

¿Una plaga nacional utilizable como cultivo energético en áreas semidesérticas de Argentina?

Silvia Falasca y Ana Ulberich

Investigadora de CONICET

PREMAPA – CINEA. Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires
sfalasca@conicet.gov.ar y ulberich@fch.unicen.edu.ar

INTRODUCCION

Los cultivos energéticos son cultivos de plantas de rápido crecimiento destinadas únicamente a la obtención de energía o como materia prima para la obtención de otras sustancias combustibles. Representan una alternativa energética muy reciente, centrada principalmente en el estudio y la investigación del aumento de su rentabilidad energética y económica.

Entre los cultivos energéticos destinados a la producción de biomasa se pueden distinguir los cultivos productores de biomasa lignocelulósica, para la producción de biocombustibles sólidos con fines térmicos, principalmente para producción de electricidad (agroelectricidad) y para producción de etanol mediante la aplicación de procesos de hidrólisis o gasificación a los productos lignocelulósicos (Agencia Andaluza de Energía, 2007).

Son muy apropiados los cultivos de especies herbáceas, entre los que destaca el *cardo* (*Cynara cardunculus* var *cardunculus*). Esta especie posee una alta productividad y sólo requiere maquinaria agrícola de uso común para la cosecha.

Al ser perenne, evita la degradación de los suelos y reduce la rusticidad es

menor la necesidad de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas.

Cynara cardunculus L., pertenece a la familia de las Compuestas. Se conoce con nombres vulgares como “penca”, “cardo penquero”, “cardo de castilla”, “cardón”. En la Figura 1 se muestra el detalle del fruto con los vilanos.



Figura 1. Detalle del fruto y vilanos

El centro de origen se ubica en sur de España y norte de África, donde se la ha utilizado como hortaliza desde tiempos muy antiguos, incluso antes que el alcaucil (*Cynara cardunculus* var *scolymus*), ya que derivaría de éste.

Su difusión como cultivo para consumo humano es muy escasa. Aparece el mayor consumo en la zona del mediterráneo, mientras que en nuestro país, lo consumen los

descendientes de la colectividad piamontesa.

Posee bajo contenido en calorías, contiene hierro, calcio y otros minerales.

Se recolectan manualmente las hojas para su empleo en medicina, que se cortan en la época de plena floración. Se ponen a secar extendidas a la sombra y eventualmente en secadero a una temperatura máxima de 40° C.

Las hojas secas contienen un jugo amargo, la cynarina, mucílagos, taninos, ácidos orgánicos y vitamina A.

Todas estas sustancias son colagogas y tienen un efecto beneficioso contra las enfermedades de las vías biliares y hepáticas.

Se emplean con éxito contra la ictericia, cuyos síntomas desaparecen más rápidamente.

Las hojas hacen bajar también el contenido de azúcar en la sangre, y se utilizan por consiguiente como tratamiento complementario de la diabetes.

Poseen un efecto antiesclerótico, y sirven además para la fabricación de bebidas amargas y licores. El jugo fresco se usa exteriormente para el tratamiento de eccemas y erupciones cutáneas.

Como malezas son plantas que crecen en los caminos y en tierras cultivables y no cultivables, como se muestra en la Figura 2.

Todo el mundo procura evitarlas para no pincharse. Los agricultores lo odian porque perjudican sus cosechas. En nuestro país es

considerada como Plaga Nacional. Nacional y está citada por la Ley de Sanidad Vegetal N° 5.770



Figura 2. Vista general de un campo invadido por *Cynara cardunculus* var *cardunculus*.

Fue introducido en forma accidental a mediados del siglo XVIII posiblemente con semillas de trigo para ser cultivadas en la pampa (Amaral, 1997).

La actividad humana lo sembró conjuntamente con las semillas buenas pero luego se expandió por efecto del viento. Los famosos panaderos compuestos por numerosos pelos plumosos soldados a la base forman parte de la flor y cuando se secan son diseminados muy fácilmente por el viento.

