



**RELEVANCIA ENERGÉTICA DEL
REGADÍO.
ESQUEMA DE TEMAS IMPORTANTES
PLAN HIDROLÓGICO (2007)**

Autores: Javier Sanz Villar

Alberto Lafarga Arnal

Villava, octubre 2007

RESUMEN

El consumo de energía en los regadíos se reparte entre el abonado (1.156 Ktep) los bombeos (837 Ktep) y los laboreos (424 Ktep)

Habría que eliminar el lenguaje engañoso que utiliza como sinónimos los conceptos “riegos por gravedad”, “riegos a manta”, “sin consumo energético” y “poco eficientes” en el uso del agua; en el otro extremo, también es incorrecta la equivalencia entre los conceptos de “riegos a presión”, “riegos con alto consumo de energía”, “riegos de alta eficiencia”

Para mejorar la eficiencia energética de los regadíos se plantean varias vías: en la fase de proyecto convendría estudiar a fondo la relación existente entre inversión inicial en la red de tuberías y pérdidas de carga del sistema. Dividir la red en sectores de presión, incorporar variadores de frecuencia en los bombeos o depósitos operativos, o ajustar las condiciones de bombeo a la situación real de trabajo de la red en cada momento, son soluciones técnicas modernas que permiten ahorrar energía. Ir hacia sistemas de distribución de agua en parcela menos exigentes en energía, es otra vía evidente de ahorro.

Allí donde se emplea energía para bombear el agua de riego, un ahorro de agua implica ahorro de energía; el ahorro de agua pasa necesariamente por proveer de formación e información al regante (SAR), implantar sistemas de medida y control de consumos, y sistemas de incentivo /penalización económica.

En el caso del cambio de sistema de riego, de riego a manta a riego por aspersión, el ahorro de agua se produce en general a costa de un incremento del consumo de energía; este tipo de proyectos necesita una reflexión caso a caso, evitando la idea de plantearlos siempre como positivos.

Es muy significativo el uso de residuos agrícolas para producir energía en el Valle del Ebro. Puede estimarse una producción energética de entre 220 y 250 Ktep procedente de los residuos de los cereales y unos 100 Ktep procedente de la poda de vid, frutales y olivo disponible para el mercado de la biomasa con fines energéticos.

En cuanto a los cultivos energéticos, las posibilidades del regadío del Ebro son muy diversas, desde la generación eléctrica con biomasa de cereales, tanto de invierno (triticale) como de verano (sorgo) y oleaginosas (brasicas de otoño) hasta la producción de bioetanol con los cereales, o biodiésel con aceites de colza y girasol.

El potencial productivo de los regadíos del Valle del Ebro es muy elevado. A partir de los ratios actuales de transformación en energía de estos cultivos, una hectárea de tierra permite obtener la electricidad que consume un hogar medio español en 30 a 50 meses; el biodiésel para hacer entre 24 y 27.000 km con un automóvil de tipo medio, o entre 20 y 24.000 km en el caso del bioetanol.

En cuanto a los balances energéticos, un estudio del Ciemat concluye que en el ciclo de vida de producción del Biodiésel (B100%) y el Bioetanol (E85%) los balances energéticos fueron muy positivos, 3,85 y 1.78 (Mjul en el biocombustible/Mjul energía fósil consumida) respectivamente. En cuando a la Emisiones de Gases de Efecto Invernadero evitadas (GEI) el bioetanol de cereales supuso un ahorro del 90% de las emisiones producidas con el combustible equivalente en gasolina y con el Biodiésel (B100%) un 57% de ahorro respecto al combustible fósil, diesel en esta caso.

En cuanto a la rentabilidad de estos cultivos energéticos, en el caso de la biomasa el alcanzar el rendimiento umbral y el rendimiento equivalente a cebada es razonable. Con respecto a la colza, la situación es ligeramente más favorable, especialmente si los precios siguen la tendencia alcista que se prevé. El girasol ya es un cultivo introducido como alimentario, su destino energético por tanto dependerá exclusivamente de los precios de uno y otro mercado. En el futuro otros cultivos hoy en investigación podrán aportar su contribución también a este nuevo mercado energético.

ÍNDICE

	Página
1. Consumo de energía en los regadíos	2
<i>1.1. Sistemas de bombeo</i>	4
1.1.1. Optimización energética del diseño de las redes de riego.....	5
1.1.1.1. Cálculo de la red y elección de la altura de bombeo.....	5
1.1.1.2. División de la red en varios sectores de presión.....	5
1.1.1.3. Utilización de variadores de frecuencia o depósitos reguladores.....	6
1.1.1.4. Ajuste de la presión a las condiciones de funcionamiento de la red.....	6
1.1.1.5. Sistemas de distribución de agua en parcela menos exigentes en energía.....	6
1.1.2. Mejora de la eficiencia y rendimiento de motores y bombas.....	6
1.1.2.1. Mantenimiento de las instalaciones.....	6
1.1.2.2. Mejora del factor de potencia.....	7
<i>1.2. Ahorro de agua</i>	7
1.2.1. Información y formación de los regantes.....	7
1.2.2. Sistemas de control y medida de los consumos.....	8
1.2.3. Incentivación económica: tarifas binómicas.....	8
1.2.4. Penalización de consumos excesivos.....	9
<i>1.3. Un caso especial: el cambio de sistema de riego de superficie, por riego a presión</i>	9
2. La contribución de los regadíos del Valle del Ebro a la producción sostenible de biomasa para energía	12
<i>2.1. Residuos de origen agrícola</i>	15
2.1.1. Residuos de origen herbáceo en el regadío.....	15
2.1.2. Residuos de cultivos leñosos.....	16
<i>2.2. Biomasa residual de la industria agroalimentaria</i>	17
<i>2.3. Cultivos energéticos</i>	18
2.3.1. Cultivos de invierno para producir biomasa.....	19
2.3.2. Sorgo en regadío para producir biomasa.....	19
2.3.3. Colza y girasol para biodiésel.....	20
2.3.4. Cereales para bioetanol.....	22
<i>2.4. Balance Energético de los cultivos y de emisiones GEI</i>	22
<i>2.5. Costes de Producción y Rentabilidad de los cultivos energéticos</i>	24

1. CONSUMO DE ENERGÍA EN LOS REGADÍOS

En los sistemas agrícolas, el consumo de energía se puede agrupar en los siguientes epígrafes generales (ver Cuadro N° 1):

