

BALANCES ENERGÉTICOS Y USOS DEL SUELO EN LA AGRICULTURA CATALANA: UNA COMPARACIÓN ENTRE MEDIADOS DEL SIGLO XIX Y FINALES DEL SIGLO XX

Xavier Cussó (Universitat Autònoma de Barcelona)

Ramon Garrabou (Universitat Autònoma de Barcelona)

José Ramon Olarieta (Universitat de Lleida)

Enric Tello (Universitat de Barcelona)

Resumen

El presente trabajo analiza y compara, desde la perspectiva analítica del metabolismo social, los usos del suelo y los balances energéticos derivados de estos usos de los sistemas agrarios de cinco municipios de la comarca catalana del Vallès, en dos momentos históricos que ilustran las características y magnitud de las transformaciones que se han producido en los sistemas agrarios catalanes durante los últimos 150 años. El primer corte corresponde a mediados del siglo XIX, representativo del funcionamiento de una agricultura orgánica avanzada; el segundo, a finales del siglo XX, representativo de un sistema agrario industrializado donde la energía fósil y otros inputs externos al sistema tienen una presencia determinante. A partir de la información contenida en los **amillaramientos**, los censos ganaderos y las **cartillas** evaluatorias disponibles para los municipios estudiados, y los datos actuales de los censos agrarios, forestales y de rendimientos y aprovechamientos de los distintos productos, se han construido los balances energéticos de los dos periodos analizados. A partir de estos balances hemos constatado como en los 150 años transcurridos se ha producido una espectacular pérdida de eficiencia energética y de sostenibilidad de los sistemas agrarios, a pesar de los grandes incrementos de la productividad por ha. de los diversos cultivos y de la producción ganadería, que se atribuye totalmente al paso de una agricultura orgánica avanzada a unos sistemas agrarios con un elevado consumo de combustibles fósiles en forma de carburantes, abonos de síntesis y fitosanitarios y, especialmente, al peso descomunal de la actividad ganadera, desarrollada completamente al margen del territorio.

PALABRAS CLAVE: Balance de energía, metabolismo social, agricultura orgánica avanzada, agricultura industrializada, eficiencia energética, sostenibilidad.

CODIGOS JEL: N53, N54, Q 15, Q16, y Q56

Summary.

This present work analyses and compares, from the analytical perspective of the social metabolism, the uses of the ground and the energetic assessment derived from the uses of the agrarian systems in five towns of the Catalan area of the Vallès, in two historical moments which illustrate the characteristics and magnitude of the transformations which occurred in the Catalan agricultural systems during the last 150 years. The first cut corresponds to mid 19th century, as a representation of how an advanced organic agriculture worked; the second one, in the late 20th century, representing an industrialized agricultural system where the fossil energy and other

inputs external to the system are essential. From the information contained, on the one hand, in the amillaramientos, in the cattle censuses and in the assessing forms available for the towns studied here, and, on the other hand, in the current data of censuses in agriculture, forests, yield and uses of the different products, we have built up the energetic results of the two analysed periods. From these results, all through the 150 years, we have seen how an incredible lost of energetic efficiency and of sustainability of the agricultural systems have occurred in spite of the great increase of productivity per hectare of the different crops and in cattle raising, totally attributed to a change from an advanced organic agriculture to some agricultural systems with a high consumption of fossil fuel in the shape of fuel, synthesis fertiliser and pesticides, and especially to the huge weight of the cattle activity, completely developed outside the territory.

KEY WORDS: Energy balance, Social metabolism, Advanced organic agriculture, Industrialized agriculture, Energetic efficiency, Sustainability.

