sobre el terreno para que se seque empacando-posteriormente, mediante un cabezal-astilladora y empacadora (Foto 1).

Foto 1: Izquierda cabezal Kemper, derecha astilladota y empacadora (Serrat trituradoras, 2012)



Prospección de usos de la caña en los mercados energéticos actuales

Resultados entrevistas:

Del total de entrevistados el 47% afirman dedicarse a la transformación de biomasa, el 16% a la producción de energía y el resto, el 37% restante, a otras actividades relacionadas sin especificar. De los que se dedican a la transformación y producción de energía, el 63%, compran la biomasa que necesitan y por tanto no son productores.

Frente al planteamiento de cuál es el parámetro más importante a la hora de adquirir una materia prima, el 23,21% piensa que la disponibilidad temporal del producto es el factor más importante seguido muy de cerca con un 22,64% por la accesibilidad al material que se quiere adquirir, el precio con un 21,78% ocupa el tercer lugar y por último las experiencias previas con el mismo producto y el tratamiento de los restos con un 18,34% y 14,04% respectivamente. Así pues hay que asegurar la disponibilidad haciendo un estudio de existencias del material y plantear cuál será la manera de acceder a la biomasa.

El factor más limitante en la producción energética a partir de biomasa es la humedad con un 53% seguido del poder calórico con un 21% de las respuestas. En este apartado la caña toma ventaja a sus competidores por la rapidez con lo que pierde humedad.

Preguntados por los problemas que se han encontrado en el desarrollo de su actividad empresarial el 73,7% han tenido algún tipo de problema en: gastos de producción, bajo precio del producto y falta de estructura sólida del sector. Centrado con aquellos que presentan un grado de satisfacción normal o bajo, no se advierte ninguna relación causal entre el tipo de problemática, la biomasa que utilizan, grado de satisfacción y el rol que desempeñan dentro del sector. Entre los que no presentan un grado de satisfacción alto o muy alto, hay quien trabaja con biomasa forestal primaria (BFP) y quien lo hace con restos de industria de primera transformación. Los usuarios de la BFP tienen como principales problemas el bajo precio del producto y desestructuración del sector. Por otra parte los usuarios de los restos de industria aseguran que la transformación es cara y la amortización del *hardware* es larga.

Un 37% de los encuestados afirman que incorporarían la biomasa de caña como materia prima para producción de energía y estarían dispuestos a pagar entre 45-60 € / t hasta 75-90 € / t. De estos un 14,3% piensa que su uso puede representar una ventaja de gestión, el 42,9% no tienen suficiente información para juzgar las posibles ventajas y el otro 42,8% consideran que no representa ventajas de gestión. En cuanto al rol que ejercen los que estarían dispuestos a incorporar la biomasa de caña, no se ve una relación directa entre predisposición y rol que ejercen, aunque son mayoría los que se dedican a la transformación de biomasa en biocombustibles sólidos, por su venta posterior. El 57% de los que incorporarían la biomasa de caña muestran un grado de satisfacción normal-bajo respecto al producto con el que trabajan, quizá por eso están más dispuestos a probar nuevos materiales.

Análisis DAFO

	Fortalezas	Debilidades
Análisis interno	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada productividad de materia seca por hectárea y poder calórico a la altura de los productos herbáceos más cualificados. • No tiene prácticamente enemigos naturales que disminuyan su productividad. • Secado mucho más rápido que la madera, consiguiendo humedades bajas (15%). • Almacenamiento en balas que facilitan la gestión. • Adaptabilidad a un gran abanico de condiciones ecológicas. • Gastos de producción de los cañaverales de nueva implementación mucho menor que la astilla forestal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor poder calórico que la madera. • Emisión elevada de cenizas y otros elementos químicos corrosivos para ciertas instalaciones no industriales. • Logística no adaptada a las características del producto • Tratamientos culturales con escaso bagaje empírico, poco consolidados. • Innovaciones solamente testadas sobre parcelas de prueba. • Proceso de eliminación de la caña a los ecosistemas fluviales poco eficiente y viabilidad ligada a las subvenciones. • Elevadas gastos de transporte. • Tiempo corto de almacenamiento.
	Oportunidades	Amenazas
Análisis externo	<ul style="list-style-type: none"> • Posible reducción de los gastos de las actuaciones en restauración ambiental. • El mercado de la biomasa experimenta poca variación en el precio con respecto a los combustibles fósiles. • Mercado de la biomasa en expansión y evolución paralela de la logística. • Creación de prototipos de maquinaria específicos para el <i>Arundo donax</i>. • Creación de puestos de trabajo (contexto histórico en cifras de paro) y oportunidad para recuperar la agricultura fijando población en el mundo rural. • Cultivo de terrenos marginales. • En línea con la política europea directiva 20/20/20, DMA, Estándar europeo EN-14961. 	<ul style="list-style-type: none"> • La coyuntura económica hace que las inversiones públicas casi hayan desaparecido, o peligra su continuidad, y la restauración fluvial depende por completo de esta fuente. • Ley de derogación de las ayudas a instalaciones de energías renovables • Requerimiento elevado de recursos para impulsar avances logísticos en la producción, transformación y suministro de biomasa. • Problemática respecto al carácter invasor de la especie • Precio al alza de la gasolina.

