

Tras varios años de ensayos, los resultados obtenidos son prometedores

El cultivo de chopo con fines energéticos

A mediados de los 80, se inició en el Centro de Desarrollo de Energías Renovables (CEDER) en Soria, dependiente del Departamento de Energías Renovables del Ciemat, un programa de investigación en torno al cultivo del chopo en turno corto para fines energéticos. En este artículo se detallan los resultados de los ensayos realizados con distintos clones, a distintos marcos de plantación y en diferentes zonas productoras de España.

M^a Pilar Ciria.

Dra. Ingeniera Agrónoma.
CEDER-CIEMAT, Soria.

Los cultivos leñosos para obtener biomasa con fines energéticos, consisten en plantaciones de especies seleccionadas, principalmente, por su precocidad, rapidez de crecimiento y capacidad de rebrote tras el corte (rebrote de cepa). Su manejo difiere del tradicional, ya que se pretende obtener la mayor cantidad de biomasa por unidad de superficie y tiempo.

A nivel internacional, las primeras referencias sobre producción de biomasa leñosa en turno corto, aparecieron a finales de los 60 y principios de los 70 (Herrick y Brown, 1967; Steinbeck et al, 1972). En España el interés por esta posibilidad empezó a finales de los años 70 (San Miguel y Montoya, 1985) iniciándose los primeros ensayos con chopo, especie de gran tradición en numerosas áreas de nuestro país. A mediados de los 80, se inició en el Centro de Desarrollo de Energías Renovables (CEDER) en Soria, dependiente del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT, un programa de investigación en torno al cultivo del chopo en turno corto para fines energéticos. Los objetivos fueron determinar la producción, densidad de plantación,

turno de corta, técnicas de implantación y cultivo, tratamientos adecuados, selección de clones, así como conocer el balance de energía, nutrientes, dinámica interna (competencia, mortandad), y su posible rentabilidad, habiéndose obtenidos resultados muy prometedores.

Actualmente (2008) se sigue con la investigación y hay iniciado un programa de demostración a nivel nacional (Proyecto On-cultivos).

Características y ciclo de desarrollo

El género *Populus* L. pertenece a la familia Salicaceae, comprende unas treinta especies con amplia distribución natural a lo largo del hemisferio norte, de las que solo cinco o seis tienen verdadera importancia en la populicultura mundial. Dispone de amplitud ecológica y variación genética, características que posibilitan en gran parte su mejora genética.

La gran predisposición del género *Populus* a las hibridaciones naturales, ha hecho surgir a lo largo de la historia, una serie de formas intermedias de gran importancia en la populicultura. La capacidad que presenta para reproducirse vegetativamente tiene como consecuencia que las plantas obtenidas son rigurosamente idénticas en lo que a su genética se refiere, entre sí y con la planta de la que pro-

ceden. Según la terminología botánica, el conjunto de plantas genéticamente idénticas entre sí y procedentes de un único individuo inicial forman un clon.

Dos de las características de su cultivo para fines energéticos son el reducido turno de corta y la alta densidad en las plantaciones. Presenta ciertas particularidades que hacen que sea adecuado para utilizarlo en estas condiciones como cultivo energético y que coinciden, en gran medida, con las propuestas por la Comisión Internacional del Álamo de la FAO (1982), sobre el tipo ideal de material susceptible de utilización para el fin propuesto, como son: crecimiento juvenil rápido, elevada y constante producción de brotes, in-

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.





Plantación de chopos en turno corto.
Rebote tras el recepe.
(CEDER-CIEMAT-Soria).

munidad 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 y alto contenido en energía.

Su multiplicación se realiza normalmente por medio de estaquilla o brotes de cepa. La implantación puede hacerse en el comienzo del otoño o al final del invierno-principios de la primavera, dependiendo en cada caso 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 caído las hojas. Se estima que la vida de la plantación puede ser superior a quince años. Bacher (1998) apunta la realización de ocho ciclos o más en cada plantación.

Existe la opción de realizar alguna operación más específica de estos cultivos, como es la de recepe. Esta operación consiste en cortar los tallos a ras del suelo al final del primer periodo de crecimiento y su misión es favore-

cer el desarrollo de las yemas latentes situadas en la base del tallo, formando una especie de cepa, a partir de la cual crezcan con mayor vigor un mayor número de brotes (**foto 1**). No obstante y, debido a los pocos datos existentes al respecto, aunque a primera vista el recepe parece una ventaja, queda por evaluar el efecto en la producción global de la plantación así como la dificultad en el uso de maquinaria en las recolecciones posteriores a causa del excesivo ramaje.

