
BALANCE ENERGETICO Y COSTO ECOLOGICO DE LA AGRICULTURA ESPAÑOLA

por Albert Puntí

Uno de los elementos positivos que hay que apuntar en el haber de la actual crisis energética lo constituye el hecho de haber contribuido a motivar un nuevo tipo de análisis económico, centrado en el estudio del balance de los flujos energéticos que intervienen en los procesos de trabajo, lo que ha permitido demostrar cómo determinados procesos de innovación tecnológica, que desde la óptica de la economía convencional son totalmente plausibles, poseen en realidad una eficiencia inferior a los métodos anteriores, cuando se los analiza en términos físicos.

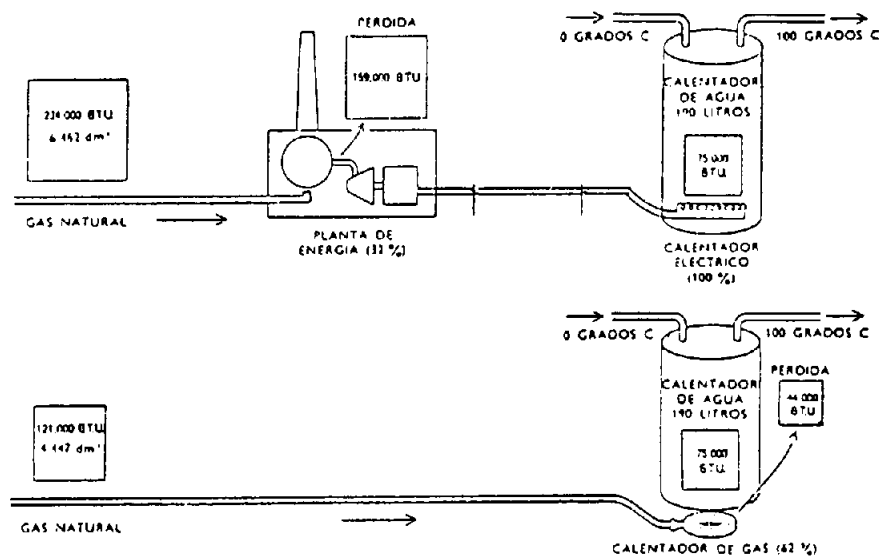
LOS LIMITES DEL ANALISIS ENERGETICO

Este nuevo tipo de análisis introduce la cuestión de la entropía, como concepto base que debe enmarcar el estudio económico de los procesos de trabajo, entendiendo que todos los tipos de energía se transforman gradualmente en calor y el calor termina por disiparse hasta un punto en que el hombre ya no puede utilizarla. La segunda ley de la Termodinámica (de la entropía) adquiere una importancia fundamental por cuanto en ella reside el origen de la escasez económica. La utilización del concepto de entropía implica por otra parte la necesidad de resaltar la importancia de la fuente primaria del flujo de recursos que atraviesa el proceso económico, lo cual supone una perspectiva diametralmente opuesta a la de la economía convencional o a la de la economía marxista (1).

(1) Georgescu-Roegen: «Energía y mitos económicos», en *Información Comercial Española*, núm. 501, Madrid, mayo 1975.

En este sentido el análisis de los balances energéticos de un proceso de trabajo, es decir, la comparación entre el valor del conjunto de los inputs, expresados en kcal. o en cualquier otra unidad energética, y el valor del conjunto de los outputs, nos da una idea de la eficiencia del proceso. En esta perspectiva podemos ver, a modo de ejemplo, la comparación entre la distinta eficiencia energética de dos procesos para calentar agua (ver esquema 1) (2).

Esquema núm. 1



Mediante el segundo método se consiguen los mismos resultados, consumiendo un 48 por 100 menos de energía.

Por otra parte y en relación con el tema que nos interesa, tenemos los trabajos de Pablo Campos y J. M. Naredo, en los que se comparan distintos sistemas de cultivo en la campiña del Guadalquivir (3) (ver cuadro núm. 1).

(2) Earl Cook: «El flujo de energía en una sociedad industrial», en *Química y Ecosfera*, Selecciones del Scientific American, Blume Ediciones, Madrid, 1976.

(3) P. Campos y J. M. Naredo: «La energía en los sistemas agrarios», en *Agricultura y Sociedad*, núm. 15, Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura, Madrid, 1980.

