

Los productos celulósicos no alimentarios podrían ser una alternativa real a los carburantes fósiles

Los biocombustibles, ¿una oportunidad agrícola?

En los últimos años se ha creado una pesada incertidumbre sobre las expectativas futuras de la agricultura extensiva española después de las últimas modificaciones de la PAC, y el estancamiento, sin esperanza de mejora, de los precios de las principales producciones extensivas agrícolas, presionados por los bajos precios en los países en desarrollo. La superación de los pronósticos más pesimistas para los precios de los combustibles fósiles y la demanda mundial de petróleo, ha puesto de manifiesto la necesidad de aprovechar todas las oportunidades que puedan brindar las energías alternativas, fundamentalmente las renovables, entre las que se encuentran los biocombustibles líquidos objeto de este trabajo.

**Prudencio López, Amelia Montoro
y Fernando de la Cruz.**

Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete (ITAP)

La quema masiva de los combustibles fósiles para obtención de energía ha creado el gran problema del efecto invernadero debido a las emisiones de gases procedentes de esas combustiones, sobre todo de dióxido de carbono y metano. La necesidad de controlar y disminuir las emisiones de estos gases de efecto invernadero ha dado lugar a que en los últimos años la comunidad científica haya dado la voz de alarma sobre el peligro de calentamiento global y sus previsibles efectos y consecuencias para la vida en la Tierra. En este sentido, los biocombustibles parecen disponer de una buena situación de partida, ya que los mismos consumen y fijan CO₂ en el proceso de producción de los cultivos que los originan, aunque no está tan claro que puedan suponer una contribución a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

El término biocarburante o biocombustible, está reservado a los carburantes líquidos derivados de la biomasa, en sus dos formas: biodiésel, para mezclar o sustituir los gasóleos de locomoción en los motores diésel, y bioeta-

nol, para mezclar o sustituir a las gasolinas en los motores Otto. Las primeras tecnologías utilizadas actualmente en producir ambos son relativamente ineficientes y caras; y en particular, la utilización de colza y maíz como cultivos de base en los países del primer mundo para obtener uno u otro combustible.

El ritmo de producción de los cultivos bioenergéticos estará determinado por la toma de decisiones políticas sobre la sustitución de la energía fósil, que deberán tener en cuenta:

- La disponibilidad de tierras de cultivo para este aprovechamiento en competencia con los usos alimentarios.
- El precio de la energía obtenida de esta forma y la evolución de los precios de los combustibles fósiles.
- El balance real de energía y de CO₂ para la obtención de los mismos.
- Qué cultivos acabarán utilizándose para producir biocombustibles.

En cualquier caso, para abordar el tema general de los cultivos energéticos debemos



partir de algunos principios generales y básicos que de no ser tenidos en cuenta, se pueden cometer errores importantes que compliquen todavía más el problema de la sostenibilidad de la vida sobre la Tierra: el primero de ellos, es que no es posible el aumento de superficies cultivables a nivel global, sin grandes problemas de supervivencia del planeta. El segundo es que «la energía procedente de los biocombustibles sólo es renovable si no tiene efectos sobre el ciclo natural del carbono» (J. Lovelock, 2007). Las materias primas para fabricar estos combustibles «se obtienen con técnicas de agricultura intensiva, con el uso de plaguicidas, fertilizantes, y maquinaria de laboreo, recolección y transporte, que derivan o usan el petróleo» (D. Russi, 2007).

Fuentes para la fabricación de biocarburantes líquidos

Podemos definir los biocarburantes, siguiendo a la Comisión para el Estudio del Uso de los Biocombustibles del Ministerio de Hacienda, como: el conjunto de combustibles líquidos provenientes de distintas transformaciones de la biomasa, que al presentar determinadas características similares a las de los carburantes convencionales derivados del petróleo, pueden ser utilizados en motores de los vehículos en sustitución de éstos. Son alcoholes, éteres, ésteres, aceites y otros compuestos químicos producidos a partir de biomasa.

El objetivo es la producción de bioetanol para su empleo en los motores de gasolina, y biodiésel para emplearlo en sustitución de los gasóleos de locomoción, así como las diferentes mezclas y fórmulas entre ellos y los derivados del petróleo que ahora no vienen al caso.

