

MECANIZACION DE LAS PLANTAS DE CYNARA

Por: Luis Márquez*

**La Cynara, una alternativa
económicamente rentable**

**El CO₂ emitido en la combustión es el
mismo que se fija en la fotosíntesis**

**Su bajo contenido en azufre impide
la lluvia ácida**

**¿Donde está el problema para su
implantación?**



Plantación de cynara en fase vegetativa (Sevilla).

A medida que aumenta la productividad en los cultivos alimentarios se generan unos excedentes de producción difícilmente absorbibles por el mercado, lo que exige buscar alternativas a los cultivos tradicionales que permitan mantener una actividad agraria de la que depende la economía de las zonas rurales.

Entre las diferentes alternativas potencialmente posibles, solo la producción de "energía" se manifiesta como aceptable a gran escala, ya que la oferta máxima a la que se puede llegar está muy por debajo del límite de demanda de productos energéticos en las sociedades desarrolladas. Por otra parte la producción de energía renovable ayuda a reducir el consumo de materias primas siempre disponibles en cantidades limitadas.

La única condición que se necesita es ofrecer unos "combustibles" que se adapten a las necesidades de los consumidores a unos precios competitivos en comparación con los que ofrecen los productos de origen fósil, o "residual", que llegan al mercado.

Entre las alternativas con mayores posibilidades a corto plazo, en las condiciones de nuestro clima "mediterráneo", se encuentra sin duda la biomasa de *Cynara cardunculus*.

LA BIOMASA DE CYNARA CARDUNCULUS

Por primera vez en España, durante el pasado mes de agosto, se han realizado experiencias, a escala de gran parcela, analizando las diferentes alternativas de mecanización integral de la recolección de *Cynara cardunculus* con finalidad energética, poniéndose de manifiesto las posibilidades de los equipos que ya se comercializan para la producción forrajera, lo que da buenas expectativas a la difusión del cultivo a escala industrial.

Esta planta es conocida como "cynara" o cardo comestible, y se da como espontánea en toda la cuenca mediterránea. Es una especie herbácea, de naturaleza perenne, perteneciente al mismo género que la alcachofa, con un aprovechamiento tradicional en algunos lugares del área mediterránea: consumo como alimento humano de los peciolo de las hojas inferiores, después de someterlos a un proceso de "blanqueo" sobre la propia planta.

Por su aclimatación a las zonas secas mediterráneas, pero también por la alta productividad que ofrece a partir de un aprovechamiento clásico de la agricultura extensiva, sin que se necesite el riego para conseguir elevadas producciones, se puede adaptar particularmente bien a la producción de biomasa con fines energéticos.

Para este aprovechamiento energético se utilizaría toda la biomasa generada durante su ciclo natural, que es el que toma cuando se encuentran en estado salvaje en los secanos del centro y del sur de la península Ibérica.

Además, se trata de una especie perenne que puede desarrollarse con ciclos consecutivos, una vez que el cultivo se encuentra implantado a partir de semilla, con la formación de órganos subterráneos que actúan como reservas durante la estación seca, la cual coincide con el verano.

EL APROVECHAMIENTO ENERGETICO DE LA BIOMASA

Cuando se pretende desarrollar el aprovechamiento de la biomasa con fines energéticos, previamente es conveniente reflexionar sobre la conveniencia de fomentar este tipo de aprovechamiento.

(*) Dr. Ingeniero Agrónomo



Desarrollo del cultivo en el momento de la recolección.



Recogida de la semilla con cosechadora de cereales (cabezal: girasol).

Periódicamente, en los medios de comunicación, se pone de manifiesto las limitaciones que existen para suministrar la energía que demanda el desarrollo a partir de recursos fósiles. Las fuentes tradicionales de suministro, a pesar de la continua aparición de nuevos yacimientos, tiene un límite, mas aún a medida que aumenta el nivel de desarrollo en los países mas pobres, que poco a poco acercan sus niveles de consumo energético a los de los mas desarrollados. Si a esto unimos los efectos que sobre el ambiente originan las emisiones de gases procedentes de la combustión, y de una manera especial el CO₂, debe quedar clara la importancia que tiene el desarrollo de fuentes de energía renovable no contaminante.

