

**Todavía se encuentra en una etapa inicial y requiere de futuros desarrollos para incrementar su eficiencia**

# Mecanización del cultivo y manejo de la cosecha del chopo con fines energéticos

En este artículo se presenta la maquinaria de plantación y recolección disponible en el mercado, así como los últimos prototipos sobre los que se está investigando para la mecanización de las plantaciones de chopo en alta densidad y corta rotación con fines energéticos.

P. Ciria<sup>1</sup>, J. E. Carrasco<sup>1</sup>, H. Sixto<sup>2</sup>, M. J. Hernández<sup>2</sup> e I. Cañellas<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>CEDER-CIEMAT (Soria). <sup>2</sup>CIFOR-INIA (Madrid).

La completa mecanización de las plantaciones de chopo en alta densidad y corta rotación debe considerarse una necesidad para lograr la optimización económica del cultivo. Ello abarcará desde la realización mecánica de la estaquilla hasta las operaciones de postcosecha, siendo sin duda la plantación, corta y extracción de la biomasa las operaciones más relevantes.

## Maquinaria de plantación

Debido al elevado número de estaquillas por hectárea que es necesario plantar, esta operación debe realizarse de forma mecánica.

Actualmente, se pueden considerar tres tipos de máquinas plantadoras de estaquillas. Por una parte están las plantadoras empleadas tradicionalmente para otros cultivos tales como, por ejemplo, los hortícolas o los frutales (foto 1), realizando sobre ellas ligeras modificaciones. Estas máquinas tienen la ventaja de

su fácil disponibilidad en el mercado nacional y se pueden utilizar en otros cultivos a lo largo del año, aunque no siempre el rendimiento y la calidad de plantación es similar a la que se podría obtener con maquinaria específica para este tipo de cultivo. Por ello, estas adaptaciones pueden ser aconsejables para plantar pequeñas superficies y si este uso se alterna con el de otros cultivos.

Los otros dos tipos a tener en cuenta son máquinas más o menos específicas para la plantación de los cultivos leñosos en alta densidad. Uno de ellos utiliza estaquillas ya preparadas (fotos 2 y 3) con una longitud de unos 20-25 cm, que se pueden alimentar manual o automáticamente y que se clavan en el suelo. Generalmente, se trata de equipos arrastrados por un tractor agrícola que poseen rodillos compactadores como sistema nivelador del suelo y con inyectores dispuestos de forma radial sobre estos y equidistantes entre sí. Un operador coloca la estaquilla en un inyector, mientras otro de los inyectores se encuentra en contacto con el suelo, momento en el que la estaquilla es empujada por un sistema hidráulico que la introduce en el suelo. Este sistema va montado sobre una guía con la que se regula la profundidad de la plantación.

La colocación de la estaquilla en el inyector debe de hacerse cuidadosamente con el fin de que quede plantada según su posición natu-



ral (yemas hacia arriba). La capacidad operativa de trabajo depende fundamentalmente del número de hileras plantadas simultáneamente para lo que existen diferentes máquinas.

La **foto 2** muestra una máquina plantadora de estaquilla de una sola fila de plantación, de la firma italiana Spapperi. En ella se aprecia el rodillo compactador con los inyectores en los que las estaquillas son colocadas por un operador. El rendimiento de esta máquina es de unas 0,2 ha/hora en líneas individuales separadas 3 m y con una distancia entre plantas de 0,4-0,5 m.

La misma firma dispone de máquinas con este mismo sistema que plantan dos hileras simultáneamente. También existe la opción de que las estaquillas queden plantadas sobre plástico en la misma operación a fin de evitar la proliferación de malas hierbas en los primeros meses tras la plantación.

Similar sistema es utilizado por la empresa Biopoplar. La máquina plantadora (**foto 4**), tiene capacidad para plantar tres filas simultáneamente y a densidades entre 5.500 a 8.300 plantas/ha. Esta máquina requiere de un tractor con una potencia de 120 CV y de cuatro operarios y tiene una capacidad de trabajo de, aproximadamente, 1,2 ha/h.