JEL CODES: N53, N54, Q 15, Q16, and Q56

BALANCES ENERGÉTICOS Y USOS DEL SUELO EN LA AGRICULTURA CATALANA: UNA COMPARACIÓN ENTRE MEDIADOS DEL SIGLO XIX Y FINALES DEL SIGLO XX*

Xavier Cussó (Universitat Autònoma de Barcelona)

Ramon Garrabou (Universitat Autònoma de Barcelona)

José Ramon Olarieta (Universitat de Lleida)

Enric Tello (Universitat de Barcelona)

1. Introducción

El análisis convencional de los sistemas agrarios ha tendido a considerar que los factores socioeconómicos determinan su evolución histórica, sin prestar la necesaria atención a la dimensión ambiental que, en el mejor de los casos, se incorpora como un factor externo, limitante, estático e independiente de las interferencias humanas. Sin negar el peso de los agentes socioeconómicos, desde la historia ecológica se señala la insuficiencia de aquellos enfoques y se preconiza una noción abierta de sistema agrario, donde las dimensiones socioeconómicas y ecológicas estén entrelazadas. Desde esta perspectiva, el análisis de un sistema agrario requiere un examen de sus bases naturales y de las alteraciones producidas por la intervención humana, para mostrar como ha coevolucionado conjuntamente. Cualquier sistema agrario es producto de la interacción entre la población, su capacidad de trabajo o sus formas de tenencia, con los factores naturales del entorno. Para comprender su evolución histórica y su futuro necesitamos estudiar conjuntamente las variables socioeconómicas y ecológicas.

La perspectiva analítica del metabolismo social seguida en este trabajo enraíza en la tradición iniciada por los trabajos de Sacher (1881), Podolinski (1888) y Pfaunder (1902), recuperada por Martínez Alier (1991, con Schlüpmann, 1995). Una tradición retomada por la antropología ecológica y la ecología humana hasta que en los años 1970 y 1980 aparecieron los estudios de Leach (1981), David y Marcia Pimentel (1979), Naredo y Campos¹, que mejoraron la metodología para estimar balances energéticos. En los últimos años han aparecido otras contribuciones, como las de Smil o Giamprieto.² Especial interés tienen los trabajos del grupo de investigación sobre Ecología Social del IFF de la Universidad de Viena.³ Para España disponemos también de los trabajos de López Linaje (1998), Simón (1999:115-138) y Carpintero (2002: 85-125; 2005 y en prensa).

Nuestro trabajo analiza los balances energéticos de cinco municipios de la comarca catalana del Vallès, cercana a Barcelona, en dos momentos históricos: a

* Este trabajo surge del proyecto “El trabajo agrario y la inversión en capital-tierra en la formación de los paisajes agrarios mediterráneos: una perspectiva comparativa a largo plazo (siglos XI-XX)”, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (SEC03-08449-C04).

¹ Campos y Naredo (1978:63-72); Naredo y Campos, P. (1980^a:17-114 y 1980^b:163-256); Campos (1981:241-277 y 1984); Puntí (1982:289-300); Naredo (1996); López Linaje (1982, 1985^a:75-126, 1985^b:105-144, y 1990:69-80).

² Smil (1987, 1991, 2001); Giampietro y Pimentel (1991:117-144); Giampietro, Bukkens y Pimentel (1994:19-41).

³ Fischer-Kowalski (1998:61-78) y Fischer-Kowalski y Hüttler (1999:107-136); Haberl (2001a:107-136, y 2001b: 53-70); Fischer-Kowalski y Amann (2001:7-47); Haberl, Erb y Krausmann (2001:25-45); Krausmann (2001:17-26, 2003, 2004 y en prensa); Krausmann y Haberl, (2002:177-201); Schandl y Schulz (2002:203-221).