En Chile y Argentina, es una especie muy antigua. A pesar que no tiene importancia como cultivo, se le encuentra ampliamente difundida en

forma silvestre como maleza en las regiones centrales de los dos países.

Actualmente aparece como maleza o planta invasora en los pastizales naturales del centro, norte y este de Buenos Aires, aunque su difusión en Argentina comprende además del sector bonaerense, la región de Cuyo, Noreste y Centro del país.

Desde el punto de vista edáfico, la sustitución de barbecho por cultivos permanentes protege el suelo de la erosión y le aporta materia orgánica.

La planta se caracteriza por tener un sistema radicular pivotante profundo, compuesto por varias raíces principales originadas a partir de la raíz inicial, que puede alcanzar hasta 7 metros. De estas raíces salen otras secundarias que se desarrollan horizontalmente a distintas profundidades y en los años siguientes, de la periferia de la base de la raíz salen las yemas de recambio que dan lugar a nuevas plantas, por lo que el Cardo no se siembra anualmente.

El tallo puede llegar a alcanzar alturas de 2,5 metros, midiendo normalmente el primer año 1 m y entre 1,5 y 2,5 los años siguientes.

En la Figura 3 se muestra una planta cultivada. Durante el primer año la producción obtenida es baja, mejorando considerablemente a partir del segundo año, entorno a 15 ó 20 toneladas anuales aunque depende de las condiciones meteorológicas propias de cada año.

En cuanto al ciclo de desarrollo, la semilla, diseminada en verano, germina en otoño y hasta el final de la primavera, momento en el que sale el tallo del centro del planta. Éste sale con varios capítulos secándose al final

del verano, pero las raíces y las yemas remanentes de la base del tallo permanecen vivas.

La siembra puede hacerse en otoño temprano para que varias yemas de la base del tallo broten formando cada una de ellas una roseta de hojas. Es conveniente que se formen antes de la llegada del frío de invierno.

Y se aconseja la siembra en primavera, para aquellas zonas en que la fecha de primera helada sea muy temprana. De esta manera, la planta aprovecha del agua edáfica almacenada durante el invierno, nace en primavera, alcanzando en verano el estado de roseta y continúa su crecimiento en otoño, finalizando el ciclo de vida en el verano siguiente.

Todos los años se desarrolla todo el proceso de la planta por un número indeterminado de años, que normalmente oscila entre 6 y 8.

Esta especie tolera mal el encharcamiento, requiere suelos ligeros y profundos, de naturaleza caliza y que retengan el agua en el subsuelo.

La Inflorescencia está constituida por cabezuelas solitarias; hasta 20 en una planta muy vigorosa.

En la Figura 4 se puede apreciar una cabezuela. Estas son globulares, de 7 a 13 cm de diámetro, con flores rosadas o azulosas.

Los Frutos son aquenios ovals, tetrágonos, triangulares, de 8 mm de largo hasta por 3 mm de ancho, grisáceos con puntos blanquecinos y negruzcos y con 4 estrías longitudinales negras; vilano con pelos blancos y plumosos, de 2 o más cm de largo.



Figura 3. Vista general de una planta cultivada.

El detalle de la inflorescencia aparece en la Figura 5 y en la Figura 6 se ha fotografiado una cabezuela ya seca.



Figura 4. Cabezuela en detalle.

Su gran tamaño la hace ideal para utilizarla como combustible. Se la ha modificado genéticamente en Europa, llegando a alcanzar un tamaño como el de la caña de azúcar.

Para fines energéticos, se debe cosechar cuando se desarrolla el tallo floral, cortándose toda la parte seca

incluido los frutos obtenidos a partir de los capítulos espinosos.