La producción de estaquilla se realiza a partir de plantas madres cultivadas in vitro.

También pueden aprovecharse las varas obtenidas el primer año tras el recepe. Como cifras orientativas, el tamaño de las estaquillas varía alrededor de los 25 cm de longitud y los 8-20 mm de diámetro.

Se utilizan marcos pequeños, con espaciamientos, incluso, inferiores a 1 m (**foto 2**), lo que supone densidades que podrían superar las 10.000 plantas/ha (en contraste con lo que ocurre con las plantaciones forestales tradicionales en las que las densidades habituales son del orden de 300-400 plantas/ha).

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.

Agroecología

El chopo se adapta a una gran diversidad climática siempre que disponga de agua. La temperatura óptima de crecimiento está entre 15 y 25°C, siendo limitantes las inferiores a 5-10°C y superiores a 30-40°C (Bacher, 1998).

En cuanto a la altitud, en España puede vegetar desde el nivel del mar hasta los 1.000 m gracias a la fuerte insolación y clima generalmente templado. Por observaciones personales en cultivo de chopo en turno corto cabe señalar que, en condiciones de regadío, pueden darse en zonas con altitud elevada (1.000 m) y clima continental extremo no ausente de heladas.



Plantación de chopos en turno corto. Distancia entre plantas 0,30 m, densidad 33.300 plantas/ha. (CEDER-CIEMAT-Soria).

Se adaptan 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 hay que regarlos periódicamente, prefiriendo suelos de textura tipo franca a franca-arenosa o franca-limosa. El chopo 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.

Técnicas de cultivo

El chopo es una planta perenne y su cultivo en turno corto tiene varios ciclos de aprovechamiento. Para llevar a cabo la plantación hay que realizar una serie de operaciones que se pueden dividir en dos grandes grupos: las que van encaminadas a establecer el cultivo y las que se realizan a lo largo de la vida productiva del mismo (Ciria, 2009).

En primer lugar es necesario realizar una buena preparación del suelo, pues debe quedar en condiciones óptimas para realizar la plantación y promover un adecuado desarrollo del sistema radicular.

El abonado de fondo debería realizarse con la última operación de laboreo. Sin embargo, salvo en suelos muy pobres, la aplicación del abono en el año de la plantación podría no estar justificada, debido a que la plantación va a realizarse en terrenos agrícolas en los cuales es probable encontrar exceso de abonado de los cultivos herbáceos precedentes. Por otra parte, el desarrollo de las raíces de las plantas durante el primer año no es lo suficientemente grande y la aplicación de abono puede favorecer el desarrollo y vigor de las malas hierbas perjudicando indirectamente al cultivo.

Es de gran importancia impedir el crecimiento de la vegetación adventicia durante el año de implantación, para lo que podría ser conveniente la aplicación de algún herbicida, sin olvidar la sensibilidad que puede tener el cultivo a algunos de ellos.

El marco de plantación (distancia entre plantas), interesa adaptarlo al tipo de maquinaria disponible. El elevado número de plantas por hectárea (superior a 10.000) obliga, para que no se disparen los costes, a utilizar un material vegetal de base barato y fácilmente manejable.

El método empleado para la plantación

CUADRO I.

Producciones medias de biomasa de chopo en turno corto, en Aranjuez (San Miguel y Montoya, 1985).

Comparación	Clones	Densidad (plantas/ha)	Edad de corta (años)	Producción (t ms/ha y año)
Densidad de plantación	I-214	10.000	4	16,9
	I-214	5.000	4	15,8
	I-214	3.000	4	14,1
	I-214	2.500	4	14,7
Turno de corta	I-214	5.000	2	10,8
	I-214	5.000	3	10,1
	I-214	5.000	4	13,7
	I-214	5.000	5	17,3
Clones	I-214	5.000	4	12,4
	Chopa	5.000	4	10,7
	Campeador	5.000	4	10,0
	Canada blanco	2.500	4	8,4

CUADRO II.

Producción media de biomasa de chopo en turno corto en Soria (Ciria, 1998 y Ciria *et al*, 2002). El primer ciclo de corta incluye el año de implantación.

