
José Luis Fernández-Cavada Labat

Nuevas técnicas agrarias y ahorro energético

INTRODUCCION

La problemática de las «alternativas tecnológicas en la agricultura del futuro» se plantea en este curso a partir de dos perspectivas:

a) Desde el punto de vista de la innovación tecnológica, en el sentido de utilización de nuevas técnicas que supongan un ahorro en el consumo energético, de energía no renovable, por parte de la agricultura.

b) Considerando la agricultura como fuente de producción de energía y las posibilidades tecnológicas de que la agricultura supla una parte de las necesidades energéticas del propio sector, o incluso de fuera del sector.

Durante el desarrollo específico del tema «Nuevas técnicas agrarias y ahorro energético», se van a exponer una serie de conceptos que indican hasta qué punto la agricultura, como actividad dentro de la economía nacional, es capaz de ahorrar energía.

La respuesta de la agricultura, ante la crisis energética, se puede considerar concentrada en dos acciones. Por una

parte, la agricultura, como actividad consumidora de recursos, tratará de *ahorrar energía*, y por otra, tratará de *producir energía*, bien para su autoconsumo, o para ser empleada fuera del sector.

En otra conferencia de este curso, el profesor Fernández hablará acerca de la producción de energía a partir de la biomasa. Aquí nos ceñiremos al aspecto del ahorro de energía en la agricultura. Para ello se van a desarrollar una serie de ideas, que consideramos fundamentales.

En primer lugar, es importante destacar ¿qué significa el gasto de energía por parte de la agricultura respecto al total nacional? Como veremos más adelante, ilustrándolo con cifras, representa una pequeña parte de la energía total gastada en los países que tienen un alto nivel de desarrollo.

A continuación, y limitándonos a la energía que emplee la agricultura, sería conveniente destacar en qué actividades se emplea fundamentalmente. Se verá que el uso de carburantes, y el uso de fertilizantes, son las dos actividades agrícolas primordiales en cuanto a gasto de energía se refiere.

Como parte central de esta conferencia, se expondrán las nuevas técnicas agrícolas, que actualmente están en desarrollo, con vistas a un ahorro de energía en la agricultura. Naturalmente, estas técnicas, a la vista de lo indicado en el punto anterior, incidirán principalmente en el uso de carburantes, y en el uso de fertilizantes.

Por último, se presentará brevemente, puesto que es objeto de otras conferencias de este curso, el concepto de lo que se entiende por un balance de energía, y cuál es su utilidad al medir el ahorro, o el gasto de energía, por parte de la agricultura.

Todas estas ideas se ilustrarán con una serie de datos, que están contenidos en los cuadros siguientes, y que se refieren básicamente a los Estados Unidos, y también a Gran Bretaña. Sin embargo, son suficientemente elocuentes para ilustrar los conceptos que aquí se van a desarrollar.

LA AGRICULTURA COMO CONSUMIDORA DE ENERGÍA

Analizando la agricultura como consumidora de energía, dentro del contexto general de un país, se observa que su consumo relativo de energía, como se desprende de los datos contenidos en los cuadros 1 y 2, es bastante reducido. Esto indica que si pretendemos abordar el problema planteado por la crisis energética a través del ahorro de energía en la agricultura, ésta será una medida bastante poco eficaz. Lo que sí supondrá será un ahorro para los agricultores, y para sus propias economías.

En el cuadro 1 tenemos unos datos referidos al uso de carburantes derivados del petróleo en los distintos sectores de Gran Bretaña, referidos al año 1973. Se observa que la agricultura emplea solamente el 1,7 por 100 de la energía total consumida en Gran Bretaña, mientras que los «transportes y otras industrias» consumen la mayor parte de la energía, el 54,1 por 100, seguidos de «electricidad y refinerías», con el 27,4 por 100.

Cuadro 1

Uso de carburantes derivados del petróleo en los distintos sectores del Reino Unido (1973)

<i>Sector</i>	<i>Equivalente energético (10⁹ MJ)</i>	<i>Porcentaje energía</i>
Agricultura	75	1,7
Siderurgia	218	5,1
Transportes y otras industrias	2.325	54,1
Usos domésticos	375	8,7
Electricidad y refinerías	1.179	27,4
Diversos	128	3,0
TOTAL	4.300	100,0

Fuente: Joint Consultative Organization for Research and Development in Agriculture and Food: «The report of the energy working party», report n.º 1, U. K., A. R. C., D. A. F. S. and M. A. F. F., 1974.