CUADRO N° 1 PLAN NACIONAL DE REGADÍOS

	Gasoil Agrícola Ktep	Energía eléctrica para riego (Ktep)	Total Energía Ktep	% sobre España
Secano	1.349	0	1.349	1,33
Bombes Regadío	224	613	837	0,83
Labores Regadío	424		424	0,41
Pesca	853	0	853	0,83
Otros	100	0	100	0,10
Total	2.950	613	3.563	3,5

- En primer lugar, tenemos el consumo de combustible ligado a tractores y otras máquinas agrícolas, con las cuales se llevan a cabo todas las operaciones de acondicionamiento del suelo, siembras, abonados, tratamientos fitosanitarios, recolecciones, empacado, transporte, etc. Según las cifras que se recogen en el Plan Nacional de Regadíos (PNR) y que se reflejan en el cuadro N° 1 anterior, por este concepto se consumen anualmente en nuestro país 1.773 Ktep, de las cuales, 424 corresponden a las labores realizadas en tierras de regadío.
- Por otra parte, nos encontramos otro gran bloque de consumo de energía en los bombes de agua para regadío. Según las mismas fuentes antes citadas, este consumo asciende a la cifra de 837 Ktep, de las cuales 613 proceden de energía eléctrica y las 224 restantes se obtienen a partir de gasoil agrícola.
- Existe otro gran concepto de consumo de energía en los regadíos y en las tierras agrícolas en general, que va ligado a la utilización de fertilizantes, principalmente los nitrogenados, que requieren de una gran cantidad de energía para su fabricación. El consumo total de

fertilizantes nitrogenados ascendió en 2006 a un total de 970.400 tm de N. Teniendo en cuenta la energía necesaria para producir cada tipo de abonado nitrogenado y las proporciones en el consumo de los mismos, podemos estimar que ha sido necesario gastar una energía de 1.156 Ktep para fabricar este abono.

La problemática del consumo de gasoil en las labores agrícolas concierne indistintamente a las tierras de secano y a las de regadío, y aunque es cierto que el cultivo en regadío añade una cierta intensificación de las labores y del gasto de combustible, también es cierto que el consumo de energía por este concepto corresponde mayoritariamente a los secanos, en proporción a su mayor superficie. Por esta razón, al no tratarse de un consumo ligado específicamente a la problemática de los regadíos, entendemos que no merece la pena extenderse aquí en esta cuestión.

No obstante, para profundizar más sobre ello, puede consultarse la edición de carácter divulgativo que el ITG Agrícola ha desarrollado recientemente para el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) con varios títulos “Ahorro de Combustible en el Tractor Agrícola”, “Ahorro y Eficiencia en el Laboreo agrícola” y “Ahorro y eficiencia y estructura de la explotación agrícola” y que pertenecen a la colección “Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura”.

Por lo que respecta al tercer punto, el consumo de fertilizantes nitrogenados, en la mayor parte de estudios y estadísticas, este consumo de energía se imputa al sector industrial al que pertenecen los fabricantes. Por esta razón, y porque tampoco este tema va ligado a la problemática específica de los regadíos, tampoco profundizaremos en este concepto en el presente informe.

Nuevamente, podemos apuntar la referencia de otra publicación de la misma serie que la anterior que está a punto de salir publicada y que también ha sido desarrollada por ITG Agrícola para el IDAE. Su título será “Ahorro y Eficiencia Energética y Fertilización Nitrogenada”.

En consecuencia, vamos a centrarnos en el consumo de energía en los bombeos de agua para riego, aspecto éste que sí que está directamente relacionado con los sistemas de riego, la planificación de regadíos, y las políticas de creación de nuevos regadíos y de gestión de los sistemas ya existentes.

1.1. Sistemas de bombeo

El movimiento del agua en los sistemas de riego, así como su distribución por la parcela a regar, consumen energía por varios motivos, que si los ordenamos en el sentido del movimiento del agua podrían clasificarse así:

- Para salvar el desnivel geométrico; esto evidentemente es necesario tan sólo cuando las tierras a regar se encuentran a un nivel superior al del origen del agua de riego.
- Para vencer las fuerzas de resistencia al movimiento o pérdidas de carga, que se producen sea cual sea el sistema de transporte.
- Y por último, los sistemas de riego por aspersión y en menor medida los riegos localizados, necesitan que el agua disponga de una energía residual en forma de presión, en el punto de entrega final del agua.

Cuando las condiciones topográficas son favorables y el origen del agua está más elevado que las parcelas a regar, el diferencial en energía potencial puede bastar para proporcionar toda, o al menos una parte de la energía necesaria para los dos últimos apartados. En el primer caso estaremos hablando de riegos “por gravedad” puesto que es la energía potencial gravitatoria quien proporciona al sistema toda la energía necesaria y no hace falta bombeo alguno.

Nótese que este concepto de riegos por gravedad, tal como lo proponemos aquí, no tiene nada que ver con el sistema de distribución de agua en parcela, aunque muchas veces se mezclan los conceptos.

Y llegando por fin a la entrega del agua en parcela, nos encontramos con diferentes sistemas de distribución que a su vez tienen problemáticas energéticas muy diferentes:

- “riegos de superficie” donde la distribución del agua por la parcela se hace a través de la superficie de la misma (sistemas “de inundación”, “a manta”, “por surcos”, etc). En estos sistemas no se necesita ninguna energía residual en el agua (o ésta es despreciable).
- “riegos localizados” como los de goteo, microaspersión, etc. En este caso se necesita una presión final del agua del orden de 80 a 150 kPa

lo cual supone aproximadamente en términos de energía, entre 80.000 y 150.000 J . m⁻³

- “riegos por aspersión”. La presión requerida en boquilla suele ser del orden de 300 a 400 kPa, lo cual implica una energía de 300.000 a 400.000 J . m⁻³ de agua de riego aplicada.

Cuando se necesita aplicar energía externa al sistema, se hace mediante bombas hidráulicas, las cuales a su vez se accionan por motores eléctricos en el caso más frecuente, o de gasoil.

La magnitud del consumo de energía por este concepto, como ya hemos visto más arriba, nos aconseja detenernos en una serie de posibles vías de ahorro de energía en los sistemas de bombeo de agua para riego.

Se pueden analizar varias vías que conducen a este fin:

1.1.1. Optimización energética del diseño de las redes de riego

1.1.1.1. Cálculo de la red y elección de la altura de bombeo

Los procedimientos de cálculo y optimización de las redes de riego que necesitan un bombeo, generan una curva que relaciona el coste de la red con las necesidades de bombeo en cabecera, las cuales varían al hacerlo los diámetros de las tuberías y las pérdidas de carga. Esta curva permite elegir el diseño óptimo de la red, teniendo en cuenta los costes de inversión inicial, más los costes de energía anuales. Se trata de una decisión de tipo económico, pero cualquier incentivo en ese momento hacia soluciones de menores pérdidas de carga en la red (a costa de una inversión algo mayor) podría suponer ahorros de energía para toda la vida útil del sistema, que merecerían una reflexión.

