

Balance energético de siete explotaciones agrícolas de secano

En este estudio se realiza un análisis energético de varias explotaciones agrícolas de secano con el fin de compararlas energéticamente, e identificar los puntos clave donde sería adecuado intervenir para conseguir una mayor eficiencia energética. El análisis energético refleja las prácticas agrícolas puestas en funcionamiento por el agricultor y permite medir el grado de autonomía técnica de la explotación considerándola como un sistema de transformación de energía en el interior de un ecosistema.

M^a Pilar Ciria, Carlos S. Ciria,
Paloma Pérez y Juan Carrasco.

CEDER-CIEMAT (Soria). Unidad de Biomasa.

Desde 1996, en España se consume más energía por unidad de PIB generado (IDAE, 2004) siendo, por tanto, menos eficiente energéticamente. Este aumento de consumo se produce con fuentes de energía primaria que, como consecuencia, se tienen que importar. La Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética para España constituye un elemento esencial con el objetivo de consumir menos energía para una mis-

ma producción, debido a las mejoras en los patrones de consumo o en los métodos productivos. A través de los Planes de Acción 2005-2007 y 2008-2012, y del Plan de Activación 2008-2011, se han adoptado políticas sobre la promoción del ahorro y la eficiencia que están mostrando resultados significativos. En los últimos cinco años se ha detectado un descenso de la intensidad energética final superior al 13%, con reducciones en todos los ejercicios (IDAE, 2010).

Para cumplir la citada estrategia se pueden usar energías renovables como la energía eólica, la energía solar y la biomasa, las cuales, nos pueden hacer depender menos de los

combustibles fósiles importados de terceros países, así como utilizar todas las medidas posibles para reducir el consumo energético en cualquier actividad.

El sector primario, que es el sector objeto del presente trabajo, puede tener un papel muy importante en este tema, ya que puede proporcionar los medios adecuados para la producción de la biomasa con fines energéticos. Por otra parte, en el contexto actual de la energía y de los costes de producción agrícola, se debe realizar un esfuerzo, por parte de los trabajadores de este sector apoyados por la Administración pública, para mejorar la eficiencia energética y para el ahorro de energías no renovables procedentes de combustibles fósiles, así como para la promoción del uso de energías renovables a través de la biomasa que se produce.

En el sector agrícola, además de la energía que proviene del sol y que está disponible libremente, se consume otro tipo de energía como es la eléctrica, carburantes y biomasa. El balance de energía y de emisiones de una explotación, basado en la recopilación y evaluación de las entradas y salidas de materias primas en términos energéticos, permite evaluar cuantitativamente los inputs y los outputs, así como cuantificar y comparar diferentes sistemas de producción, opciones tecnológicas y políticas cuando se integra el concepto de sostenibilidad.

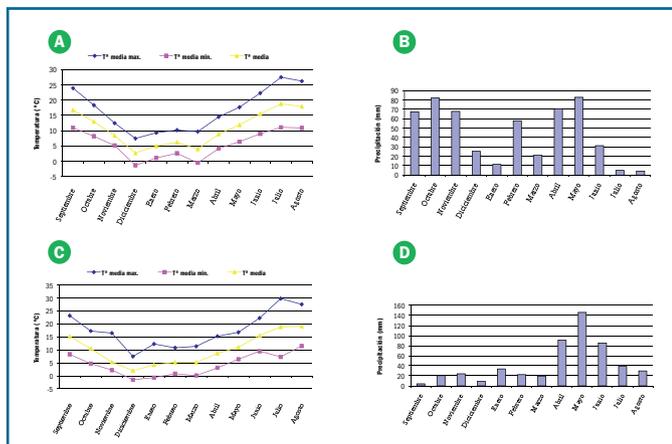
Metodología

El presente estudio se ha realizado utilizando la hoja de cálculo del método Planete (Methode pour L'Analyse Energetique de l'Exploitation, Bochu 2002). El objetivo final es cuantificar para conocer situaciones de mejora potenciales, siendo fundamental conocer el tipo de producto y los métodos y medios de producción que utiliza el agricultor. Se contabilizan, para cada año, las entradas de materia y energía (consumos), y las salidas (productos vendidos) que pueda tener cada explotación, teniendo en



Figura 1

Condiciones meteorológicas para las campañas agrícolas 2006/2007 (a y b) y 2007/2008 (c y d).