El cuadro 2 contiene cifras, referidas a los Estados Unidos, del consumo de energía en los distintos sectores en el año 1973. Se observa que las «industrias diversas» consumen un 43 por 100 y los transportes un 24 por 100. De nuevo, se desprende el bajo consumo de energía por parte de la agricultura, con relación al total nacional.

Cuadro 2

Consumo de energía por los distintos sectores en los Estados Unidos (1973)

Sector	Porcentaje consumo energía
Industrias diversas	43,0
Transportes	24,0
Siderurgia	5,6
Refinerías de petróleo	4,7
Agricultura	2,8
Otros	19,9
TOTAL	100,0

Fuente: Heichel, G. H.: «Energy needs and food yields», en *Technology Review*, núm. 76, 1974, páginas 18-25.

El consumo de energía en la agricultura española, respecto al total nacional, era estimado por el profesor Camilleri en la conferencia inaugural de este curso en un 4 por 100. El que de acuerdo a esta estimación se consuma, relativamente a otros sectores, algo más de energía en España que en los otros países citados, Estados Unidos y Gran Bretaña, probablemente se debe a un menor nivel de industrialización, y, por tanto, un menor consumo relativo del sector industrial, respecto al sector primario.

Con estas ilustraciones se deja establecida la escasa importancia del consumo de energía por parte de la agricultura, que pone de manifiesto que una política de ahorro energético centrada fundamentalmente en ella será ineficaz a escala global, aunque, eso sí, incidirá positivamente en las economías individuales de los agricultores.

PRINCIPALES ACTIVIDADES AGRARIAS COMO CONSUMIDORAS DE ENERGIA

Pasando al segundo concepto de interés, vamos a establecer qué actividades de la agricultura son las que emplean mayor cantidad de energía. En el cuadro 3, referido a los porcentajes de energía consumida en la agricultura de Gran Bretaña para el año 1973, se observa cómo los carburantes (23,6 por 100) y los fertilizantes (23,1 por 100) representan los mayores gastos de energía. El 14 por 100 de energía que se emplea en maquinaria se refiere a la energía consumida en la producción de esta maquinaria (*embodied energy*). Cuando se habla del consumo de energía por la maquinaria, y de forma destacada en las elaboraciones de los balances de energía, se distingue entre la «energía directa», que es la que emplean en forma de carburantes para su tracción, y la «energía indirecta», que es la que ha sido requerida para su fabricación. La conclusión que se desprende de este último cuadro para la agricultura de Gran Bretaña, respecto a que el mayor volumen de energía que se emplea en la agricultura está contenida en los carburantes y en los fertilizantes, es extensible para todos los países desarrollados, y, por tanto, perfectamente asumible para nuestro país.

Cuadro 3

Porcentajes de energía consumida en la agricultura del Reino Unido (1973)

	Porcentaje
Carburantes	23,6
Fertilizantes	23,1
Maquinaria	14,4
Proceso de forrajes	14,2
Electricidad	9,2
Construcciones	6,3
Transportes y servicios	4,5
Productos fitosanitarios	2,4
Carburantes sólidos	1,1
Diversos	1,2
Total	100,0

Fuente: White, D. J.: «Prospects for greater efficiency in the use of different energy sources», en *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, núm. 281, 1977, págs. 261-75.

Naturalmente, el que la agricultura moderna emplee cantidades considerables de carburantes y de fertilizantes es la base del incremento espectacular de las producciones agrícolas en las últimas décadas. Gracias al superior consumo de energía en la agricultura se están logrando mayores productividades y un descenso de la población activa agraria. Desde luego, la agricultura moderna es más eficiente, desde un punto de vista tecnológico, con respecto a épocas pasadas, pero, sin embargo, la eficiencia energética ha disminuido considerablemente.

Las ideas que a veces apuntan, ante la actual crisis energética, hacia la posibilidad de retornar a una agricultura tradicional, en el sentido de utilizar mayores proporciones de mano de obra, menos fertilización, etc., carecen de un sentido realista, puesto que en ningún caso se podrían obtener los niveles de producción actuales, y que son indispensables, y desde luego insuficientes, para la alimentación humana. Como ilustración de la productividad a la que se está llegando a través del uso de maquinaria y fertilizantes, se puede citar que en los Estados Unidos un agricultor es capaz, mediante las técnicas agrícolas modernas, de producir alimentos para 50 personas.

