

Sobre la evolución de los balances energéticos de la agricultura española, 1950-2000

Óscar Carpintero y José Manuel Naredo

1. INTRODUCCIÓN

Los intentos por contabilizar los *inputs* y *outputs* agrícolas en términos energéticos para complementar, desde el punto de vista físico, el análisis económico convencional de la actividad agraria cuentan con una breve pero rica historia. Las primeras aplicaciones de balances energéticos al estudio de los sistemas agrarios que pueblan el territorio peninsular aparecieron a finales de la década del setenta y principios de los ochenta. Este hecho no fue ajeno al contexto de «crisis energética» que venían padeciendo por aquel entonces las economías industrializadas, que planteó un interesante debate teórico sobre la escasez de recursos naturales energéticos y su vinculación con la agricultura (de Blas *et al.*, 1982; Fernández, 1982).

Las pioneras aportaciones de Gerald Leach (1976) y David y Marcia Pimentel (1979) demostraron pronto que la agricultura moderna había alterado profundamente la naturaleza de esta actividad. La agricultura pasó de apoyarse fundamentalmente en un flujo de energía renovable a transformarse en una actividad productiva muy exigente en combustibles fósiles y recursos no renovables. Y eran esos requerimientos energéticos tan potentes (fertilizantes, combustibles, maquinaria...) los que hacían del conjunto de la actividad agraria un proceso energéticamente *deficitario*, es decir, que exigía un aporte de kilocalorías superior al que posteriormente se obtenía en forma de alimentos. A este

Fecha de recepción del original: Junio de 2005. Versión definitiva: Agosto de 2006.

■ *Óscar Carpintero es profesor de Economía Aplicada de la Universidad de Valladolid. Dirección para correspondencia: Departamento de Economía Aplicada, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Avda. Valle Esgueva 6, 47011 Valladolid. carpin@eco.uva.es*

■ *José Manuel Naredo es profesor ad honorem de la Universidad Politécnica de Madrid. Dirección para correspondencia: jmn@telefonica.net*

resultado se llegaba midiendo energéticamente la producción total y final *agrícola, ganadera y forestal* en forma de cultivos (cereales, leguminosas,...), carne, huevos, leche, madera, leña y otros productos forestales; y comparándolo, en términos energéticos, con el total de *inputs* o requerimientos utilizados (fertilizantes, semillas, maquinaria...). Así se construía, finalmente, el correspondiente indicador de eficiencia energética (*output/input*) que en las agriculturas de los países industrializados frecuentemente tenía un valor inferior a la unidad, debido en buena medida al peso de los ineficientes procesos de conversión ganadera.

En aquellos años, las fuertes elevaciones de los precios de los combustibles fósiles ampliaron el eco de este tipo de reflexiones, que resaltaban la incoherencia de convertir una actividad tradicionalmente renovable, como la agricultura, en otra subsidiada por unos combustibles fósiles que resultaban progresivamente más caros. Comenzó a decirse y escribirse que nos alimentábamos cada vez más de petróleo, aunque, desgraciadamente, aquellas llamadas a la racionalidad que invocaban la reconversión de los sistemas agrarios y económicos en general –sustituyendo el uso de los combustibles fósiles por fuentes de energía más limpias, renovables y articuladas sobre el flujo constante de energía solar– no tuvieron continuidad. El precio del petróleo volvió de nuevo a la «normalidad» y los esfuerzos por reconducir el comportamiento económico y ecológico de las sociedades industriales cayeron en saco roto. Dados los años transcurridos, cabría pensar que la cuestión del modelo energético está lo suficientemente madura como para poder trasladar al presente las conclusiones teóricas de aquel debate que se revela, a fin de cuentas, no tan lejano. No parece, sin embargo, que las cosas sean así. Antes al contrario. No se han aprovechado las «buenas épocas» para recordar la necesidad del cambio de modelo, ni para desarrollar los incentivos y medios necesarios para lograrlo de manera gradual a un menor coste. Pero tampoco se está sacando partido a los «malos momentos» para volver a poner sobre el tapete las ventajas ambientales y económicas de cambiar las formas de abastecimiento y consumo energético. En definitiva, ya sea porque estamos en una mala coyuntura, o porque no es oportuno aguar la fiesta en plena euforia, el necesario debate social y la buena pedagogía política han estado casi siempre ausentes en las consideraciones públicas.

Así pues, a pesar de haber transcurrido tres décadas desde aquellas reflexiones, los derroteros seguidos por los sistemas agrarios han acentuado la deuda energética de la agricultura e incrementado los costes ambientales asociados a la actividad agrícola y ganadera. Los viejos argumentos se presentan ahora con una vigencia renovada, subrayando su utilidad para analizar las mutaciones observadas en el metabolismo de los sistemas agrarios a lo largo del tiempo¹. En las páginas que siguen recordaremos los análisis energéticos de la agricultura en España y enlazaremos con el momento presente, revisando algunos cálculos que muestran la importancia actual de esta herramienta, pues refuerzan las trayectorias ya expresadas hace más de veinticinco años².

¹ La cuestión energética en la agricultura vuelve a ponerse de relieve ahora bajo el ángulo de la sostenibilidad de los sistemas agrarios. Véase la interesante iniciativa «Sustainable World. A Global Initiative» auspiciada por Mae-Wan Ho, del Institute of Science and Society.

² Dejamos para otro momento la reconstrucción detallada, año a año, de los balances energéticos de la agricultura española durante el último medio siglo.

2. ENERGÍA Y AGRICULTURA EN ESPAÑA: APORTACIÓN Y TRASCENDENCIA DEL ANÁLISIS ENERGÉTICO DESDE LOS AÑOS OCHENTA

En el caso de la agricultura española, los primeros estudios relacionados con los balances energéticos fueron contemporáneos de la «segunda crisis energética» de finales de los setenta³. Se realizaron básicamente durante el período 1978-1985, en el marco de dos importantes proyectos de investigación. Por un lado, los trabajos relacionados con el proyecto «La gran explotación agraria en España» –otorgado por la Fundación Juan March a José Manuel Naredo– entre los que figuran las primeras estimaciones de balances energéticos para el caso de Extremadura (Campos y Naredo, 1978), Andalucía Occidental (Campos y Naredo, 1980) y la agricultura española en su conjunto (Naredo y Campos, 1980), y, de otra parte, los que se desarrollaron en torno al proyecto del CSIC «Economía, agricultura y energía: análisis de dos sistemas productivos el minifundio (occidente asturiano) y el latifundio (dehesa extremeña)». De los resultados de ambos proyectos se desprenden dos tipos de balances energéticos: a) los realizados a escala regional o nacional, y b) los que se ocupan de analizar la eficiencia energética de determinados agrosistemas (dehesas, sistemas de cultivo, etc.). A estos trabajos se añaden los de investigadores ajenos a los dos grupos indicados, como Puntí o Díaz Fierros, que se reseñan más adelante⁴.

El primer cálculo publicado en España en relación con los balances energéticos lo llevaron a cabo P. Campos y J.M. Naredo en el libro *Extremadura saqueada* (1978). Dado el objetivo perseguido por aquel texto, la herramienta energética se utilizó como un buen instrumento para «desvelar la realidad material en que se traduce la dominación» territorial. Desde el principio estos autores advirtieron que no se trataba de sustituir el análisis monetario convencional por un reduccionismo energético alternativo, sino de enriquecer las interpretaciones desvelando nuevas dimensiones del proceso agrario. Del análisis energético de la agricultura y la ganadería extremeñas se deducía, por un lado, que los métodos industriales de producción habían reducido el aprovechamiento de los reempleos propios del sector (estiércol, ganado, semillas, piensos...), llevando a la progresiva dependencia de inputs externos (fertilizantes, maquinaria, piensos compuestos, herbicidas...), y provocando que esta región, a mediados de los setenta, sólo pudiese reponer en forma de productos agrícolas el 97 por 100 de la energía incorporada en la utilización de esos inputs externos por la actividad agraria.

Dos años más tarde, la estimación a grandes rasgos realizada para el conjunto de la agricultura extremeña se va a reproducir con mayor detalle y análisis para el conjunto de la agricultura española. Con el objetivo de contrastar la hipótesis del cambio estructural y tecnológico operado durante la segunda mitad del siglo XX, Naredo y Campos acometen la elaboración de los balances energéticos de la agricultura española recogiendo

³ El papel de los análisis energéticos en la historia de la economía ecológica en España, en CARPINTERO (en preparación).

⁴ Nuestra intención es hacer una referencia exhaustiva de este tipo de trabajos y cualquier omisión sería involuntaria.

como períodos de referencia las medias de 1950-1951 y 1977-1978. Esto otorgaba un soporte físico adecuado para analizar el cambio tecnológico que resultó de la crisis de la sociedad agraria tradicional, así como los efectos ambientales que el «productivismo» agrario comenzaba a hacer visibles. Se cifró de este modo la transformación producida desde una agricultura que trabajaba prácticamente en ciclo cerrado hacia una agricultura dependiente de abastecimientos y equipos ajenos a ella. En 1950-1951, el sector agrario se *autoabastecía* de inputs en términos energéticos en un 94,3 por 100, mediante la utilización en forma de reempleos de los desechos de los cultivos, los aportes de materia orgánica, el estiércol, etc., y reponiendo de esta forma la casi totalidad de la energía utilizada sobre la base de fuentes *renovables*. Sin embargo, en 1977-1978 este porcentaje cayó hasta el 59 por 100, señalando la transformación desde la utilización de esas fuentes *renovables* hacia el consumo masivo de inputs procedentes directa o indirectamente de combustibles fósiles *no renovables* (carburantes, fertilizantes, maquinaria...), y por tanto dependiente de las importaciones de productos externos al propio negocio agrario (Naredo y Campos, 1980).