Comparación	Clones	Densidad (plantas/ha)	Edad de corta (años)	Producción (t ms/ha y año)
Densidad de plantación	Raspalje	10.000	6	16,5
	Raspalje	5.000	6	9,2
	Raspalje	2.500	6	8,0
	Raspalje	40.000	3	15,6
	Raspalje	20.000	3	12,7
	Raspalje	10.000	3	9,8
Turno de corta	Raspalje	10.000	4	9,8
	Raspalje	10.000	5	9,0
	Raspalje	10.000	6	16,5
Clones	I-214	10.000	6	9,9
	Campeador	10.000	6	9,3
	Raspalje	10.000	6	16,5
	Boelare	10.000	6	12,9
Ciclo	Raspalje	10.000	6 1er ciclo	16,5
	Raspalje	10.000	5 2º ciclo	17,2
	Raspalje	10.000	5 3 er ciclo	14,8

depende fundamentalmente del material vegetal de partida utilizado (estaquillas o varas), de la disponibilidad de maquinaria y/o mano de obra y de los condicionantes propios de cada finca.

Existen distintos tipos de máquinas plantadoras de estaquillas. En primer lugar, pueden utilizarse plantadoras hortícolas ligeramente modificadas. Esta opción tiene la ventaja de la fácil disponibilidad del apero en el mercado nacional y la posibilidad de utilizarla para otros cultivos. Entre las máquinas más o menos específicas para la plantación de los cultivos leñosos de turno corto, podemos distinguir aquellas que utilizan estaquillas ya preparadas (**foto 3**) y las que emplean varas enteras, encargándose la propia máquina de cortar las estaquillas a los tamaños adecuados.

Será conveniente implantar el cultivo en zonas con una mínima pluviometría compatible con el desarrollo del mismo o posibilidad de riego barato ya que, en el caso de los cultivos con fines energéticos, el riego puede no resultar aceptable, tanto desde el punto de vista del coste económico como desde el de optimización de los recursos.

Después de cada recolección, la falta de cubierta vegetal podría permitir el desarrollo de las malas hierbas. En este momento, es necesario evaluar la competencia que puede establecerse entre el cultivo y las malas hierbas para ver si compensa realizar control de éstas. La dosis y frecuencia del abonado depende fundamentalmente de las características del suelo en que se ha implantado el cultivo y de las extracciones realizadas por la cosecha. Hay que tener en cuenta que con los tractores

y aperos convencionales (entendiendo como tales los que normalmente se emplean en los cultivos herbáceos), solamente se podría aplicar abono en el año siguiente a la recolección. Los tratamientos de control de plagas y enfermedades se realizarán cuando el problema aparezca en la parcela de cultivo, utilizando el medio mecánico que permita el desarrollo de la vegetación.

En los primeros años de cultivo, pueden producirse daños importantes en las plantas a causa de cérvidos y conejos principalmente o ganado en pastoreo, hecho que puede repercutir seriamente sobre el rendimiento y perjudicar la salud y el vigor de la plantación en un futuro.

La elección del tipo de máquina que se va a emplear en la recolección depende del tratamiento que se le vaya a dar posteriormente al material cosechado. Existen dos grandes grupos de cosechadoras para los cultivos leñosos de turno corto: las que producen astillas o trozos y las que recogen varas enteras.

Al final del periodo de vida de la plantación, hay que prever el destoconado para dejar la tierra en las mismas condiciones que estaba antes de la plantación.

Producción

Los rendimientos obtenidos en una plantación dependen de una gran cantidad de factores, entre los que cabe citar el clima, el tipo de suelo, el clon, la presencia de plagas o enfermedades, las técnicas de cultivo empleadas, el turno de corta y la densidad de plantación.

Los resultados obtenidos realizados a nivel internacional son prometedores. Aunque

hay referencias de que las producciones pueden pasar de 20 t ms/ha y año (Christersson, 2006), El Bassam, (1998) cifra la producción media de biomasa entre 12 y 15 t ms/ha y año. Producciones obtenidas en España en diferentes condiciones edafoclimáticas con diferentes clones, densidad y turno de corta se indican en los cuadros I (San Miguel y Montoya, 1985) y II (Ciria, 1998 y Ciria et al, 2002) donde se puede observar la variabilidad que se produce como consecuencia del empleo de distintas condiciones de cultivo. Los datos corresponden a dos zonas con distintas condiciones edafoclimáticas: Aranjuez (Madrid) con clima mediterráneo continental y Lubia (Soria) con clima continental extremo. Hay que tener en cuenta que estos resultados se han obtenido a pequeña escala y que pueden disminuir al realizar el cultivo en parcelas grandes menos controladas. Comparando producción media de biomasa durante tres ciclos consecutivos (Ciria et al, 2004), se puede ver que, en general, hay una tendencia a aumentar la productividad a partir del primer ciclo.