Las fuentes utilizables para la producción de biocombustibles líquidos para producción de bioetanol se pueden resumir en: cereales (maíz, trigo, cebada) y biomasa sólida (sorgo forrajero, cardo, árboles de crecimiento rápido, arbustos, residuos agrícolas y forestales y residuos sólidos urbanos). Y para producción de biodiésel en: oleaginosas (colza, soja, girasol, palma, ricino, etc.).

A pesar de todas las posibilidades de fuentes de producción de los biocarburantes, en la actualidad se puede decir que prácticamente toda la producción mundial de bioetanol se produce a partir de caña de azúcar en Brasil y de maíz en EE.UU, y el biodiésel a partir de la colza y girasol, y de importaciones de otros aceites como el de soja y de palma en la

UE. En todos los casos anteriores estamos hablando de cultivos intensivos apoyados con regadío donde es necesario. Los rendimientos por hectárea en biocombustible de éstos y otros cultivos, están entre los 2.000 l/ha para los cereales menores, y los 6.000 l/ha para el sorgo forrajero o la caña de azúcar, en el caso del etanol; y 1.500 l/ha para la colza, 5.500 l/ha para el aceite de palma, en el caso del biodiésel.

La evolución de la producción agraria global

El crecimiento anual de la producción agraria mundial en la actualidad tiene un ritmo del 1,8% según datos de la FAO, la cual estima que en 2010 puede desacelerarse todavía más. En la década los años 60 el crecimiento



era del 3% anual, descendiendo paulatinamente hasta las cifras actuales.

Por otra parte, el crecimiento previsible de la población mundial para el año 2030 hasta los 8.300 millones de habitantes, requerirá un aumento considerable de la producción agrícola total, equivalente a 1.000 millones de toneladas de cereales al año (L. Fresco, 2006).

Las cifras generales de las superficies dedicadas al cultivo en el mundo están estancadas desde hace décadas en unas cantidades inferiores a los 1.400 millones de ha, de las cuales un 50% se dedican a cereales (trigo, maíz, arroz y cebada), girasol y soja, (Faostat, 2003). Por otra parte, la mitad de las calorías ingeridas por la población humana provienen de tres cereales: trigo, arroz y maíz, y el conjunto de las superficies cultivadas de estos cerea-

les está disminuyendo a un ritmo de 2,4 millones de ha anuales (E. Fereres, 2006).

En este marco tendrá que moverse el desarrollo de los cultivos energéticos, compitiendo, en superficies cultivadas y precios, con las producciones para uso alimentario de una población en crecimiento cuantitativo y cualitativo.

La situación europea para los seis cultivos señalados anteriormente, como los más importantes desde el punto de vista alimentario, pero también para la posibilidad de utilizarlos como fuentes de biocombustibles, es en conjunto la de un déficit de más de 9 millones de toneladas de materias primas agrícolas en la balanza comercial del conjunto de los mismos, incluida la soja.

El uso de los aceites vegetales como biocombustibles, ha convertido a la UE en el comparador más importante de aceite de soja y de

colza, y se han incrementado las de aceites de girasol y palma a niveles récord (Reuters, 2007).

Si ponemos ahora el punto de mira en España, nos encontramos con la situación que trataremos de explicar de la manera más gráfica posible, para todo aquello que creemos puede tener influencia en el desarrollo del cultivo de materias primas para biocarburantes.

En primer lugar, la evolución de las superficies de cultivo en los últi-

mos años demuestra una clara tendencia a la disminución de las tierras de cultivo, con un ritmo sostenido de 200.000 ha anuales desde nuestra entrada en la UE en 1986, momento desde el cual se han abandonado al cultivo casi 3 millones de ha (López Fuster P., 2006).

En el momento actual, para la media de los últimos años de los que disponemos datos, la situación media de la balanza comercial de los cereales en España, se representa claramente en la **ecuación 1**.

Ecuación 1.

$$\begin{aligned} \text{Utilización Interior Total} &= \text{Producción Nacional} + \\ &\text{Importaciones} - \text{Exportaciones} \\ 30.300 \text{ t (100\%)} &= 22.400 \text{ t (67\%)} + 11.700 \text{ t (38\%)} \\ &- 2.230 \text{ t (5\%)} \end{aligned}$$

En ella se hace patente nuestra dependencia exterior para todos los productos básicos contemplados (trigo, cebada y maíz), a la que habría que añadir la de girasol y soja, hasta llegar a un déficit que supera al de toda la Europa de los Quince, y que en conjunto es de más de 12,7 millones de toneladas de materias primas agrícolas.

