

NUEVAS TÉCNICAS AGRARIAS Y AHORRO ENERGÉTICO*

José Luis Fernández-Cavada Labat**

INTRODUCCIÓN

La problemática genérica de las alternativas tecnológicas en la agricultura del futuro en relación con el consumo de energía se podría plantear 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 propia agricultura como *fuente de producción de energía*, y en ese caso analizando las posibilidades tecnológicas para que la agricultura supla una parte de las necesidades energéticas del propio sector, o incluso de fuera del sector.

La respuesta de la agricultura, ante una situación de crisis energética se puede considerar que estaría dirigida básicamente en dos direcciones. Por una parte, la agricultura, como actividad consumidora de recursos, se planteará *ahorrar energía*, y por otra, tratará de *producir energía*, bien para su autoconsumo, o para ser empleada en otros sectores de la actividad económica.

En este trabajo se van a exponer una serie de ideas, que se consideran fundamentales, en relación con el ahorro de energía en la agricultura.

* *Agricultura y Sociedad*, núm. 24 (1982).

** Profesor Titular en la ETSIM, Universidad Politécnica de Madrid.

En primer lugar, habría que preguntarse ¿qué significa el gasto de energía por parte de la agricultura respecto al gasto total nacional? Como se expondrá 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 refiriéndose a la energía que consume 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.

Más adelante se expondrán las nuevas técnicas agrícolas, actualmente en desarrollo, orientadas a conseguir un ahorro de energía en la agricultura. Naturalmente estas técnicas, visto lo indicado anteriormente, incidirán principalmente en el uso de carburantes, y en el uso de fertilizantes.

Por último, se expondrá 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 las tablas 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

Considerando la agricultura como consumidora de energía dentro del contexto general de un país, se observa que su consumo relativo de energía, tal y como se desprende de los datos contenidos en las tablas 1 y 2, es bastante reducido. Esto indica que si se pretendiese 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 la tabla 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 sola-

mente 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.

Tabla 1

USO DE CARBURANTES DERIVADOS DEL PETROLEO EN LOS DISTINTOS SECTORES DEL REINO UNIDO (1973)

Sector	Equivalente energético (10³ MJ)	Porcentaje energía
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° 1, U.K., A.R.C., D.A.F.S. and M.A.F.F., 1974.

La tabla 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 por parte de la agricultura, con relación al total nacional.

El consumo de energía en la agricultura española, respecto al total nacional se ha estimado en un 4 por 100. El que se consume, 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,

Tabla 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 adn food yields», en Technology Review, núm. 76, 1974, páginas 18-25.

incidirá positivamente en las economías individuales de los agricultores.

PRINCIPALES ACTIVIDADES AGRARIAS COMO CONSUMIDORAS DE ENERGÍA

Analizando un segundo concepto de interés, habría que señalar qué actividades de la agricultura son las que emplean mayor cantidad de energía. En la tabla 3, referida 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 se emplea 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 última tabla para la agricultura de Gran Bretaña, referente a que el mayor volumen de energía que se empleada 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 el caso español.

Tabla 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 una de las razones del incremento espectacular de las producciones agrícolas en las últimas décadas. Gracias a un mayor 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.

La idea de retornar a una agricultura más tradicional en situaciones de crisis energética, utilizando mayores proporciones de mano de obra y menores niveles de mecanización y fertilizantes, no se puede considerar como viable, ya que del sector agrario se deben obtener unos altos niveles de productividad que permitan atender las necesidades de alimentación de la población a nivel global. Como ilustración de la productividad a la que se ha llegado 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, podría avalarse con los datos del 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 refiriéndose 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.

Por todo lo anterior, habrá que aceptar que la agricultura moderna tiene que apoyarse en el uso intensivo de *inputs*, 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 las crisis energéticas, 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.

TÉCNICAS AGRARIAS ANTE LA CRISIS ENERGÉTICA

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 la tabla 4, y referida 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: cultivo convencional, mínimo laboreo y siembra directa. Como se desprende de la tabla, 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

Tabla 4

ESQUEMA DE LABORES EN CULTIVO CONVENCIONAL, LABOREO MÍNIMO* Y SIEMBRA DIRECTA** DE CEREALES

Cultivo convencional	Horas/Ha.
Alzar el terrero con vertedera	1,9
Dos pases de cultivador	1,7
Distribución abono mineral de sementera	1,5
Siembra directa a chorillo	1,4
Pase a rodillo	0,7
Distribución abono mineral de cobertura (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 MÍNIMO: Se basa en la agrupación de operaciones, combinando diversos implementos sobre un mismo bastidor. Usa un apero superficial o arado cincel (híbrido entre cultivador y subsolador) de unos 15 ó 18 cm de profundidad.