Con respecto al poder energético, según datos bibliográficos, las hojas basales (20%) poseen un Poder calorífico Inferior (PCI) de 2400 kcal/kg; la hojas del tallo (13%) un PCI de 3800 kcal/kg; los tallos y ramas, (que poseen un 45% de celulosa) tienen un PCI de 3900 kcal/kg, tienen una médula en su interior que constituye el 25% de su peso; los capítulos (33%), representan las inflorescencias que contienen los frutos secos; los vilanos sirven para la dispersión de la semilla, los pelos que salen de la base del receptáculo y rodean los ovarios, las brácteas involucrales que rodean todo el exterior del capítulo provistas por grandes espinas y el receptáculo donde se asientan las flores rodeadas por pelos (Fernández González y García Muller, 2004).

Los frutos representan el 30% del peso del capítulo (tienen un contenido del 70% de celulosa y un 30% de hemicelulosa). Las hebras que forman los vilanos tienen una estructura plumosa en contraposición a la de los pelos que son lisos (Fernández González y García Muller, 2004).

Las brácteas y el receptáculo tienen una consistencia lignocelulósica, representan el 50% del peso de los capítulos con un PCI medio de 3700 kcal/kg. (Fernández González y García Muller, 2004).

Para la plantación, la densidad final recomendable puede establecerse en 15.000 plantas/ha pudiendo llegar hasta 25.000 plantas/ha en terrenos adecuados.



Figura 5. Vista de una inflorescencia (Foto tomada en el Partido de Magdalena, pcia Buenos Aires).



Figura 6. Vista de una cabezuela seca.

La separación entre líneas debe ser entre 75 y 80 cm, la separación entre semillas entre 5 y 10 cm y la profundidad de la siembra debe estar entre 2 y 4 cm .

Durante el primer año, el desarrollo de las plantas es relativamente pequeño. Si la siembra del cardo se ha realizado en otoño, el tallo aún será corto (no más de un metro) y poco ramificado. En este caso se puede recoger la semilla producida, con una cosechadora de cereal o de girasol, obteniendo un rendimiento que suele resultar inferior a los 500 kg/ha.

En caso de haberse realizado siembra de primavera, durante el primer año, lo normal es que la planta no haya desarrollado el tallo, permaneciendo durante el verano las hojas verdes. Siendo así, se puede recoger la biomasa para utilizarla en la producción de energía, esperando a que la cosecha se seque en el campo para su posterior siega y empaclado, también se puede cosechar en verde y dejar que se seque al sol.

En cualquier caso, la biomasa debe cosecharse lo más abajo posible y empaclarla directamente sin triturar mediante una enfardadora.

Si se emplea una segadora de tambores, la biomasa queda hilerada en el suelo, con los tallos alineados en la fila, a la espera de tener la humedad mínima del 15% para empaclarla.

Los cardos crecen durante 10 meses al año; durante el invierno son capaces de realizar la fotosíntesis con bajas temperaturas y sus raíces son tan profundas que le permiten encontrar agua e incluso abonos lixiviados de cultivos anteriores.

Cuando las temperaturas son muy elevadas en verano y se seca la parte aérea, las raíces se mantienen frescas con abundantes sustancias de reserva, que garantizan el crecimiento de la planta en la siguiente primavera.

La producción de biomasa de una tierra cultivada de cardos depende en gran medida de la disponibilidad de agua en primavera y de la época de crecimiento activo.

Como valor medio de productividad, para lluvias del orden de los 450 mm en la Meseta central española, se puede pensar en un rendimiento de biomasa cosechable de unas 17 toneladas por hectárea, con una humedad media del 15%, lo que representa en materia seca 14.5 toneladas (Agencia Andaluza de Energía, 2007).

El contenido calórico de la biomasa, con 0% de humedad, es de 4 termias por kilogramo, siendo 1 termia (th) equivalente a 1000 kcal. Si se compara con el contenido calórico del petróleo (10 termias por kg) o el carbón de antracita (7 termias por kg), se puede establecer que una tonelada de biomasa seca de cardo tiene el mismo contenido calórico que 400 kg de petróleo (Agencia Andaluza de Energía, 2007).