El tercer tipo de máquinas está en fase demostrativa para chopo y su diseño se deriva de las plantadoras comerciales de sauce. Estas máquinas emplean varas enteras de 1,20 a



1,80 m de longitud colocadas manualmente dentro de un compartimento desde el que se alimenta automáticamente la máquina que, además, se encarga de cortar las estaquillas a los tamaños adecuados antes de introducirlas en el suelo. La **foto 5** muestra una plantadora del tipo descrito de la firma sueca Salixphere. Las filas plantadas pueden ser equidistantes o pareadas. Para un cultivo de 10.000 plantas/ha, una máquina de este tipo que plante cuatro filas simultáneamente, tiene un rendimiento de 1-1,5 ha/h.

En cualquier caso, en plantaciones de gran superficie será más viable económicamente utilizar las plantadoras de múltiples filas.

### Maquinaria de recolección

La recolección es la operación técnicamente más compleja a realizar en el cultivo de cho-

pos en turno corto.

La corta se realiza en invierno, generalmente entre noviembre y febrero, después de la caída de las hojas y antes de la brotación. En esta operación es muy importante tener en cuenta la practicabilidad del suelo debida a su textura y contenido en humedad, factores que, combinados, pueden dificultar e incluso impedir la operación de recolección. Si la máquina es muy pesada, puede compactar el suelo y afectar a su estructura.





Además, los métodos de recogida a utilizar dependen también de parámetros tales como la superficie de recolección, desarrollo y diseño de la plantación, especificaciones del usuario final de la biomasa y de otros que influyen indirectamente, tales como los accesos a las parcelas de cultivo, disponibilidad de superficie para almacenamiento de la biomasa, etc.

La gran variedad de circunstancias locales y la escasa experiencia hasta el momento en esta operación hace que no exista un criterio general sobre cómo realizar la cosecha, existiendo numerosos prototipos, que se mejoran constantemente. No obstante, se pueden diferenciar dos sistemas principales: corta y astillado en la

misma operación, o solo corta produciendo varas en forma de haces o varas sueltas.

La elección de uno u otro sistema dependerá de que interese recoger astilla (foto 6) o bien la planta entera (foto 7), posponiendo el astillado a cuando haya disminuido la humedad, que en el momento de la corta suele ser de alrededor del 50% (sobre b.h.). En el caso de que sea necesario almacenar la biomasa cosechada por largos periodos de tiempo es, por lo general, más interesante realizar la cosecha de la planta entera debido a la mejor conservación de la biomasa en esas condiciones. En estas circunstancias el almacenamiento conviene hacerlo cerca de las plantaciones y durante el mismo

tiene lugar un secado natural. Posteriormente, la biomasa se astilla y transporta.

No se deben utilizar las parcelas de cultivo para almacenamiento en campo de la biomasa, por el peligro de dañar tanto las ruedas de los vehículos en estas actividades como producir daños en los tocones de las plantas con la consiguiente disminución de la producción en años sucesivos.

### Maquinaria para cosecha con astillado directo

La recolección con astillado directo, en la que los tallos son cortados y astillados en una misma operación, es el método más sencillo para llevar a cabo esta operación (fotos 8 y 9).

En este apartado se pueden considerar dos alternativas actualmente en desarrollo. Una consistente en el uso de maquinaria forrajera autopropulsada, tradicionalmente empleada para forraje de sorgo, maíz o caña de azúcar, con el cabezal modificado y adaptado al chopo para recolectar una o dos filas simultáneamente. En esta línea, existen diversas adaptaciones de maquinaria, como la de la empresa Biopolar, realizada sobre un cabezal con posibilidad de utilizarlo con cosechadoras forrajeras de diversas marcas y capaz de cortar plantas de diámetros medios de 13-14 cm; la de la empresa New Holland (foto 10) realizada sobre la máquina FR 9000 y el cabezal 130 FB para recolectar plantas con un diámetro de hasta 15 cm y, la realizada por Claas sobre la de la máquina Claas Jaguar a la que, igualmente, se le sustituye el cabezal para cultivos herbáceos por otro específico para leñosos que corta tallos con diámetro inferior a 10 cm (foto 11).