1.1.1.2. División de la red en varios sectores de presión

En determinadas circunstancias puede ser posible dividir una red en varios sectores diferentes con distintas necesidades de presión, ya sea porque las zonas de riego están a diferentes alturas, o porque se usan sistemas de distribución de agua con distintas necesidades de presión. Cuando esto ocurre, y aún a costa de complicar el

proyecto y la ejecución de la obra, la división en sectores de presión evita el despilfarro de suministrar energía en forma de presión, allí donde no es necesaria.

1.1.1.3. Utilización de variadores de frecuencia o depósitos reguladores

Para conseguir que las bombas trabajen en su punto óptimo de rendimiento y sin un excesivo número de arranques y paradas, se han venido utilizando diferentes sistemas de regulación en las redes de riego, como son los calderines presurizados hidroneumáticos o los depósitos operativos elevados. Recientemente, gracias al avance de las tecnologías, han tomado gran auge los variadores de frecuencia que regulan la velocidad de giro de los motores eléctricos, consiguiendo así adaptar el trabajo de la bomba a las demandas reales de la red en cada momento, y manteniendo las bombas en sus condiciones de rendimiento óptimo.

1.1.1.4. Ajuste de la presión a las condiciones de funcionamiento de la red

Un paso más allá puede conseguirse todavía, si tenemos en cuenta que en momentos de baja demanda en la red, los caudales circulantes son pequeños y por tanto las pérdidas de carga también bajan. Conociendo previamente el comportamiento de la red (relación entre caudales y pérdidas de carga) es posible programar la respuesta del bombeo a la situación del momento, y ajustar aún más el consumo energético.

1.1.1.5. Sistemas de distribución de agua en parcela menos exigentes en energía

Como ya hemos comentado más arriba, hay diferencias significativas entre los distintos sistemas de distribución del agua en parcela, en cuanto a sus necesidades energéticas. Por tanto, cualquier modificación en el sentido de sustituir riegos por aspersión por riegos localizados, supone un ahorro de energía importante, como podemos deducir de las cifras antes expuestas. La misma consideración cabe hacerse entre las máquinas regantes (pivot, etc) que montan aspersores y las que están equipadas con los denominados “difusores”, mucho menos exigentes en energía.

1.1.2. Mejora de la eficiencia y rendimiento de motores y bombas

1.1.2.1. Mantenimiento de las instalaciones

Entre las distintas infraestructuras de bombeo de agua para riego, es fácil encontrar, junto a los sistemas más modernos y sofisticados, algunas instalaciones obsoletas y en un estado de conservación bastante deficiente. Evidentemente, a través de un

adecuado mantenimiento de los equipos en perfectas condiciones, llegando incluso a la sustitución cuando sea necesario, pueden obtenerse mejoras de la eficiencia y en definitiva ahorros de energía importantes.

1.1.2.2. Mejora del factor de potencia

No suele resultar complicado corregir las deficiencias de este tipo en las instalaciones eléctricas de bombeo mediante una batería de condensadores.

1.2. Ahorro de agua de riego

En todos aquellos sistemas de riego donde se necesita un aporte externo de energía, es decir, un bombeo, existe una relación directa entre agua aplicada y energía consumida. De esta forma, cualquier medida que permita conseguir un cierto ahorro de agua de riego, reducirá en la misma proporción la energía consumida.

Por esta razón, y aunque no sea éste el objetivo fundamental de este informe, vamos a enumerar someramente algunas de las medidas más importantes de ahorro de agua.

1.2.1. Información y formación de los regantes

Los regantes, que son quienes a la postre manejan los regadíos, deben tener unos conocimientos básicos sobre las necesidades de agua de los cultivos, balance de agua del suelo, dosis de riego, etc.

Además de esto, es importante que dispongan de información en tiempo real de cuáles han sido los consumos efectivos de los cultivos, con una frecuencia al menos semanal. Los “servicios de asesoramiento al regante” que ya existen en varias CCAA, y especialmente si disponen de una red de estaciones agrometeorológicas automáticas, prestan actualmente este servicio a los agricultores. Probablemente, estos sistemas de asesoramiento puedan quedar en el futuro incorporados al “*asesoramiento a las explotaciones agrarias*” que actualmente se está implantando en nuestro país, a partir del Real Decreto 520/2006 de 28 de abril y de las normativas europeas relacionadas con la Política Agrícola Común (PAC).

1.2.2. Sistemas de control y medida de los consumos

El gran problema del ahorro de agua de riego en nuestro país, y la Cuenca del Ebro no es evidentemente una excepción, es la imposibilidad de medir y controlar los consumos de agua, debido a las instalaciones existentes; esto se acentúa de forma muy especial en los sistemas tradicionales de riego de superficie, en los que las redes de riego están constituidas por acequias a cielo abierto, y muchas veces sin revestir. En esta situación, el control del volumen utilizado es casi imposible, tanto por los regantes como por los gestores de las comunidades de regantes.

1.2.3. Incentivación económica: tarifas binómicas

Es de la mayor importancia que el regante perciba claramente que un ahorro en el agua de riego utilizada en su parcela, va a suponer un ahorro económico para él. Actualmente, ya sea por comodidad de gestión o por imposibilidad técnica de hacerlo de otra forma, una gran mayoría de las comunidades de regantes repercuten los gastos a sus miembros únicamente en función de la superficie de cultivo y sin tener en cuenta el consumo real de cada uno. De esta forma, al regante le resulta indiferente en términos económicos ahorrar o despilfarrar agua.

Tampoco parece lógico que todos los gastos de la comunidad se repartan en función del volumen de agua consumido, sino que lo más lógico parece una tarifa binómica, donde los gastos fijos de la comunidad que se corresponden con el concepto de “derecho a regar” (con independencia de que luego se ejercite o no ese derecho), sean repartidos por igual entre toda la superficie, y por el contrario los gastos variables como el consumo energético y otros ligados al uso efectivo del agua, se repercutan en función del volumen consumido.

De esta forma el regante percibe claramente las ventajas para su economía del uso eficiente del agua.

