

Producción de biomasa de cultivos forestales energéticos de sauce establecidos en terrenos de antiguas escombreras

M.J. Fernández, N. Fernández, M. Barrio, A. Cámara, P. Álvarez y E. Afif . Departamento BOS. Área de Ingeniería Agroforestal. E.U de Ingenierías Técnicas de Mieres

Introducción

Durante el siglo XX se multiplicó por trece el consumo de energía en el mundo y se prevé que, para el año 2025, este aumente en un 54 % (Lemus y Lal, 2005). Parece evidente que el modelo energético tradicional, con los combustibles fósiles como principales recursos, no será suficiente para cubrir la creciente demanda energética mundial. En este contexto, las energías de origen renovable surgen como una alternativa que permitirían, no solo proteger a los combustibles fósiles de un eventual agotamiento, sino también disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. El Plan de Energías Renovables de España define como una necesidad, dada la excesiva dependencia exterior en materia energética, el aumento significativo de las fuentes de energía renovable. Propone como objetivo para el año 2011, que las energías consideradas como renovables cubran al menos el 12,1% de la demanda total de energía en nuestro país, cifra similar a la fijada por la Unión Europea en el "White Paper of the European Commission on renewable sources of energy".

Los cultivos energéticos, cuyo destino es únicamente la producción de biomasa, constituyen una forma especializada de producción de materias primas para la obtención de energía. En la actualidad, puede afirmarse que constituyen un pilar básico sobre el que descansan las mayores expectativas de desarrollo de producción energética a partir de fuentes renovables a corto y medio plazo en las políticas de numerosos países, entre los que se incluyen la propia Unión Europea y los países que la componen (Sixto *et al.*, 2007).

Dentro de los cultivos energéticos, los cultivos forestales de turnos cortos (Short Rotation Forestry en terminología anglosajona), permiten conseguir elevadas producciones de biomasa en periodos cortos de tiempo (turnos de 2 a 10 años). Además, los efectos ambientales derivados de su implantación son notables. Es posible que uno de los más relevantes sea su contribución a la reducción de gases de efecto invernadero, debido a su papel de sumidero de carbono. Se considera que la emisión de CO₂ debida a la generación de energía proveniente de biomasa es neutralizada por la fijación de dióxido de carbono atmosférico realizada por los cultivos. Por otra parte, en comparación con los cultivos anuales arables, los cultivos forestales energéticos aumentan de manera importante el secuestro de carbono y reducen la erosión con su sistema radicular extensivo de rápido crecimiento. Son adecuados para la fitorremediación de suelos y suponen un incremento de la diversidad animal y vegetal (Rowe *et al.*, 2009). En la actualidad, países como Dinamarca, Suecia y Gran Bretaña están a la cabeza en cuanto a la utilización comercial de cultivos forestales energéticos. Otros países, como Italia (4000 ha en



Cultivos forestales energéticos de *Salix viminalis* en la antigua escombrera Mozquita Norte (2008)

2005), EEUU y Nueva Zelanda, están desarrollando una intensa actividad investigadora en torno a estas plantaciones.

Los cultivos forestales energéticos pueden ser implantados en terrenos marginales o muy degradados, lo que supone una oportunidad real de utilización y recuperación de suelos agrícolas abandonados e incluso de superficies pertenecientes a antiguas explotaciones mineras (Bungart y Hüttel, 2004, Gruenewald *et al.*, 2007). En zonas deprimidas como las cuencas mineras asturianas, donde existen grandes extensiones de superficie disponible, el establecimiento de estos cultivos podría implicar una dinamización social y económica, promoviendo la creación de empleos directos e indirectos.