Estas técnicas modernas son la razón de que la población activa agraria de los países desarrollados haya disminuido considerablemente al tiempo que los niveles de producción total van en aumento. Poniendo de nuevo el ejemplo de los Estados Unidos, que poseen una de las agriculturas más desarrolladas, se observa que entre 1950 y 1973 (inicio de la crisis energética), la población total pasó de 152 millones a 210 millones de personas, mientras que la población activa agraria pasó de 9,9 millones a 4,3 millones de personas, lo que representa en porcentajes pasar del 6,5 por 100 al 2,05 por 100 de la población total, respectivamente. Al mismo tiempo, la producción total agraria ha ido en aumento.

Un ejemplo curioso que pone de manifiesto la imposibilidad de volver a una agricultura tradicional, vendría dado por las cifras que da el profesor Nalewaja, de la Universidad de North Dakota (Estados Unidos), referentes a la escarda del

maíz en los Estados Unidos. Si la escarda de este cultivo se realizase manualmente, en lugar de utilizar herbicidas, serían necesarios 17,7 millones de personas trabajando cuarenta horas semanales, durante seis semanas. Está clara la imposibilidad de llevar a efecto este tipo de labores si no es con un consumo importante de energía.

Asimismo, se puede decir, refiriéndonos a la agricultura española de principios de siglo, cuando la tracción utilizada en el campo era animal, que el ganado de labor consumía en su alimentación aproximadamente un tercio del grano de cereal producido. Este es otro ejemplo que muestra la irreversibilidad de la agricultura moderna hacia épocas pasadas.

A la vista del hecho de aceptar el actual tipo de agricultura como bastante poco susceptible de pasar a formas basadas en un menor empleo de energía, y teniendo en cuenta que los carburantes y los fertilizantes son los *inputs* agrícolas que más energía consumen, es lógico pensar que las actuaciones encaminadas a paliar la crisis energética, en lo que a la agricultura se refiere, vayan encaminadas principalmente a la racionalización en el uso de los dos *inputs* citados. En esta dirección es en la que se están moviendo los países más adelantados.

TECNICAS AGRARIAS ANTE LA CRISIS ENERGETICA

Respecto a la racionalización y economía en el uso de los carburantes, países como los Estados Unidos y Gran Bretaña han empezado a variar sustancialmente algunas prácticas culturales encaminadas al ahorro energético. En el cultivo de cereales, principalmente, se ha sustituido en muchas ocasiones el llamado cultivo convencional por prácticas de mínimo laboreo, e incluso por prácticas de no laboreo o siembra directa. En el cuadro 4, y referido al cultivo de cereales de invierno en España, para suelos de tipo medio y en secano, se esquematizan las distintas labores que se le dan al terreno en los tres casos del: cultivo convencional,

Cuadro 4

Esquema de labores en cultivo convencional, laboreo mínimo y siembra directa, de cereales

CULTIVO CONVENCIONAL	Horas/Ha.
Alzar el terreno con vertedera	1,9
Dos pases de cultivador	1,7
Distribución abono mineral de sementera	1,5
Siembra directa a chorrillo	1,4
Pase de rodillo	0,7
Distribución abono mineral de cobertera (dos pases)	0,3
Distribución herbicida	0,3
Recolección con cosechadora autopropulsada	1,0
Empacado de paja con empacadora	1,2
Transporte cosecha	—
Desplazamiento a la parcela	—

LABOREO MINIMO

Se basa en la agrupación de operaciones, combinando diversos implementos sobre un mismo bastidor.

Usa un apero superficial, un arado cincel (híbrido entre cultivador y subsolador de unos 15 ó 18 centímetros de profundidad).

SIEMBRA DIRECTA

Directamente sobre el rastrojo se abre un surco y se deposita la semilla, cubriéndola ligeramente.

mínimo laboreo y siembra directa. Como se desprende del cuadro, en el cultivo convencional se realizan una serie de labores individualizadas, que van requiriendo unos determinados consumos de combustible y uso de maquinaria.

El laboreo mínimo representa un ahorro de energía respecto al cultivo convencional, ya que se pasa menos veces sobre el terreno. Se realiza una agrupación de las operaciones que consumen más energía, por medio de la combinación de diversos implementos sobre un mismo bastidor. Las labores que se realizan son menos profundas, por lo que no se necesita de tanta potencia. La preparación del terreno se realiza con un apero superficial o arado cincel, que es un híbrido entre un cultivador y un subsolador que llega a profundizar unos 15 a 18 centímetros.

Por último, un paso más en el ahorro de combustibles sería realizar la siembra directa, que consiste en abrir directamente sobre el rastrojo un surco donde se deposita la semilla, y a continuación se recubre ligeramente, todo ello en la misma operación.