1.2.4. Penalización de consumos excesivos

En la misma línea del razonamiento anterior, un paso más consistiría en que la tarifa por el consumo de agua no sea lineal, sino que a partir de un cierto volumen previamente establecido que dependerá de los cultivos, el consumo se considera excesivo y se penaliza con un precio superior.

En realidad, para que todo el sistema funcione correctamente, hace falta que se den todos los puntos enumerados, como si fueran eslabones de una cadena: el regante debe tener información para saber cuánto y cuándo debe regar, debe tener unas estructuras que le permitan regular el riego y poner en práctica las recomendaciones, y esto debe traducirse en ventajas económicas para su explotación.

1.3. Un caso especial: el cambio de sistema de riego de superficie, por riego a presión

Cuando se habla de modernización de regadíos, una de las opciones que aparecen frecuentemente en escena es la de cambiar el sistema de riego sustituyendo la distribución del agua en la parcela (riegos “a manta” o por “inundación”) por una distribución por sistemas de aspersión o goteo.

A diferencia de lo comentado en el epígrafe anterior, cambiar de sistema de distribución supone dotar al agua de una energía complementaria en la boquilla del aspersor o el gotero, y por esta razón el ahorro de agua que se persigue, va en contra del ahorro de energía.

En cuanto al ahorro de agua que supone este cambio, se suele admitir como bueno el dato de que la eficiencia en el uso del agua en parcela en los riegos de superficie no pasa del 60 %, en los sistemas de aspersión se alcanza el 75 %, y en los de goteo es del 90 %. Lo cierto es que estas cifras son bastante variables y dependen del diseño del regadío y del manejo que haga del mismo cada regante. El efecto del manejo que haga el regante tiene especial importancia en el caso de los riegos a manta o por inundación y a buen

seguro habrá parcelas con eficiencias incluso más bajas que las citadas; pero también es cierto que con las nuevas tecnologías de nivelación controlada mediante un plano de rayos láser, utilizando un módulo de riego en consonancia con la anchura del banal, dando a la parcela una pendiente y longitud adecuadas, pueden conseguirse eficiencias totalmente comparables a las de los sistemas de riego a presión.

A veces se argumenta que el ahorro de agua que producen los sistemas de aspersión puede compensar el incremento de presión necesario, pero esto sólo ocurriría cuando el desnivel geométrico entre el origen del agua y las parcelas a regar fuera ya muy alto (>120-160 m), prácticamente fuera del rango de la rentabilidad económica de los cultivos.

En efecto, si llamamos D_n a la dosis neta de riego necesaria para el cultivo, la dosis bruta necesaria en la parcela sería:

$$D_{b_s} = D_n / 0,6 \quad \text{en el caso de los riegos de superficie, y}$$

$$D_{b_p} = D_n / 0,75 \quad \text{en el caso de los riegos a presión.}$$

Teniendo en cuenta que el consumo energético es directamente proporcional al volumen de agua bombeado y a la altura de bombeo (a igualdad de otros factores como rendimientos de motores y bombas) podemos escribir la energía consumida en ambos sistemas:

$$W_s = K \cdot D_{b_s} \cdot H \quad \text{en el caso de los riegos de superficie, y}$$

$$W_p = K \cdot D_{b_p} \cdot (H + \Delta H) \quad \text{en el caso de los riegos a presión.}$$

En ambos casos, H representa la altura de bombeo incluyendo desnivel geométrico y pérdidas de carga, e ΔH el incremento de altura necesario para el funcionamiento de los aspersores que como ya hemos visto es de 30 – 40 m.

Resolviendo con estos valores la inecuación

$$W_s \geq W_p$$

obtenemos el resultado

$$H \geq 4 \cdot \Delta H$$

lo que significa que la energía consumida por los riegos de superficie es superior a la de los riegos por aspersión, únicamente cuando el desnivel geométrico existente es superior a los 120 – 160 m que habíamos adelantado

En resumen, podemos concluir que este tipo de cambios de sistema de riego ahorran agua, pero incrementan el consumo de energía.

El caso más llamativo se produce cuando pasamos de un regadío de superficie donde el agua circula por gravedad, es decir, sin coste energético alguno, a un regadío por aspersión que necesita de un bombeo para aportar la presión requerida. En este caso, además del coste energético mayor, nos encontramos con una estación de bombeo que antes no era necesaria, y todo lo que esto supone de inversión y mantenimiento.

Además de estas consideraciones, el sistema de riego por aspersión presenta otras ventajas añadidas a considerar, como son su mayor facilidad para ser automatizado, permite cultivar ciertos cultivos que no son viables en riego de superficie y agronómicamente facilita la nascencia de aquellos cultivos que presentan dificultades en esta fase de su ciclo.

Como resumen de lo expuesto, podemos concluir que en estas situaciones ahorro de agua y ahorro de energía son conceptos contrapuestos y no resulta evidente a priori cuál de ellos debe primar. Por el contrario, este tema merece un estudio más profundo en cada caso particular y no hay que dar por supuesto que el cambio de sistema de riego es siempre la mejor opción.

2. LA CONTRIBUCIÓN DE LOS REGADÍOS DEL VALLE DEL EBRO A LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE BIOMASA PARA ENERGÍA

Tradicionalmente el agua de los regadíos ha sido utilizada para producir alimentos, bien para la ganadería o bien para la alimentación humana directamente. Sin embargo en la agricultura moderna estamos asistiendo a importantes cambios en la orientación del uso del suelo y del destino de las producciones obtenidas, tanto en el secano como en el regadío.

De este modo también en regadío es hoy imprescindible el hablar del **potencial existente en nuestros regadíos para producir energía** bien a través de los cultivos energéticos o bien a través del uso de los residuos de los cultivos con fines energéticos.

Sin embargo y especialmente en regadío habrá que ser muy conscientes del sistema de producción que elegimos para estos nuevos cultivos energéticos. Cuando hablamos de producir energía será imprescindible que analicemos los **balances energéticos de los cultivos** puesto que sería absurdo desarrollar industrias de bioenergías que consuman más energía que la que producen en su ciclo de vida completo.

En este sentido es difícil imputar al agua de riego sus verdaderos costes energéticos, puesto que no se trata sólo de valorar la energía consumida en los bombeos, sino la que indirectamente se ha utilizado en la construcción de todas las infraestructuras necesarias para hacer posible los regadíos.

En este sentido el coste energético total del agua utilizada para el riego va a depender en gran medida del sistema de riego utilizado, bien sea gravedad, aspersión, goteo, etc., así como del origen del agua utilizada y las infraestructuras necesarias para ponerla a pie de parcela.