Antes de llevar a cabo plantaciones comerciales energéticas de cualquier especie, es esencial conocer lo más exhaustivamente posible las características del material a utilizar, las técnicas de cultivo más adecuadas (preparación del terreno, densidades de plantación, suministro de agua, aplicación de fertilizantes...), la resistencia del material vegetal a perturbaciones bióticas o abióticas, etc... En ese sentido, el presente estudio se orienta hacia la obtención de información acerca de aspectos culturales, de cultivo y de producción de biomasa de cultivos forestales energéticos establecidos con varios clones del género *Salix*. Su objetivo principal es la evaluación del crecimiento y capacidad de producción de biomasa de cada uno de los clones ensayados en los dos primeros años de cultivo, en función de las características del sitio y de su respuesta a una serie de tratamientos aplicados. Se pretende aportar información acerca de la capacidad de

adaptación de cada clon al ambiente específico de las escombreras de minas restauradas y a la posibilidad de su empleo en la producción de biomasa lignocelulósica para la generación de energía.

Material y métodos

Caracterización del área de estudio

El presente estudio se ubica en el concejo de Langreo (Asturias), en terrenos de la antigua mina Mozquita, en su día una de las mayores explotaciones de carbón a cielo abierto de la empresa Hunosa. Tras la restauración morfológica de las superficies afectadas durante la fase de explotación, en 1999 se realizó una hidrosiembra con diversas especies de gramíneas y leguminosas y, en Mayo de 2008, se instalaron los cultivos forestales energéticos objeto de este trabajo.

Los terrenos seleccionados ocupan una superficie total de 2,5 ha, situados en una ladera con orientación N-NE y pendientes entre el 0 y el 40%. La altitud media es de 553 m sobre el nivel del mar. La estación presenta una temperatura media anual de 13,2 °C y precipitación anual media de 1.118 mm. El período de helada probable dura 5 meses (de noviembre a marzo) y no existe riesgo de sequía estival.

La textura del suelo, así como casi todos los parámetros edáficos, es muy heterogénea en toda la superficie del ensayo. Se han detectado texturas que van desde la franco arcillo arenosa a arcillosa, con un contenido de arcilla de 10,49 a 50,09%. El PH oscila entre 3,76 y 7,62, es decir, de extremadamente ácido a medianamente neutro, aunque en la mayoría de las parcelas se observa un carácter neutro, con valores medios de 6,7. El contenido de materia orgánica es bajo (0,93% de media), al igual que las concentraciones de N (0,08% de media) y de P asimilable (4,21 mg-Kg⁻¹).

Material vegetal

Se utilizaron 3 clones del género *Salix* (*Inger* (*S. triandra* x *S. viminalis*), *Bjorn* (*S. schwerinii* x *S. viminalis*), *Olor* (*S. viminalis* x (*S. viminalis* x *S. schwerinii*))) elegidos por su capacidad para crecer en terrenos marginales. Todos ellos son variedades comerciales recogidas en el programa sueco de mejora genética del sauce.

Aspectos generales de cultivo

Se llevó a cabo un desbroce total y a hecho del matorral preexistente, seguido de un subsolado en máxima pendiente, alzado con grada de discos y fresado. Antes de esta última operación, se realizó una fertilización de fondo con NPK (8:24:16) en dosis de 500 kg/ha. La plantación se llevó a cabo siguiendo el esquema sueco de doble fila, con densidades de 10.000 y 15.000 pies/ha y, una vez realizada

esta, se aplicó un herbicida de preemergencia con la materia activa oxifluorfen a razón de 5 l/ha.

Medición de parámetros de producción

La información relativa al crecimiento se obtuvo siguiendo el protocolo descrito por la Forestry Commission (2003) para la toma de datos en plantaciones de sauce y chopo en rotaciones cortas. Según este, deben ser medidos el número de brotes/cepa, la altura de cada uno de los brotes y los diámetros basal (0,25 m) y normal (1,30 m) de todos ellos. Las mediciones se llevaron a cabo en subparcelas de 11,25 x 11,25 m establecidas en el centro de cada una de las 54 parcelas del estudio.

Para determinar la biomasa acumulada en los dos primeros años de cultivo, en primer lugar se calcularon, partiendo de los valores de diámetro y altura medidos en cada brote, valores medios de diámetro y altura por cepa. A continuación, se calculó el volumen de biomasa medio por cepa, lo que permitió posteriormente determinar el volumen de biomasa por hectárea.

Diseño del ensayo y análisis estadístico

Se analizó la variable dependiente volumen de biomasa (m³/ha) y tres variables independientes: factor clon (3 clones), factor densidad (N1=10.000 y N2=15.000 pies/ha), factor tratamiento (fertilización + herbicida). La tabla I muestra los 3 niveles de aplicación de fertilizante y herbicida.