Cuando se habla de energía "renovable", en la mayoría de los casos se piensa en la energía solar, o en la eólica, sin detenerse a considerar que las plantas silvestres y cultivadas son unos "captadores" naturales de la energía procedente del sol, con un elevado nivel de eficiencia. Además, en la producción de la biomasa, se produce la fijación del CO₂ atmosférico, por lo que la combustión de esta biomasa no significa un incremento de los gases con efecto "invernadero" que pueden ocasionar un cambio climático en la Tierra.

Los mayores problemas para llevar a la práctica la producción de energía a partir de la biomasa vegetal son, por una parte, los derivados de la organización industrial del aprovechamiento, por otra, la selección de las especies que permitan rentabilizar este aprovechamiento.

La organización industrial del aprovechamiento se realizará sin dificultad a medida de que la rentabilidad esté asegurada, aunque siempre estará sujeta a los condicionantes que ya han aparecido en otros cultivos "industriales" como los dirigidos a obtener azúcar, fibras, etc., con una ventaja en este caso: la no limitación de la demanda para la oferta potencial máxima previsible.

En cuanto a la selección de especies apropiadas se ha actuado generalmente en dos direcciones: o bien intentando "reconvertir" plantas que fueron seleccionadas para su aprovechamiento alimentario (por la "calidad" alimenticia de parte de su biomasa), o bien buscando plantas "exóticas" procedentes de otros agrosistemas, que si bien pueden resolver el problema en estas regiones, no siempre se adaptan a otras situaciones diferentes.

Las mejores soluciones se derivarían de la selección de especies naturales de cada

agrosistema considerado, especialmente cualificadas para producir biomasa en abundante cantidad, sin que sea importante la "calidad" de esta biomasa, ya que para producir energía esto carece de importancia.

Sobre esta base, en las condiciones del clima mediterráneo, son especies como el *Cynara cardunculus*, las que ofrecen las mejores perspectivas desde el punto de vista práctico, incluso como alternativa a especies leñosas en plantaciones intensivas en ciclos de corta rotación, que se adaptan con mas dificultad a la mentalidad del agricultor que se maneja dentro de los cultivos "herbáceos", y que le gustaría realizar cultivos energéticos en rotación con los de producción alimentaria tradicional.

Para que esto sea posible se necesita poner a punto el cultivo de las especies que por siglos eran conocidas como "silvestres", o incluso consideradas como "malas hierbas" de los campos de cultivos, siguiendo una experiencia como la que tuvo la Humanidad con el trigo, el maíz, el arroz, etc., pero con unos medios y una base de conocimiento muy superiores de los que disponía el hombre cuando comenzó esta selección.



Rastrillado de la biomasa de *cynara* para proceder a su empaquetado (Ciudad Real).



Empaquetado de cordones con empacadora convencional (pacas pequeñas).

LOS CULTIVOS CON VOCACION "ENERGETICA"

Por todos es conocido el potencial aprovechamiento de los aceites obtenidos a partir de la semilla de girasol o de colza para obtener combustibles substitutivos del gasóleo, pero puede haber otras especies, que produciendo aceites no comestibles, en mayor cantidad, puedan sustituirlos desde el punto de vista de la producción energética.

Esto mismo puede decirse del alcohol que ahora se obtiene a partir de la remolacha, de la patata o del trigo. Existen cultivos como la patata y el sorgo azucarero que se manifiestan como opciones de futuro en el campo agroenergético.

El desarrollo de estas alternativas energéticas está sin duda limitado por el precio con el que llegan al mercado los combustibles de origen fósil, aunque en el caso de la producción de bioalcohol se están dando unas circunstancias de protección ambiental que pueden cambiar la situación establecida hasta el momento.

Pero donde las perspectivas a corto plazo son mejores es en el cultivo de especies leñosas o herbáceas para la producción directa de calor y de electricidad. Las centrales térmicas para calefacción y los complejos "agroeléctricos", sobre la base de especies integradas en el medio, permiten explotar económicamente microcentrales para producir energía calorífica y eléctrica, recibiendo las materias primas de las superficies agrícolas más próximas, incluso las "abandonadas" que impone la PAC, junto con otros residuos agrícolas y forestales que en estos momentos hay que eliminar.