Cuadro 1

Eficiencia energética de distintos sistemas de cultivo (kcal. obtenidas por cada kcal. de input)

| | |
|--|-------------|
| Cultivo itinerante | 18-20 kcal. |
| Cultivo al tercio | 23 kcal. |
| Cultivo de año y vez tradicional | 15 kcal. |
| Cultivo de año y vez de transición | 3,46 kcal. |
| Cultivo de año y vez moderno | 2,43 kcal. |

Como hemos visto, el estudio de los balances energéticos nos muestra la eficiencia de los procesos de trabajo. Sin embargo, creemos que dicho método presenta ciertas insuficiencias que pueden conducirnos a una valoración errónea.

Si utilizáramos únicamente recursos renovables en nuestros procesos de trabajo, el estudio de los balances energéticos quizá fuera suficiente, pero, puesto que nuestra sociedad industrial basa su consumo energético en recursos no renovables, es decir, en stocks, y no en flujos continuos de energía, el análisis económico debe aportar como información fundamental las variaciones en la velocidad de consumo de los stocks de energía accesible.

El estudio energético tal como ha sido planteado anteriormente, al igualar todos los inputs a kcal., no nos indica cuál es el origen de las mismas, o sea que no nos informa acerca del porcentaje en que dichos inputs corresponden a recursos renovables o a stocks limitados, por lo que no nos indica la velocidad de agotamiento de los recursos, dato esencial para el análisis de la crisis energética.

Es necesario, pues, completar las informaciones procedentes del estudio del balance energético de un proceso de trabajo, con un análisis del costo ecológico de dicho proceso, entendiendo como costo ecológico el consumo del stock de recursos naturales accesibles en determinado momento.

ANALISIS ENERGETICO Y COSTO ECOLOGICO

Vamos a intentar aquí esbozar una serie de propuestas para una metodología del análisis del costo ecológico, para poder aplicarlo posteriormente al caso de la agricultura española.

Al igual que para el caso del análisis energético, el montante del costo ecológico de determinada mercancía o producto, será equivalente a la suma del costo ecológico de todos los inputs que hayan intervenido en su elaboración, es decir que, por ejemplo, el coste de una pieza de hierro que ahora forma parte de una complicada máquina, vendrá dado por las características del proceso de trabajo necesario para su elaboración. En este caso habrá sido necesario extraer el mineral del subsuelo, trabajarlo después en la fundición y posteriormente en el taller, hasta convertirse en la pieza que ahora tenemos. En la serie de trabajos citados ha sido necesario invertir energía, porque en realidad lo que hemos hecho ha sido intercambiar una energía de la que disponíamos (consumiéndola en el proceso de trabajo), por la pieza de metal, es decir, que el costo ecológico de dicha pieza será equivalente al consumo de recursos energéticos que han intervenido en su elaboración. Hasta aquí, el proceso es el mismo que el del análisis energético, sin embargo, puesto que, como hemos señalado anteriormente, lo que nos interesa es poder contabilizar los balances en los stocks de energía o de recursos naturales accesibles, la distinción entre los dos métodos de análisis residirá precisamente en utilizar un tipo distinto de unidades de medida de los inputs.

Es preciso utilizar un tipo de unidades de medida que nos permita valorar la velocidad de consumo de los stocks, lo que puesto en relación con el ritmo de los ciclos naturales de producción de dichos recursos, nos permitirá conocer el balance de las existencias o las variaciones en la velocidad de consumo de dichos stocks.

Para determinar el tipo de unidad que emplearemos, estableceremos en primer lugar una clasificación de los recursos naturales, distinguiendo entre recursos renovables y no renovables. Los recursos renovables son aquéllos que se producen a partir de flujos constantes de energía. Las lluvias, la vegetación, etc., son recursos renovables todos ellos, ya que dependen de un flujo energético constante, la radiación solar. Los recursos no renovables (hierro, cobre, etc.) son aquéllos cuyo volumen de existencia a nivel planetario se mantiene constante, ya que la naturaleza no produce nuevas existencias.

Centremos nuestra atención, por el momento, en los recursos renovables. Es evidente que el periodo de renovación es el aspecto fundamental a considerar, si queremos establecer una ley que nos permita detectar los problemas de agotamiento de los stocks de recursos. El costo ecológico, o el valor de un recurso renovable vendrá determinado por el período necesario para su recuperación por la propia naturaleza.