El segundo tipo de máquinas está diseñado específicamente para la cosecha de biomasa de chopo en turno corto o bien son máquinas recolectoras adaptadas a partir de las existentes para otros cultivos leñosos, principalmente el sauce, como las de la firma italiana Spapperi y las de la sueca Salixphere. La máquina de Spapperi, necesita de un tractor cuya potencia mínima sea de 150 CV, con sistema de conducción reversible y se conecta a la toma fuerza. Dispone de un disco astillador con 2 cuchillas radiales y cabezal de corte con 2 cuchillas circulares. Puede actuar sobre dos filas de árboles a la vez siempre que la separación entre ellas sea de 75 cm.

La máquina Salixphere Bender de la empresa sueca Salixphere tiene la particularidad de que corta y astilla (o trocea) mediante una sierra de cadena montada sobre un bastidor flotante. Es una máquina muy flexible en sus condiciones de operación, que se adapta prácticamente a cualquier marco de plantación, pero los datos disponibles se refieren a corta de sauce, siendo la experiencia con chopo muy reducida.



En ambos casos, la astilla puede ser recogida en un depósito arrastrado por el mismo tractor que lleva el equipo de cosecha o en un remolque arrastrado por tractor que camina en paralelo al mismo y que transporta la astilla a una zona de almacenamiento intermedio.

Generalmente estas cosechadoras tienen gran capacidad de trabajo lo que requiere que el manejo de la biomasa esté muy organizado y optimizado.

### Maquinaria para cosecha de planta entera

Cuando interese la recolección de la planta entera (sin astillar), se pueden utilizar máquinas que, simplemente, cortan el tallo. A partir de aquí existen distintas opciones que realiza la propia máquina y que están todavía en fase de prototipos para la recogida de chopo. Entre estas opciones pueden destacarse las siguientes:

a) Almacenar los tallos en una plataforma de la propia máquina y descargarlas mediante un elevador incorporado que puede colocar las varas a una altura de 2-3 metros sobre el suelo de la parcela o

Cultiva Oportunidades  
Cosecha Beneficios

**agraria**  
FERIA DE MAQUINARIA

Servicios para el desarrollo  
de la agricultura

Maquinaria para  
la ganadería

Innovaciones tecnológicas  
y maquinaria

9 al 12 febrero  
2011

FERIA DE  
VALLADOLID

Colabora:  
 MICHELIN

[www.feriavalladolid.com](http://www.feriavalladolid.com)

**RESERVA DIRECTAMENTE**

llamando al **983 429 115 / 192**

o escribiéndonos a

**comercial2@feriavalladolid.com**



10



11

descargarlas directamente en un remolque, el cual saca seguidamente la biomasa de la parcela dejándola en un lugar accesible para máquinas astilladoras y camiones. Con este sistema existen máquinas como la Empire 2000, prototipo de origen sueco. Es una máquina autopropulsada cuyo cabezal está formado por dos cuchillas circulares que trabajan sobre dos hileras. El diámetro máximo de la planta a la altura del corte no debe pasar los 8 cm. Similar operación realiza el modelo Rodster de Salixphere, cortando los tallos mediante una sierra de cadenas.

b) Colocar los tallos en el suelo en posición perpendicular a las líneas de cultivo y todos en la misma dirección para que otro equipo los retire posteriormente de la parcela y los almacene fuera de la zona de cultivo a fin de no interrumpir la brotación de los tocones. Con esta opción existen prototipos italianos de equipos suspendidos en un tractor, enganchados a los tres puntos y accionados por la toma de fuerza del tractor. El equipo de corta consiste en una sierra circular colocada sobre el chasis de la máquina y que puede girar 90 grados. Para realizar la corta, la sierra va colocada lateralmente al tractor y dispone de ajuste de desplazamiento, disponiéndose detrás de él para su transporte por carretera.