Por otra parte será necesario que los agricultores encuentren **suficiente incentivo económico y rentabilidad en los cultivos energéticos**, ya que de otro modo no será posible que este sector potencialmente tan interesante, se desarrolle con éxito.

En los regadíos con los cultivos energéticos se puede obtener distintos tipos de energía, desde la producción de calor hasta electricidad, biogas y biocarburantes como el bioetanol y biodiésel.

Los cultivos lignocelulósicos se utilizan para producir calor y electricidad, los cultivos ricos en azúcar o almidón se utilizan para producir bioetanol y los cultivos oleaginosos se utilizan para producir biodiésel. Aunque existe una larga lista de opciones, a continuación pueden verse los cultivos energéticos más significativos.

Cultivos lignocelulósicos	Cultivos ricos en azúcar	Cultivos ricos en almidón	Cultivos oleaginosos
Cereales	Caña	Cereales	Colza
Brasica	Remolacha		Girasol
Cardo			
Sorgo			

Los objetivos energéticos en el Plan de Energías Renovables (PER) en términos de incrementos de energía primaria durante el periodo 2005-2010 (IDAE; 2005) son, para el total de cultivos energéticos 1.908.300 tep, de los que un 21% deberían proceder de las CC.AA. principalmente circunscritas al valle del Ebro, Aragón, Cataluña, La Rioja y Navarra. Sin duda éste es un objetivo que obliga a considerar no solamente la contribución de los cultivos de secano, sino también la utilización de los regadíos.

Según los análisis prospectivos realizados por el ITG Agrícola los regadíos podrían suministrar aproximadamente un 25% de la energía prevista en el PER, es decir unos 100.000 mil tep gracias al aprovechamiento de biomasa de cereales, brasicas, cultivos de verano tipo sorgo e incluso cultivos permanentes como chopos en corta rotación, miscanto, cynara etc.

ENERGÍA PER (tep)	CULTIVOS		
	Energéticos	RESIDUOS	
CC.AA.		Leñosos	Herbáceos
ARAGÓN	304.391	56.676	61.329
CATALUÑA	50.984	86.204	50.820
NAVARRA	53.843	7.695	27.782
LA RIOJA	0	20.894	8.207
PAÍS VASCO	0	2.161	7.733
TOTAL	409.218	173.630	155.871

Producción de calor y electricidad con biomasa prevista en el PER 2005-10

En cuanto a los biocarburantes los objetivos se cifran en la directiva europea 2003/30 ya traspuesta a la legislación española que contempla como objetivo el alcanzar el **5,75 % de uso de combustibles** para el transporte con biocarburantes en el 2010. Recientemente (2007) se ha aprobado un nuevo objetivo del 10% en el 2020.

Para conseguir este objetivo el PER se centra básicamente en los cereales para producir bioetanol (550.000 tep) y en los aceites vegetales puros, como la colza y girasol si hablamos de producción nacional (1.021.800 tep), para producir biodiésel. **Es previsible que haya que importar gran cantidad de materias primas** o incluso biocarburantes para alcanzar los objetivos previstos.

Sólo a través de la investigación en nuevos cultivos y la mejora de los ya existentes, será posible responder competitivamente a la demanda de cultivos energéticos que se está produciendo.

En primer lugar pensaremos en **valorizar energéticamente la biomasa residual** que se produce en regadío. Este es un recurso existente que en muchos casos termina siendo un problema para su gestión en las parcelas de los agricultores. Claro que **dada la demanda existente necesitaremos también dedicar parte de la superficie regada para cultivos energéticos, siempre que sean rentables para los agricultores.**

Los aprovechamientos de biomasa para producir energía como acabamos de decir han de ser sostenibles. Para ello hay dos indicadores imprescindibles, **los balances energéticos y las Emisiones de gases de Efecto Invernadero (GEI) evitadas.** Claro que no habrá que olvidar otros indicadores ambientales como el mantenimiento de la biodiversidad.

Por otra parte **la producción de biomasa ha de ser rentable** para los agricultores, no puede pensarse de otra manera. Los cultivos energéticos en regadío deben ser competitivos en sí mismos y en relación a los cultivos alimentarios a los que tendrán que sustituir.

Cuando hablemos de **los residuos habremos de tener en cuenta no sólo la existencia de otros usos alternativos**, al menos en algunos casos, y el coste de su recolección y transporte, sino además el valor que tienen incorporados al suelo para mantener su fertilidad.

2.1. Residuos de origen agrícola

Los residuos agrícolas más representativos son los procedentes de cultivos herbáceos como la paja de los cereales, restos de cultivos hortícolas o restos de cultivos industriales (oleaginosos, ...) y los procedentes de cultivos leñosos, como los restos de podas o del levantamiento de cultivos (plantas viejas, enfermas, tocones,...). Merecen también mención los residuos procedentes de industrias agroalimentarias por su potencial energético, ya que llegan a alcanzar cifras considerables y pueden constituir un verdadero problema para la industria.

Existen una serie de barreras importantes al uso de los residuos agrícolas para producir energía, especialmente, la dispersión, estacionalidad, la mecanización de la recogida y la variabilidad en el precio al competir con otros mercados

2.1.1. Residuos de origen herbáceo en el regadío

Se trata principalmente de la paja de los cereales como cebada, trigo o maíz y arroz principalmente. Hay que tener en cuenta que no siempre está disponible para su uso energético. En muchos casos se destina a champiñoneras o a ganadería y en otros no es rentable su recogida y se incorpora al suelo.

Se puede estimar la existencia de este recurso a partir de la producción comercial de grano (kg de residuo/kg de producción). En cada cultivo existe una variabilidad en función de la variedad utilizada y el sistema de cultivo (secano o regadío).

Producción de residuos de algunos cultivos herbáceos

Cultivo agrícola	kg residuo/kg producto
Trigo, cebada, avena	0,6-1,3
Centeno	1,0-1,5
Maíz	0,8-2,0
Arroz	0,5-1,0
Sorgo	1,0-2,0
Girasol	0,7-2,0
Hortícolas	Muy variable
Leguminosas grano	Recurso limitado y muy apreciado en alimentación animal

Fuente Ciemat. Curso Biomasa.

La proximidad a los centros de tratamiento es fundamental para reducir los costes de transporte. La logística de recolección, almacenamiento y transporte de las pacas son puntos críticos, aunque se ha avanzado mucho en este sentido en los últimos años.

Las mayores dificultades para la recolección se encuentran en la recogida de los residuos de maíz y de arroz por el periodo en el que deben recogerse, en invierno, con altas humedades y en muchos casos parcelas demasiado pequeñas.