Desde el ángulo de la eficiencia, en la agricultura tradicional de los años cincuenta y dado el alto nivel de reempleos, por cada kilocaloría gastada en inputs procedentes de fuera de la finca se obtenían 6,1 kilocalorías en forma de cultivo y producto ganadero. El mismo cálculo para los años setenta con la agricultura moderna mostraba inicialmente una cifra de 0,74 kilocalorías en forma de producto —aunque su valor real corregido, como se verá más adelante, sea 1,22 kilocalorías—, es decir, del orden de 5 veces menor eficiencia energética que la agricultura tradicional por cada kilocaloría de *input* externo. A finales de la década de los noventa se actualizaron los balances energéticos realizados por Naredo y Campos para 1993-1994 (Simón, 1999), obteniendo un dato de eficiencia de 1,39 kcal/kcal, que mejora el registro de los años setenta, invirtiendo la tendencia expresada en anteriores trabajos.

En 1981 se estimó el balance energético de la agricultura gallega para 1955, 1965 y 1975, obteniendo eficiencias de 1,50, 0,72 y 0,27 para esos años, respectivamente (Díaz-Fierros, 1981). El mayor peso ganadero de la agricultura gallega situó, lógicamente, estas eficiencias por debajo de la media española, mostrando en cualquier caso una tendencia a la baja bien significativa. En 1982, dos años después de la publicación de los balances energéticos de la agricultura española por parte de Naredo y Campos, un interesante artículo sugería la noción de «costo ecológico» como una herramienta útil para complementar los resultados obtenidos por los propios balances energéticos (Puntí, 1982). Se puso en ese momento el acento en una variable apenas considerada: el contraste entre la velocidad en el consumo de recursos no renovables por parte de la agricultura y la lentitud del «tiempo de producción» natural que necesitaba la naturaleza para su formación. No se trata sólo de que la moderna agricultura sea mucho menos eficiente que la tradicional, sino que su ritmo temporal de agotamiento de los recursos ha crecido exponencialmente, alejándose cada vez más de las pautas de regeneración de la propia naturaleza.

En cuanto a los sistemas agrarios particulares, el análisis energético global de Naredo y Campos estuvo precedido de una reflexión previa sobre el funcionamiento

energético de varios métodos de cultivo en la campiña del Guadalquivir, comparando, a nivel de caso, el cultivo al tercio, año y vez tradicional, año y vez de transición y año y vez moderno. Como en otras ocasiones, se comprobó la merma en la eficiencia energética a medida que el análisis se acercaba al sistema moderno de cultivo altamente mecanizado y de base industrial⁵.

Aunque los textos anteriores fueron fruto, en buena medida, de las labores de campo realizadas al cobijo del proyecto de investigación sobre *La gran explotación agraria*, será entre 1981 y 1984 cuando vean la luz los resultados del segundo proyecto de investigación arriba mencionado, que comparaba dos ecosistemas agrarios como eran la dehesa extremeña y el minifundio asturiano⁶. De este esfuerzo investigador se publicaron tres trabajos que completan las aportaciones a los balances energéticos de los sistemas agrarios realizados en nuestro país, prácticamente hasta la fecha. Las contribuciones originales de Campos y Naredo fueron continuadas por el primero con sendos estudios sobre el uso de la energía en las explotaciones familiares asturianas y el análisis económico-energético de la dehesa extremeña. Para el caso asturiano, conviene leer el trabajo de P. Campos junto con el de J. López Linage, pues las consideraciones relativas al grueso de las explotaciones agrícola-ganaderas realizadas por el primero se enriquecen con el detalle aportado por el segundo para el caso particular de la recría bovina. También aquí se verifican los mejores resultados energéticos de las explotaciones tradicionales frente a las modernas que empeoran su saldo por la acción negativa de los piensos compuestos procedentes de fuera de la explotación (Campos, 1981: 247 y 252).

Si los análisis del minifundio asturiano documentaban la tendencia general presente en estudios más amplios, el caso de la dehesa extremeña constituye tal vez la investigación económico-energética de un ecosistema agrario particular más exhaustiva de las realizadas hasta la fecha. Pablo Campos dedicó sus esfuerzos desde comienzos de los ochenta a realizar el estudio económico y energético de la crisis y transformación de la dehesa tradicional, una doble perspectiva que echaba por tierra cualquier tentación de reduccionismo energético, viendo el análisis de los flujos de energía como una herramienta valiosa y complementaria del estudio económico practicado con un enfoque multidimensional (Campos, 1984: 195). En este caso, además, la comparación energética de la dehesa actual con la tradicional no presentaba unos contrastes tan marcados como en el caso de los sistemas agrarios moderno y tradicional presentes en los balances energéticos de la agricultura española, habida cuenta que la dehesa actual seguía siendo un sistema de explotación extensivo en el que el consumo de energía no renovable se man-

⁵ En CAMPOS Y NAREDO (1980: 57) se presenta una tabla resumen de los principales resultados.

⁶ El grupo investigador, formado por V. Bote, J.M. Naredo, P. Campos, J.M^a Gascó, J. López Linage, y A. Adámez, incluía economistas, agrónomos y antropólogos. Entre lo publicado a partir de los resultados del proyecto cabe destacar CAMPOS, 1981 y 1984, y LÓPEZ LINAGE, 1985. Entre las bifurcaciones de estos trabajos se encuentran la tesis doctoral de Pablo Campos sobre *Economía y energía en la dehesa extremeña* (1984), y la tesis felizmente recuperada, de Javier López Linage sobre *Modelo productivo y población campesina del occidente asturiano, 1949-1975* (original de próxima aparición por el MAPA), que constituye una aplicación pionera de análisis integrado de un agrosistema que relacionando su metabolismo físico (flujos de materiales, energía, horas de trabajo,...) con su metabolismo socioeconómico (población, salud, valores, instituciones, dinero, explotación...).

tenía en niveles bajos. Pero a diferencia de otras situaciones, la dehesa de 1975 ofrecía una mayor eficiencia energética final en relación con los gastos de fuera del sector en comparación con aquella de 1955, fundamentalmente por el mantenimiento de un elevado porcentaje de reempleos y la reorientación productiva hacia el consumo humano de productos vegetales más eficientes energéticamente que los productos animales⁷.

TABLA 1. RESULTADOS PRINCIPALES DE LOS BALANCES ENERGÉTICOS DE LA AGRICULTURA EN ESPAÑA, 1978-2006

Autores	Ámbito	Prod. Final /Input total (kcal/kcal)	Prod. Final /Inputs de fuera (kcal/kcal)	Reempleos (% de kcal)
Campos y Naredo (1978)	Extremadura	-	1,76	-
Campos y Naredo (1980)	Campaña del Guadalquivir(a)	23-2,43(a)	37-2,43 (a)	98,2-9,7 (a)
Naredo y Campos (1980)	España(b)	1950-1951: 0,34	6,10	94,3
Simón (1999)		1977-1978: 0,50	1,22(*)	59,0
		1993-1994: 0,82	1,39	40,7
Díaz-Fierros (1981)	Galicia	1955: 0,59	1,50	60,9(g)
		1965: 0,42	0,72	40,9(g)
		1975: 0,21	0,27	23,1(g)
Campos (1981)(c)	Asturias	0,53-0,10	15,0-0,37	96,4-73,0
Campos (1984)(d)	Dehesa extremeña	0,10-0,35	0,46-1,0	89,1-65,2
López Linage (1985)(e)	Asturias	0,04	0,583	95,3
López-Gálvez y Naredo (1996)	Almería(f)	Enarenado: 1,40	1,40(f)	..
		Sustratos: 0,38-0,70	0,38-0,70(f)	..
Cussó, Garrabou y Tello (2006)	Comarca del Vallès (Cataluña)	1860-1870: 1,41	94,5	42,4

(*) Cifra ya corregida teniendo en cuenta lo dicho en el texto. La cifra anterior que figuraba en el artículo de Naredo y Campos era 0,74.

(a) Intervalo entre el cultivo al tercio y cultivo de año y vez moderno. (b) Se refiere a la producción final agrícola y ganadera. (c) Intervalo entre la explotación tradicional y la explotación actual. (d) Intervalo entre la dehesa tradicional y la dehesa actual. (e) Se toma como ejemplo una explotación bovina de la comarca de Brañavara con pastos de tipo Atlántico. (f) El trabajo se apoya en mediciones directas de los flujos de agua, materiales, energía y dinero en dos campañas de tomate (1992-93 y 1993-94) realizadas en un invernadero experimental en suelo enarenado y con distintos tipos de sustrato. La ausencia de reempleos hace que los ratios de eficiencia coincidan respecto de los inputs totales y los inputs de fuera del sector. (g) Sólo incluye el reemplazo ganadero.

A ello cabría añadir el cálculo de los balances energéticos de distintos sistemas de cultivo enarenado y en sustratos en los invernaderos del poniente almeriense (López

⁷ CAMPOS (1984: 317). Sin embargo, la eficiencia respecto al uso de combustibles fósiles empeora con la dehesa actual respecto a la tradicional en un 35,4 por 100. Para la comparación de los balances energéticos de los dos modelos de dehesas, pp. 195-211 y 291-307.