Así, por ejemplo, en un bosque cuya biomasa forestal es de 380 Tm/Ha., y en el que se da una productividad de 14,30 Tm/Ha/año, po-

dríamos hablar de un período de renovación de 26,57 años, y la producción de una Tm. de madera equivaldría a un tiempo natural de producción de 0,07 años. La ley del costo ecológico para los recursos renovables puede hacerse extensiva a aquellos recursos considerados normalmente como no renovables debido a lo prolongado de su período de formación. Tal es el caso de los combustibles fósiles; carbón, pizarras bituminosas, petróleo y gas natural, ricos en energía solar, almacenada desde el principio de los últimos 600 millones de años, y cuyo proceso de formación aún continúa prácticamente a la misma velocidad (la acumulación durante el próximo millón de años será probablemente de 1/600 de lo acumulado hasta ahora) (4).

Así, si se estima que los stocks de petróleo accesibles equivalen a 288×10^9 Tm. y su período de formación ha sido de 600×10^6 años, el tiempo necesario para la producción natural de una Tm. de petróleo será de $2,08 \times 10^{-3}$ años, dato que nos proporciona el importe del costo ecológico del consumo de una Tm. de dicho recurso.

Puesto que podemos adjudicar un período de formación (o de renovación) a cada Tm. de cualquier recurso renovable, podremos determinar cuáles deben ser los términos del intercambio entre dichos recursos. Sin embargo, deberemos tener presentes algunas cuestiones, puesto que comparamos productividades, es decir, producciones por unidad de superficie, las superficies de producción de los recursos que comparemos deberán ser iguales, y puesto que para algunos recursos es difícil adjudicar una superficie de producción (carbón, petróleo, etc.), deberemos referirnos siempre a la productividad mundial, lo cual nos plantea la cuestión de la distinta productividad de un mismo recurso en distintas zonas.

Hemos dicho que el costo ecológico venía determinado por el tiempo que la naturaleza necesitaba para (re)-producir determinado recurso. Tomemos ahora el caso de la madera como recurso natural. Como es conocido, no todas las regiones tienen la misma productividad; así pues, el problema radica evidentemente en saber cuál de los tiempos de producción deberemos considerar como válido. La única solución factible es la de considerar como válido el promedio del tiempo de producción de todos los ecosistemas, o lo que es lo mismo, considerar la productividad a nivel del conjunto del planeta.

Por tanto, si tenemos un recurso A (madera) cuya producción en el conjunto de la biosfera es de $4,430 \times 10^6$ Tm./año, por lo que el período de formación de una Tm. es de $2,26 \times 10^{-10}$ años, y otro recurso B

(4) King Hubbert: «Los recursos energéticos de la Tierra», en *Química y Ecosfera*, Selecciones del Scientific American, Blume Ediciones, Madrid, 1976.

(arroz) cuyo tiempo de producción por Tm. era (en 1975) de $2,78 \times 10^{-9}$ años, para que un intercambio entre ambos recursos no sea desequilibrado (en términos de tiempo natural de producción), los términos del intercambio deberían ser (6):

1 Tm. de B = $2,78 \times 10^{-9} / 2,26 \times 10^{-10}$ Tm. de A, es decir:

1 Tm. de B = 12,30 Tm. de A o bien

1 Tm. de A = 0,08 Tm. de B.

Hasta este momento las consideraciones que hemos venido realizando se referían a recursos renovables, en los que era posible establecer un período de producción o renovación natural. Existen, sin embargo, gran cantidad de recursos no renovables cuyas existencias no varían sensiblemente a nivel cuantitativo con el paso del tiempo, no siendo posible atribuirles ningún tiempo de renovación, ya que no siguen ningún ciclo que se pueda cuantificar temporalmente.