RESULTADOS DE LA ENCUESTA ESRYCE SOBRE SUPERFICIES REGADÍO 2006 (ha)						
Cultivo o cubierta	ARAGÓN	CATALUÑA	LA RIOJA	NAVARRA	TOTAL	% REG
CEREALES GRANO (CE)	177.848	83.068	3.507	38.122	302.544	40
FORRAJERAS (FO)	107.484	38.119	943	9.754	156.300	21
FRUTALES NO CITRICOS (FR)	40.402	66.539	5.467	2.970	115.378	15
VINEDO (VI)	13.098	5.576	9.653	12.102	40.429	5
BARBECHOS Y POSIOS	14.750	5.421	1.319	11.841	33.331	4
OLIVAR (OL)	7.247	16.652	1.498	2.243	27.639	4
HORTALIZAS Y FLORES (HO)	5.755	6.385	3.927	5.427	21.495	3
HUERTOS FAMILIARES	4.982	7.977	2.778	3.078	18.815	2
FRUTALES CITRICOS (CI)	0	11.363	0	0	11.363	1
SUPERFICIE FORESTAL	4.054	2.460	2.332	1.670	10.516	1
INDUSTRIALES (IN)	2.414	2.577	1.502	1.401	7.894	1
LEGUMINOSAS GRANO (LE)	3.463	243		486	4.192	1
TUBERCULOS C. H. (TU)	406	859	1.464	78	2.807	0
PRADOS Y PASTIZALES	327	1.964	61	352	2.704	0
VIVEROS (VV)	400	1.101	259	64	1.825	0
OTROS CULTIVOS LEÑOSOS (OC)	0	356	0	0	356	0
SUPERFICIE GEOGRAFICA	382.630	250.660	34.712	89.589	757.590	

Fuente MAPYA. Encuesta de Superficies 2006

Entorno al 40% de las superficies de regadío en las Comunidades Autónomas más significativas del Valle del Ebro se dedican a la producción de cereales. Puede estimarse una producción energética de entre 220.000 y 250.000 tep procedente de los residuos de estos cultivos disponible para el mercado de la biomasa con fines energéticos (fuente ITGA).

2.1.2. Residuos de cultivos leñosos

Entre frutales y viña representan en el Valle del Ebro los usos del 25% de la superficie regada (casi 200.000 ha en los regadíos de Aragón, Cataluña, Aragón y Navarra) de ahí la importancia de estos cultivos y consecuentemente de los residuos que se originan con la poda.

Cifras orientativas en kg de madera de poda/año y árbol

- Frutales de hueso y pepita: 2,5 kg/año y árbol
- Cítricos: 2 kg/año y árbol
- Almendro: 3 kg/año y árbol
- Olivar: 8 kg/año y árbol
- Viñedo: 0,5-1 kg/año y cepa

Fuente: IDAE

Hoy estos residuos apenas tienen aprovechamiento con valor de mercado a pesar de que retirarlos o picarlos para posibilitar el tránsito y el laboreo de las parcelas conlleva un coste inevitable para el agricultor.

Una estimación de los residuos existentes en los regadíos en las CC.AA del valle del Ebro, estaría por encima de los 100.000 tep procedente de los cultivos de vid, frutales y olivo, aunque es difícil concluir cuánta de esta biomasa puede llegar a utilizarse para la generación de energía, bien calorífica o eléctrica.

El acondicionamiento de este recurso puede ser astillado o empacado de las ramas dentro de las fincas, para lo cual existe maquinaria de diversos tipos. Ya se van desarrollando estos sistemas.

2.2. Biomasa residual de la industria agroalimentaria

Este capítulo es muy importante en el valle del Ebro dada la existencia de un gran número de industrias transformadoras que producen significativas cantidades de biomasa residual, procedente obviamente de los cultivos que procesan.

Aunque estas producciones no pueden imputarse exclusivamente al regadío si es cierto que en algunas de las industrias las materias primas utilizadas proceden casi exclusivamente de ellos. Citaremos los recursos más significativos.

- Orujillo de la industria aceitunera, de almazaras y extractoras de orujo.
- Raspones y orujillos de la industria vinícola y alcoholera.
- Cáscaras del procesado de frutos secos
- Restos herbáceos de la industria conservera de hortalizas (con mucha humedad en general).
- Huesos, pepitas procedentes de la industria conservera de frutas
- Bagazos de cerveza y malta

No obstante gran parte de estos residuos ya tienen usos bien para alimentación del ganado o bien para generar calor en las propias industrias.

2.3. Cultivos energéticos

Aunque existe una amplia oferta de posibilidades de nuevos cultivos en la bibliografía, presentaremos aquí aquellos que de un modo práctico están ya o se prevé que van a estar presentes en los regadíos del Valle del Ebro en los próximos años.

Cuando consideramos el potencial productivo de los regadíos del Valle del Ebro a partir de los ratios de transformación en energía, en este caso en electricidad, comprobamos cómo de una hectárea de tierra podemos obtener combustible para generar la electricidad que consume un hogar medio español en 30 a 50 meses, es decir entorno a 3-4 años.

1 ha de cultivo de biomasa en regadío



2.3.1. Cultivos de invierno para producir biomasa

En los últimos cinco años en Navarra, Soria y Sudoeste francés en el marco del proyecto europeo Bioelectricity, se han sembrado más de mil ha **para la producción de biomasa lignocelulósica con cultivos de triticale y brásica, (B. napus y B. carinata)**, pudiendo realizar un seguimiento de los aspectos agronómicos del cultivo, así como realizar los balances económicos y energéticos correspondientes.

Las producciones en biomasa de brásica en los regadíos del Valle del Ebro pueden situarse entorno a tres veces la producción de grano de colza (k entre 0,30 y 0,37), mientras que la de triticale se situaría entorno al doble de la producción de grano de trigo blando (k entre 0,46 y 0,53). Es decir, frente a rendimientos de 3-3,5 t/ha de colza y de 5-6 t/ha de trigo, obtendríamos entre 8 y 12 t/ha.



En brásicas, la recolección (segado) se hace cuando se empiezan a formar las silicuas de las brásicas y antes de que se haya formado el grano completamente (para evitar perderlo en el proceso de recolección) sin que el sistema haya planteado problemas significativos de manejo de biomásas con humedades iniciales de 60-80% que se secan sobre el suelo antes de hilerarse y empacarse con humedades entorno al 15%.

En cereales, la recolección puede hacerse del mismo modo o esperando a que la planta se seque completamente en pie.