Por año produce 2-3 toneladas de semillas, y superiores si el aporte hídrico se complementa con riegos de invierno. Éstas contienen un 25% de aceites, que pueden servir de materia prima para la producción de biodiesel (Encinar et al., 2002). Cultivos como éste, siempre que el mercado de la biomasa estuviera garantizado, podrían servir para ocupar grandes áreas de secano abandonadas para los cultivos agroalimentarios tradicionales y para

zonas de regadío con problemas de sobreexplotación de acuíferos, ya que al ser un cultivo perenne, permitirían su recuperación, con el consiguiente beneficio medioambiental, a la vez de producir beneficios económicos por la versatilidad de usos que permite.

Posibilidades de uso del cardo

- 1) Los frutos (aquenios) con alto contenido de aceite, proteína y fibra, utilizables para alimentación animal, producción de aceite o ambas a la vez. El aceite puede tener aplicación humana, en cosmética, farmacia y *biodiesel*.
- 2) Tallos y ramas desmedulados como materia prima para la producción de pasta celulósica o para obtener *bioetanol*.
- 3) Pelos del receptáculo de los capítulos, de elevado contenido de celulosa utilizables para papel de alta calidad como papel moneda.
- 4) Vilanos de alto contenido de celulosa para papeles de alta calidad. Teniendo en cuenta su estructura plumosa de sus hebras y suavidad podrían ser utilizados como material aislante en confecciones de abrigo y como fibras para materiales compuestos.
- 5) Médula (residuo del proceso de desmedulado de los tallos), compuesta por celulosa y hemicelulosa principalmente con aplicación como materia prima en la industria celulósica como absorbente de agua, o en su defecto para usos térmicos.
- 6) Resto de la biomasa lignocelulósica (hojas, restos de capítulos, brácteas, receptáculo, restos de tallos y de ramas

como *biocombustibles sólidos* con un PCI medio de 3200 kcal/kg sobre base seca.

Los materiales lignocelulósicos son los que ofrecen, en el futuro, un potencial mayor para la producción de bioetanol. El cardo, que presenta un elevado contenido en biomasa lignocelulósica, hace que el proceso de obtención de los azúcares para su transformación en etanol sea más difícil que en el caso del almidón y, aunque todavía no existen plantas comerciales de producción de etanol que utilicen biomasa lignocelulósica, en los últimos años se han realizado avances significativos en investigación y desarrollo.

Los aspectos más importantes se resumen en la valorización de la biomasa proveniente del cardo, la valorización del aceite extraído de las semillas para producción de biodiesel, la producción de bioetanol y el estudio de viabilidad técnico - económica (Encinar et al., 2002).

La implementación de este cultivo puede contribuir al desarrollo de nuevas economías regionales por la generación de nuevo empleo para la implantación del cultivo y otros puestos de trabajo temporarios para la cosecha. Además estas especies podrán tomar un gran impulso no compitiendo con la superficie ocupada por los cultivos oleaginosos anuales tradicionales, que se desarrollan bajo condiciones de clima húmedo (Falasca y Bernabé, 2006).

Crece en Argentina a fines de verano y principios de otoño, florece a finales de primavera y principios de verano, pero produce semillas casi todo el año (Marzocca, 1976).

El Cardo, en estado de plántula, es muy sensible a las heladas, incrementándose notablemente la resistencia a medida que va teniendo más hojas, así con 4 hojas puede tolerar temperaturas inferiores a -5°C .

En cuanto a las necesidades hídricas, para un buen desarrollo de la planta, ésta necesita 450 mm, siendo más efectiva la lluvia de primavera.

En el área de dispersión mediterránea de *Cyanara cardunculus*, el bioclima está definido por: temperatura media de los meses de verano (diciembre, enero y febrero, para nuestro hemisferio) superior a 28°C , temperatura media mensual de los meses de invierno (junio, julio y agosto para el hemisferio sur) mayor a 7°C , precipitaciones medias anuales superiores a 400 mm, que indicarían la condición óptima; y mayores a 200 mm, que delimita el área de secano del cultivo, es decir sin necesidad de recurrir al riego artificial.