mediados del siglo XIX, para captar el funcionamiento de una agricultura orgánica avanzada; y a finales del siglo XX, cuando la energía fósil tiene una presencia decisiva. La cuantificación de los flujos energéticos a partir del uso del suelo y del contingente ganadero permite comprender mejor determinadas prácticas agrícolas antes y después de la industrialización de la agricultura. La unidad de cálculo usada (el valor calórico o de combustión), permite expresar en las mismas unidades los flujos de input y output para obtener un balance global. Ello introduce, sin embargo, cierta distorsión en el análisis, porque los cálculos de energía no atienden a la utilidad o el valor que la sociedad atribuye a las diferentes unidades calóricas. En el subsistema económico una kilocaloría de leña no vale lo mismo que otra de carne o trigo. Pero esa reducción nos permite ampliar la ventana de observación de la realidad y reintroducir en el análisis los flujos metabólicos que sostienen la vida social, recordándonos que nos mantenemos vivos gracias al renovado ciclo de energía solar que mueve los materiales requeridos para satisfacer nuestras necesidades.

Las fuentes básicas utilizadas para mediados del siglo XIX son los amillaramientos y cartillas evaluatorias de la zona seleccionada, y otras, como la memoria anónima *Estudio Agrícola del Vallès*, de 1874.⁴ Para fines del siglo XX, los censos ganaderos y las estadísticas sobre uso del suelo y producción agraria elaboradas por el Servei d'Agricultura y el IDESCAT.

2. El área de estudio

Nuestra área de estudio son cinco municipios situados a caballo del Vallès Oriental y Occidental que ocupan unas 13.500 hectáreas: Caldes de Montbui, Castellar del Vallès, Palau-solità i Plegamans, Polinyà y Sentmenat. Configuran un triángulo situado entre la fosa tectónica del Vallès y la sierra prelitoral catalana, con sustratos geológicos y pendientes muy distintos sobre los que se ha desarrollado una considerable variedad de suelos.⁵ La pluviosidad y el déficit hídrico presentan una zonificación inversa a la pendiente: las partes llanas, con mayor proporción de suelos aluviales recientes y profundos, y con mayor capacidad de retención de agua, reciben una precipitación anual de entre 600 y 650 mm. En cambio, en las partes cada vez más altas del ángulo noroccidental la pluviosidad asciende hasta 700 y 800 mm. La evapotranspiración potencial desciende rápidamente en sentido inverso, desde 712-855 mm en el llano hasta 427-572 mm en las cotas más altas, lo que permite generar en la zona montañosa la escorrentía necesaria para alimentar los cursos de agua que fluyen hacia el llano. Tanto las aguas superficiales como las fuentes termales que afloran en la falla son relativamente más abundantes en la zona de contacto entre la montaña y el llano. Aquí se localizan, y no por casualidad, los núcleos de hábitat concentrado más antiguos: la ciudad romana de Caldes de Montbui, y las villas de Castellar de Vallès y Sentmenat formadas en el siglo X.

3. Cubierta vegetal y usos del suelo hacia 1860 y en 1999

Los amillaramientos de mediados del siglo XIX muestran la clásica división del territorio en tierra de cultivo, bosque y erial a pastos. Para el conjunto de municipios el área de cultivo ocupaba cerca de la mitad del territorio, un 46% del total. En municipios

⁴ Vergés ([1895]1987); Garrabou y Planas, eds. ([1874]1998).

⁵ Galobart (1983); Acebillo y Folch (2000); Rodríguez Valle (2003).

más montuosos como Castellar sólo representaba el 28%, mientras en Polinyà, situada en el llano, alcanzaba el 77%. Algo más de la mitad del territorio estaba ocupado por bosque y erial, con un máximo cercano al 70% en Castellar y un mínimo del 24% en Polinyà. El uso forestal y pecuario de una parte tan importante del espacio agrario no obedecía necesariamente a las bajas potencialidades agrícolas de los suelos, sino a su importante papel en la obtención de combustible, madera, materias fertilizantes y pastos para el ganado, a través del cual el espacio no cultivado transfería materias fertilizantes a las zonas de cultivo. A pesar del importante proceso de agricolización desde el siglo XVIII y durante la primera mitad del XIX, la expansión de la superficie cultivada se veía aún limitada por la necesidad de mantener espacios vitales para el sostén del ganado y la obtención de estiércol. Ese es uno de los rasgos que más contrasta con la cubierta vegetal derivada de la estructura de usos del territorio en la actual agricultura industrializada y vinculada a unos flujos metabólicos altamente globalizados. A finales del siglo XX el área intensamente cultivada se ha reducido al 28%, y el erial empleado como pasto a un 6%, mientras las superficies cubiertas de bosque ya ocupan el 53% del total tras medio siglo de abandono (Tabla 1).