2.3.2. Sorgo en regadío para producir biomasa



Algunos cereales de verano como el maíz y el sorgo tienen un gran potencial en la producción de biomasa, pero consumen mucha agua y nitrógeno.

Producir energía en los regadíos es una oportunidad a considerar que ofrece muchas posibilidades de diversificación entre cultivos de verano, como el sorgo, o de invierno, como brasicas y triticales con un menor gasto de agua.

El mayor problema del sorgo, aun sin resolver en este momento es el sistema de recolección, al tener que hacerse en otoño. Esto hace que la recolección por henificado al sol sea dificultosa.

El ensilado en campo es muy práctico pero luego hay que manejar un producto con mucha humedad y eso es más caro.



En cuanto a las posibilidades de producción de biomasa en regadíos del Valle del Ebro, las experiencias realizadas en Navarra por el ITGA han permitido seleccionar el sorgo bicolor como la especie más prometedora, con producciones en ensayo cercanas a las 30 t mat seca/ha en las situaciones más favorables. Podemos estimar, por tanto, producciones medias en campo entorno a las 15-20 t mat seca/ha.

2.3.3. Colza y girasol para biodiésel

La colza es una oleaginosa muy importante para la industria del biodiésel por lo que su cultivo está recuperándose tanto en secanos frescos como en regadíos. Sus expectativas en el Valle del Ebro son muy prometedoras, especialmente en riego por aspersión.

Su ventaja es que se trata de un cultivo de invierno de poca demanda de agua; su inconveniente mayor que ocupa el terreno prácticamente todo el año, de septiembre a junio, por tanto con mayores limitaciones en la sucesión de cultivos.



El potencial de producción del cultivo, especialmente en riego por aspersión está por encima de las 3,5 t/ha de grano.

Las barreras al desarrollo de la colza están ligadas a los problemas de implantación del cultivo especialmente cuando se siembra en riego por gravedad. Por otra parte la colza, en zonas templadas se muestra muy sensible al ataque de una amplia gama de plagas que obligan a realizar tratamientos insecticidas y reducen su potencial significativamente.

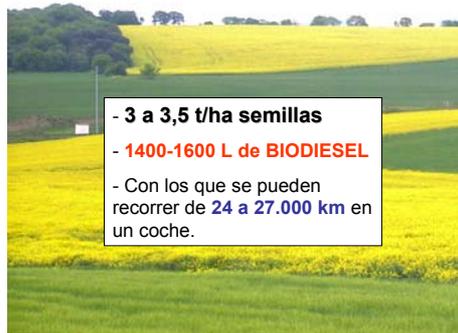
El girasol también tiene un uso en la industria del biodiésel, especialmente el alto y medio oleico. Los agricultores conocen bien este cultivo.



Tanto en colza como en girasol es significativo el contenido en grasa de sus semillas, puesto que incide directamente en la cantidad de aceite que se puede obtener de ellos, siendo de este modo un factor económico importante.

Cuando consideramos el potencial productivo de los regadíos del Valle del Ebro a partir de los ratios de transformación en energía, en este caso en biodiésel, comprobamos cómo de una hectárea de tierra podemos obtener combustible para hacer entre 24 y 27.000 km con un automóvil de tipo medio. En muchos casos esto representa el consumo de una familia en uno y medio o dos años.

1 ha de cultivo de colza en riego



2.3.4. Cereales para bioetanol

La producción de cereales para bioetanol no implica la realización de un tipo de cultivo diferente del realizado tradicionalmente por los agricultores.

En realidad la industria se abastece de los mismos proveedores que el sector alimentario, utilizando normalmente los cereales de menor precio que pueden encontrarse en mercados de importación.

Cuando consideramos el potencial productivo de los regadíos del Valle del Ebro a partir de los ratios de transformación en energía, en este caso en bioetanol, comprobamos cómo de una hectárea de tierra podemos obtener combustible para hacer entre 20 y 24.000 km con un automóvil de tipo medio. En muchos casos esto representa el consumo de una familia en uno y medio o dos años.

1 ha de cultivo de cebada en regadío



2.4. Balance Energético de los cultivos y de emisiones GEI

Un cultivo energético tiene que presentar como principal característica un balance energético positivo, es decir, debe producir más energía que la que se consume en su cultivo y recolección.

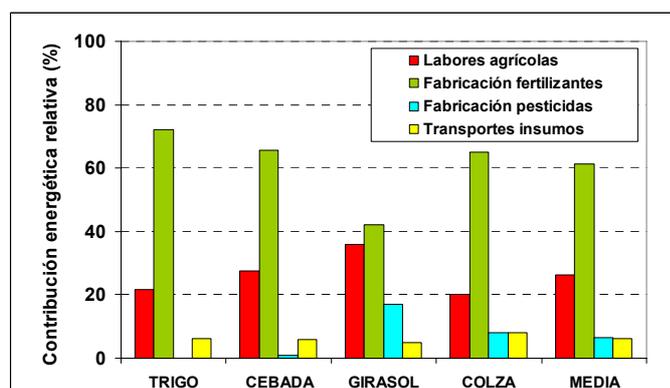
Un balance energético es una operación sencilla de entradas (gasóleo, fertilizantes, fitosanitarios, semillas, etc) y salidas (valor energético de las cosechas) de energía necesarias para producir un producto como el trigo, cebada, girasol, colza, etc.

Cultivos para Biocarburantes

Presentamos el siguiente estudio por su consistencia al haber sido realizado por el Ciemat en coordinación con el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Educación y Ciencia.

En el citado estudio, realizado en secano, se evaluaron las entradas y salidas de los cultivos participantes y se obtuvo de esa manera balances energéticos globales muy representativos de los procesos de producción agrícola de estas materias primas para la industria energética.

Este estudio del Ciemat concluye que en el ciclo de vida de producción del Biodiésel (B100%) y el Bioetanol (E85%) los balances energéticos fueron muy positivos, 3,85 y 1.78 (Mjul en el biocombustible/Mjul energía fósil consumida) respectivamente.



Contribución energética relativa (%) de los principales componentes de la producción agrícola para distintos cultivos. Fuente “Análisis del ciclo de vida de combustibles alternativos para el transporte”. Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Educación y Ciencia y Ciemat, (2005-2006).

El gasóleo (25%) y los fertilizantes (61%) son los dos componentes fundamentales del balance energético de un cultivo.

En cuando a la Emisiones de Gases de Efecto Invernadero evitadas (GEI) fueron 170 g (gramos equivalentes CO₂) con el Bioetanol E85, lo que supone un ahorro del 90% de las emisiones producidas con el combustible equivalente en gasolina. Con el Biodiésel (B100%) se evitaron 92 g equivalentes CO₂ y un 57% de ahorro respecto al combustible fósil, diesel en este caso.