Falasca y Ulberich (2007) empleando los datos climáticos de todas las estaciones meteorológicas y agrometeorológicas de la República Argentina (que fueron extraídos de las Estadísticas Climatológicas editadas por el Servicio Meteorológico Nacional), delimitaron el agroclima de esta especie en el país.

La Figura 7 muestra la superficie con condiciones óptimas desde el punto de vista hídrico para el desarrollo del cardo, limitada por la isoyeta de 400 mm y el límite hídrico de 200 mm que permite realizar el cultivo aún en condiciones de secano.

Conclusiones

A partir de toda la información procesada precedentemente se puede concluir que:

- Entre los cultivos energéticos los que mayor potencial encierran a corto plazo son los de biomasa lignocelulósica, como el cardo, perfectamente adaptado a las tierras marginales de nuestro país, tal como lo demuestra el mapa elaborado. Esta especie estaría relegada a áreas semidesérticas no compitiendo en superficie con los oleaginosos tradicionales.

- Quedaría por estudiar a través de ensayos geográficos los componentes del rendimiento creciendo bajo diferentes condiciones ambientales, la calidad del aceite extraído de las semillas para producción de biodiesel, los costos de producción del biodiesel y del bioetanol.

Consideraciones finales

El desafío en Argentina consiste en desarrollar materiales que puedan ser utilizados como biocombustibles en zonas que hoy están fuera de la producción agrícola tradicional. Por un lado, están las cuestiones técnicas, pero por otro, las económicas.

El factor tierra es escaso y, como tal, debe enfocarse a producir aquella materia prima que tenga demanda fluida. Con el crecimiento del negocio de los biocombustibles comenzaron en nuestro país a ser corrientes planteos de diversificación de las fuentes de materias primas, en especial para evitar un mayor crecimiento de soja.

A la hora de elegir que especie se utilizará para ser usada como biocombustible habrá que tener en cuenta el aspecto logístico relacionado

con la producción agrícola y las posibilidades de industrialización.