En España, el cultivo de la biomasa para producir energía puede realizarse sobre la base de algunas especies leñosas, especialmente adaptados al clima mediterráneo, como los chopos, las acacias o los eucaliptos, sembrados en "alta densidad" (alrededor de 10 000 plantas/ha) y con turnos de corta de 4 a 6 años, aprovechando su capacidad de rebrote para continuar la plantación en años sucesivos, obteniendo productividades medias entre 10 y 15 toneladas de materia seca por hectárea y año.

Este tipo de aprovechamiento obliga sin embargo a introducir en la "agricultura" equipos de procedencia "forestal", a la vez que el agricultor necesita iniciarse en técnicas de producción bastante alejadas de las que él practicaba.

EL CULTIVO DEL CYNARA CARDUNCULUS PARA PRODUCIR ENERGIA

En las experiencias que se han realizado en los últimos años, en condiciones de gran parcela, en distintas situaciones al sur de nuestro Sistema Central, se observa que la implantación se realiza con más facilidad a principios del otoño, sembrando con semilla en líneas a 1 m de espaciamiento (con



Siega-picado-carga con una cosechadora Claas Jaguar.

sembradora monograno), para alcanzar densidades de 20 a 50 mil plantas/ha, de manera que se aprovechen las lluvias de otoño y que las plantas se desarrollen suficientemente antes de que sufran los fríos del invierno.

A mediados del invierno, o algo más tarde en los climas más frescos, se produce un fuerte desarrollo de la roseta con hojas que llegan a cubrir completamente el suelo, incluso cuando las plantas se encuentran espaciadas en marco de 1 x 1 m. En primavera, la planta emite un escapo floral con un capítulo globoso y espinoso que contiene numerosas semillas en su interior.

Durante el verano, este escapo floral se seca, permaneciendo vivas, durante esta época desfavorable, las raíces y yemas remanentes en la base del tallo. Las semillas, se diseminan de manera natural durante los meses de agosto y septiembre.

En su ciclo natural, a partir de las reservas subterráneas se produce el rebrote a principios del otoño, ciclo que se mantiene durante varios años (más de 8 comprobados experimentalmente).

El potente sistema radicular de esta especie le permite obtener agua y nutrientes de las zonas profundas del suelo y, gracias a ello, en las condiciones de los secanos mediterráneos, aprovechar las aguas de otoño, invierno y primavera, alcanzándose unas producciones totales de biomasa aprovechable de 18 a 25 t/ha de materia seca, incluyendo de 2 a 3 mil kg de semilla rica en aceite (25 %) y proteína (20 %), con pluviometrías anuales de algo más de 400 mm.

EL EQUIPO MECANICO NECESARIO

La mecanización de las operaciones de preparación del suelo y de la aplicación del abono mineral, no difieren en absoluto de las que se realizan en los cultivos extensivos, por lo que no se necesita para ello un equipo mecánico especial y puede utilizarse el disponible tradicionalmente en una explotación agropecuaria.

Para la aplicación de los productos fitosanitarios, especialmente cuando avanza el desarrollo foliar del cultivo, existen claras limitaciones para el empleo de pulverizadores hidráulicos, por lo que hay que recurrir

al empleo de pulverizadores hidroneumáticos (atomizadores) adaptados a las circunstancias, similares a los que ya se utilizan en cultivos hortícolas y extensivos de elevado desarrollo foliar.

Una medida apropiada es dejar sobre el campo bandas sin sembrar, de unos 2.50 m de anchura, separadas entre 30 y 50 m, que sirvan para circular con el tractor en las aplicaciones insecticidas y fungicidas que tiene que realizarse con el cultivo desarrollado, aprovechando para tratar las "bandas" unas condiciones de viento favorable.