Gálvez y Naredo, 1996: 228-232). En este último caso los balances energéticos se incluyen como un lugar de síntesis a tener en cuenta tras haber estudiado a fondo el comportamiento físico y monetario de los distintos sistemas de cultivo analizados. Más allá de las modas, los balances energéticos están llamados a ocupar un lugar de síntesis importante –junto con los balances de agua, materiales y dinero– en el análisis del metabolismo de los sistemas agrarios. Aspectos éstos que deberían de relacionarse, en un enfoque verdaderamente pluridimensional, con otras síntesis patrimoniales (territorio, medio físico, arbolado, cultivos, ganado...) y socioinstitucionales (propiedad, parcelación, modos de vida y de trabajo...).

Finalmente, desde un punto de vista histórico, el interesante trabajo de Cussó, Garrabou y Tello (2006) pone de relieve cómo el análisis de los balances energéticos en la comarca barcelonesa del Vallès a finales del siglo XIX muestra un notable indicador de eficiencia (respecto al total de inputs) como resultado de una alta integración entre la gestión de la agricultura, los pastos y el aprovechamiento del monte.

En resumidas cuentas, los análisis energéticos de la agricultura realizados en España desde 1978 se muestran en sintonía con las aportaciones de otros países a la hora de juzgar el buen comportamiento ecológico de las explotaciones tradicionales, sobre todo porque al mismo tiempo ponen en entredicho las ganancias de «productividad» económica ofrecidas por la moderna agricultura que, sin realizar balances energéticos, presenta mejoras de la eficiencia monetaria cuando en términos físicos el resultado del proceso incrementa las pérdidas. La Tabla 1 recoge un resumen de los principales resultados de los trabajos reseñados, que demuestran las conclusiones aquí apuntadas.

3. UNA AGRICULTURA CADA VEZ MÁS HIPOTECADA ENERGÉTICA E HÍDRICAMENTE

Las principales modificaciones introducidas por la «modernización» afectaron sobre todo a la gestión de tres tipos de recursos naturales: *la energía, el agua y el suelo*. En todos ellos ha tenido especial relevancia el proceso de mecanización y el recurso masivo a la fertilización química. Dada la dependencia generalizada del petróleo que acusa la economía española, esta estrategia agraria «modernizadora» de expansión de los factores productivos captados fuera del sector no hizo sino incrementar la extracción de recursos procedentes del resto del mundo que, además, poseen un carácter agotable. Sin embargo, las condiciones favorables respecto a los precios de la energía y los fertilizantes hasta los años setenta y después de la crisis –a la par que unos costes moderados en el resto de factores productivos –favorecieron el aumento espectacular de la maquinaria que influyó decisivamente, y no sólo a través de la consabida proliferación de tractores para labrar la tierra con mayor comodidad y profundidad.

En lo que atañe a la *energía* sabemos por los diferentes balances energéticos que el paso de una agricultura tradicional, basada en el trabajo humano y la tracción animal, a una agricultura que funciona con cargo a los combustibles fósiles, no sólo significó una simple sustitución de fuentes de energía diferentes, sino el incremento especta-

cular del gasto energético por hectárea cultivada y por unidad de producto obtenido. Esta circunstancia se ha observado al comparar los datos de Naredo y Campos para 1950-51 y 1977-78 (complementados por Xavier Simón para 1993-94), que transformaban la utilización de los diferentes inputs agrarios (maquinaria, fertilizantes, electricidad, etc.) en kilocalorías. El resultado reveló la menor *eficiencia energética* de la agricultura moderna con relación a la agricultura tradicional.

Otras estimaciones posteriores han actualizado los balances energéticos para la década de los 90. La principal se debe a Xavier Simón que, utilizando la misma metodología que el trabajo de Naredo y Campos, actualizó las cifras para mediados de los años noventa (Simon, 1999). Sus estimaciones, realizadas para los años 1993 y 1994, denotaban de entrada una notable mejora de la eficiencia energética del conjunto de la actividad agraria con relación a la registrada para los años 1977 y 1978: se pasó de obtener 0,74⁸ kilocalorías de *output* final agrícola y ganadero por cada kilocaloría de *input externo*⁹ en el bienio 1977-78, a 1,39 en 1993-94. El aumento en términos energéticos del *output*, mucho más marcado que el del *input externo*, explicaba este aumento de la eficiencia. Sin embargo, al revisar más a fondo la información de base utilizada, hemos constatado que el incremento en la eficiencia observado por Simón responde en buena medida a los cambios practicados por el Ministerio de Agricultura en la cocina estadística de las series de producción utilizadas. La estimación de Simón se apoyó en las series de producción agraria al uso. Estas series habían sido revisadas al alza, mientras que las estimaciones anteriores de Naredo y Campos se apoyaban en la serie antigua, antes de ser revisada. Las cifras de 1977-78 se asentaban en una producción final de cereales y cultivos industriales que fue corregida notablemente al alza, lo que derivó en la cifra de eficiencia inferior a la unidad que figura en la Tabla 2. Por ejemplo, la producción final de cereales para 1977-78, en la que se apoyó el cálculo inicial de la eficiencia (Naredo y Campos, 1980), era de 6.562.659 t, mientras que en la serie de producción corregida es, para ese mismo bienio, de 11.605.268 t. En el caso de los cultivos industriales (entre los que figura la remolacha, con alto contenido energético) se ha modificado al alza la cifra de producción de 1.581.208 t por la de 9.105.018 t, que figura en la nueva serie comparable con los datos de la década de los noventa. Por tanto, si el cálculo se realiza sobre los datos corregidos al alza de la nueva serie, obtenemos para 1977-78 una eficiencia de

⁸ Cifra sin corregir de la manera en que se especifica en el texto.

⁹ Este énfasis merece una explicación. Dado que el ratio de eficiencia (Output total/Input total) tiene problemas debido a la doble contabilización de los reempleos en el numerador y el denominador, podría estimarse un indicador de eficiencia que relacionase sólo el Output *final* y los Inputs *totales*, es decir, eliminando los reempleos del numerador y dejándolos en el denominador. Aunque esto es perfectamente posible y se realiza a menudo, creemos que resultaría más razonable calcular la eficiencia de la producción *final* sólo en relación con los inputs *externos*, por varias razones: 1) El output final es igual al output total menos los reempleos, es decir, la parte de la producción total que se destina a la venta *fuera* del sector agrario. Si se detraen los reempleos en el numerador es deseable que también los eliminemos del denominador, esto es, de los inputs totales, quedándonos con los Inputs *externos*; 2) Si no lo hiciéramos así estaríamos calculando un indicador de eficiencia que relaciona todos los costes en que incurrimos en el proceso, pero sólo para la producción de una parte del Output (el final, o destinado a la venta fuera del sector); 3) Dado que la producción final tiene ese destino externo al sector, resulta más razonable que, para el cálculo de su eficiencia, *lo comparemos con los inputs que utilizamos también procedentes de fuera del sector, esto es, los inputs externos*.

1,22, es decir, más próxima a la estimada por Simón para 1993-1994. Nótese que las elevaciones tan significativas de las series oficiales de producción no alcanzaron a las cifras de 1950-51, que hemos dejado sin corregir al alza, ante la falta de información solvente. Podemos intuir que las cifras de la Tabla 2 minimizan la caída de la eficiencia observada entre 1950-51 y 1977-78.

TABLA 2. EFICIENCIA DE LA AGRICULTURA ESPAÑOLA EN TÉRMINOS ENERGÉTICOS, 1950-2000 (MILLONES DE KCAL, Y KCAL/KCAL PARA LA EFICIENCIA)

	1950-1951	1977-1978	1993-1994	1999-2000
Output final (agrícola y ganadero)	30.308.437	101.473.583	124.428.479	134.805.854
Inputs totales (incluye reempleos)	87.457.567	201.728.507	150.794.490	178.385.629
Inputs (externos)	4.961.946	82.549.104	89.271.231	106.183.947
EFICIENCIA (output final/input externos) (a)	6,10	1,22 (*)	1,39	1,27

Fuente: Años 1950-51: Naredo y Campos (1980); Años 1993-1994: Simón (1999).

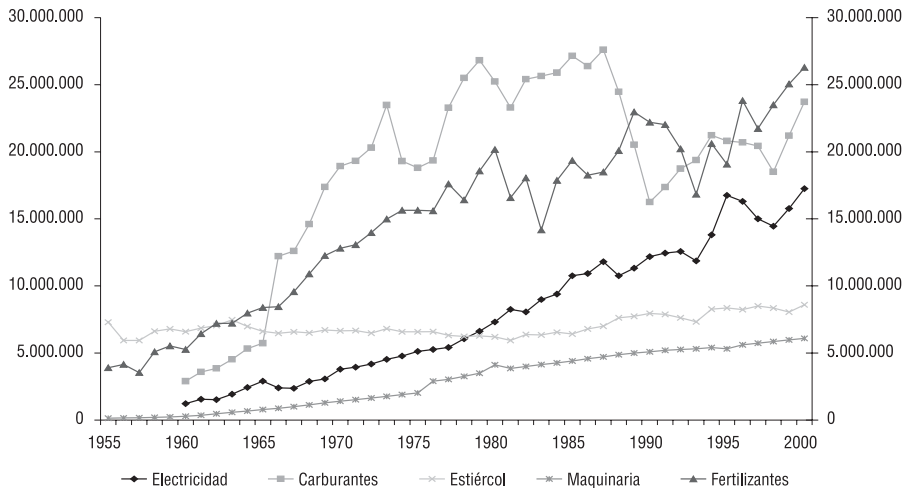
(*) Cifra ya corregida teniendo en cuenta lo dicho en el texto. La cifra anterior que figuraba en el artículo de Naredo y Campos era 0,74.