Vista de una de las siete explotaciones situadas en zonas cerealistas de secano de la provincia de Soria.

Cuadro I. Superficie, índice de mecanización y potencia media de los tractores de las explotaciones.

Explotación	Superficie (ha)	Índice de mecanización (CV/ 100 ha)	Potencia media de los tractores (CV)
1	84,2	99,7	84
2	150,5	166,7	125
3	182,2	173,4	158
4	249,7	127,3	159
5	302,3	158,8	160
6	365,0	101,4	185
7	508,4	106,4	180

Cuadro II. Resumen de los resultados de cada explotación para cada año agrícola (MJ/ha).

AÑO AGRÍCOLA 2006/2007 (MJ/ha)							
Explotación (n°)	1	2	3	4	5	6	7
ENTRADAS (Inputs)	7.812	9.816	8.013	5.826	8.931	9.038	6.671
SALIDAS (Outputs)	66.115	126.295	89.551	70.073	103.203	59.630	51.723
Ouputs-Inputs	58.303	116.478	81.539	64.247	94.272	50.592	45.052
Ouputs/Inputs	8,4	12,9	11,2	12,0	11,5	6,6	7,7
AÑO AGRÍCOLA 2007/2008 (MJ/ha)							
Explotación (n°)	1	2	3	4	5	6	7
ENTRADAS (Inputs)	6.983	8.869	7.496	5.186	8.667	8.570	7.451
SALIDAS (Outputs)	50.007	70.664	52.779	73.814	67.307	44.755	56.966
Ouputs-Inputs	43.023	61.795	45.283	68.628	58.640	36.185	49.515
Ouputs/Inputs	7,2	8,0	7,0	14,2	7,8	5,2	7,6

cuenta todos los inputs de un producto a lo largo de su ciclo de vida.

Se analizan dos años agrícolas consecutivos (2006/2007 y 2008/2009) en siete explotaciones situadas en zonas cerealistas de secano de la provincia de Soria. Tienen una superficie de entre 80 y 500 hectáreas (**cuadro I**) y una distancia media de desplazamiento a las parcelas de 1,2 a 6,1 km. Las especies sembradas son trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum vulgare*), centeno (*Secale cereale*), triticale (*Triticosecale*), avena (*Avena sativa*), girasol (*Helianthus annuus*), colza (*Brassica napus*), guisante (*Pisum sativum*) y esparceta (*Onobrychis sativa*). Además, una explotación (5), cultivó pastizal en una pequeña parte de su superficie. Cada explotación considerada cuenta con todos los medios que puede necesitar para realizar las labores necesarias, exceptuando la cosechadora y la sembradora de girasol que no todas las explota-

ciones tienen por lo que realizan estos trabajos contratándolos o, simplemente, alquilando los equipos. La superficie, el índice de mecanización y la potencia media de los tractores en cada una de ellas se indica en el **cuadro I**.

En la **figura 1** se indican las características meteorológicas más significativas de la zona en el periodo considerado. Aunque la cantidad de precipitación total fue prácticamente la misma en ambas campañas, hay que resaltar la gran diferencia en la distribución de la misma a lo largo del año (**figura 1 b y d**) lo que repercute enormemente en los outputs obtenidos y consecuentemente en los balances de energía.

El análisis energético se expresa como una producción neta de energía (output-input) y como un índice de eficiencia o rendimiento (output/input). Para ello, se tiene en cuenta la energía vendida (output) y la energía consumida (input) en la explotación agrícola, y se in-

terican unidades energéticas transformándose si es necesario.

La explotación consume energía (inputs) con los fertilizantes (orgánicos e inorgánicos), los fitosanitarios, las semillas, maquinaria y equipos, las construcciones, la electricidad, el transporte de las materias primas y del producto final, y la mano de obra. Se consideran todas las operaciones a realizar durante el ciclo de cada cultivo.

La agricultura produce (outputs), principalmente, alimentos y biomasa residual con diversos usos, como es el caso de la paja de cereal. Ambos productos son convertidos en valor energético. Los outputs vendidos en las explotaciones consideradas son los cereales de invierno (grano y paja), cereal para forraje, girasol (fruto), colza (grano y paja), guisantes (grano), esparceta (forraje) y pastizal (forraje).