Producción mundial de biocombustibles

La producción mundial de biocombustibles se ha disparado en los últimos años, tanto en bioetanol como en biodiésel. El primero se ha duplicado en cinco años, pasando de los 17.500 millones de litros en 2000, a 36.000 en 2005 y superando los 47.000 MI en 2007. En cuanto al biodiésel, el crecimiento todavía es más llamativo, pasando de 750 a 7.900 millones de litros en el mismo periodo. Las superficies necesarias para producir las materias primas origen de estos combustibles, han experimentado un crecimiento paralelo, siendo necesarias en la actualidad más de 18 millones de hectáreas (unas 10 Mha para etanol y 8 Mha para biodiésel), de cultivo intensivo de maíz y caña de azúcar en el primer caso, y de colza y soja en el segundo. Esta cantidad representa sólo un modesto 1% de la superficie mundial cultivada.

A través de la Directiva 2003/30/CE, los Estados miembros de la UE deberán tomar medidas para conseguir que en 2010 un 5,75% de los carburantes fósiles sea reemplazado por biocarburantes, para llegar a un 8% en 2020 sin provocar tensiones en la producción de alimentos, lo que parece una meta no muy realista, ya que para ello sería necesario dedicar más de un 10% de todas las tierras de cultivo europeas a estas producciones, además de romper los actuales topes de la PAC de las superficies dedicadas a cultivos energéticos que en el momento actual es de 1,5 millones de ha (sin penalizaciones en las ayudas), a todas luces insuficiente. Menos realista todavía es la meta de EE.UU. que pretende llegar a un 4% en 2010 y a un 20% para el año 2030. La lógica de estas pretensiones se rompe fácilmente si pensamos que para cumplir esos planes sería necesario dedicar más de un 15% de las tierras de cultivo del mundo a producir biocombustibles, o lo que es lo mismo, pasar de los actuales 14 millones de ha, a más de 200 millones de ha en 2030, lo que se hace inamalgamable sin que se produzcan drásticos cam-

bios en la agricultura y la biotecnología, que permitiesen dedicar esas superficies a usos no alimentarios.

Balance energético y medioambiental de la producción de biocombustibles

La necesidad de utilizar cantidades importantes de energía para producir las materias primas que darán lugar a los biocarburantes, desequilibra la ecuación energética para producirlos y también la de las emisiones de CO₂.

Hemos intentado realizar una estimación, sin la pretensión de ser exhaustiva y completa, del balance energético resultante de producir el etanol de una hectárea de maíz (**cuadro I**) y el biodiésel de una hectárea de colza (**cuadro II**), teniendo en cuenta el proceso completo del itinerario técnico del cultivo en primer lugar y también la energía requerida en el proceso industrial, como energía gastada en l/ha de gasoil, para producir una determinada cantidad de biocombustible equivalente en las mismas unidades.

En el caso de la producción de etanol a partir de maíz, su balance negativo no puede ser más expresivo de la forma de producir energía de manera no renovable. La paradoja que refleja el **cuadro I**, es que para producir 1 litro de bioetanol equivalente de gasoil, es necesario gastar 1,2 litros de gasoil en los diferentes conceptos contemplados (-21,3%). Estudios realizados en el USDA de EE.UU. en 2002 por H.Shappouri, J.A. Duffiel, y M. Wang, y en 2004 por los mismos autores y A. McAloon, concluyen con balances ligeramente positivos, hasta en un +30% en el segundo caso, mientras que un estudio realizado en 2005 por D.Pimentel y T.W. Patzek y publicado en Natural Resources Research (Vol.14), en el que se tienen en cuenta más partidas de gasto energético, y se afina más en las comunes, resulta un balance negativo en un -21%, y por tanto muy semejante al que nosotros hemos realizado aquí, para nuestras condiciones de La Mancha oriental.

Para el caso del biodiésel hemos encontrado un balance positivo (+36,1%), lo que no evita la realidad de que para obtener 1 litro de biodiésel a través del cultivo de la colza, sea

CUADRO I.