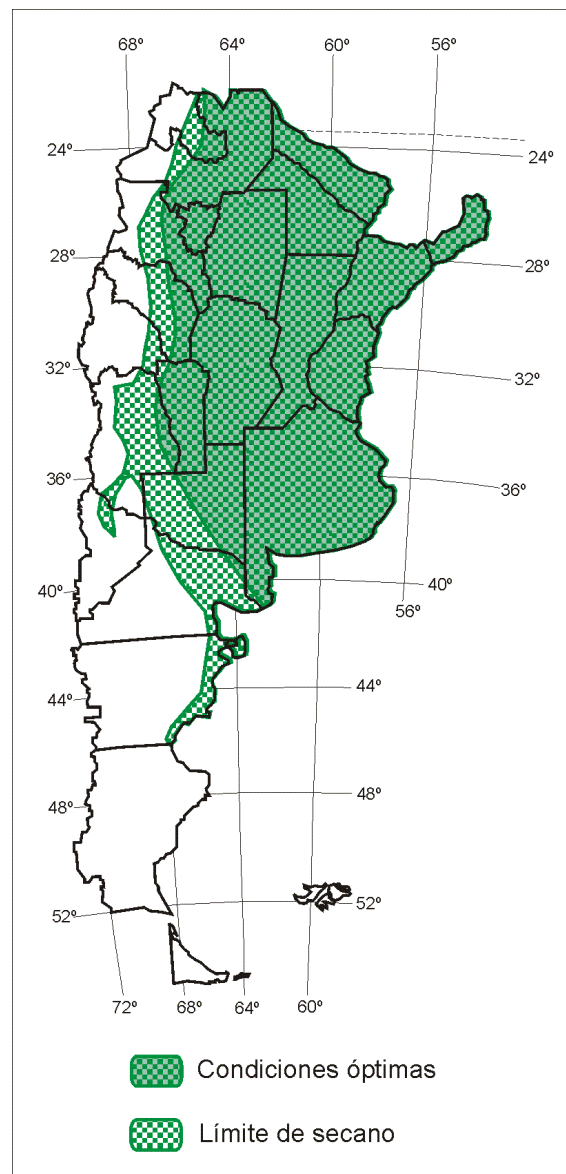


Figura 7. Zona potencialmente apta para el cultivo de *Cynara cardunculus*

La utilización del cardo cosechado y secado para la producción de energía, en sustitución de los combustibles fósiles, "presenta indudables ventajas de índole económica, estratégica, social y medioambiental" además de las ventajas de utilizar un combustible que si bien no es autóctono, crece como "yuyo". Al estar desplazado

hacia tierras marginales se promueve la generación de empleo y se genera actividad en el medio rural, lo que contribuye al desarrollo local.

Cuando se define un cultivo como apto hay que analizar el volumen que podría obtenerse en distintas zonas, los recursos técnicos y humanos y las facilidades para una industrialización eficiente.

Es importante relevar las tierras potencialmente aptas para estudiar sus aspectos edáficos, disponibilidad de agua e impacto ambiental potencial de la agricultura. Estas tierras deben ser adicionales y no competir con los usos tradicionales.

Este trabajo contribuyó a estudiar una de las especies potencialmente aptas para las tierras no destinadas a la agricultura tradicional.

Este tema es muy complejo y requiere del estudio de un abanico de variedades posibles para la producción de biocombustibles y para el desarrollo de ensayos geográficos a lo largo de varios años.

Además se deberá analizar el impacto en la economía agrícola ante la posibilidad de que sea viable la implantación de esta especie desde el punto de vista económico. De nada valdría intentar imponer un cultivo, si el resultado proyectado para los productores es negativo desde el punto de vista económico.

Además deberá evaluarse el impacto ambiental que podría ocasionar la siembra de cardo en grandes extensiones, ya que por acción de los vientos del oeste podría dispersar las semillas hacia la zona con agricultura tradicional. Cabe enfatizar que al ser el cardo una

maleza asilvestrada, con capacidad de adaptación a casi todo el país, requerirá de un manejo especial para evitar el incremento en el uso de herbicidas en áreas aledañas y cercanas, destinadas a la producción agrícola.

Bibliografía

- Agencia Andaluza de la Energía. 2007. "Situación de la biomasa en Andalucía". Conserjería de Inno-vación, Ciencia y Empresa. 87 pp.
- Amaral, S. 1997. Producción Agropecuaria 1810-1850. En: Academia Nacional de la Historia Argentina. Buenos Aires. Planeta. V 6 , 41-64.
- Encinar, J. M.; Gonzáles, J. F.; Rodríguez, J. J. and Tejedor, A. 2002. Biodiesel fuels from vegetable oils: Transesterification of cynara cardunculus L. Oil with ethanol. *Energy & Fuels*. Vol. 16, p. 443 – 450.
- Falasca, S, y Bernabé, M.A. 2006 "Impacto regional en la zona semiárida argentina implantando cultivos para biodiesel". IX Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra. Santiago de Chile.
- Falasca, S., y Ulberich, A. 2007. "El agroclima del cardo *Cynara cardunculus* como cultivo energético en áreas semiáridas de Argentina". En: CD rom *XXX Congreso ASADES y XV Reunión de la IASEE*. San Luis, 13-16 de noviembre de 2007 y en prensa Revista AVERMA (Avances en Energías Renovables y Medioambiente).
- Fernández González, J. y García Muller, M. 2004. "Sistema de separación fraccionada de la biomasa integral de cardo, *Cynara cardunculus*". Instituto Madrileño de Investigación Agraria. Universidad Politécnica de Madrid. 11 pp.
- Marzocca, A. 1976. Manual de malezas. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.

Servicio Meteorológico Nacional.
"Estadísticas Climatológicas". 1961-
1970. 1971-1980 y 1981-1990. Buenos
Aires.