Respecto a los abonos y productos fitosanitarios se considera la energía consumida en la



Un tractor sobredimensionado en 30 CV, consume 4 litros de gasoil por hora más que un tractor ajustado a las características de la explotación.

Cuadro III. Gasto energético (MJ/ha) de los principales inputs consumidos en las distintas explotaciones. Media de las dos campañas.

Explotación	Fertilizantes (MJ/ha)	Combustible (MJ/ha)	Maquinaria (MJ/ha)	Fitosanitarios (MJ/ha)
1	4.714	1.689	766	127
2	5.101	2.768	817	502
3	4.121	2.552	698	284
4	2.722	1.867	510	306
5	4.393	3.039	905	229
6	5.005	2.832	534	365
7	3.545	2.322	555	494
Media	4.229	2.439	684	329

producción de los mismos de acuerdo a su composición. En cuanto a la atribución de los inputs energéticos a la maquinaria agrícola que se emplea para las labores, se tienen en cuenta los consumos de carburante y lubricantes y, además, los gastos energéticos de su fabricación y conservación.

Resultados y discusión

Los valores medios de los outputs, inputs, balances de energía y eficiencia de cada una de las explotaciones para las dos campañas estudiadas se indican en el **cuadro II**.

En todos los casos, el balance energético ha resultado positivo generándose, por tanto, más energía que la que se consume. En términos de eficiencia, en la explotación más eficiente (4) se obtienen de media 13,1 unidades energéticas por cada unidad utilizada, produciendo 2,2 veces más energía por cada unidad energética utilizada que la menos eficiente (explotación 6 con una eficiencia media de 5,9).

Se puede observar que la explotación más eficiente energéticamente hablando no es la que más outputs tiene, sino la que menos inputs ha consumido, resultando esto en una mejor relación output/input. En contraposición, la explotación menos eficiente (6) es una de las que mayores inputs tiene y de las que menores outputs ha obtenido, por lo que la eficiencia resulta menor que en el caso anterior. Esto se debe, principalmente, a la gran influencia que las condiciones ambientales y el suelo tienen en los outputs agrícolas. Serían necesarios estudios más profundos en cada explotación para poder disminuir consumos, sobre todo, de fertilizantes y combustible.

En la explotación más eficiente del estudio los inputs energéticos representan el 7,6% de los outputs y en la explotación menos eficiente esta cifra sube a más del doble (16,9%). Atendiendo al tamaño de la explotación no se aprecia ninguna tendencia (**figura 2**).

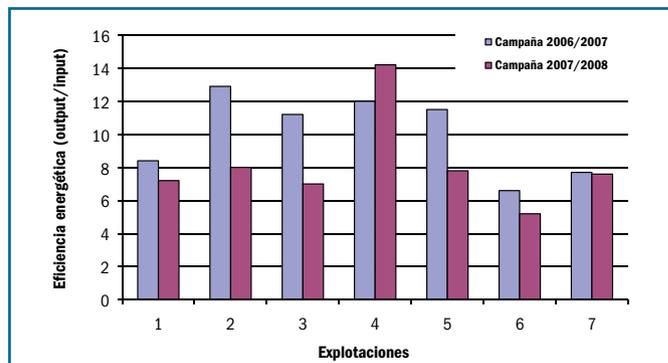
En todas las explotaciones se sigue la misma tendencia en cuanto a los diferentes con-

ceptos que consumen energía, por lo que en la **figura 3** se muestran los porcentajes relativos a las entradas de la media de todas las explotaciones.

Los fertilizantes, el combustible y la maquinaria son los principales consumos energéticos con el 54,2%, 31,2% y 8,8% respectivamente, lo que supone un 95% del total de los inputs. Dentro de los fertilizantes, más del 77% del total de energía es consumida por los nitrogenados. Esto indica la necesidad de controlar el aporte de nitrógeno y su forma (orgánico procedente de estiércoles o inorgánico) por la gran influencia que tiene en el balance energético de los cultivos. De la energía consumida, un 30-35% es energía directa, -es decir, consumo de combustible, lubricantes y electricidad-, y sobre un 65-70% es energía indirecta, que incluye la energía gastada en la fabricación de fertilizantes, de productos fitosanitarios y maquinaria, además de la energía consumida en la multiplicación de semillas y en la realización de los edificios de los que se dispone.

Figura 2

Eficiencia energética de las siete explotaciones en las dos campañas agrícolas consideradas.