La pregunta obvia ante los casos de laboreo mínimo y siembra directa sería el saber si los resultados de producciones obtenidas son comparables al caso del cultivo convencional. Es decir, si las presumibles mermas en las cosechas debido a unas prácticas culturales más reducidas son aceptables en relación a los ahorros energético y económico que se han producido. La respuesta a esta interrogante es totalmente afirmativa: tanto desde un punto de vista energético como económico, las prácticas de mínimo laboreo y de siembra directa son recomendables. De hecho, en los últimos diez años, antes incluso de la aparición de la crisis energética, se ha estado investigando en esta dirección en los países más avanzados, con resultados positivos. En la actualidad, en los Estados Unidos se está practicando el laboreo mínimo en más de cuatro millones de hectáreas de cereales de secano. También, en el Reino Unido un 30 por 100 de la superficie cerealística se cultiva con esta misma técnica.

En España se ha comenzado recientemente a realizar investigaciones que permitan establecer comparaciones entre los resultados obtenidos en cereales cultivados convencionalmente o con siembra directa. Estas investigaciones se están llevando a cabo entre el Departamento de Mecanización Agraria de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, y los primeros datos que se están obteniendo son muy esperanzadores. En efecto, en la campaña 80-81 se sembraron cuatro parcelas con trigo Capitole en las que se aplicaron las siguientes prácticas culturales: *a)* laboreo convencional: alzado, pase cultivador, siembra; *b)* siembra directa con *mulching* troceado y esparciendo la paja sobre el rastrojo; *c)* siembra directa sin *mulching*, segando bajo y llevándose la paja, y *d)* siembra directa sin *mulching*, quemando la paja. Además, estas cuatro parcelas se subdividieron a su

vez para contrastar los resultados, usando herbicidas y sin usarlos.

Los resultados obtenidos, referentes a las producciones obtenidas en las cuatro parcelas, han de considerarse como provisionales, ya que se requerirá realizar la experiencia en años sucesivos para llegar a conclusiones definitivas. No obstante, en la citada campaña 80-81, en la que ha habido una merma generalizada de rendimientos en las cosechas de cereales en España, se han obtenido producciones análogas en los casos de laboreo convencional y de siembra directa sin *mulching*, tanto en el caso en que se retiró la paja, como en el caso en que se quemó. En el caso de siembra directa con *mulching* troceado y esparciendo la paja sobre el rastrojo se han obtenido unas producciones sensiblemente inferiores, debido a que la sembradora no podía entrar bien en el terreno a causa de la presencia del rastrojo, y por ello, se ha observado la presencia de rodales.

De todo lo anteriormente expuesto se desprende que la posibilidad de pasar en grandes zonas cerealísticas de España de un cultivo convencional a unas prácticas de mínimo laboreo o de siembra directa puede ser una realidad en un futuro próximo. Esto supondría un ahorro sustancial en el consumo de energía dentro del sector agrario. Hay que recordar que en España se están consumiendo alrededor de 1,5 millones de TEP (1) en combustibles líquidos para la agricultura, fundamentalmente consumidos por los tractores, por lo que un ahorro en esta partida, en efecto, sería considerable.

Las labores convencionales de preparación del terreno para la siembra tienen dos objetivos fundamentales: adecuar el lecho de siembra logrando una textura adecuada del terreno, de forma que quede mullido y aireado, y también, combatir las malas hierbas. Estas funciones también se realizan en el caso de laboreo mínimo. El lecho de siembra se prepara mediante el uso de los aperos combinados o múltiples, que bajo un mismo bastidor realizan dos o tres funciones simultáneamente. El terreno no queda aireado hasta la

(1) Un TEP (tonelada equivalente de petróleo) = 10⁷ kilocalorías.

misma profundidad, pero sí la suficiente para un normal desarrollo de las plantas. Las malas hierbas, en el caso de laboreo mínimo, y, sobre todo, en el de siembra directa, se combatirán por medios químicos, que requieren menos energía para su producción que la labor equivalente de alzado del terreno para conseguir los mismos resultados.

Por otro lado, conviene destacar que las prácticas culturales denominadas de laboreo mínimo y de siembra directa presentan una serie de ventajas sobre el cultivo convencional.

Disminuyen la erosión del suelo, ya que al reducir las labores en el terreno, especialmente el alzado, éste queda menos expuesto a los efectos de viento y lluvias.

La compactación del suelo, producida por los pases de tractores y maquinaria, se reduce considerablemente en el caso de emplear las técnicas citadas, y por ello, el terreno estará más mullido y aireado, facilitándose el desarrollo de los cultivos.

Se reduce el empleo de mano de obra, al requerirse menos personas trabajando en el terreno, ya que son menos las labores que se le aplican.