(**) SIEMBRA DIRECTA: Se abre, directamente sobre el rastrojo, un surco y se deposita la semilla, cubriendola ligeramente.

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 hace 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 producción obtenidos 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 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 cerealista se cultiva con esta misma técnica.

En España también se han realizado múltiples investigaciones que han permitido establecer comparaciones entre prácticas culturales convencionales y los sistemas de mínimo laboreo y de siembra directa, principalmente aplicadas para el caso de los cereales. De los resultados obtenidos 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,

(1) Un TEP (tonelada equivalente de petróleo) = 10,7 kilocalorías.

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 mulrido 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 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 mulrido 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 la

tabla 3, los fertilizantes suponen uno de los principales gastos energéticos de la agricultura. Por ello, un manejo adecuado de los mismos repercutiría positivamente sobre la disminución de energía consumida por este concepto.

El objetivo primordial, en cuanto al manejo de los fertilizantes, 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 la dosis de abonado dependerá 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, por ello, 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 su incorporación en función de las necesidades de los mismos. También es importante 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, y de la clase y dosis de fertilizante empleado en cada suelo, cultivo y época.

También, dentro de las nuevas técnicas agrarias potenciadas a raíz de 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. 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, consiguiendo resultados plenamente satisfactorios. En España se han realizado diversas experiencias en plantas piloto para el aprovechamiento de estos

procesos de fermentación como fuentes de energía dentro de las explotaciones agrarias. El uso de digestores es 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 ENERGÍA

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 referiremos 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. En el caso de un cultivo, se entiende por energía consumida aquélla 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 incluye 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 aquélla 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, o *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 la tabla 5 se presentan, a modo de ilustración, los valores de los balances de energía para distintos cultivos, referidos a California. Hay que destacar que los supuestos con 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 la tabla 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 la tabla 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 situaciones de crisis energética, se tratará más que nunca de obtener las producciones agrícolas de la forma más 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 se ilustra más adelante, no siempre tiene lugar.

Tabla 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
Judias (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
 Frutas y verduras enlatadas:			
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

Tabla 5 (Continuación)

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
Verduras congeladas:			
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
Frutos secos:			
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: Wall B. K., and Merrill, A. L. «Composition of Foods (raw, processed prepared)». Agriculture Handbook, núm. 8. Agricultural Research Services USDA, 1963.
2. Energía consumida: Cervinka, V et al.: Joint Study California Department of Food and Agriculture and University of California, 1974.

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, si podrían ser los balances energéticos de distintos cultivos unos indicadores parciales que pudiesen ser tenidos en cuenta en la toma de decisiones.

En un país o conjunto de países que tengan, por ejemplo, un sistema de precios regulados para distintos productos agrarios, es posible, a través de una política de precios, orientar las producciones teniendo en cuenta, entre 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 aplicada al 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, se podría decir que los balances de energía 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.

Las prácticas culturales que optimizan el uso de la energía en un cultivo, normalmente no tienen porqué coincidir con los mejores resultados económicos. Para ilustrar esta afirmación, se presentan en la tabla 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 al sistema de control de las malas hierbas basado en el uso de herbicidas, que le proporciona los mayores beneficios netos.

Tabla 6

RELACIONES ECONOMICAS EN EL CONTROL DE MALAS HIERBAS EN EL CULTIVO DE MAIZ EN MINNESOTA

Sistema de control	Balance de energía	Beneficios netos (Dólares/acre)
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 relevantes entre las expuestas anteriormente habría 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 las situaciones de crisis energética, las nuevas técnicas agrarias encaminadas al ahorro energético 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 permite suministrar energía para su propio consumo.

Finalmente, los balances de energía sirven de indicadores para evaluar la eficiencia energética de distintas técnicas agrarias, así como para establecer comparaciones entre distintos cultivos desde un punto de vista energético. Consecuentemente, son un instrumento valioso para seleccionar las prácticas culturales y la producción de cosechas que sean más eficientes desde el punto de vista de su consumo energético.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.: *Energía y producción de alimentos*, Serie Estudios, n.º 22, S.G.T., Ministerio de Agricultura y Pesca, 1981.
- NALEWAJA, J. D.: «Energy Requirements for Various Weed Control Practiques», 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*, 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 de 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.