Analicemos la cuestión más detenidamente. Si tomamos, por ejemplo, el caso de la energía nuclear, tenemos que el mineral de uranio que se halla decenas de metros bajo el suelo no constituye de hecho ningún recurso energético, sino que para convertirse en kw. debe atravesar un complicado proceso de trabajo. Así, si tomamos el conjunto del uranio utilizado en una central nuclear a lo largo de toda su vida activa, tendremos que para convertir el mineral de uranio en Kw. ha sido necesario: extraer el mineral, concentrarlo, someterlo a un enriquecimiento isotópico, construir la central nuclear, instalar la red de distribución, etc., a lo que habrá que añadir unos costes «externos» en investigación, fábricas de reprocesamiento y almacenamiento, etc., todo lo cual nos da un consumo energético en forma de inputs en el proceso de trabajo que nos transforma el mineral de uranio en Kw.; es decir, que hemos intercambiado una energía de la que ya disponíamos (carbón, petróleo, hidroelectricidad, etc.), por la producción energética de dicha central, por lo que podemos calcular el costo ecológico (7) de cada Kw. electronuclear.

El costo ecológico de los recursos no renovables habrá de calcularse, por tanto, a partir del costo de los recursos renovables necesarios para obtenerlos (7-b).

(6) Para este ejemplo no tomamos en cuenta el costo energético de los inputs que intervienen en el cultivo del arroz, ni en la obtención de la madera procedente de los bosques.

(7) Prescindimos aquí del análisis de los problemas ecológicos de la energía nuclear, centrándonos únicamente en el ejemplo del uranio como recurso no renovable.

(7-b) Por tanto, el costo ecológico de determinado recurso no renovable variará cuando varíe la eficiencia del proceso de trabajo necesario para su elaboración, de la misma

A modo de ejemplo de lo dicho hasta ahora, aplicaremos las propuestas que hemos venido realizando a los datos del estudio de la agricultura de la compañía del Guadalquivir, en el caso del modelo de cultivo que Pablo Campos y J. M. Naredo califican como de «año y vez moderno» (8). Partimos del estudio del balance energético que para dicho tipo de cultivo realizan estos autores y que queda reflejado en el cuadro 2, transformando en primer lugar, las kcal. que aparecen como inputs, en Tm. de recursos energéticos, teniendo en cuenta para ello los porcentajes de carbón, combustibles líquidos, madera y electricidad (y en este último caso la proporción entre hidroelectricidad y energía eléctrica procedente de centrales térmicas), consumidos en las industrias de elaboración de cada uno de dichos inputs (industrias de maquinaria, herbicidas, abonos, etc.). Una vez convertidos todos los inputs en Tm. de distintos tipos de recursos renovables aplicándoles su coeficiente de costo ecológico por Tm. obtenemos el costo ecológico global de los inputs, que en este caso resulta ser de $4,58 \times 10^{-4}$ años. En cuanto al output, teniendo en cuenta que la producción de nuestra Ha. tuvo un valor aproximado al $2,22 \times 10^{-7}$ por 100 de la producción agrícola mundial, cuyo período de producción fue de un año, el valor del output en tiempo natural de producción fue de $2,22 \times 10^{-7}$ años.

Cuadro 2

Cultivo de «año y vez moderno» (considerados los reemplazos) (balance por Ha.)

| <i>Inputs</i> | <i>Kcal.</i> | <i>Outputs</i> | <i>Kcal.</i> |
|--------------------|--------------|----------------|--------------|
| Trabajo | 2.048 | Trigo | 5.673.264 |
| Fertilizantes..... | 2.196.535 | Girasol | 2.746.000 |
| Herbicidas | 43.560 | Subproductos | |
| Carburante | 1.171.061 | (paja) | 2.529.000 |
| Maquinaria | 53.291 | | |
| Total | 3.466.495 | | 10.948.264 |

forma que el costo de un recurso renovable puede variar si varía su velocidad natural de producción, como podría ser el caso de la producción de madera al producirse cambios climáticos a nivel planetario.

(8) Ver nota núm. 3.

Si comparamos los resultados de los dos tipos de análisis (cuadro 3), tenemos que para el caso del balance energético el resultado es positivo ya que el montante energético obtenido es 3,16 veces superior al invertido en el proceso. Por el contrario, si calculamos el costo ecológico vemos que el valor de los inputs, en tiempo natural de producción es 2.064 veces superior al del output, lo que nos advierte de una disminución de los stocks de energía accesible. Por lo que la utilización exclusiva de la información que nos ofrece el análisis energético, puede conducirnos a una valoración errónea (tal como señalábamos al principio) sobre la validez de este método de cultivo.