Cuadro IV. Outputs (MJ/ha) de los años agrícolas 2006/2007 y 2007/2008.

Especie	Año 2006/2007 (MJ/ha)	Año 2007/2008 (MJ/ha)	Media
Trigo	69.173	54.089	61.631
Cebada	78.376	56.056	67.216
Girasol	28.100	33.119	30.610
Paja	48.201	31.758	39.979
Guisante	9.972	7.470	8.721
Centeno	39.469	29.679	34.574
Colza	63.121	76.962	70.042
Forrajes	41.191	18.253	29.722
Triticale	50.319	48.650	49.485
Avena	-	35.076	35.076

En el **cuadro III** se muestra el gasto energético (MJ/ha) que tiene cada una de las explotaciones en los principales inputs que son los fertilizantes, el combustible, la maquinaria y los fitosanitarios, considerando la media de las dos campañas agrícolas estudiadas.

Gasto energético en fertilizantes

El gasto energético más importante es el de los fertilizantes, siendo el más elevado el de las explotaciones 2 y 6. Éstas, usan el mismo fertilizante en todos los cultivos sin distinción y no tienen en su rotación de cultivos ninguna leguminosa. La utilización de enmiendas orgánicas, reduciría bastante el gasto energético en fertilizantes. En el otro extremo están las explotaciones 4 y 7, que tienen incorporada a su rotación de cultivos las leguminosas. La explotación 4 hace enmiendas orgánicas y dependiendo del tipo de cultivo y del año usa diferentes fertilizantes y, precisamente, ha resultado la más eficiente. La explotación 7, como tiene históricamente rendimientos menores que las demás, usa una dosis de abonado inferior.

Los fertilizantes, el combustible y la maquinaria son los principales consumos energéticos con el 54,2%, 31,2% y 8,8% respectivamente, lo que supone un 95% del total de los inputs. Dentro de los fertilizantes, más del 77% del total de energía es consumida por los nitrogenados.

Consumo de combustible por hectárea

Respecto al gasto de combustible por hectárea, el consumo del mismo debería reducirse al aumentar el tamaño de la explotación, tendencia que no se cumple en todos los casos. Las que más combustible han consumido son la 5 y la 6. Esto puede ser debido a dos causas: una es que son las explotaciones que más usan el arado de vertedera para el alzado del terreno, siendo ésta la operación que más combustible gasta, y la otra razón es porque la potencia de los tractores que utilizan es bastante alta. La excesiva potencia de los tractores, si no se necesita, su-

pone un importante incremento en el consumo. Por ejemplo, un tractor sobredimensionado en 30 CV, consume 4 litros de gasoil por hora más que un tractor ajustado. En el otro extremo se encuentra la explotación 1 que es la que menos combustible gasta por hectárea. Esto puede ser debido a que tiene un tractor de baja potencia (**cuadro I**), por lo que consume menos. Si se compara este consumo con el índice de mecanización (**cuadro I**), aunque la explotación que menos consume es la que tiene el índice de mecanización más bajo (99,7), no se ha encontrado ninguna relación en el resto de explotaciones.

Kubota®

TRACTORES KUBOTA SERIE M40

Nueva serie M40
Altas prestaciones
para trabajos duros

Kubota®





La cebada y el trigo fueron los cultivos que más outputs energéticos aportaron a la explotación dada su producción de grano y paja.

Gasto energético en maquinaria

El tercer gasto más importante, después de los fertilizantes y los combustibles, es el correspondiente a la maquinaria. El gasto energético de la maquinaria que se contabiliza es la energía que se estima (MJ/kg) para su fabricación y la que se puede gastar en su mantenimiento y entretenimiento. La explotación que más gasto energético tiene en maquinaria coincide con la que mayor inversión ha hecho en maquinaria en los últimos años por lo que posee maquinaria nueva que no está amortizada energéticamente hablando.

No se aprecia ninguna relación entre este gasto energético y el índice de mecanización o la potencia media de los tractores utilizados. A este respecto cabe señalar que el número de CV/ha en más de la mitad de las explotaciones es superior a 1 CV/ha recomendado como razonable por numerosos autores. No obstante, el índice de mecanización de las explotaciones (**cuadro I**) es menor al de la media nacional que fue de 323,2 CV/100 hectáreas el año 2005 según el MAPA (2006). En Castilla y León en 1985 era de 168 CV/100 hectáreas, aumentando hasta 288 CV/100 hectáreas en 2002, lo que supone un aumento de más del 70% en veinte años.