	<i>Cultivos</i>		<i>Bosques</i>		<i>Eriales</i>		<i>Improductivo</i>		<i>Total</i>	
	1860	1999	1860	1999	1860	1999	1860	1999	1860	1999
TOTAL	5.726,2	3.744,6	3.624,4	7.097,0	2.636,2	827,0	470,7	1.794,0	12.457,5	13.462,6
%	46,0	27,8	29,1	52,7	21,2	6,1	3,8	13,3	100,0	100,0

Fuentes: amillaramientos de Caldes de Montbui, 1861; Castellar del Vallès, 1862; Palau-solità i Plegamans, 1861; Polinyà, 1856; y las reclamaciones de Sentmenat de 1861 para las mediciones y usos del territorio hacia 1860; para los usos y mediciones de 1999, www.idescat.es y Rodríguez Valle (2003). Por erial se entiende actualmente la suma de prados y matorrales. Los amillaramientos de 1854-61 diferían en un 7,4% de la medición topográfica actual (997,6 has.).

Hacia 1860 más de la mitad de la superficie cultivada eran viñedos que desde el siglo XVII habían ido ocupando las laderas de bosque y yermo, aunque también se había extendido por mejores suelos, sustituyendo otros cultivos. El olivar se mantenía en un 7% del área cultivada. Los cultivos herbáceos se asentaban en las partes más llanas del territorio donde se sembraban variedades locales de trigo, cebada, maíz y otras gramíneas, legumbres, plantas forrajeras y una pequeña extensión de patatas. En el secano la rotación más común era de trigo el primer año, y el segundo maíz, legumbres o alguna planta forrajera. Donde había humedad suficiente se añadían patatas. El trigo era el principal cereal cultivado, y sus rendimientos eran relativamente elevados, alcanzando según fuentes coetáneas los 11 Hl. o 9 Qm. por hectárea. Era, por tanto, un sistema muy intensivo, donde el barbecho había prácticamente desaparecido y cuyo espacio cultivado destacaba por la diversidad de sus producciones. En cada municipio existía una zona de regadío, donde la rotación más común era la de cáñamo y legumbres –judías por lo general– el primer año, con trigo o maíz el segundo, a los que podía seguir una tercera cosecha de frutos tardíos como forraje, legumbres o alguna gramínea. Además, aunque no quedaba registrado en los amillaramientos, otras fuentes señalan la existencia de pequeños huertos que producían diversas hortalizas (Tabla 2).⁶

⁶ Hemos considerado la existencia de estos huertos familiares (0,075 ha. por familia).

	<i>Regadío</i>		<i>Secano</i>		<i>Viñedo</i>	<i>Frutales</i>	<i>Olivar</i>		<i>Otros</i>	
	1860	1999	1860	1999	1860	1999	1860	1999	1860	1999
TOTAL	300,9	123,0	1.665,7	3.130,2	3.147,8	62,0	432,9	224,0	179,2	205,5
%	5,3	3,3	29,1	83,6	55,0	1,7	7,6	6,0	3,1	5,5

Fuentes: véase tabla 1. La categoría 'otros' incluye para 1860 huertos, hortalizas y frutales. Para 1999 incluye hortalizas y patatas.