Cuadro 3

| | <i>Inputs</i> | <i>Outputs</i> | <i>I > 0</i> | <i>O > 1</i> |
|-------------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| Análisis energético | 3.466.495 kcal. | 10.948.264 | 3,16 | |
| Costo ecológico | $4,58 \times 10^{-4}$ años | $2,22 \times 10^{-7}$ | | 2.064 |

A pesar de que estas cifras deben considerarse como provisionales por lo que los resultados son simplemente indicativos, sí que nos señalan un orden de magnitud de la cuestión y muestran el interés que desde una perspectiva ecologista o bio-económica pudiera tener este tipo de análisis complementario del estudio energético.

COSTO ECOLOGICO DE LA AGRICULTURA ESPAÑOLA

Teniendo en cuenta estas limitaciones hemos elaborado una primera aproximación al estudio del costo ecológico de la agricultura española, partiendo al igual que en el caso anterior de los datos de los balances energéticos de los años 1950-51 y 1977-78 (9).

El procedimiento seguido ha sido el mismo que para el caso de la agricultura «de año y vez moderno», es decir, primero hemos clasificado los inputs en Tm. de distintos tipos de recursos renovables, atendiendo a los porcentajes en que las distintas fuentes de energía son consumidas en la agricultura, comparando posteriormente el costo ecológico de los distintos inputs con el valor obtenido en la producción agrícola.

(9) J. M. Naredo y P. Campos: «Los balances energéticos de la agricultura española», en *Agricultura y Sociedad*, núm. 15, Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura, Madrid, 1980.

Una vez unificadas las distintas partidas de recursos consumidos como inputs, y comparando éstas con el valor de la producción agrícola obtenemos los cuadros 3 y 4.

Los datos del cuadro 4 indican que el capital consumido en forma de stock de tiempo natural de producción de recursos era en 1950-51, 57.759 veces superior al valor obtenido y que dicha cifra aumentó a 1.677.033 en 1977-78, es decir, que la velocidad en el consumo del stock de recursos accesibles se multiplicó por 29 entre estos dos años. Este último dato complementa la afirmación de que entre 1950-51 y 1977-78 la eficiencia energética de la agricultura española pasó de obtener 6,10 kcal. de producción final agrícola y ganadera por cada kcal. de fuera del sector invertida en el proceso, a obtener sólo 0,74 kcal. (10).

Cuadro 3

| | <i>Carbón (Tm.)</i> | <i>Derivados del petróleo</i> | <i>Hidroelectricidad</i> |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Inputs agrícolas 1950-51 | 43.147 | 277.526 | 314.843 (TEC) |
| Inputs agrícolas 1977-78 | 3.403.112 | 8.049.081 | 4.808.644 (TEC) |
| Costo ecológico por Tm. o TEC | $7,89 \times 10^{-6}$ | $2,08 \times 10^{-3}$ | $2,89 \times 10^{-7}$ |
| Costo ecológico 1950-51 | 0,34 | 577,25 | 1×10^{-6} |
| Costo ecológico 1977-78 | 26,85 | 16.742,09 | $2,60 \times 10^{-5}$ |
| Costo total | | | |
| 1950-51 | 577,59 | | |
| 1977-78 | 16.768,94 | | |

Cuadro 4

Términos del intercambio

| | |
|---------------|------------------------------|
| 1950-51 | $577,59/0,01 = 57.759$ |
| 1977-78 | $16.768,94/0,01 = 1.677.033$ |

(Consideramos que en ambos años la producción agrícola española representó aproximadamente el 1 por 100 de la producción mundial.)

(10) Ver nota núm. 9.

A fin de precisar las características de los resultados obtenidos por este nuevo método de análisis, vamos a comparar estos resultados con los que se obtienen a partir de la teoría marxista del valor, y esto por dos razones:

— En primer lugar porque la teoría marxista tiene un marcado carácter antropocéntrico (11) que la lleva a despreciar la utilidad de un análisis económico partiendo de términos físicos y por tanto en este aspecto, se opone radicalmente a un análisis bio-económico o ecologista.

Por otra parte porque la teoría marxista del valor-trabajo se entronca con otros autores anteriores (como Adam Smith) (12), que también la utilizan, y porque en cualquier manual de economía se considera la relación entre el volumen de mercancías y el número de trabajadores que han intervenido en producirlas, como una medida de la productividad del sistema económico.