Se definieron 3 bloques con 18 parcelas dispuestas aleatoriamente en cada uno de ellos. Cada parcela contiene una de las 18 posibles combinaciones de los tres factores. Puesto que hay tres bloques, hay tres réplicas de cada combinación de tratamientos.

Resultados

La cantidad de biomasa producida ha resultado ser altamente dependiente de los factores clon y tratamiento. Además, se observa que el emplazamiento de las parcelas (factor bloque) también influye de manera importante. Sin embargo, el factor densidad no tiene efectos sobre la producción de biomasa, si bien las interacciones de esta variable con las tres restantes sí afectan de manera significativa al volumen de biomasa cuantificado.

En la **tabla II** puede observarse que el clon *Olor* es el que presenta mayor crecimiento en altura y diámetro, superando los dos metros la altura media. Las producciones de cada uno de los clones son significativamente diferentes entre sí. El valor más elevado es el obtenido



Comercialización de pellets de madera  Tel. 984 107 093 | info@pelletsasturias.com

por el clon *Olof* ($6,08 \text{ m}^3/\text{ha}$), casi tres veces superior a la producción del clon *Inger* y seis veces mayor que la de *Bjorn*.

En cuanto a la influencia del factor fertilización en la producción de biomasa (figura 1) se observó que ésta aumenta a medida que lo hace la dosis de fertilizante. El volumen de biomasa experimenta un aumento notable entre los niveles F0 y F1, pasando de $0,97$ a $3,92 \text{ m}^3/\text{ha}$. No ocurre lo mismo entre los niveles F1 y F2, puesto que la producción media de biomasa de las parcelas F2 es de $4,40 \text{ m}^3/\text{ha}$. Es decir, la aplicación de una dosis dos veces superior no parece tener un efecto proporcional en lo que a incremento de producción se refiere.

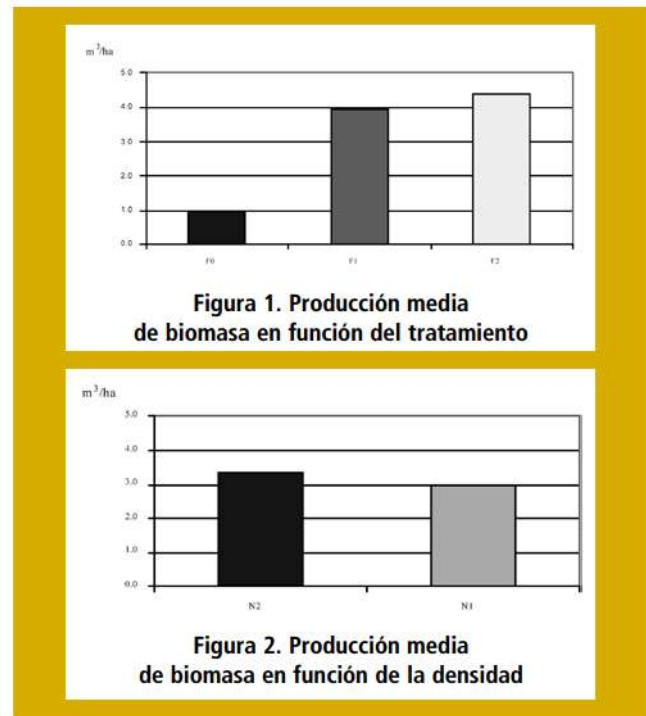
La figura 2 muestra los resultados obtenidos en la producción de biomasa respecto al análisis de las densidades de cultivo utilizadas, apareciendo diferencias significativas entre el volumen de biomasa correspondiente a densidades de 10.000 pies/ha y el correspondiente a 15.000 pies/ha, con un incremento de casi el 14% de volumen entre los dos niveles.

Efectos de los factores fertilización y herbicida en la producción de biomasa del clon *Olof*.