Gasto energético en fitosanitarios

El gasto energético que tienen las explotaciones en fitosanitarios (**cuadro III**), supone un 4,2% del total de inputs, si bien, este valor va de 1,7 a 13,9%. Las que más gasto tienen son la 2 y 7. En la primera de éstas, en todas sus parcelas, además de hacerse tratamientos de postemergencia en el cereal, se hace también

un tratamiento de preemergencia con glifosato (1,5 l/ha); en la segunda se realiza en gran parte de su superficie siembra directa lo que conlleva un menor gasto energético en labores mecánicas pero un mayor gasto energético en fitosanitarios.

Outputs obtenidos

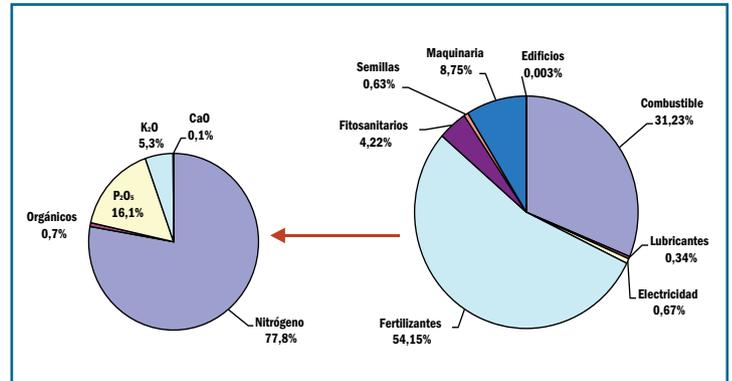
En relación a los outputs, hay que tener en cuenta que se han considerado dos campañas agrícolas consecutivas que resultaron tener incidencias meteorológicas muy diferentes dando, como consecuencia, diferencias en los outputs obtenidos. Dadas estas diferencias, para la comparación de los outputs en función de la especie cultivada, se ha realizado la media entre todas las explotaciones que tenían ese cultivo, independientemente del tamaño de las mismas (**cuadro IV**).

En el año agrícola 2006/2007 se obtuvieron mejores rendimientos en cereales, forrajes y proteaginosas, y el año 2007/2008 fue mejor para las oleaginosas, sobre todo para el girasol, el cual, tuvo un menor periodo de sequía estival.

En líneas generales, se puede decir que la cebada y el trigo fueron los cultivos que más outputs aportaron a la explotación porque, además de la energía del grano, aportan la de la proporción de paja que se comercializa. Por otra parte, cabe señalar que estos cultivos son los que más rendimiento tienen en estas latitudes y, por esto, son los cultivos más sembrados. Relacionando el rendimiento de los cultivos con su producción de energía, los cultivos más energéticos son los oleaginosos (girasol y colza).

Figura 3

Porcentajes de los inputs de las explotaciones (valores medios de dos campañas).



Conclusiones

Con los resultados obtenidos se puede reflexionar sobre las actividades que más energía consumen en una explotación agrícola a fin de intentar mejorar el balance energético y la eficiencia energética reduciendo inputs y/o aumentando outputs.

Cabe resaltar que el balance energético de las explotaciones en los dos años considerados es positivo con una ganancia media de 62.419 MJ/ha y se han producido una media de 9,1 unidades energéticas por cada unidad consumida. La mejor eficiencia se ha encontrado en las explotaciones de 150 a 300 hectáreas en las que los inputs medios suponen un 9,6% de los outputs. No obstante, se puede decir que no se ha detectado una tendencia clara en función de la superficie de la explotación, siendo necesario aumentar el número de explotaciones a estudiar para dilucidar este resultado. ●

Bibliografía ▼

Existe una mayor información y bibliografía en la siguiente publicación:
M^a Pilar Ciria Ciria, Carlos S. Ciria Ramos, Paloma Pérez Ortiz, Juan Carrasco García. "Análisis Energético de explotaciones agrícolas de secano". Colección documentos Ciemat. Editorial Ciemat, Madrid, 2010, 99 pp.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los propietarios de las explotaciones los datos aportados sin los cuales no hubiera sido posible la realización del presente trabajo.