Balance de salidas y entradas energéticas y porcentaje de pérdida de energía en el proceso total con cultivo de maíz.

MAÍZ	Cantidad	Gasoil
Operación	(horas/máquina)/ha	(litros/ha)
Cantidad equivalente de gasoil gastado en una ha de maíz		
Labores de cultivo	4,6 h tractor	88,1
Semilla (1)	75.000 pl/ha HS	65
Energía de riego	6.500 m ³ /ha	483
Fertilizantes (2)	1 t (NPK) + 0,6 t N	474,6
Pesticidas (3)	Herbicida + fitosanitarios	113,0
Secado	5,16 l/t	51,6
Transporte	100 (x2) km en camión	162,4
Proceso industrial (4)	Proceso 12 t / ha	1.819,2
Total salidas		3.256,9
Cantidad equivalente de gasoil producido en una ha de maíz		
Contenido en etanol	Equivalente en gasoil	2.505,4
Venta Subproducto (5)	Equivalente en gasoil	180,0
Total Entradas		2.685,4
Balance Energético		- 571,5
Porcentaje relativo		- 21,3%
Cantidades equivalentes en litros de gasoil para realizar las operaciones de obtención de grano de maíz para producir bioetanol y contenido energético de 1 ha de maíz cultivada en Albacete.		
Fuente: ITAP para datos de cultivo y D.Pimentel y T.W.Patzek, para datos de proceso industrial.		
(1) Energía gastada en la producción de la semilla. (2) Energía necesaria para la fabricación de los fertilizantes empleados. (3) Energía consumida en la fabricación de herbicidas y fitosanitarios. (4) Energía necesaria en el proceso de fabricación de etanol o biodiésel. (5) Venta de 1.500 kg/ha de turtó de colza y su equivalente energético.		

CUADRO II.

Balance de salidas y entradas energéticas y porcentaje de ganancia de energía en el proceso total con cultivo de colza.

COLZA	Cantidad	Gasoil
Operación	(horas/máquina)/ha	(litros/ha)
Cantidad equivalente de gasoil gastado en una ha de colza		
Labores de cultivo	2,97 h tractor	56,7
Semilla (1)	3 kg/ha H	9,2
Energía de riego	2.500 m ³ /ha	201,2
Fertilizantes (2)	0,5 t (NPK) + 0,4 t N	237,3
Pesticidas (3)	Herbicida + fitosanitarios	28,2
Transporte	100 km en camión	40,6
Proceso extracción (4)	Extracción 3 t/ha	47,7
Proceso esterificación (4)	Proceso 3 t/ha	327,3
Total salidas		948,2
Cantidad equivalente de gasoil producido en una ha de colza		
Contenido en biodiésel	Equivalente en gasoil	1.383,5
Venta subproducto (5)	Equivalente en gasoil	99,7
Total entradas		1.483,2
Balance energético		+ 535,0
Porcentaje relativo		+36,1 %

Fuente: ITAP para datos de cultivo y D.Pimentel y T.W.Patzek, para datos de proceso industrial. Cantidades equivalentes en litros de gasoil para realizar las operaciones de obtención de grano de colza para producir biodiésel y contenido energético, de una hectárea de colza cultivada en Albacete.

necesario gastar 0,64 litros de gasoil en producirlo. La ventaja de la colza para producir biocarburos con respecto al maíz y en general a los cereales, se debe probablemente a varias razones entre las que podemos encontrar: el tratarse de un cultivo de invierno menor consumidor de inputs agrícolas como el agua de riego, fertilizantes, fitosanitarios, etc., un consumo energético mucho menor en el proceso de fabricación y la obtención de un combustible con mayor poder calorífico.

Conclusiones

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, y tratando de buscar respuesta a las cuestiones planteadas y extraer algunas conclusiones ordenadas sobre las expectativas creadas por los biocarburos, dividiremos éstas en los siguientes puntos:

- **¿Una alternativa energética?** Sí, si se plantea como alternativa estratégica a la dependencia del petróleo y los combustibles fósiles en general. No, si se plantea como una fuente más de energía renovable, ya que no lo es, como ha quedado demostrado en esta trabajo.
- **¿Una alternativa agrícola?** De ninguna manera en el caso de los cereales para produ-

cir etanol en competencia con los usos alimentarios y en cualquier otro caso que sus producciones conduzcan a reducir superficies dedicadas a alimentar a una población en los países del tercer mundo y en vías de desarrollo, que no tienen cubiertas sus primeras necesidades, y que ello conllevaría un encarecimiento de los alimentos más básicos, que ya empieza a hacerse presente en los mercados internacionales.