La considerable diversidad agronómica y paisajística que caracterizaba la comarca del Vallès hacia 1860 ha desaparecido casi por completo a finales del siglo XX. El viñedo, el olivar y otros cultivos leñosos han visto reducida su presencia a proporciones insignificantes. El 84% del espacio cultivado está ahora ocupado únicamente por cultivos herbáceos de secano. Ese proceso de agricolización intensiva ha comportado una reducción de la diversidad cultural y una concentración en los mejores suelos o de laboreo más fácil. Incluso la superficie regada se ha reducido en términos absolutos, al sustituirse la práctica tradicional del riego eventual o de apoyo por una irrigación intensiva de alto consumo de agua que, sin embargo, ha aumentado su peso relativo en la producción final agraria.

4. Energía primaria obtenida hacia 1860 con el manejo integrado del territorio

Si junto a los principales usos del suelo comparamos las distintas productividades energéticas, aún resultan más patentes los dos cambios fundamentales experimentados en el metabolismo social de la economía agraria con el territorio que la sustenta. Hacia 1860 los habitantes del Vallès vivían básicamente de su territorio, del que además de alimentos y materias primas obtenían la mayoría de combustible y fertilizantes. El área cultivada representaba un 48% de la superficie agraria útil, y aportaba un 54% del producto energético bruto. Los bosques ocupaban el 30% de la superficie y aportaban el 39% de la energía extraída (Tabla 3).

1860	SAU (ha.)	Producción (Kg.)	%	Output (Gj.)	%	Hectárea /año (Gj.)	Habitante /año (Gj.)
Cultivos	5.726,2	17.109.581,4	54,5	146.305,8	54,6	25,6	16,5
Bosques	3.624,3	9.709.390,4	30,9	105.130,7	39,2	29,0	11,8
Erial	2.636,2	4.579.151,7	14,6	16.515,2	6,2	6,3	1,9
TOTAL	11.986,7	31.398.123,5	100,0	267.951,7	100,0	22,4	30,2
1999	SAU (ha.)	Producción (Kg.)	%	Output (Gj.)	%	Hectárea /año (Gj.)	Habitante /año (Gj.)
Cultivos	3.744,6	22.892.919,4	69,0	187.290,6	73,0	50,0	5,0
Bosques	7.097,0	8.830.384,7	26,6	64.749,1	25,3	9,1	1,7
Erial	827,0	1.436.665,2	4,3	4.356,1	1,7	5,3	0,1
TOTAL	11.668,6	33.159.969,3	100,0	256.395,8	100,0	22,0	6,8

Fuentes: véase tabla 1 para superficies, usos y rendimientos, completados con la información del *Estudio* de 1874; para el erial, Naredo y Campos (1980^{a y b}) y Gracia, (2000), considerándose para los bosques en 1999 la producción económicamente aprovechable; y censos para población. La transformación calórica se ha realizado a partir de Mataix Verdú (2003); Moreiras-Varela, Carvajal y Cabrera (1997).

En 1999 el área cultivada sólo ocupaba el 32% de la superficie agraria útil pero proporcionaba el 73% de la energía económicamente aprovechada. Por cada hectárea en cultivo el producto bruto era dos veces mayor en peso que hacia 1860, y su contenido energético casi se había doblado. Sin embargo, a consecuencia del escasísimo aprovechamiento del área forestal o de pastos, el producto total de bosques y erial era en 1999 sensiblemente inferior casi al de un siglo y medio antes, a pesar del aumento de superficie. Dado que la población residente en la zona se ha cuadruplicado, el producto bruto total extraído del territorio por habitante también resulta ahora cuatro veces menor que hacia 1860.

Tabla 4. Producción de los bosques y obtención de combustible hacia 1860

	Producción Total (Kg.)	%	Output energético (Gj)	%	hectárea /año (Gj)	habitante /año (Gj)
Leña	5.049.005,8	52,0	73.937,6	70,3	20,4	8,3
Madera	908.272,5	9,4	13.300,7	12,7	3,7	1,5
Hierba	2.836.431,2	29,2	10.229,9	9,7	2,8	1,2
Bellotas y otros	915.680,9	9,4	7.662,4	7,3	2,1	0,9
TOTAL	9.709.390,4	100,0	105.130,6	100,0	29,0	11,8
Sarmientos y podas	545.754,3	8,4	7.992,0	8,4	1,4	0,9
COMBUSTIBLE	6.503.032,6	100,0	95.230,3	100,0	--	10,7

Fuentes: véase tabla 3. La productividad energética forestal está referida a las hectáreas de bosque, y la de sarmientos y podas empleados como combustible a la superficie cultivada.