Lo que podría considerarse como un problema de más difícil solución, y que requiriera el diseño de maquinaria específica, era la recolección, por lo que desde el comienzo de las experiencias en gran parcela, se probaron diferentes alternativas buscando la que podría recoger la biomasa con bajo nivel de pérdidas y a un coste aceptable.

Para la recogida de la semilla el empleo de la cosechadora de cereales convencional, se vio que era una solución aceptable. Las mayores dificultades aparecían como consecuencia de las diferencias de nivel a las que se encontraban las inflorescencias. Se ha demostrado que si el cultivo está bien desarrollado se puede subir la barra de corte por encima de un metro del suelo, con lo que la cuchilla siega los tallos sin dificultad y los más gruesos se rompen al ser empujados al nivel de su inserción en el suelo. Las experiencias realizadas con barras de corte para cereal de invierno y para girasol han dado resultados bastante similares, aunque sería conveniente desarrollar un molinete más apropiado para evitar el enrollamiento de los tallos en el mismo y una alimentación más uniforme de la máquina.

La inflorescencia se trilla sin dificultad manteniendo en la máquina unas regulaciones parecidas a las de la recolección del trigo. Si el cultivo está poco denso, algo que sucede en el primer año de implantación, o cuando se dan situaciones de muy baja pluviometría como las que se produjeron años pasados, puede producirse una excesiva rotura de semillas, ya que la trilla se realiza con poco nivel de alimentación de la máquina. Hay que advertir de la tendencia que tiene el vilano, contenido en la inflorescencia, a obstruir los radiadores y demás



Prototipo de empacadora autopropulsada Claas trabajando sobre cynara.

elementos de refrigeración de las máquinas de recolección, por lo que se aconseja trabajar con precaución y realizar limpiezas periódicas con frecuencia.

Después de la recogida de las semillas, el aprovechamiento de la biomasa residual puede realizarse mediante hilerado de los residuos, igual que se hace con la paja. Para ello se han utilizado dos soluciones: pasar con la cosechadora dos veces consecutivas, una con el corte alto y otro con el corte a nivel del suelo de manera que se recojan todos los capítulos y que los tallos y hojas queden troceados para facilitar la posterior recogida y empacado. Utilizando un rastrillo hilerador y una empacadora convencional de pacas de sección rectangular, el rastrojo se empaca sin dificultad. En este caso las pacas formadas en empacadoras con canal pequeño alcanzan una densidad de algo menos de 150 kg/m³, con los residuos después de retirada las semillas con la cosechadora. La otra solución consiste en utilizar una segadora de tambores o de martillos, después de una pasada de cosechadora, procediendo al posterior rastrillado y empacado del residuo.

Las experiencias más interesantes de las realizadas han estado dirigidas a la recogida total de la biomasa (planta completa) en una sola pasada, obteniendo el producto troceado y empacado o bien picado y colocado sobre un remolque de caja grande.

La siega en estos casos se realiza con un cabezal multidirección, de los desarrollados inicialmente para la siega del maíz (tipo "kemper"), situado sobre una cosechadora autopropulsada de forraje (picadora-cargadora), o bien sobre una empacadora autopropulsada de pacas prismáticas de gran tamaño.

En ambos casos se ha demostrado que este tipo de cabezal es la solución mecánica que mejor se adapta a la siega del cynara, produciéndose incluso la recuperación de un elevado porcentaje de hojas basales que se encuentran pegadas al suelo. Por otra parte, este cabezal se adapta a la mayoría de las cosechadoras autopropulsadas de forraje, e incluso están apareciendo diseños más recientes dirigidos a mejorar sus prestaciones.

El empleo de la picadora-cargadora (en

la experiencia la Claas Jaguar 690) ha puesto de manifiesto la facilidad con la que se pica este material, lo cual era de esperar puesto que este mismo equipo se está utilizando para picar plantaciones leñosas de alta densidad para su aprovechamiento energético. Con una capacidad de trabajo potencial de 0.6 - 0.7 h/ha, con producciones de cynara de 20 t/ha de materia seca, se presenta como una solución interesante desde el punto de vista técnico y económico.