El volumen de biomasa obtenido en las parcelas donde se aplicó la dosis más baja de fertilizante fue siete veces superior al obtenido en las parcelas control. Sin embargo, la aplicación de una dosis doble de fertilización supuso un incremento mucho menor en la producción de biomasa. Se observó además una relación directa entre la densidad y la producción de biomasa aérea, si bien el aumento de esta entre los dos niveles de densidad es inferior al 10%. En la tabla III se muestra la producción media de biomasa para cada uno de los niveles de densidad y tratamiento.

Discusión y conclusiones

La producción de biomasa en los cultivos forestales energéticos establecidos en la antigua mina Mozquita depende fundamentalmente del clon seleccionado, del nivel de tratamiento aplicado (fertilización y herbicida) y del lugar de emplazamiento de la par-



cela (efecto bloque). La densidad parece tener un menor peso en el modelo planteado.

El factor clon es el que más ha condicionado la producción de biomasa en las plantaciones energéticas objeto de este estudio. Se encontraron diferencias significativas en los resultados obtenidos para cada uno de ellos, siendo el clon *Olof*, con una producción media de $6,08 \text{ m}^3/\text{ha}$, el que presenta los valores más altos de volumen de biomasa.

La aplicación de fertilizante y herbicida y el emplazamiento en el espacio de las distintas parcelas tuvieron también efectos significativos en la producción de biomasa aérea. Se detectó una relación

TABLA I. Niveles de fertilización + herbicida.

| Nivel de tratamiento | FERTILIZACIÓN | | HERBICIDA | |
|----------------------|---|-----------------------------|--|--|
| | Año 1 | Años restantes | Año 1 | Años restantes |
| F0 (control) | No se aplica | No se aplica | No se aplica | No se aplica |
| F1 | 80 kg/ha de NH_4 (20 – 25% de N) | 300 kg/ha de NPK 6:20:12 | Aplicación de glifosato a ultrabajo volumen (4 l/ha) | Aplicación de glifosato a ultrabajo volumen (4 l/ha) |
| F2 | 160 kg/ha de NH_4 (20 – 25% de N) | 600 kg/ha de NPK 6:20:12 | Aplicación de glifosato a ultrabajo volumen (4 l/ha) | Aplicación de glifosato a ultrabajo volumen (4 l/ha) |

TABLA II. Altura media (h), diámetro medio a 25 cm (d_{25}), diámetro normal medio (d_n) y producción media de biomasa (V).

| Clon | h (cm) | d_{25} (cm) | d_n (cm) | V (m^3/ha) |
|--------------|--------|---------------|------------|------------------------------|
| <i>Olof</i> | 211,00 | 1,08 | 0,94 | 6,08 |
| <i>Inger</i> | 97,30 | 0,76 | 0,69 | 2,35 |
| <i>Bjorn</i> | 103,90 | 0,67 | 0,56 | 1,11 |

Tabla III. Producción media de biomasa (m^3/ha) por densidad y tratamiento

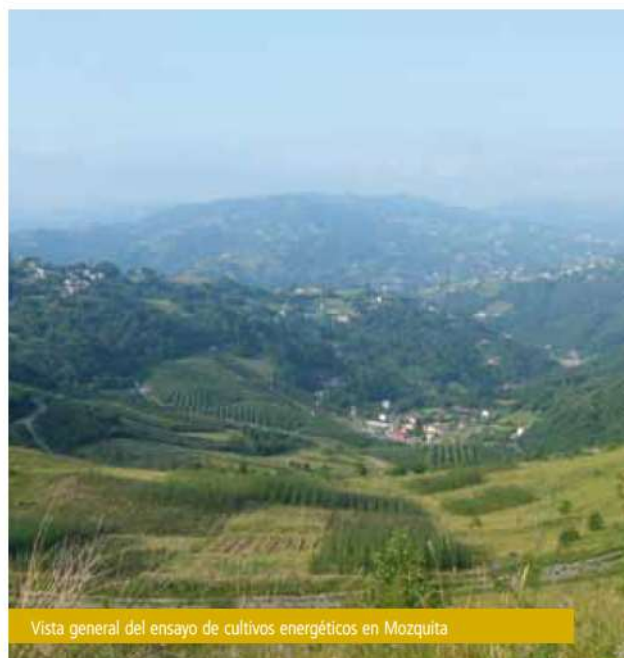
| Producción de biomasa (m^3/ha) | Densidad | | Tratamiento | | |
|--|----------|------|-------------|------|------|
| | N1 | N2 | F0 | F1 | F2 |
| | 5,89 | 6,40 | 1,04 | 7,34 | 9,18 |