El desglose de las producciones forestales de mediados del siglo XIX muestra que el principal aprovechamiento del bosque era directamente energético, en forma de leña o carbón vegetal. Incluso los aprovechamientos pecuarios o alimentarios, como hierbas y hojarasca, bellotas, piñones, espárragos, setas y otros frutos, superaban en importancia la madera extraída para construcción (Tabla 4). A pesar del intenso aprovechamiento del área forestal, la disponibilidad de leña y madera sólo alcanzaba hacia 1860 para 1,8 Kg. por persona al día, equivalentes a 9,8 Gj. por habitante y año. Era un 41% inferior a la del Vallès Oriental por las mismas fechas, y un 8% menor al promedio estimado por Malanima para la Europa mediterránea a mediados del siglo XVIII.⁷ Sin embargo, como veremos, los sarmientos y restos de poda de los cultivos leñosos permitían obtener en las tierras de labor un valioso sustituto que elevaba el combustible disponible hasta 10,7 Gj. por habitante y año (2 Kg. por persona al día).

5. Cara y cruz del aumento de la producción entre 1860 y 1999

Hacia 1860 la producción primaria se acercaba a tres toneladas brutas por hectárea cultivada, 2,7 TM./ha en el bosque, y 2,6 TM./ha en el conjunto de la superficie agraria útil, equivalentes a 30 Gj. por habitante y año.⁸ Tanto en el espacio cultivado como en los bosques la producción energética por unidad de superficie era en los cinco municipios un 15% inferior a la del Vallès Oriental en su conjunto, diferencia explicable por el mayor peso de la viña –que supone un menor contenido energético que

⁷ Cussó, Garrabou y Tello (2006); Malanima (1996:126-129; 2001:51-68; 2003:74-76).

⁸ El área cultivada tenía en aquellos cinco municipios mayor proporción que en el conjunto del Vallès Oriental. Por eso la producción obtenida en la tierra de labor alcanzaba el 54%, frente al 44% Vallès Oriental, mientras la aportación del área forestal quedaba reducida a un 39%, frente al 51% del Vallès Oriental. Véase Cussó, Garrabou y Tello (2006).

el cereal—, y quizá también porque la cubierta forestal estuviera más degradada. La producción primaria bruta anual por hectárea en cultivo era de 26 Gj., casi idéntica a la obtenida por González de Molina, Guzmán y Ortega en el municipio granadino de Santa Fe (25,5 Gj./ha) a mediados del siglo XIX, y comparable al rango inferior obtenido por Krausmann en Austria (entre 26 y 39 Gj./ha).⁹

La producción directamente aprovechable para el consumo humano o animal sólo ascendía entonces a un 34% del total, dado que la parte más voluminosa de la biomasa obtenida en el espacio cultivado eran pajas, ramones, sarmientos, pámpanos, orujos, brisas u otros subproductos de los procesos de vinificación y molturación de la aceituna que se reutilizaban como alimento para el ganado, combustible o fertilizante (Tabla 5). Cereales y legumbres aportaban el 44% del producto principal de la cosecha destinada al consumo humano. El vino solo representaba un 34%, a pesar de ser el cultivo más extendido, debido a su bajo valor calórico y el mayor peso de los residuos que en el cereal; aceite de oliva (5%), forrajes (5%), diversos cultivos hortícolas, patatas y cáñamo (12%) aportaban el resto.