(a) Véase la nota 9.

Así pues, la Tabla 2 incluye la estimación de 1977-1978 sobre la nueva serie de producciones corregidas en que se apoya el cálculo de 1993-1994, permitiendo comparar, sobre bases estadísticas más homogéneas, la evolución de las entradas, las salidas y la eficiencia energética, a partir de esos años. Esta información se completa con nuestra estimación de las rúbricas principales del balance energético para 1999-2000, de forma que sea posible tener una perspectiva histórica que abarque toda la segunda mitad del siglo XX.

El notable descenso de la eficiencia energética de la agricultura española entre los años cincuenta y la década de los setenta –consecuencia de la «modernización» agraria– se vio truncado más tarde, como muestran los datos de Simón para los primeros años noventa. Lo importante es explicar cómo la eficiencia energética entre 1977-78 y 1993-94 mejoró ligeramente en paralelo al crecimiento en la utilización de energía incorporada a la maquinaria, los fertilizantes o la electricidad. Este ligero ascenso experimentado (de 1,22 a 1,39) entre los setenta y los noventa no se deriva tanto de un uso más medurado y eficiente de los *inputs*, como del alza en los rendimientos energéticos, derivada de la reducción de tierras de cultivo y del aumento del regadío. Cabe suponer que se abandonan las peores tierras y no las mejores y, si se dejan de cultivar las tierras menos fértiles, ello eleva el rendimiento medio de los cultivos, que es lo que ocurrió en 1993-1994 por comparación con 1977-1978.

GRÁFICO 1. EVOLUCIÓN DE LOS PRINCIPALES INPUTS AGRARIOS EN TÉRMINOS ENERGÉTICOS, 1955-2000. (MILLONES DE KCAL)



Fuente: Carpintero (2005, 279). Elaboración propia con datos del *Anuario de Estadística Agraria*, OECD, *Energy Balances*, y las hipótesis en Naredo y Campos (1980).

El Gráfico 1 ilustra precisamente que la ligera mejora en la eficiencia de la actividad agraria observada entre 1977-1978 y 1993-1994 no se apoyó en una menor utilización de inputs, muchos de los cuales se han incrementado notablemente entre ambas fechas. Únicamente se observa una reducción de los carburantes y un crecimiento moderado de los fertilizantes, relacionados ambos con la disminución de la superficie cultivada; a la vez que se constata el espectacular aumento del consumo de electricidad, debido sobre todo a los bombeos ligados a la ampliación del riego y a la baja de los niveles freáticos.

Mientras los tractores y cosechadoras permitían reducir el esfuerzo en las tareas agrícolas, la explotación de aguas subterráneas —con el incremento de los motores de riego (eléctricos y de explosión) para su captación— incentivaron la puesta en marcha de numerosas hectáreas de regadío, explicando en gran medida la mejora sustancial en los rendimientos agrícolas y el ligero crecimiento en la eficiencia energética ya aludido. Por tanto, el aumento y la intensificación del regadío ocasionó un salto en los rendimientos muy superior a la mayor exigencia de inputs medidos en energía, máxime cuando el agua aportada por los sistemas de riego no figura completamente entre los inputs energéticos considerados en la metodología de cálculo utilizada¹⁰. La importancia de este

¹⁰ Sólo figura la energía aplicada a los bombeos del agua de riego por los agricultores, no la exigida por las obras hidráulicas y los bombeos realizados por la Administración, ni la aplicada a la fabricación de las instalaciones de riego y regulación de los agricultores. Tampoco se valora el coste energético de la reposición, en cota y calidad, del agua que realiza la naturaleza, con el apoyo de la energía solar, en la fase atmosférica del ciclo hidrológico.

hecho se puede intuir con los datos de la Tabla 3, que ponen de relieve un crecimiento de los motores tanto en número como en potencia media que permitieron, por ejemplo, multiplicar la profundidad de las extracciones por tres en la segunda mitad del siglo XX. Y en la mayor potencia instalada fueron ganando progresivamente terreno las máquinas alimentadas eléctricamente –sobre todo a partir de la década de los ochenta al calor de la electrificación total de las zonas rurales– en detrimento de los motores de combustión de mayor coste comparativo y hegemónicos hasta entonces (Calatayud y Martínez, 1999). Todo redundó en la mejora de los motores que –unida a las nuevas posibilidades de intubación a presión– favoreció tanto la apertura de nuevos pozos como la explotación de los que, por su elevada profundidad, resultaban anteriormente inalcanzables.

TABLA 3. LOS MOTORES DE RIEGO, 1955-1995

	1955	1965	1975	1990	1995
De explosión	63.210	118.427	173.584	154.722	154.800
% sobre el total	79	85	88	61	58
Eléctricos	16.752	21.460	22.731	99.823	109.397
% sobre el total	21	15	12	39	42
TOTAL	79.962	139.887	196.315	254.545	264.197

Fuente: MAPA, *Anuario de Estadística Agraria*. Lamentablemente esta estadística se deterioró y truncó tras 1995, por la desidia y la descentralización de competencias. Cuando el uso de motores de riego cobró más importancia que nunca desapareció la estadística que informaba sobre ellos, ¡viva la «sociedad de la información»!

A partir del segundo quinquenio de los años noventa esa leve mejoría en la eficiencia, medida en términos energéticos para el conjunto del sector agrario, dejará de producirse, invirtiéndose de nuevo la tendencia. Varios elementos contribuyeron a este resultado. Como ilustra la Tabla A.1 del anexo, entre 1993-1994 y 1999-2000, la producción final agrícola y ganadera apenas aumentó un 8 por 100, mientras que los inputs totales y los procedentes de fuera del sector lo hicieron un 18 y 19 por 100 respectivamente. El repunte tiene que ver con la expansión de la electricidad, el combustible y los fertilizantes. La electricidad, con un 31 por 100 de incremento en apenas siete años, supone la principal contribución a esta inflexión, seguida de cerca por los fertilizantes, que experimentaron un crecimiento del 30 por 100 entre ambas fechas. Las leves mejoras en la utilización de carburantes y fertilizantes de 1993-1994 respecto al período de referencia anterior se esfumaron en 1999-2000 (Tabla 4). Esto incluso sin necesidad de computar de forma más completa los costes de la expansión del regadío, que sólo está considerado parcialmente. El siglo XX terminó, pues, acentuando la caída en la eficiencia energética de la agricultura española. Todo ello en un contexto de continua reducción en la superficie de cultivo, aunque esa reducción afectó únicamente a las labores de secano.

TABLA 4. EFICIENCIA ENERGÉTICA POR TIPOS DE INPUTS EXTERNOS, 1950-2000 (KCAL DE PRODUCCIÓN FINAL/KCAL DE INPUT EXTERNO)

	1950-1951	1977-1978	1993-1994	1999-2000
Electricidad	57,7	41,6	9,9	8,2
Carburantes	33,7	3,8	6,2	6,0
Fertilizantes	12,3	5,7	6,3	5,3
Maquinaria	272,4	34,9	22,3	22,3
Trabajo	56,5	439,6	928,2	1.331,9
Tratamientos	70,0	53,3	60,9	55,4
Semillas externas e importadas	–	–	–	76,2
Pienso concentrado e importado	–	3,3	4,2	4,3
PRODUCCIÓN FINAL/INPUTS EXTERNOS (a)	6,10	1,22 (*)	1,39	1,27

Fuente: Elaboración propia con datos del *Anuario de Estadística Agraria*, OECD, Simón (1999), *Energy Balances*, y las hipótesis contenidas en Naredo y Campos (1980).

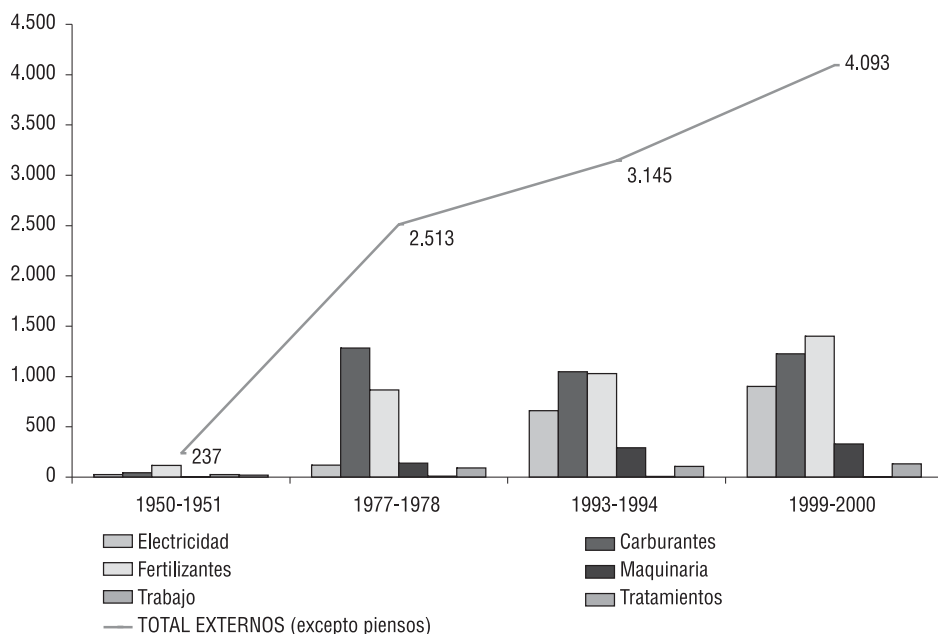
(*) Cifra ya corregida teniendo en cuenta lo dicho en el texto. La cifra que figuraba en el artículo de Naredo y Campos era 0,74.