Por último, el ahorro más sustancial vendría dado por la menor necesidad de carburantes y menor uso de la maquinaria agrícola, todo ello incidiendo directamente sobre el consumo de energía por la agricultura. Se produce un ahorro directo de energía, debido a la menor utilización de carburantes, y un ahorro indirecto de energía, debido al menor uso de la maquinaria, por lo que se reduce la demanda de la misma.

Otro aspecto importante, en cuanto a la posibilidad de ahorrar energía en la agricultura, es el que se refiere al uso de los fertilizantes. Como poníamos de manifiesto con los datos contenidos en el cuadro 3, los fertilizantes suponen uno de los principales gastos energéticos de la agricultura. Por ello, un manejo adecuado de los mismos repercutirá en la energía consumida por este concepto.

El objetivo primordial en cuanto al manejo de los fertili-

zantes será racionalizar al máximo su aplicación. Es frecuente observar la conducta de algunos agricultores que abonan en exceso sus tierras, pensando que a mayores cantidades de abonos aplicados se obtendrán mejores resultados. Esta idea, en principio, no es cierta, ya que las dosis de abonado dependerán de los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo, y de la capacidad de asimilación de estos nutrientes por parte de las plantas.

Aunque el problema de la fertilización del suelo es sumamente complejo y se le dedican tratados completos, aquí podemos hacer algunas consideraciones de tipo general. En la explotación agrícola, las aplicaciones de abonos deben realizarse de forma que se consiga una óptima asimilación de nutrientes por parte de los cultivos, tanto desde un punto de vista cuantitativo como de la oportunidad de incorporación en función de las necesidades de los mismos. También es importante el evitar pérdidas, bien por lixiviación a capas profundas, quedando fuera del alcance de los sistemas radiculares de las plantas, bien por arrastres superficiales, o bien por volatilización. Las pérdidas serán función de las normas de aplicación, de la clase y dosis de fertilizante empleado en cada suelo, cultivo y época.

También, dentro de las nuevas técnicas agrarias utilizadas ante la crisis energética, hay que destacar la iniciación del uso de digestores en algunas explotaciones agrarias, con el fin de generar energía para cubrir las necesidades de la propia explotación.

Aunque el análisis del fundamento de los digestores podría ser objeto de una conferencia independiente, citaremos aquí solamente que la producción de energía en estos digestores se realiza a través de procesos de fermentación de residuos agrícolas, forestales y ganaderos, dentro de unas «campanas» que permiten recoger el gas metano obtenido. Estos digestores pueden proporcionar la energía necesaria para que una explotación agraria sea autosuficiente energéticamente.

Actualmente existen varios sistemas de digestores en pleno funcionamiento en distintas partes del mundo, consi-

guiendo resultados plenamente satisfactorios. En España se están realizando diversas experiencias en plantas piloto para el aprovechamiento de estos procesos de fermentación como fuentes de energía dentro de las explotaciones agrarias. De obtenerse resultados positivos, como es presumible, el uso de digestores será importante para el agricultor individual, más que para una acción global de ahorro energético a escala nacional.

Es importante destacar que la utilización de residuos agrícolas, forestales y ganaderos como fuente energética sólo resultará rentable en la propia explotación que los genera, pues si hay que transportarlos a otros puntos, al ser muy voluminosos, exigirán un gasto de energía tal que no haría rentable desde un punto de vista energético, ni económico, su aprovechamiento.

BALANCES DE ENERGIA

A continuación pasamos a enunciar lo que se entiende por un balance de energía y su relación con las ideas anteriores. Un balance de energía se puede definir como la relación que existe entre la energía consumida y la energía producida, dentro de un sistema de transformación. En el caso concreto de la agricultura podemos hablar de balances de energía a tres niveles:

- a nivel de un cultivo individual,
- a nivel de un sistema agrario,
- a nivel del sector agrario en su conjunto.

Aquí nos vamos a referir exclusivamente a los balances de energía a nivel de un cultivo como un instrumento que nos permite evaluar los resultados de distintas prácticas culturales, dentro del proceso de producción de un cultivo determinado. Refiriéndonos a un cultivo, se entiende por energía consumida por el mismo aquella que se le ha aportado externamente en alguna de las siguientes maneras: trabajo muscular humano, tracción animal, semillas, estiércol, fertilizantes químicos, tratamientos fitosanitarios, maquinaria, carburantes, electricidad, etc. Una energía que no se in-

cluye en el cálculo de la energía consumida por el cultivo es la energía solar, que las plantas captan gratuitamente y que transforman en biomasa vegetal.