El mayor inconveniente de este sistema se deriva de la necesidad de organizar la recogida de la cosecha a medida que avanza la cosechadora, lo que obliga a disponer de una flota de camiones, o de tractores con remolque, cuyo número estará en función de la distancia de transporte. Por otra parte, el volumen del material obtenido obligaría a aumentar los espacios necesarios para el almacenamiento.

La alternativa de la empacadora autopropulsada dotada de cabezal segador experimentada, a pesar de tratarse de un prototipo de Claas, que ha venido trabajando durante bastantes campañas en la recogida del miscanto, puso de manifiesto las posibilidades de esta técnica.

Con una cámara de sección rectangular de 0.70 x 1.20 m, se obtuvieron pacas de 1.85 m de longitud con una masa de unos 280 kg, lo que proporciona una densidad de alrededor de 180 kg/m³.

La capacidad de trabajo conseguida con el prototipo puede fijarse alrededor de 1.3 h/ha, lo que posiblemente pueda mejorarse bastante después de la puesta a punto del prototipo, que derivaría en un modelo comercial.

Lo más interesante de la experiencia es que se ha demostrado que el producto se empaca sin dificultad en pacas prismáticas grandes, lo que puede ser una clara ventaja a efectos de almacenamiento y transporte, aunque, de acuerdo con las capacidades de trabajo obtenidas, los costes unitarios serían algo más elevados que con la cosecha picada.

En cualquier caso, la solución "empacado" se adaptaría mejor a un proceso de recolección escalonado, en el que la recogida de la cosecha estuviera distanciada del transporte, mientras que la opción picado-

carga proporcionaría costes menores siempre que se pudiera coordinar convenientemente el proceso de transporte.

De todas maneras, la experiencia ha sido limitada, ya que solo se ha realizado sobre una superficie de alrededor de 40 ha, por lo que habrá que continuarla introduciendo variantes, como las rotoempacadoras y las empacadoras de grandes pacas rectangulares que recogerían sin dificultad el material previamente segado, necesitando unas inversiones bastante menores que con las máquinas autopropulsadas, lo que ayudaría a bajar los costes.

UNAS POSIBILIDADES REALES

Del análisis de los costes de producción (incluida la recolección y transporte) que se desprenden de las experiencias desarrolladas hasta el momento con cynara, se deduce que puede conseguirse biomasa con el 17.8 % de humedad a razón de 23.5 t/ha (el secado hasta este nivel se realiza de manera natural sobre la propia planta) a un precio entre a 2300 y 3600 pta/tonelada.

Considerando un poder calorífico de 4 termias/kg (el petróleo proporciona 10 termias/kg), y sobre la base del transporte del material a una distancia de 15 km, los costes de la biomasa de cardo, puesta a pie de la central en la que se realizará la conversión de energía (térmica o eléctrica), estarían entre 0.75 y 1.20 pta/termia.

Partiendo de los precios a los que llegan los combustibles a las centrales térmicas para generar electricidad (1.20 pta/termia para el carbón de importación, 2.25 pta/th para el fuel térmico nº2 y 2.50 pta/th para el carbón de producción nacional) y sobre la base de 2300 pta/tonelada para los costes totales de producción de biomasa de cardo, el beneficio por hectárea de cultivo podría superar las 50 000 pta. En el aprovechamiento de esta biomasa en calderas de calefacción, que se alimentan con un combustible más caro, sería muy superior.

Además de las ventajas económicas señaladas hay que destacar las ambientales: el CO₂ emitido en la combustión previamente ha sido fijado mediante fotosíntesis, y su bajísimo contenido de azufre evita la generación de la temida "lluvia ácida". Por otra parte, su cultivo podría resultar compatible con la percepción de las ayudas derivadas de la PAC.

¿Donde está el mayor problema para que este cultivo se implante sobre grandes superficies?: se necesita coordinar la producción agrícola con su aprovechamiento industrial, lo que exigirá una contratación de suministros de manera similar a como ahora se hace en cultivos industriales, como el de la remolacha azucarera, pero cuesta trabajo asumir los riesgos iniciales y muchos esperan que los problemas de la puesta a punto de la técnica a escala industrial los resuelvan los demás, para luego subirse al tren, una vez que éste esté en marcha.