(a) Véase la nota 9.

Entre 1960 y 2000 se redujeron las tierras de cultivo en 2,2 millones de hectáreas, cifra que convivió con la caída en 3,8 millones de hectáreas de secano y con el incremento, en el mismo período, de 1,9 millones de hectáreas de regadío (según el *Anuario estadístico* del MAPA). Pero lejos de traducirse esa reducción del cultivo en una merma en la utilización de *inputs* externos, la agricultura española elevó de forma considerable la energía aplicada como *inputs* a las labores agrícolas *por hectárea cultivada*. El Gráfico 2 muestra con claridad esta preocupante evolución, que ha llevado de los 2,5 millones de kcal por hectárea en 1977-78 a los 3,1 millones de 1993-1994, para finalizar en los 4,1 millones de 1999-2000.

A finales de la década de los noventa –y a diferencia del período anterior– la expansión del regadío y de los rendimientos no pudo compensar el incremento tan notable en la utilización de *inputs*, ni la reducción paralela de cultivos de secano. En parte porque se trata de cultivos de regadío especialmente exigentes en agua (maíz, alfalfa,...), que espoleados a veces por subvenciones europeas, comenzaron a proliferar en zonas no especialmente dotadas para ello. Sólo así cabe entender que una región como Extremadura, con 62.331 hectáreas de maíz en 2000, o Castilla La Mancha con 46.017 hectáreas, duplique en el primer caso, y supere en casi dos tercios en el segundo, a un territorio bien dotado hídricamente como Galicia, que «apenas» cuenta con 28.842 hectáreas de maíz en ese año. A esto se añade la puesta en riego masiva de cultivos tradicionales de secano, como el olivar y el viñedo, proceso sólo parcialmente recogido en las estadísticas oficiales. Todo ello explica los fenómenos de sobreexplotación de acuíferos observados en territorios como Castilla-La Mancha, así como de intrusión salina en zonas insulares y del litoral.

GRÁFICO 2. INTENSIDAD ENERGÉTICA DE LOS INPUTS EXTERNOS AGRARIOS, 1950-2000 (MILES DE KCAL/HECTÁREA)



Fuente: Elaboración propia con datos del *Anuario de Estadística Agraria*, OECD, Simón (1999), *Energy Balances*, y las hipótesis de Naredo y Campos (1980).

Aunque no existen muchos datos para estimar con exactitud la energía utilizada por los regadíos españoles, las cifras disponibles corroboran lo anterior. El *Plan Nacional de Regadíos* elaborado por el MAPA en 1997 proporcionó algunos cálculos interesantes para el año 1995, que después fueron extrapolados a 2001 con motivo de la elaboración de la *Estrategia de ahorro y eficiencia energética 2004-2012* (Ministerio de Economía y Hacienda, 2003). Este documento estableció para 2001 un consumo de energía en regadíos de 898.362 tep (electricidad más gasóleo), seguramente no muy alejado de la media del período 1999-2000. Esta cantidad supone el 32 por 100 de la utilización de energía *directa* aplicada en las labores agrícolas en ese año, porcentaje que supera ampliamente al de superficie agrícola regada, que se situó ligeramente por debajo del 20 por 100 de la superficie agrícola total. Además, como pone de relieve el Gráfico 3, es precisamente en las regiones donde se fuerzan los regadíos y se sobreexplotan los acuíferos donde las cifras se encuentran por encima de la media española, mostrando el mayor coste energético por hectárea regada de electricidad y de gasóleo. Desde Canarias y Castilla-La Mancha, que cuadruplican la media española en consumo energético, hasta Galicia o Aragón, que presentan los menores valores relativos.

El Gráfico 3 confirma que las tres regiones cuyos regadíos reclaman una mayor intensidad energética son las de menor sostenibilidad en la gestión del agua¹¹. A la limitación de las disponibilidades hídricas de estos territorios se añade la sobredimensión del regadío con cultivos muy exigentes en agua: platanera en Canarias, maíces y alfalfas en La Mancha...e incluso las hortalizas del sur y levante (algunas como el melón, el pepino o la calabaza llegan a transpirar 10 veces su peso fresco en agua cada día, Pimentel *et al.*, 1999). Un ejemplo modélico de cultivo impropio del clima mediterráneo es el maíz, como recuerda el medio más favorable en el que se desenvuelve este cultivo en los Estados Unidos, principal productor mundial de este cereal¹².

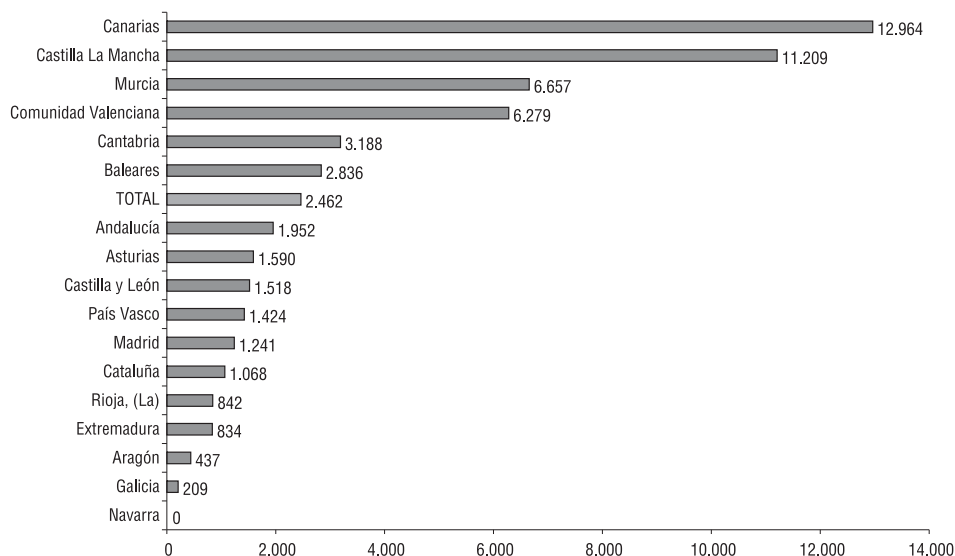
Como consecuencia de lo anterior, las estrecheces en la *cantidad* de agua que provoca la intensificación agrícola de los territorios que no presentan especiales dotaciones para ello, se agravan cuando nos enfrentamos al deterioro en la *calidad* de este recurso, ya que los regadíos son potentes concentradores de sales a través de las aguas lixiviadas y su extensión origina la reducción de los caudales superficiales y subterráneos y su progresiva salinización. No debe extrañar que el 37 por 100 de las aguas superficiales sean *salobres* en nuestro país (Naredo y Gascó, 1992). Ni que a medida que avanza el regadío se entre en una dinámica en la cual la sobreexplotación en cantidad de los acuíferos genera, en un corto lapso de tiempo, problemas importantes de calidad de las aguas para el riego y el consumo en general, a veces agravados por fenómenos de intrusión salina.

En resumidas cuentas, parece necesario incorporar el elemento agua a los balances energéticos en todas sus dimensiones, en términos de cantidad y de calidad, así como de las infraestructuras necesarias para su captación y manejo. Evitaríamos de esta manera que el aumento de la eficiencia derivado de la extensión del regadío se encuentre inflado por las carencias de la metodología aplicada, que sobrevalora las mejoras de eficiencia, pero infravalora las cifras de costes y el empeoramiento de la situación por la sobreexplotación y contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

¹¹ La evaluación de la insostenibilidad de la gestión del agua en las distintas zonas del territorio peninsular ha sido modelizada en Gascó, NAREDO *et al.* (2005), apareciendo en cabeza Murcia y La Mancha. La insostenibilidad de la gestión del agua en Canarias, analizada junto a la sobreexplotación de acuíferos de Arizona y Nuevo Méjico, en AGUILERA KLINK Y NUNN, eds. (1989).

¹² «Una hectárea de maíz en EE UU transpira unos 4 millones de litros de agua (4.000 m³/ha) durante su período de crecimiento, con 2 millones más de litros evaporándose desde el suelo. Por lo tanto se necesitan unos 600 mm de lluvia (6 millones de litros por hectárea) durante el período de crecimiento para producir maíz. Incluso con unas precipitaciones anuales de 800 a 1.000 mm en la región de 'cinturón del maíz', es normal que el maíz sufra falta de agua en algún momento de su período de crecimiento veraniego» (PIMENTEL *et al.*, 1999, 19). Los maíces que se plantan en La Mancha o Extremadura, con precipitaciones anuales inferiores a 400 mm anuales y precipitaciones estivales casi nulas, magnifican las exigencias de riego de este cultivo. Las cifras indicadas por Pimentel, a las que hay que añadir mayores pérdidas por evapotranspiración y lixiviado, se quedan pequeñas en relación con las dosis de riego del orden de 10 e incluso 12 millones de litros (10.000-12.000 m³ o tm de agua) por hectárea de maíz, que se aplican para que esta planta prospere durante los tórridos veranos mesetarios. Si el agua aportada se relaciona con cosechas que oscilan en torno a las 10 tm de maíz por ha, se observa que cada kilo de maíz está exigiendo cerca de una tonelada (o m³) de agua de riego.