La energía producida por un cultivo será aquella que éste aporta en su forma final; es el contenido calórico de la producción obtenida.

La relación existente entre la energía producida por un cultivo, u *output* energético, y la energía consumida por el cultivo, o *input* energético, determina el valor del balance energético del mismo. Este balance tendrá un valor superior a la unidad en el caso de que el cultivo objeto de estudio produzca más energía que la que consume, y tendrá un valor inferior a la unidad en caso contrario.

En el cuadro 5 se presentan, a modo de ilustración, los valores de los balances de energía para distintos cultivos, calculados en California. Hay que destacar que los supuestos bajo los que se calculan los balances de energía son básicos para establecer comparaciones entre unos y otros. De todas formas, lo más importante son las conclusiones que se puedan derivar de los valores relativos para los distintos cultivos.

En el caso de los datos contenidos en el cuadro 5 se observa que en la energía consumida sólo se incluye la energía contenida en los carburantes y electricidad utilizada en su producción. No se incluye la energía aportada como trabajo muscular humano, ni la contenida en fertilizantes, herbicidas, maquinaria (energía indirecta), etc. Esta circunstancia habrá que tenerla en cuenta al establecer comparaciones con valores que hayan sido calculados bajo otros supuestos.

De la observación de los datos contenidos en el cuadro 5 podemos destacar que los cultivos con balances energéticos más altos son los cultivos más tradicionales en la historia de la Humanidad, tales como los cereales y la patata. Los balances energéticos menos eficientes corresponden a los frutales.

Ante la crisis energética actual, se trata más que nunca de obtener las producciones agrícolas de la forma más

Cuadro 5

Balances energéticos

Ratios entre los contenidos calóricos de los distintos productos y la energía contenida en los carburantes y electricidad utilizada en su producción (en California, EE. UU.)

Productos	Contenido calórico Kcal/(US)/Tm.	Energía consumida Kcal/(US)/Tm.	Ratio
Cebada	3.166,06	479,04	6,609
Judías (secas)	3.084,41	2.683,14	1,150
Maíz	3.338,42	1.027,20	3,250
Maíz (incluido secado)	3.338,42	1.444,52	2,311
Arroz	3.293,06	1.289,34	2,554
Sorgo (grano)	3.011,84	1.188,78	2,534
Azúcar	3.492,64	6.654,19	0,525
Trigo	3.020,91	563,30	5,363
Judías (verdes)	1.115,83	2.048,03	0,545
Brocoli	290,30	1.178,62	0,246
Zanahorias	381,02	359,76	1,059
Coliflor	244,94	986,35	0,248
Apio	154,22	351,48	0,439
Lechuga	163,29	484,33	0,337
Melón	235,87	636,64	0,370
Cebolla	344,72	390,32	0,883
Patata	689,46	325,37	2,119
Fresas	335,66	727,60	0,461
Tomates	199,58	262,24	0,761
Manzanas	508,02	401,05	1,267
Albaricoque	462,66	840,43	0,551
Pomelo	371,94	1.165,53	0,319
Uvas	607,81	576,90	1,054
Naranjas	462,66	1.089,48	0,425
Melocotón	344,73	471,56	0,731
Pera	553,38	964,22	0,574
Ciruela	598,74	1.650,95	0,363
<i>Frutas y verduras enlatadas:</i>			
Judías (verdes)	870,89	3.021,49	0,288
Tomates	190,51	1.138,93	0,167
Manzanas	371,94	1.397,78	0,266
Pomelo	272,15	1.797,69	0,151
Uvas	462,66	1.115,32	0,415
Peras	417,30	1.734,13	0,241
<i>Verduras congeladas:</i>			
Judías (verdes)	925,32	2.856,05	0,324
Brocoli	254,01	1.911,20	0,133
Coliflor	199,58	1.619,79	0,123
<i>Frutos secos:</i>			
Almendras	5.424,94	7.086,67	0,766
Ciruelas pasas	3.120,70	4.447,07	0,702
Nueces	5.697,09	10.745,59	0,530

Fuentes:

1. Contenidos calóricos: Watt, B. K., and Merrill, A. L. «Composition of Foods (raw, processed prepared)». *Agriculture Handbook*, núm. 8. Agricultural Research Service, USDA, 1963.
2. Energía consumida: Cervinka, V. et al: Joint Study California Department of Food and Agriculture, and University of California, 1974.

eficiente posible desde el punto de vista energético. Sin embargo, hay que dejar patente que la preocupación por la eficiencia energética se presenta a escala global, a escala macroeconómica, con una perspectiva a medio y largo plazo, y no desde el punto de vista del agricultor. El agricultor individualmente va a tomar sus decisiones en cuanto a cultivos alternativos o a la elección de distintos tipos de técnicas agrícolas, teniendo en cuenta los resultados económicos que espere obtener, y no los balances energéticos de las distintas opciones que se le presenten. Si los balances económico y energético más aconsejables coincidiesen, entonces el agricultor, tratando de maximizar sus beneficios económicos, podría también usar eficientemente la energía. Pero esta circunstancia, como ilustraremos más adelante, no siempre tiene lugar.