De acuerdo con la exposición de Marx (13), para descubrir el valor de una mercancía habremos de conocer el volumen total de tiempo socialmente necesario para producirla. En nuestro caso el tiempo socialmente necesario para conseguir la producción global de la agricultura española nos vendrá dado por el número de activos del sector agrario, más el conjunto de los trabajadores de los sectores industriales y de servicios que han intervenido en la elaboración de los inputs de fuera del sector, que ha utilizado la agricultura en el año en cuestión (maquinaria, herbicidas, etc.). El cálculo del volumen de este segundo grupo de activos (industria-servicio) podría obtenerse interrelacionando los datos de la tabla input-output de la economía española, con los de la población activa por ramas de actividad. Sin embargo, dado que las partidas de estas dos fuentes estadísticas no se corresponden, así como por el hecho de que no existen tablas de input-output de los años que nos interesan, una vez más deberemos utilizar datos solamente aproximados.

Si relacionamos la producción de kcal. de la agricultura española en 1950-51 y 1977-78 con el volumen de activos de dentro y fuera del sector, que intervinieron en la producción de dichas kcal., obtenemos los resultados del cuadro 5. Y si en lugar de tomar los activos totales utilizamos únicamente los activos agrícolas por ser un dato más exacto tenemos el cuadro 6. En ambos casos obtenemos unos resultados simila-

(11) Martínez Alier y J. M. Naredo, «La noción de "fuerzas productivas" y la cuestión de la energía», en *Energía, política, información*, Cuadernos del Ruedo Ibérico, núm. 63-66, Barcelona, 1979.

(12) El propio Marx señala en *El Capital* cómo Adam Smith hace referencia al tiempo de trabajo como medida de valor.

(13) Marx, *El Capital*, libro I, Ediciones Siglo XXI, Madrid, 1975.

res que nos indican, sin lugar a dudas, que desde una perspectiva marxista, gracias al «desarrollo de las fuerzas productivas», el valor, es decir, el costo medido en tiempo de trabajo socialmente necesario, ha disminuido unas tres o cuatro veces en el período considerado.

Cuadro 5

| | <i>Años de trabajo (activos totales)</i> | <i>Producción final agrícola (x 10⁶ kcal.)</i> | <i>Valor de 10⁶ kcal.</i> |
|---------------|--|---|--|
| 1950-51 | 5.626.425 | 26.872.141 | 75,38 días |
| 1977-78 | 3.248.310 | 49.217.890 | 24,09 días |

Cuadro 6

| | <i>Años de trabajo (activos agrícolas)</i> | <i>Producción final agrícola (x 10⁶ kcal.)</i> | <i>Valor de 10⁶ kcal.</i> |
|---------------|--|---|--|
| 1950-51 | 5.358.500 | 26.872.141 | 72,78 días |
| 1977-78 | 2.498.700 | 49.217.890 | 18,53 días |

Disponemos ahora de dos líneas distintas de información, que corresponden a dos concepciones distintas de la problemática económica:

I. La eficiencia energética de la agricultura española ha disminuido de 6,10 kcal. a 0,70 kcal. de output por cada kcal. invertida, al tiempo que la velocidad del consumo de recursos accesibles se ha multiplicado por veintinueve.

II. El tiempo de trabajo socialmente necesario para la producción de un mismo volumen de kcal. ha disminuido tres veces.

El primer enfoque, de carácter ecologista o bio-económico, considera la Tierra como un sistema cerrado (aunque abierto al flujo de energía solar), que dispone de recursos limitados y espacios finitos para la contaminación y el vertido de desechos, por lo que el análisis teórico debe ser capaz de entender los ciclos naturales, de forma que se puedan utilizar al máximo las posibilidades que nos ofrece la naturaleza, pero sin llegar a degradarla.

La segunda perspectiva, de carácter totalmente antropocéntrico, se basa en una abundancia aparentemente ilimitada de los recursos natu-

rales, y en una ideología del progreso continuo de la ciencia y la tecnología que ha de permitir superar cualquier tipo de crisis de recursos, por lo que valora los recursos según el tiempo socialmente necesario para obtenerlos de la naturaleza, o considera como la mejor medida de la eficiencia de un sistema agrícola el incremento de la producción en Tm/Ha., sin tener en cuenta los insumos físicos necesarios para tal incremento de la producción. Es por ello por lo que este segundo enfoque carece, como señalábamos anteriormente, de elementos teóricos para interpretar correctamente la crisis energética y buscarle soluciones reales.