GRÁFICO 3. INTENSIDAD ENERGÉTICA DEL REGADÍO POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS, 2001 (MILES DE KILOCALORÍAS DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD Y DE COMBUSTIBLE POR HECTÁREA REGADA)



Fuente: Ministerio de Economía (2003: 24 y 36) y elaboración propia.

Habría, no obstante, una posible forma de incorporar este elemento. Como ocurre con los otros procesos del mundo físico, el ciclo del agua se encuentra sometido a la ley de la entropía: desde que el agua entra en él, por precipitación, va perdiendo cota y calidad química hasta alcanzar el máximo nivel de entropía en el sumidero de los mares, del que la energía solar la sacará de nuevo, por evaporación, para reiniciar el proceso. Como la industria humana puede hoy reproducir artificialmente el proceso, restituyendo el agua en la cota y con la calidad deseada, cabría estimar el coste energético de reposición (mediante desalación y bombeo del agua del mar de la fracción de agua consumida y de desalabración de la parte de agua lixiviada, así como su depuración química y biológica) del agua utilizada en el riego, e incluir este coste junto al de los otros inputs considerados. Éste podría ser un método para cubrir esta laguna en futuros trabajos.

Pero una interpretación más completa de la naturaleza y las consecuencias de las transformaciones ocurridas en la agricultura española exigirá ampliar la reflexión, no sólo en lo concerniente al agua, sino también sobre los otros elementos que integran el medio físico y sobre las infraestructuras, mejoras y elementos patrimoniales, sobre los que se asienta la actividad agraria. Empezando por el suelo fértil, la mecanización de las labores ha permitido *«aumentar la capacidad de retención del agua en los suelos mediante la realización de labores más profundas que, en suelos arcillosos (predominantes en clima mediterráneo), eran difíciles de acometer sin tracción mecánica. La mecani-*

zación permitió así ampliar la reserva de agua del suelo en los secanos y, con ello, el abonado y los rendimientos. En otras palabras, que difícilmente cabe concebir el aumento de la fertilización química y de los rendimientos observado en los secanos sin tener en cuenta la mecanización. Sin embargo este tipo de agricultura tiene un efecto degradante sobre la fertilidad natural de los suelos: se produce una espiral en la que el binomio mecanización y fertilización química arrastra la pérdida de materia orgánica y la erosión de los suelos, a la vez que se encubre este daño aumentando la profundidad de las labores y las dosis de fertilizantes aplicados» (Naredo, 2004b).

El aumento de los rendimientos lleva consigo un deterioro del suelo fértil, es decir, que el aumento del flujo de cosecha representado en el análisis energético y en el monetario va unido a una pérdida patrimonial que no se incluye en el análisis habitual de flujos, ya sean éstos energéticos o monetarios.

4. LAGUNAS Y PARADOJAS DE LA METODOLOGÍA APLICADA

El análisis energético de la actividad agraria que acabamos de realizar se encuentra mediatizado, como siempre ocurre, por los límites y las hipótesis que establecemos para configurar el sistema a analizar. Algunos de estos límites e hipótesis se derivan implícitamente de lo que se entiende por actividad agraria en los análisis económicos ordinarios, que restringen el objeto de la representación a productos con ciertas finalidades utilitarias y que son generalmente vendibles. Otros los hemos fijado en función de los datos disponibles. Tratemos de explicitar las hipótesis y límites del sistema.

En primer lugar hay que advertir que estamos centrando el análisis en un mero sistema de flujos físicos, en el que se cifran ciertos *outputs* anuales de «producción» y ciertos *inputs* anuales de «consumos intermedios» que reclama el proceso y que optamos por tomar las unidades energéticas como medio de representarlo en términos cuantitativos. Pero hemos hecho abstracción de la evolución de los *stocks* o *bienes fondo* que posibilitan el funcionamiento de dicho sistema, que vienen dados por recursos naturales (suelo fértil, agua...) o agrupaciones de ellos (comunidades de organismos, ecosistemas, paisajes...) o por mejoras, instalaciones o *stocks* del propio proceso agrario (como los *stocks* ganaderos o forestales, que se pueden «desacumular» y vender como productos). De lo cual se desprende que se puede forzar la «producción» a costa de un deterioro patrimonial. Esto es lo que ocurre con el uso masivo del agua que se hace en secanos y regadíos, ocasionando pérdidas en cantidad y calidad del *stock* de agua disponible, o sobre el deterioro de los suelos derivado de las prácticas de cultivo. La falta de información agregada sobre la evolución de las variables patrimoniales fuerza a excluirlos del análisis cuantitativo que estamos realizando, aunque en otras ocasiones nos hayamos ocupado del tema (Naredo, 2001) y existan metodologías contables capaces de tenerlos en cuenta (Campos y Rodríguez, 2002).

Pero la información disponible no sólo refleja las carencias patrimoniales del análisis macroeconómico habitual, sino que este análisis limita también los flujos tomados

en cuenta. Por ejemplo, no se registra lo que los biólogos llamarían *producción primaria neta* derivada de la fotosíntesis, sino sólo la constituida por productos vendibles y en ocasiones reempleados en el proceso agrario (semillas, paja...). Por ejemplo, la producción considerada recoge los frutos pero no las hojas, tallos y plantas generados en el proceso, a los que este enfoque atribuye la condición de desechos. Este aspecto lo hemos recogido (Carpintero, 2005), al elaborar la contabilidad de flujos físicos de la economía española en lo que tiene que ver con los flujos de biomasa, incorporando tanto los flujos directos (valorados monetariamente) como el tonelaje de flujos indirectos (restos de cosecha y poda) que se generan en los cultivos agrícolas o tareas forestales.

El cálculo de la energía atribuida a los flujos físicos que utiliza y genera el proceso agrario depende también de los límites e hipótesis del sistema considerado. El contenido energético atribuido a los productos refleja la energía que liberan en combustión, tomada de las fuentes que se indican. La energía solar utilizada en la fotosíntesis no figura entre los *inputs*, por considerar que fluye de forma renovable al margen de la intervención humana y que se degrada aunque no se utilice para este fin, siendo irrelevante para el análisis económico. Lo mismo ocurría tradicionalmente con el agua: el agua de lluvia utilizada tiene la misma condición de «bien libre» o «no económico» que la energía solar, pero el problema surge cuando se empieza a usar masivamente agua obtenida a partir de bombeos y conducciones que, además, deterioran las disponibilidades futuras de este recurso. Por último, la energía atribuida a los consumos intermedios incluye la utilizada en su obtención, tal y como se indica en la metodología. Por ejemplo, la energía atribuida en forma de carburantes y electricidad corresponde a la contenida en estos productos y a la utilizada en obtenerlos y transportarlos. En el caso de los carburantes podríamos ampliar el razonamiento hasta el límite de atribuirles la energía necesaria para la reposición de los combustibles fósiles por el mejor procedimiento disponible, el de la fotosíntesis (Puntí, 1982), pero hemos optado por limitar el cálculo a los procesos de extracción, elaboración y transporte.

En cualquier caso, circunscribir el sistema a la medida de actividad agraria estudiada por el análisis económico corriente plantea limitaciones, pero también posibilidades de análisis: por ejemplo, permite ajustar el contenido físico a la valoración monetaria de ciertas variables, posibilitando así su análisis bidimensional, físico y monetario. Al relacionar las cifras de los balances energéticos con las variables monetarias habituales se obtiene una versión bidimensional del proceso agrario que clarifica algunos aspectos del llamado proceso de «modernización». La creciente dependencia de los inputs externos al propio sector agrario que denota la interpretación energética del proceso tiene obviamente un reflejo monetario. Este proceso, que acompañó a la crisis de la agricultura tradicional y al ascenso de las explotaciones más intensivas en capital, tuvo su correspondencia monetaria en el espectacular crecimiento de los consumos intermedios, que recortó el valores añadidos generados por el propio sector agrario, haciéndole perder peso en el conjunto nacional. En efecto, la creciente dependencia externa de la actividad agraria explica la pérdida registrada en la participación del VAB agrario en el PIB desde los años cincuenta, pasando de representar cerca de la mitad en 1950, para descender por debajo del 4 por 100 en 2000. Una tendencia que pone a las claras el mayor ritmo de

crecimiento de la economía en su conjunto y del resto de sectores que no sufrieron una transformación semejante a la del sector agrario en un período de tiempo tan corto.

Paradójicamente, la estrategia individual de la «modernización» —recurriendo a mayores consumos intermedios de fuera del sector para aumentar la producción total agraria y los rendimientos del trabajo y la tierra— se ha saldado *colectivamente* en una disminución de la importancia del propio sector en el conjunto de la economía, en términos de valor añadido. Por otra parte, el descenso en la participación en términos de valor añadido encubre la diferente naturaleza en su generación a lo largo de los años, lo que tiene especial relevancia ambiental. Mientras que en los años cincuenta ese «excedente» se obtenía con un importante volumen de recursos reemplazados por las propias explotaciones, la llegada de la «modernización» agraria supuso generar la misma unidad de valor añadido con unos costes ambientales crecientes, a la vez que se engordaban las cuentas de valor añadido del sector industrial, sacando fuera de la agricultura cada vez más actividades de medios de producción y elaboración de productos agrarios, en detrimento del propio valor añadido agrario.