En resumen, se puede decir que, con la experiencia que actualmente se tiene, a mayor turno de corta y mayor densidad de plantación, mayor productividad si bien, a partir de cierta densidad (20.000-30.000 plantas/ha) y de forma muy relacionada con la fertilidad del suelo, es posible que aparezcan grandes competencias entre plantas y el aumento no sea significativo. Hay claras diferencias entre clones por lo que debe elegirse el material vegetal que mejor se adapte a las condiciones climáticas de cada zona de cultivo. La densidad y el turno de corta se deben fijar en función del crecimiento posible en cada

zona y la maquinaria disponible, sobre todo para la recolección.

Caracterización de la biomasa de chopo y aplicaciones energéticas

Cuando se pretende realizar un aprovechamiento energético de la biomasa, previamente, es necesario conocer sus características químico-energéticas. Valores medios de la composición química de la biomasa de chopo en turno corto más significativos expresados en porcentaje sobre biomasa seca, son: cenizas, un 2%; volátiles, 80%; carbono, 50%; hidrógeno, 6%; nitrógeno, <1%; azufre, <0,1% y oxígeno, 41%. En cuanto al contenido energético: poder calorífico superior (PCS) 20 MJ/kg de biomasa seca (humedad 0%), poder calorífico inferior (PCI) 18,5 MJ/kg de biomasa seca (humedad 0%).

Su aplicación energética tiene como fin la obtención de calor y/o electricidad (mediante combustión o gasificación) o la producción de biocarburantes de segunda generación para la obtención de bioetanol por vía enzimática o bioetanol o biohidrocarburos por termoconversión. ●

BIBLIOGRAFÍA

Bacher, W. (1998). Poplar. In: Energy plant species. Their use and impact on environment and development. El Bassam, N James & James (Science Publishers) Ltd., London. Pp. 203-206.

Ciria Ciria M. P. (1998). Efecto del turno de corta y de la densidad de plantación sobre la productividad de diversos clones de chopo en condiciones de corta rotación. Tesis Doctoral. UPM. Madrid.

Ciria, M. P., González, E., Carrasco J.E. (2002). The effect of fertilization and planting density on biomass productivity of poplar harvested after three-years rotation. Twelfth European Biomass Conference. Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Edited by: W. Palz, J. Spitzer, K. Maniatis, K. Kwant, P. Helm, A. Grassi. 2002. Florencia (Italia). Vol I, pp 283-286.

Ciria, M. P., Mazón, M.P., Carrasco, J.E. (2004). Poplar productivity on short rotation during three consecutive cycles in extreme continental climate. Second World Biomass Conference. BIOMASS FOR ENERGY, INDUSTRY AND CLIMATE PROTECTION. Edited by W.P.M. Van Swaaij, T. Fjällström, P. Helm, A. Grassi, 2004. Florencia (Italia). Pp 370-373.

Ciria Ciria, M. P. (2009). "El chopo (Populus spp) como cultivo energético". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Madrid). Hoja divulgadora n° 2131. 32 pp.

Christersson, L. (2006). Biomass production of intensively grown poplars in the southernmost part of Sweden: Observations of characters, traits and growth potential. Biomass and Bioenergy 30, 497-508.

El Bassam, N. (1998). Energy plant species. Their use and impact on environment and development. Edit. James & James Ltd, UK.

Herrick, A.M. y Brown, C.L., 1967. A new concept in cellulose production-Silage sycamore. Agricultural Science Review, 5, pp. 8-13.

Proyecto Singular Estratégico On-cultivos: coordinación: CIEMAT, J. Carrasco. www.oncultivos.es

San Miguel, A. y Montoya, J. (1985). Resultados de los primeros 5 años de producción de tallas de chopo a rotación corta (2-5 años). Anales INIA. Serie Forestal (8): 73-91. Madrid.

Steinbeck, K., Mcalpine, R.G. y May J.T., 1972. Short rotation culture of sycamore: a status report. Journal of Forestry, 70, pp. 210-213.



Plantadora de estaquillas.