Poder calórico de la caña:

Estudios que se han realizado estiman que la caña puede producir 298,33 MW h / ha, si se pueden sacar unas 60t/ha/año en cultivos energéticos (CURT 2009), pues tiene un poder calórico de 17,9 MJ / kg (CURT 2009, JEQUIRIM & TROUVÉ 2009; SZABÓ et al 1996). Otros estudios consideran crecimientos de biomasa aérea entre 1,80-3,70 kg/m²/año de materia seca (ANGELINI et al, 2005), para cañares existentes y dependiendo del año de madurez, siendo el segundo año el de mayor producción, 3,70 kg/m²/año (37 t/ha/año).

Paralelamente de las muestras sacadas de los trabajos de eliminación (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) se hicieron tres analíticas en base a la norma UNE-EN 14918 de determinación del poder calórico de los biocombustibles sólidos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), siendo como resultado de entorno a 18,43 MJ/kg, en estado anhidro.

Tabla 1: Resultados de las muestras analizadas

MUESTRA	Poder calórico superior (kcal/kg)	Poder calórico superior (MJ/kg)
1	4.504	18,86
2	4.338	18,16
3	4.363	18,27
Media	4.402	18,43

Por tanto en cultivos energéticos se podrían obtener entorno a 110 MJ/m²/año (0% de humedad), y para cañares existentes entre 33,17 MJ/m²/año y 68,19 MJ/m²/año, considerando los 18,43 MJ/kg y las producciones anteriormente mencionadas.

Foto 2: derecha trabajos de eliminación e izquierda muestra preparada para analítica.



Asimismo el poder calórico de la especie no es indicativo final de la potencialidad del uso de este material como biocombustible a nivel general, sino que también hay que analizar que otras características podrían ser limitantes para los diferentes usos como podría ser industrial o doméstico. En base a la norma UNE-EN 14961 de requisitos de los biocombustibles sólidos y según resultados de algún estudio la caña se muestra información referente a otros limitantes para el uso de la caña para la producción de energía (Tabla 2).

Tabla 3: comparativa de las características de la caña con los factores limitantes para los diferentes usos de biocombustibles

Material	contenido em cenizas	Sulfuro %, EN 15289	Nitrógeno (w-% en base seca), EN 15104	Cloro (w-% en base seca), EN 15289
<i>Arundo donax</i> (Miles et al, 1995)	3,4 % \equiv A>3.0	0.12 \equiv S>0.1	0.7 \equiv N \leq 0.1	0.2 Cl>0.1
Astilla	A5.0, A7.0	-	\leq 1,0%	> 0,10%
Astilla no industrial	A3.0	0.1 \leq 0,1 %	\leq 1,0%	\leq 0,05%
Pellet	A5.0, A7.0	>0,2%	\leq 1,0 %	> 0,10%
Pellet no industrial	A3.5	\leq 0,04	\leq 1,0 (clase B)	\leq 0,03%

5. Discusión

Los resultados mostrados en base a entrevistas no son sólidos o representativos a nivel cuantitativo del sector, debido a la falta de una masa crítica respecto a la intención inicial del número de agentes a encuestar, 19 encuestas realizadas respecto a 107 encuestas potenciales. Aún así, aparentemente los entrevistados se veían en convergencia con algunas referencias bibliográficas del sector, y por tanto la aportación de éstos ha sido cualitativamente interesante.

En cuanto a la potencialidad energética de la caña, hubiera sido de menester la realización de un estudio más amplio, aumentando el número de muestreos y realizando un trabajo de campo en cuanto a discernir la producción del cañizal en áreas piloto. Además deberían haberse ampliado las analíticas para la obtención de datos propios y poder comparar frente a referencias relacionadas. Pero el objeto del presente estudio ha sido cumplido, pues era la prospección de esta especie como recurso energético para posteriormente poder ampliarlo hacia las deficiencias encontradas.

6. Conclusiones

En base a las encuestas y la prospección del mercado se tiene la percepción de que el sector está desestructurado y según los propios encuestados, este parece uno de los principales problemas del sector.

La caña puede ser un material interesante a tener en cuenta para la producción de energía, ya que se pueden tener buenas producciones. Sin embargo la energía que puede desprender es muy similar a otros materiales que se están empleando para este objetivo.