Este enfoque bidimensional permite también interpretar la paradoja de cómo el proceso de «modernización» de la actividad agraria ha reforzado su condición de abastecedora de productos primarios empujando su comportamiento hacia el modelo industrial, es decir, de apoyar su actividad en un creciente requerimiento de productos primarios intensivos en energía. El milagro económico que hizo monetariamente rentable la creciente dependencia física de la actividad agraria de *inputs* externos viene dado por la retribución muy inferior de esos *inputs*, con relación al *output*. Esto ya había sido analizado (Naredo y Campos, 1980) viendo cómo la relación entre el precio de la caloría de *input* y el de la caloría de *output* había favorecido, entre 1950-51 y 1977-78, los cambios tecnológicos de la «modernización». La relación de precios primó el uso masivo de *inputs* intensivos en energía, para aumentar el producto vendible y para sustituir otros medios de producción más costosos, como el trabajo humano y la tracción animal¹³. La relación de precios ha seguido favoreciendo ese mismo proceso entre 1993-94 y 1999-00, como muestra la Tabla A.4 del Anexo. Los precios implícitos obtenidos por caloría de *output* multiplicaban por 2,1 en 1993-94 y por 2,2 en 1999-00 el precio por caloría de *input*. Y esta relación resulta mucho más favorable al *output* en el caso de los productos llamados energéticos: el precio de la caloría de *output* multiplica por 8,0 y 9,3, en los años indicados, al precio de la caloría aplicada en forma de combustibles y electricidad, lo que explica el uso cada vez más intenso de estos productos, tanto para aumentar los rendimientos como para sustituir otros *inputs* relativamente más caros.

¹³ La retribución de la caloría aplicada en forma de trabajo humano tenía que ser mejor que la caloría obtenida en forma de alimentos, para asegurar la subsistencia de la población trabajadora. El encarecimiento relativo del trabajo asalariado e, indirectamente, de las labores realizadas con yunta, fue uno de los desencadenantes de la «modernización»: entre 1950-51 y 1977-78 la retribución de la caloría aplicada a la agricultura en forma de trabajo humano se multiplicó por 40, mientras que la caloría media del resto de los *inputs* lo hizo por 4 (NAREDO Y CAMPOS, 1980).

Cabe, pues, concluir que la agricultura se industrializa, apoyándose cada vez más en extracciones directas o indirectas de la corteza terrestre (petróleo, agua... y fertilidad acumuladas), y se ve crecientemente dominada por la industria alimentaria, que se ocupa de las últimas fases de elaboración y venta de sus productos. Este proceso no tiene para nosotros nada de sorprendente, ya que aparece gobernado por la que hemos denominado Regla del Notario (Naredo y Valero, dirs., 1999), que –en ausencia de frenos institucionales que la obstaculicen¹⁴– jerarquiza la relación entre el valor y el coste físico a lo largo del proceso económico, privilegiando el valor de las fases finales de transformación, comercialización y venta de los productos¹⁵. Desde este punto de vista, la «modernización» agraria puede entenderse como una profunda reconversión de las actividades del sector orientada a establecer una cadena de creación de valor más acorde con la Regla del Notario, con sus consecuencias de polarización social y territorial. Durante la década de los noventa este proceso continuaba: la jerarquía del valor ha seguido primando la producción final frente a los *inputs* más extractivos y energéticos, en detrimento de los *bienes fondo* que en última instancia soportan la actividad, y cuya consideración queda fuera del presente trabajo.

5. CONCLUSIÓN

Los balances energéticos constituyen una potente herramienta para interpretar las mutaciones sufridas por la agricultura española en el último medio siglo. Tras revalorizar los trabajos pioneros de los años ochenta, las páginas anteriores han actualizado el balance energético para el año 1999-2000 –así como la corrección de algunos datos anteriores–, de suerte que disponemos ya de cifras sobre la eficiencia global de nuestra agricultura para tres momentos claves de la segunda mitad del siglo XX. Su análisis nos ha permitido registrar el progresivo empeoramiento de la eficiencia energética de nuestra agricultura, una actividad cada vez más hipotecada energética e hídricamente. Aunque el incremento del regadío ha aumentado los rendimientos, su expansión indiscriminada con cultivos muy exigentes hídricamente, aparte de generar un deterioro ecológico notable en territorios poco dotados, ha espoleado un aumento ulterior del consumo energético necesario para alimentar los bombeos (con cargo al petróleo o la electricidad). Las limitaciones del análisis energético sólo permiten incorporar parcialmente esta circunstancia, de modo que se hace más necesaria que nunca la aplicación de mejoras metodológicas para cubrir esas lagunas. Mejoras que permitan dar cuenta, por ejemplo, de la utilización (en cantidad y calidad) de algunos elementos patrimoniales, y del coste físico de reposición de aquellos *stocks* o *bienes fondo* que, como el agua o el suelo, influyen notablemente en la evolución de la eficiencia energética de la agricultura española.

¹⁴ Un freno institucional importante podría ser la agricultura ecológica que, al igual que los ecosistemas, trata de cerrar los ciclos de materiales y prescindir de los productos industriales de síntesis. Pero por desgracia este apoyo ha sido bastante escaso en nuestro país.

¹⁵ Los criterios de valoración propios de la Regla del Notario –formalizados en NAREDO Y VALERO dirs., 1999– empiezan por considerar los recursos naturales por su mero coste de extracción y manejo, no por su coste de reposición, con lo que inducen cada vez más a apoyar el proceso económico en la extracción y deterioro de recursos preexistentes, como ejemplifica la creciente dependencia de la agricultura de *inputs* no renovables y del esquilmo de *bienes fondo*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los comentarios y sugerencias recibidas de Ramon Garrabou y de dos evaluadores anónimos. Óscar Carpintero agradece, además, la ayuda recibida por el Proyecto SEJ2006-15219/ECON del Ministerio de Educación y Ciencia.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA KLINK, F. Y S.C. NUNN (eds.) (1989): *Problemas en la gestión del agua subterránea: Arizona, Nuevo Méjico y Canarias*, La Laguna, Universidad de la Laguna, Servicio de Publicaciones.
- BLAS, J. C. ET AL. (1982): «Crisis energética y producción ganadera. El modelo español, un modelo desequilibrado», *Agricultura y Sociedad*, 24, pp. 107-136.
- CAMPOS, P. (1981): «Producción y uso de energía en las explotaciones familiares del occidente asturiano (1950-1980)», *Agricultura y Sociedad*, 24, 1982, pp. 61-105.
- CAMPOS, P. (1984): *Economía y energía en la dehesa extremeña*, Madrid, MAPA.
- CAMPOS, P. Y RODRÍGUEZ, Y. (2002): «Aspectos económicos de las prácticas agroforestales. Un sistema de indicadores monetarios y biofísicos», *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 14, pp. 39-63.
- CAMPOS, P. Y NAREDO, J.M. (1980): «La energía en los sistemas agrarios», *Agricultura y Sociedad*, 15, pp. 17-113.
- CAMPOS, P Y NAREDO, J.M. (1978): «La conversión de la energía solar, el agua y la fertilidad del suelo extremeño en productos agrarios para cubrir el déficit de los centros burocrático-industriales», en GAVIRIA, M., NAREDO, J.M. Y SERNA, J.M. (eds.), *Extremadura saqueada*, Barcelona, Ruedo Ibérico, pp. 63-80.
- CARPINTERO, O. (2005): *El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000)*, Fundación César Manrique, Lanzarote.
- CARPINTERO, O. (en preparación): *Más allá de la valoración monetaria*, Lanzarote, Fundación César Manrique.
- CUSSÓ, X., R. GARRABOU, E. TELLO (2006): «Social metabolism in an agrarian region of Catalonia (Spain) in 1860-1870: Flows, energy balance and land use», *Ecological Economics*, 58, 49-65.
- DÍAZ-FIERROS, F. (1981): «As contas da enerxía da agricultura galega» en NAREDO, J.M., MORILLA, J. ET AL., *Necesidad y Satisfacción, Cuadernos del Seminario de Sargadelos*, 38, pp. 97-99.
- FERNÁNDEZ, J. (1982): «La agricultura como fuente productora de energía», *Agricultura y Sociedad*, 24, pp. 157-178.
- GASCÓ, G., NAREDO, J.M. ET AL. (2005) «Application of a Physical Input-output Table to Evaluate the Development and Sustainability of Continental Water Resources in Spain», *Environmental Management*, 35, 3, pp. 1-15.
- LEACH, G. (1976): *Energy and Food Production*, Londres, IPC Science and Technology (hay edición española del Servicio de Publicaciones del Ministerio de Agricultura).
- LÓPEZ-GÁLVEZ, J. Y NAREDO, J.M. (1996): *Sistemas de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelo enarenado y en sustratos*, Madrid, Fundación Argentaria y Visor Distribuciones.