- **¿Una alternativa medioambiental?** No, porque tiene efectos negativos sobre el ciclo del carbono. El balance neto de las emisiones de CO₂ a la atmósfera de los biocarburos no es neutro, porque para ello haría falta no consumir energías netamente emisoras de gases de efecto invernadero, como los combustibles fósiles, en el proceso de producción de los mismos (cultivo y fabricación). Sólo en el caso de que fuera así, el dióxido de carbono capturado por el cultivo en su proceso fotosintético sería una cantidad igual a la emitida a la atmósfera en la quema posterior de la utilización del biocombustible. El balance neto en dióxido de carbono de cada cultivo fuente de biocarburos deberá ser objeto de trabajos de investigación y desarrollo antes de la planificación de su producción masiva.
- **El futuro.** El futuro de los biocarburos

estará posiblemente en la utilización de productos celulósicos no alimentarios, a los que nos hemos referido ya en este trabajo, residuos urbanos, agrícolas y forestales, etc., cuyo proceso de transformación en etanol es mucho más eficiente desde el punto de vista energético y medioambiental. A ello deberían ir dirigidos los esfuerzos y los medios en I+D+i, para convertir a los biocombustibles en una alternativa real a los carburantes fósiles, que en el momento actual no lo son. La biotecnología tiene mucho que decir en esta cuestión a través del desarrollo de microalgas fotosintéticas (procesos de segunda generación), hongos y bacterias que produzcan azúcares que den lugar a etanol y otros productos orgánicos utilizables como combustibles.

La evolución de los precios del petróleo, de los cereales y las oleaginosas a nivel global, y el de la concienciación universal de la necesidad de conservar un mundo habitable, tendrá, en cualquier caso la última palabra en el futuro, sobre las superficies agrarias que se dedicarán a los cultivos energéticos. Un ejemplo ha sido el de la subida de las materias primas agrarias en 2008, que puso en claro la vulnerabilidad del sector de los biocombustibles. ●

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar González, J.L., (2006). Biodiesel, ejemplo notable de combustible alternativo. *Energía a debate*. Feb 2006. www.europadebate.com.mx/Articulos_febrero2006.

APPA (2005). Una estrategia de Biocarburos para España (2005-2010). PRICEWATERHOUSE COOPERS.

EOSAT, (2003). Utilización de las tierras. Tabla 4.

Fereres, E., (2006). Perspectiva de la Agricultura en el siglo XXI. *Actas del Symposium "Los Retos a la agricultura del siglo XXI"*. ITAP.Albacete.

Fresco, L.O., (2006). Desarrollo, Agricultura y Alimentación en el Futuro. *Actas del Symposium "Los Retos a la agricultura del siglo XXI"*. ITAP.Albacete.

IDAE (2006). Instituto para la diversificación y ahorro de energía. *Biocarburos en el transporte. Manuales de energías renovables*.

Lovelock, J. (2006). *La Venganza de la Tierra*. Ed. Planeta.

MAPA (2004). *Anuario Estadística Agraria y Alimentaria*.

Pimentel, A. and Patzek, T.W. (2005). *Ethanol Production using Corn, Switchgrass and Wood*. *Natural Resources*. Vol 14.

- Portal www.oilgae.com, sobre producción de microalgas para producción de biodiesel.

- Rubio, G. (2005). Los biocombustibles: situación actual, análisis y perspectiva de la producción en Mercosur y del comercio con la UE. Estudio patrocinado por FAO.

- Russi, D. (2007). *Biocarburos: una estrategia poco aconsejable*. Universidad Autónoma de Barcelona.

- Shapouri, J.A.; Duffiel, J.A.; McAloon, A. and Wang M. (2004). *The 2001 Net Energy Balance of Corn Ethanol*. USDA

- Shapouri, J.A.; Duffiel, J.A. and Wang M. (2002). *The Energy Balance of Corn Ethanol: An Update*. USDA.