Además los costes de producción pueden ser relativamente bajos respecto a los rendimientos que puede dar un cultivo energético como éste. De tal manera se podría utilizar los carrizales existentes para este aprovechamiento para controlar la expansión de la especie y mantener ríos y riberas en estado ambiental próximo a lo óptimo.

Los trabajos de aprovechamiento en cultivos energéticos deben ser mecanizados, mientras que en cañizales existentes se puede optar a una utilización manual.

El inventario y catalogación de cañares existentes con elevadas cantidades de biomasa podría ser una herramienta para las empresas productoras y comercializadoras de biocombustibles. Además esto permitiría gestionar de manera más eficiente el control de colonización y expansión de la especie.

Habría que determinar si efectivamente es una especie que se puede emplear en calderas de biomasa, si a nivel doméstico o a nivel industrial.

7. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Agencia Catalana del Agua por el interés mostrado en la especie y por haber iniciado durante el 2008-2009 estudios de eliminación de la caña, de donde proviene esta prospección.

A la Universidad de Lleida por el apoyo y soporte en la realización de este estudio.

A las empresas encuestadas por dedicar un tiempo a responder a preguntas de las entrevistas realizadas.

8. Bibliografía

ANGELINI L.G.; CECCARINI L.; BONARI E., 2005. Biomass yield and energy balance of giant reed. *European Journal of Agronomy*, Volume 22, Issue 4, May 2005, Pages 375-389 Elsevier.

BELL G.P.1997. Ecology and management of *Arundo donax*. The nature conservancy of New Mexico. 212 E. Marcy Street, Suite 200, Santa Fe, NM 87501.

CURT, D. 2009. Cultivo de la caña para producción de biomasa. Hojas divulgadoras MARM.

CUSHMAN, J. H.; GAFFNEY, K.; 2010. Community-level consequences of invasion: Impacts of exotic clonal plants on riparian vegetation. *Biological Invasions*, 12(8), 2765-2776.

DUKE, J.A.;1983. Handbook of Energy Crops. unpublished. Purdue University. Center for New Crops and Plants Products

ENES, P.; DANS, F.; MOLINA, B.; 2007. Publicación final ENERSILVA-promoción del uso de la biomasa forestal en el suroeste de Europa. Asociación Forestal de Galicia.

JEGUIRIM M.; TROUVÉ G.; 2009. Pyrolysis characteristics and kinetics of *Arundo donax* using thermogravimetric analysis. *Bioresource Technology* 100, 4026-4031.

GÜNTER OETTINGER, 2011. Europe's Energy Challenges. Speech of Commissioner Oettinger at OFGEM seminar.

MILES, T. R.; MILES, T. R.JR.; BAXTER, L.; BRYERS R. W.; JENKINS B. M.; ODEN L. L., 1995: Alkali deposits found in biomass power plants. A preliminary investigation of their extend and nature, NREL/TP-433-8142, 82 p.

MOTA, E., 2009. Estudi de noves tècniques per a l'eradicació de l'Arundo donax. Universitat Autònoma de Barcelona. Proyecto Final de Carrera

NEWHOUSE M.; CORNWALL C.; DALE R. (1999). *Arundo*: A landowner Handbook. California Departament of Fish and Game by Sonora Ecology Center.

PICCHI G., 2007. Cultivos energéticos leñosos (SRC). Jornades sobre l'aprofitament energètic de la biomassa llenyosa a Catalunya, Barcelona.

RYAN M., 2001. Giant reed Invaded Southern Nevada. University of Nevada. Fact Sheet – 01-87.

SCHMIDT G.; OTAOLA-URRUTXI M.; 2002. Aplicación de técnicas de bioingeniería en la restauración de ríos y riberas. CEDEX. Ministerio de Fomento.

SZABÓ P.; VÁRHEGYI G.; TILL F.; D FIX O.; 1996. Thermogravimetric/mass spectrometric characterization of two energy crops. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 36: 179-190.

TOLOSANA E.; MARTINEZ R.; LAINA R.; AMBROSIO Y.; GAROZ L.; GUINEA J.; GARCÍA T.; 2008. Manual de buenas prácticas para el aprovechamiento integrado de biomasa en choperas. ETSI Montes & EUIT Forestal, Universidad Politécnica de Madrid.

Webgrafia:

Proyecto ENERSILVA www.enersilva.org, consulta 2011

www.hort.purdue.edu, consulta 2009.

www.cultivosenergeticos.es, consulta 2012

Normativa de referencia:

UNE-EN 14961 Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles

UNE-EN 14918:2011 Biocombustibles sólidos. Determinación de poder calorífico.

UNE-EN 15289 Biocombustibles sólidos. Determinación del contenido total de azufre y cloro.

UNE-EN 15104:2011 Biocombustibles sólidos. Determinación del contenido total de carbono, hidrógeno y nitrógeno. Métodos instrumentales.