- LÓPEZ LINAGE, J. (1985): «Perspectiva energética de la recría bovina en Asturias», *Revista de Estudios Agrosociales*, 132, pp. 75-125.
- LOPEZ LINAGE, J. (en prensa): *Modelo productivo y población campesina del occidente asturiano, 1949-1975*, Madrid, MAPA (original de 1982).
- MAPA (1997): *Plan Nacional de regadíos*, Horizonte 2008, Madrid.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA (2003): *Estrategia de ahorro y eficiencia energética 2004-2012*, Madrid.
- NAREDO, J.M. (2001): «La modernización de la agricultura española y sus repercusiones ecológicas» en GONZÁLEZ DE MOLINA, M. Y MARTÍNEZ ALIER, J., *Naturaleza transformada*, Barcelona, Icaria, pp. 55-86. Texto corregido en Naredo 2004a.
- NAREDO, J.M. (2004a): *La evolución de la agricultura en España (1940-2000)*, Granada, Editorial Universidad de Granada (4ª edición).
- NAREDO, J.M. (2004b): «Reflexiones metodológicas en torno al debate sobre el pozo y el atraso de la agricultura española», *Historia Agraria*, 33, pp. 153-164. Reproducido en Naredo 2004a.
- NAREDO, J.M Y CAMPOS, P. (1980): «Los balances energéticos de la economía española», *Agricultura y Sociedad*, 15, pp. 163-255. Actualizado en Naredo 2004a, pp. 337-454.
- NAREDO J.M. Y GASCÓ, J.M. (1992): *Las cuentas del agua en España*, Madrid, MOPTMA.
- NAREDO, J.M. Y VALERO, A. (dirs.) (1999): *Desarrollo económico y deterioro ecológico*, Madrid, Fund. Argentaria y Visor Distribuciones.
- PIMENTEL D. Y PIMENTEL, M. (1979): *Food, Energy and Society*, Londres, Edward Arnold.
- PIMENTEL D. ET AL. (1999): «Recursos hídricos: agricultura, medio ambiente y sociedad», *Gaia*, 16, pp. 16-23.
- PUNTÍ, A. (1982): «Balances energéticos y costo ecológico de la agricultura española», *Agricultura y Sociedad*, 23, pp. 289-300.
- SIMÓN, X. (1999): «El análisis de los sistemas agrarios: una aportación económico-ecológica a una realidad compleja», *Historia Agraria*, 19, pp. 115-136.

ANEXO

TABLA. A.1- INPUTS DEL SECTOR AGRARIO EN TÉRMINOS ENERGÉTICOS, 1950-2000 (MILLONES DE KILOCALORÍAS)

	1950-1951	1977-1978	1993-1994	1999-2000
Electricidad (1)	524.905	2.438.207	12.606.325	16.516.437
Carburantes (2)	900.153	26.416.810	19.957.644	22.459.709
Fertilizantes (3)	2.456.145	17.843.174	19.624.885	25.669.051
Estiércol (4)	7.593.727	6.664.162	8.450.605	8.362.750
Maquinaria (5)	111.246	2.904.572	5.569.731	6.039.618
Tracción animal (6)	1.854.792	508.481	70.608	38.683
Trabajo (7)	536.330	230.856	134.047	101.214
Tratamientos (8)	433.167	1.904.465	2.041.752	2.431.664
Semillas (9)	3.691.094	5.089.164	2.566.643	2.699.239
Semillas externas e importadas (10)	n.c	n.c.	n.c.	1.770.001
Pienso concentrado e importado (11)	0	30.811.020	29.337.547	31.196.253
Pienso propio y alimentación (12)	20.143.321	33.446.735	9.322.500	8.074.130
Cultivos forrajeros (13)	8.715.904	35.032.522	16.851.212	20.899.053
Pajas (14)	40.496.783	38.438.339	24.261.691	32.127.827
INPUTS TOTALES	87.457.567	201.728.507	150.795.190	178.385.629
Inputs DE FUERA DEL SECTOR	4.961.946	82.549.104	89.271.931	106.183.947
REEMPLAMOS (4+6+9+12+13+14)	82.495.621	119.179.403	61.523.259	72.201.682
INPUTS NO RENOVABLES (1+2+3+5+8)	4.425.616	51.507.228	59.800.337	73.116.479
PRODUCCIÓN FINAL AGRÍCOLA Y GANADERA	30.308.437	101.473.583	124.428.479	134.805.854
SUPERFICIE CULTIVADA (miles de hectáreas)	20.980	20.590	19.055	18.321

n.c: no considerado

Fuente: elaboración propia y trabajos citados en el texto.

TABLA A. 2- PORCENTAJE RESPECTO DE LOS INPUTS EXTERNOS EN TÉRMINOS ENERGÉTICOS

	1950-1951	1977-1978	1993-1994	1999-2000
Electricidad	10,6	3,0	14,1	15,6
Carburantes	18,1	32,0	22,4	21,2
Fertilizantes	49,5	21,6	22,0	24,2
Maquinaria	2,2	3,5	6,2	5,7
Trabajo	10,8	0,3	0,2	0,1
Tratamientos	8,7	2,3	2,3	2,3
Semillas externas e importadas	n.c	n.c	n.c	1,7
Pienso concentrado e importado	0,0	37,3	32,9	29,4
INPUTS DE FUERA DEL SECTOR	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: véanse las referencias en el texto.

TABLA A. 3- PORCENTAJE RESPECTO DE LOS INPUTS TOTALES EN TÉRMINOS ENERGÉTICOS

	1950-1951	1977-1978	1993-1994	1999-2000
Electricidad (1)	0,6	1,2	8,4	9,3
Carburantes (2)	1,0	13,1	13,2	12,6
Fertilizantes (3)	2,8	8,8	13,0	14,4
Estiércol (4)	8,7	3,3	5,6	4,7
Maquinaria (5)	0,1	1,4	3,7	3,4
Tracción animal (6)	2,1	0,3	0,0	0,0
Trabajo (7)	0,6	0,1	0,1	0,1
Tratamientos (8)	0,5	0,9	1,4	1,4
Semillas (9)	4,2	2,5	1,7	1,5
Semillas externas e importadas (10)	0,0	0,0	0,0	1,0
Pienso concentrado e importado (11)	0,0	15,3	19,5	17,5
Pienso propio y alimentación (12)	23,0	16,6	6,2	4,5
Cultivos forrajeros (13)	10,0	17,4	11,2	11,7
Pajas (14)	46,3	19,1	16,1	18,0
INPUTS TOTALES	100,0	100,0	100,0	100,0
INPUTS DE FUERA DEL SECTOR	5,7	40,9	59,2	59,5
REEMPLAMOS (4+6+9+12+13+14)	94,3	59,1	40,8	40,5
INPUTS NO RENOVABLES (1+2+3+5+8)	5,1	25,5	39,7	41,0

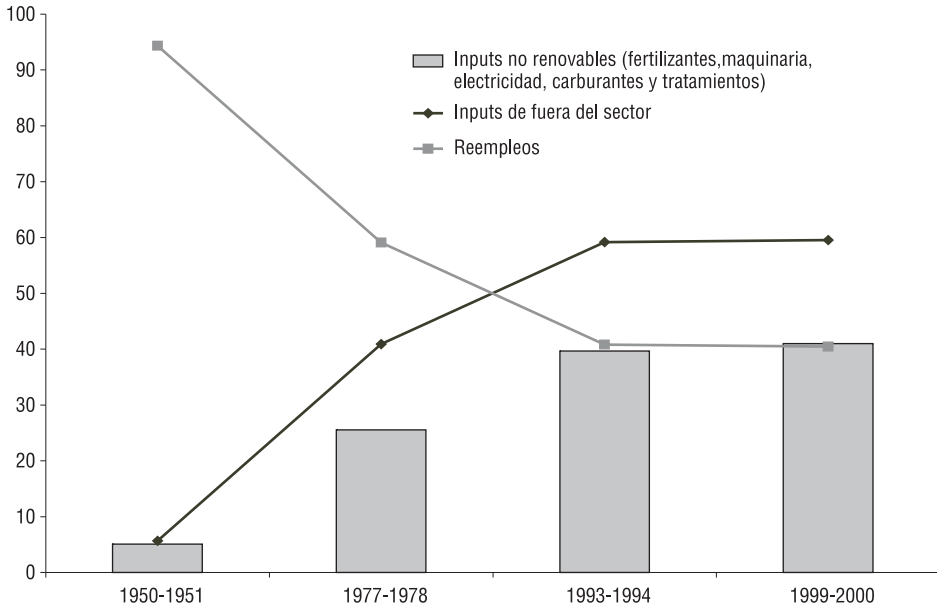
Fuente: elaboración propia y trabajos citados en el texto.

TABLA A.4- PRECIOS IMPLÍCITOS DE LA ENERGÍA APLICADA Y OBTENIDA EN LA ACTIVIDAD AGRARIA

	1993-1994	1999-2000
1.Producción final agraria (€/10 ⁶ kcal)	208	260
2.Consumos intermedios (€/10 ⁶ kcal)	100	117
3.Carburantes y electricidad (€/10 ⁶ kcal)	26	28
Ratio: (1)/(2)	2,1	2,2
Ratio: (1)/(3)	8,0	9,3

Fuente: elaboración propia.

GRÁFICO A.-1. ESTRUCTURA DE LOS INPUTS AGRARIOS EN TÉRMINOS ENERGÉTICOS, 1950-2000



Fuente: elaboración propia y trabajos citados en el texto.