Cultivos para biomasa

En este tipo de aprovechamientos existen menos referencias próximas. Estos cultivos presentan balance energético positivo con una relación media output/input próxima a 6 para las brasicas y triticales (Bioelectricity) y a 10 para el sorgo (Ciemat).

2.5. Costes de Producción y Rentabilidad de los cultivos energéticos

Para que los cultivos energéticos vayan extendiéndose por el regadío del Valle del Ebro es necesario que ofrezcan a los agricultores una rentabilidad suficiente en sí mismos y en comparación con los cultivos y usos alimentarios tradicionales.

Los resultados económicos, márgenes netos de los cultivos, están muy condicionados por los precios y éstos no son fáciles de prever. Por otra parte los rendimientos productivos de los nuevos cultivos, seguramente progresarán más rápidamente que los tradicionales, al ir aumentando rápidamente su conocimiento.

Los costes de producción de los cultivos de biomasa podrán mejorarse significativamente en la medida en la que se optimicen los procesos de recolección y la logística de almacenamiento y transporte y caminemos hacia sistemas de laboreo reducido y no laboreo.

Con todo ello presentamos a continuación los resultados de los análisis económicos por márgenes netos de los cultivos.

Indicadores económicos de los cultivos tradicionales y de producción de energía
Sistema de riego por Gravedad.

CULTIVOS RIEGO GRAVEDAD	Rdto. Ref.	Precio Ref	COSTE TOTAL	RDTO. UMBRAL	RDTO EQUIVAL. MAÍZ (9t)	RDTO EQUIVAL. CEBADA (5,5t)	PRECIO UMBRAL	PRECIO EQUIVAL. MAÍZ (9t)	PRECIO EQUIVAL. CEBADA (5,5t)	MARGEN NETO
ESCENARIO PREVISTO 2008										
BIOMASA BRASICA	9,0	80	789	9,9	15,0	12,0	88	133	106	-24
BIOMASA SORGO	13,5	80	1.058	13,2	18,4	15,3	78	109	91	67
BIOMASA TRITICALE	9,0	80	755	9,4	14,6	11,5	84	129	103	10
BIODIESEL COLZA	3,2	220	560	2,5	4,4	3,3	178	308	231	178
CEBADA	5,0	154	549	3,6		5,0	111		154	213
TRIGO BLANDO	5,4	169	607	3,6			112			305
MAÍZ	8,1	169	914	5,4	8,1		113	169		455
ESCENARIO MÁS FAVORABLE										
BIOMASA BRASICA	11,3	90	789	8,8	13,3	10,6	70	107	85	269
BIOMASA SORGO	15,8	90	1.058	11,8	16,3	13,6	67	93	78	405
BIOMASA TRITICALE	11,3	90	755	8,4	12,9	10,3	67	104	82	302
BIODIESEL COLZA	3,4	250	560	2,2	3,9	2,9	164	284	213	340
CEBADA	5,0	154	549	3,6		5,0	111		154	213
TRIGO BLANDO	5,4	169	607	3,6			112			305
MAÍZ	8,1	169	914	5,4	8,1		113	169		455

Sistema de riego por Aspersión.

CULTIVOS RIEGO ASPERSIÓN	Rdto. Ref.	Precio Ref	COSTE TOTAL	RDTO. UMBRAL	RDTO EQUIVAL. MAÍZ (9t)	RDTO EQUIVAL. CEBADA (5,5t)	PRECIO UMBRAL	PRECIO EQUIVAL. MAÍZ (9t)	PRECIO EQUIVAL. CEBADA (5,5t)	MARGEN NETO
ESCENARIO PREVISTO 2008										
BIOMASA BRASICA	10,0	80	1.119	14,0	15,4	13,6	112	123	108	-274
BIOMASA SORGO	15,0	80	1.489	18,6	20,0	18,2	99	107	97	-244
BIOMASA TRITICALE	10,0	80	1.067	13,3	14,8	12,9	107	118	103	-222
BIODIESEL COLZA	3,5	220	835	3,8	4,3	3,6	238	271	229	-20
CEBADA	5,5	154	836	5,4		5,5	152		154	11
TRIGO BLANDO	6,0	169	904	5,4			151			109
MAÍZ	9,0	169	1.362	8,1	9,0		151	169		159
ESCENARIO MÁS FAVORABLE										
BIOMASA BRASICA	12,5	90	1.119	12,4	13,7	12,1	90	99	87	51
BIOMASA SORGO	17,5	90	1.489	16,5	17,8	16,2	85	92	83	131
BIOMASA TRITICALE	12,5	90	1.067	11,9	13,1	11,5	85	94	83	103
BIODIESEL COLZA	3,8	250	835	3,3	3,8	3,2	220	250	211	160
CEBADA	5,5	154	836	5,4		5,5	152		154	11
TRIGO BLANDO	6,0	169	904	5,4			151			109
MAÍZ	9,0	169	1.362	8,1	9,0		151	169		159

En los costes de producción no se han considerado ni la renta de la tierra ni la mano de obra del agricultor. Como ingresos por PAC tan sólo se ha considerado los 45 €/ha suplementarios para los cultivos energéticos. Los precios utilizados corresponden al producto en almacén en el caso de colza y cereales y la biomasa puesta en destino.

El rendimiento umbral nos permite conocer a partir de qué producción comenzamos a obtener rendimiento económico positivo, una vez cubiertos los gastos de cultivo. **Los rendimientos equivalentes** nos permiten conocer con qué rendimiento igualamos el margen neto del cultivo utilizado como referencia. Del mismo modo se realiza el análisis con los precios.

Las conclusiones a las que podemos llegar son las siguientes:

- Para los cultivos de biomasa, alcanzar el rendimiento umbral y el rendimiento equivalente a cebada es razonable. Para alcanzar los rendimientos equivalentes al maíz hará falta que tanto los precios como los rendimientos vayan siendo los más favorables, como es de esperar en el corto plazo.
- Con respecto a la colza, la situación es ligeramente más favorable, especialmente si los precios siguen la tendencia alcista que se prevé. La colza en aspersión puede incluso alcanzar la rentabilidad del maíz permitiendo una mejor diversificación de cultivos.
- El girasol ya es un cultivo introducido como alimentario, su destino energético por tanto dependerá exclusivamente de los precios de uno y otro mercado.
- En el futuro otros cultivos hoy en investigación podrán aportar su contribución también a este nuevo mercado energético.