positiva entre esta y la aplicación de tratamiento, si bien no está claro si el incremento de producción se debe más a la acción del herbicida que a la del fertilizante en sí. En cuanto a la densidad de plantación, se observó que no tiene una influencia tan evidente como los otros dos factores; Sin embargo, al analizar el efecto de la densidad sin tener en cuenta los otros factores, se apreciaron producciones significativamente diferentes para cada uno de los dos niveles, detectándose casi un 14% de incremento de biomasa para una densidad de 15.000 pies/ha.

El aspecto más influyente en la producción de biomasa por parte del clon *Olof* es la acción combinada de control de la competencia y aplicación de nutrientes adicionales. Se observó que el volumen de biomasa se multiplica por siete en las parcelas con un nivel de tratamiento F1 y casi por 9 en las parcelas F2.

Agradecimientos

Los terrenos en los que se han establecido los cultivos han sido cedidos por la empresa HUNOSA, que además financia el proyecto "Ensayo de cultivos energéticos en antiguos terrenos de cielo abierto de HUNOSA" (CN-08-029), en el cual se engloba este estudio.



Vista general del ensayo de cultivos energéticos en Mozquita

Bibliografía

- _Adegbi, H.G., Volk, T.A., White, E.H. y Abrahamson, L.P. 2001. Biomass and nutrient removal by willow clones in experimental bioenergy plantations in New York State. *Biomass and Bioenergy*, 20: 399 – 411.
- _Bungart, R. y Hüttl, R. 2004. Growth dynamics and biomass accumulation of 8-year-old hybrid poplar clones in a short rotation plantation on a clayey-sandy mining substrate with respect to plant nutrition and water budget. *European Journal of Forest Research*, 123:105-115.
- _Forestry Commission. 2003. Mensurational variables protocol. En: *Yield Models for Energy Coppice of Poplar and Willow*. 14 pp. Forestry Commission, Ae.
- _Gruenewald, H., Brandt, B., Uwe, B., Bens, O., Kendzia, G., y Hüttl, R. 2007. Agroforestry systems for the production of woody biomass for energy transformation purposes. *Ecological Engineering*, 29:319-328.
- _Labrecque, M. y Teodorescu, T.J. 2003. High biomass yield achieved by *Salix* clones in SRC following two 3-year coppice rotations in abandoned farmland in southern Quebec, Canada. *Biomass and Bioenergy*, 25:135 – 146.
- _Lemus, R. y Lal, R. 2005. Bioenergy crops and carbon sequestration. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24: 1-21.
- _Rowe, R., Street, N.R. y Taylor, G. 2009. Identifying potential environmental impacts of large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13: 271-290.
- _Sixto, H., Hernández, M.J., Barrio, M., Carrasco, J. y Cañellas, I. 2007. Plantaciones del género *Populus* para la producción de biomasa con fines energéticos: revisión. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 16 (3): 277-294.
- _Wilkinson, J.M., Evans, E.J., Bilsborrow, P.E., Wright, C., Hewison, W.O. y Pilbeam, D.J. 2007. Yield of willow cultivars at different planting densities in a commercial short rotation coppice in the north of England. *Biomass and Bioenergy*, 31: 469 – 474.
- _Willebrand, E., Ledin, S. y Verwijst, T. 1993. Willow coppice systems in short rotation forestry: effects of plant spacing, rotation length and clonal composition on biomass production. *Biomass and Bioenergy*, 4:323 – 331.






MONRA
FABRICANTE DE MAQUINARIA FORESTAL

Talleres Ramón Castro S.L.

Tfn.: 985 624 030 33794 Barres-Castropol
Fax: 985 624 165 info@monraforestal.com



**MÁQUINAS
COMPACTADORAS
DE BIOMASA**

www.monraforestal.com