Desde una perspectiva global, como puede ser desde el punto de vista de la Administración o desde el punto de vista de la planificación de la política agraria, en puntos concretos o determinados, sí podrían ser los balances energéticos de distintos cultivos unos indicadores parciales que pudiesen tener en cuenta en la toma de decisiones.

En un país como el nuestro, en el que 19 productos agrarios tienen precios regulados, es posible, a través de una política de precios, tratar de orientar las producciones teniendo en cuenta, en otros aspectos, la eficiencia energética de los procesos productivos. También, a través de una política de subvenciones, se pueden favorecer aquellos cultivos con unos balances energéticos más altos, en perjuicio de aquellos otros que sean menos eficientes desde un punto de vista energético. Asimismo, una política sobre el comercio internacional de productos agrarios puede orientarse para favorecer las importaciones de aquellos productos más ineficientes energéticamente sobre los más eficientes, y en cuanto a las exportaciones se operaría en sentido inverso. De todas formas, estas políticas tratarían de orientar o favorecer en determinado sentido, pero el factor principal determinante de las distintas producciones agrarias vendrá dado por las fuerzas del mercado, básicamente la oferta y la demanda.

En el caso que aquí nos ocupa, podemos decir que los balances de energía nos servirán de indicadores para evaluar la incidencia energética que sobre un cultivo puedan tener las distintas prácticas culturales, independientemente de sus distintos resultados económicos. Normalmente, las prácticas de laboreo mínimo y de siembra directa, así como la racionalización en el uso de los fertilizantes, además de ser rentable económicamente, conducirá a balances de energía más altos.

Como decíamos anteriormente, las prácticas culturales que optimizan el uso de la energía en un cultivo, normalmente no tienen por qué coincidir con los mejores resultados económicos. Para ilustrar esta afirmación, se presentan en el cuadro 6 unos datos del profesor Nalewaja que presentan balances de energía y resultados económicos para distintas posibilidades de realizar el control de las malas hierbas en el maíz. Como se observa, el sistema manual de control de las malas hierbas es el más eficiente desde un punto de vista energético, pero el más desaconsejable desde un punto de vista económico. El agricultor, lógicamente, empleará el sistema de control de las malas hierbas basado en el uso de herbicidas, que le proporciona los mayores beneficios netos.

Cuadro 6

Relaciones económicas en el control de malas hierbas en el cultivo de maíz en Minnesota

<i>Sistema de control</i>	<i>Balace de energia</i>	<i>Beneficios netos (Dólares/acre)</i>
Pases de cultivador	2,6	61
Herbicida	3,5	78
Manual	3,8	-65

Fuente: Nalewaja, J. D.: «Energy requirements for various weed control practices», en *Proc. North Central Weed Control Conf.*, núm. 29, 1974, págs. 19-23.

CONCLUSIONES

Sintetizando las ideas más destacables de cuanto se ha dicho, hay que destacar que el consumo de energía por parte de la agricultura es muy bajo en relación a otros sectores. De la energía empleada por la agricultura, las partidas principales son los combustibles utilizados y la producción de fertilizantes.

Ante la crisis energética, las nuevas técnicas agrarias encaminadas al ahorro se basan en prácticas laborables de cultivo mínimo y de siembra directa, así como una racionalización en el uso y manejo de fertilizantes. El empleo de digestores en algunas explotaciones agrarias podrán suministrar energía para su propio consumo.