La siguiente fase, en este caso, será la recogida y transporte de las varas al margen de la finca para su astillado, una vez pasado un periodo de secado natural. El recogedor va colocado en la parte delantera del tractor y coloca las plantas en montones de forma que resulte fácil cogerlas para alimentar una astilladora forestal. Estas astilladoras van equipadas con un brazo hidráulico que las alimenta y pue-

den ser autopropulsadas o ir montadas sobre un camión.

c) Tras el corte de los tallos la máquina dispone las varas en el suelo en posición paralela a las líneas de cultivo, entre las líneas del mismo, donde se pueden dejar durante cierto tiempo hasta que disminuya su contenido en humedad y entonces astillarlas y transportarlas directamente al punto de consumo. Este sistema lo utiliza, entre otras, la máquina de la firma italiana Mantovani que trabaja accionada por un tractor con conducción reversible debiendo disponer de una distancia entre líneas no inferior a 350 cm.

d) Existen máquinas que cortan, recogen y compactan las varas dando lugar a haces o pacas cilíndricas de un tamaño adecuado para su transporte con camión y almacenamiento, lo que facilita su manejo y reduce los costes de estas operaciones. Este tipo de recogida se viene realizando para sauce con la máquina Salixphere Bundler, de la firma sueca Salixphere, y en la actualidad esta empresa tiene en desarrollo un prototipo para chopo. Se trata de un equipo acoplado a un remolque y arrastrado por un tractor, el cual corta y empaca la biomasa en haces cilíndricos que va depositando en el suelo, de donde se recoge con un camión autocargador o similar. Al igual que en los casos anteriores, la biomasa puede quedar un tiempo en el suelo antes de ser recogida, durante el que tiene lugar un proceso de pérdida de humedad.

Los procedimientos descritos, que exigen el empleo de dos máquinas secuencialmente, no son rentables en países de climatologías húmedas, si bien, aunque no existen evaluaciones económicamente detalladas, podrían tener un cierto interés en los países del área

mediterránea, debido a las mayores posibilidades que ofrece la climatología para el secado de la biomasa en campo.

e) Por último, en aquellos casos en los que el gran grosor de los tallos no permite la utilización de las anteriores máquinas, se utilizan para la recolección máquinas multitaladoras forestales convencionales, que, a veces, combinan la función de abatimiento del árbol con la de su transporte hasta una zona próxima a la plantación. Esto ocurre en determinadas plantaciones, principalmente en Estados Unidos, en las que el chopo se cultiva a turnos de 6-10 años y densidades de alrededor de 5.000 plantas/ha, lo que permite utilizar la cosecha obtenida para madera o como combustible, dependiendo de las condiciones del mercado.

La mecanización de la recolección del chopo para fines energéticos está todavía en una etapa inicial y requiere de futuros desarrollos que darán lugar a máquinas más eficientes y que reducirán los costes de esta operación. Un aspecto concreto a mejorar es el de la falta de flexibilidad de la mayoría de las actuales máquinas frente a las diferentes condiciones de los cultivos en cuanto a densidad y grosor de los árboles a cortar, aspecto éste que, en las circunstancias actuales, puede llegar a condicionar la optimización de la producción de biomasa. ●

### Agradecimientos

La revista Vida Rural agradece al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria su autorización para publicar este artículo que forma parte de la monografía «Manual de cultivo de *Populus* spp. para la producción de biomasa con fines energéticos» editada por el INIA y cuyos autores son: Hortensia Sixto Blanco, M<sup>a</sup> José Hernández Garasa, Isabel Cañellas Rey de Viñas, M<sup>a</sup> Pilar Ciria Ciria y Juan Esteban Carrasco García.