Finalmente, los balances de energía nos sirven de indicadores para evaluar la eficiencia energética de distintas técnicas agrarias, así como establecer comparaciones entre distintos cultivos desde un punto de vista energético.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CERVINKA, V.; CHANCELLOR, W. J.; COFFELT, R. J.; CURLEY, R. G., y DOBIE, J. B.: *Energy Requirements for Agriculture in California*, Joint Study California Department of Food and Agriculture, and University of California, Davis, 1974.
- FERNÁNDEZ, J.: «Balance energético de las explotaciones agrarias», XIII Conferencia Internacional de Mecanización Agraria, FIMA, Zaragoza, 1980.
- FERNÁNDEZ-CAVADA, J. L.: «Metodología para la confección de balances energéticos». I Curso de ahorro de energía mediante la racionalización de la fertilización, Madrid, 1981.
- HEICHEL, G. H.: «Energy needs and food yields», en *Technology Review*, núm. 76, 1974, págs. 18-25.
- JOINT CONSULTATIVE ORGANIZATION FOR RESEARCH AND DEVELOPMENT IN AGRICULTURE AND FOOD: «The report of the energy working party», report núm. 1, UK, ARC, DAFS and MAFF, 1974.
- JUSTE, J.; SÁNCHEZ-GIRÓN, V., y HERNANZ, J. L.: «Estudio comparativo de la siembra directa con el cultivo tradicional de cereales», XIII Conferencia Internacional de Mecanización Agraria, FIMA, Zaragoza, 1980.

- LEACH, G.: *Energy and Food Production*, IPE Science and Technology, Londres, 1976.
- NALEWAJA, J. D.: «Energy Requirements for Various Weed Control Practices», en *Proc. North Central Weed Control Conf.*, núm. 29, 1974, págs. 29-23.
- NAREDO, J. M., y CAMPOS, P.: «Los balances energéticos de la agricultura española», en *Agricultura y Sociedad*, núm. 15, 1980, páginas 163-256.
- PIMENTEL, D. *et al.*: «Food production and the energy crisis», en *Science*, núm. 182, 1973, págs. 443-9.
- PIMENTEL, D.: *Handbook of Energy Utilization in Agriculture*, CRC Press, Boca Ratón, Florida, 1981.
- STEINHART, J. S., y STEINHART, C. E.: «Energy Use in the U. S. Food System», en *Science*, núm. 184, 1974, págs. 307-316.
- WATT, B. K., y MERRILL, A. L.: «Composition of foods (raw, processed, prepared)», en *Agriculture Handbook*, núm. 8, Agricultural Research Service, USDA, 1963.
- WHITE, D. J.: «Prospects for greater efficiency in the use of different energy sources», en *Phil. Trans. R. Soc. Land.*, núm. 281, 1977, págs. 261-75.
- WILSON, P. N., y BRIGSTOCKE, T. D. A.: «Energy Usage in British Agriculture a Review of Future Prospects», en *Agricultural Systems*, núm. 5, 1980, págs. 51-70.

RÉSUMÉ

Le travail se centre dans le rôle que l'utilisation des nouvelles techniques agricoles joue à fin de parvenir à une économie d'énergie dans l'agriculture.

Même si la consommation d'énergie dans l'agriculture est très bas si on la compare avec d'autres secteurs, les mesures encheminées à obtenir une économie énergétique auraient une importante incidence sur l'économie des agriculteurs.

La recherche de nouvelles techniques est centrée, fondamentalement, dans l'utilisation et la rationalisation des combustibles et des engrais, qui sont les deux activités qui consomment le plus d'énergie dans l'agriculture.

Parmi les nouvelles techniques, l'auteur attire l'attention sur les grandes possibilités que présentent dans les céréales, les pratiques de labourage minimale et même d'aucune labourage ou de semer directement, que supposent une économie considérable d'énergie, au même temps qu'elles n'impliquent une réduction importante des rendements en comparaison avec le système conventionnel.

Il est aussi important sous l'optique de l'économie énergétique, l'introduction dans quelques exploitations agricoles de digesteurs, qu'à partir des résidus produisent l'énergie consommée dans la propre exploitation.

Finalement, l'auteur remarque le rôle des bilans énergétiques qui facilitent des indicateurs pour évaluer l'incidence énergétique que sur une culture peuvent avoir les différentes pratiques culturelles, avec indépendance de ses résultats économiques.

SUMMARY

This work is centered on the role that the use of new agricultural techniques plays in order to obtain energy savings in agriculture.

Even though energy consumption by agriculture is rather low if compared with other sectors, the measures intended in order to obtain energy savings might have an important incidence on the farmer's economy.

Research on the new techniques is centered mainly in the use and rationalisation of fuels and fertilizers, the two most energy consumer activities in agriculture.

Among the new techniques, the author points up the big possibilities presented in cereals, by the practice of minimum tillage and even no tillage at all or direct seeding, which constitutes a considerable energy saving, at the same time not implying an important decrease of yield relative to that obtained with conventional systems.

It is also important, from the standpoint of energy savings, the introduction of digestors in some farms, producing from crop residues the energy consumed in the own farm.

Finally, the author highlights the role played by energy balances, providing indicators to evaluate the energy incidence on a particular crop of different cultural practices, independently from its economic results.