Tabla 5. Producto principal, subproductos y residuos del cultivo en 1860 y 1999						
hacia 1860	Producto Kg./ha.	Producción (Kg.)	%	Output (Gj)	%	Hectárea /año (Gj)
Principal	1.618,5	9.267.983	54,2	49.927,0	34,1	8,7
Subproductos	1.369,4	7.841.598	45,8	96.378,8	65,9	16,8
TOTAL	2.988,0	17.109.581	100,0	146.305,8	100,0	25,6
en 1999	Producto Kg./ha.	Producción (Kg.)	%	Output (Gj)	%	Hectárea /año (Gj)
Principal	4.700,3	17.597.767	76,9	154.140,3	82,3	41,2
Residuos	2.402,3	5.295.152	23,1	33.150,3	17,7	15,0
TOTAL	6.584,6	22.892.919	100,0	187.290,6	100,0	50,0

Fuente: véase tabla 3. Los datos 1999 solo contemplan subproductos del trigo, frutales y olivo, y por tanto las hectáreas dedicadas a ellos a efectos del cálculo de los Kg. y los Gj. producidos por hectárea.

En 1999 la energía obtenida en cada hectárea cultivada se había multiplicado por dos, mientras el aprovechamiento forestal se había reducido a una tercera parte. La introducción de variedades híbridas o mejoradas, que derivan una mayor proporción de la capacidad fotosintética de la planta hacia semillas y frutos, ha reducido del 46% al 23% la proporción del producto bruto que representan la paja y otros subproductos en el peso global de los cultivos. Medida en energía la reducción es aún mayor: del 66 % al 18% del producto agrícola total. La agricultura intensiva y energéticamente subsidiada actual produce casi tres veces más producto *consumible* en peso por unidad de superficie, y casi cinco veces más energía, con una *reducción* absoluta de subproductos residuales. Dicho aumento se ha concentrado casi exclusivamente en la producción de cereales, forrajes, productos hortofrutícolas y algo de patatas, mientras la producción de aceite ha disminuido considerablemente, y la de legumbres y vino casi ha desaparecido por completo en el área de estudio (Tabla 6).

⁹ González de Molina, Guzmán y Ortega (2002:155-185); Krausmann (2003).

Tabla 6. Producto principal de los diversos tipos de cultivo						
	hacia 1860			en 1999		
	Output (Gj.)	Hectárea /año (Gj.)	habitante /año (Gj.)	Output (Gj.)	Hectárea /año (Gj.)	habitante /año (Gj.)
Cereales	17.583	12,8	2,0	99.738	52,3	2,7
Legumbres	4.361	8,7	0,5	0	0,0	0,0
Vino	16.875	5,4	1,9	0	0,0	0,0
Aceite	2.575	5,9	0,3	2.444	10,8	0,1
Patatas	1.219	19,2	0,1	3.213	26,0	0,1
Forrajes	2.324	8,9	0,3	27.201	21,0	0,7
Otros	4.991	15,6	0,6	21.545	5,8	0,6
TOTAL	49.927	8,7	5,6	154.140	41,2	4,1

Fuente: véase tabla 3. La fila “otros” incluye cáñamo y productos hortofrutícolas hacia 1860, y sólo los segundos en 1999. La producción de vino se ha asimilado a la de aceite en 1999.

Pero ese aumento de la eficiencia fotosintética lograda en una fracción mucho menor de la superficie agraria útil tiene una importante cara oculta: la creciente ineficiencia en el uso del territorio, la energía y los flujos biofísicos del metabolismo social en su conjunto. Hacia 1860 la inmensa mayoría de pajas, rastrojos, pámpanos, salvados, ramones, orujos y demás *subproductos* se aprovechaban como pasto animal o abono vegetal, mientras las podas y sarmientos servían de combustible. Actualmente, en cambio, unas cadenas agro-ganaderas cada vez más lineales y desconectadas del ciclo de nutrientes del suelo tienden a eliminar su reemplazo, convirtiéndolos en meros *residuos*. A mediados del siglo XIX las superficies de bosque, matorral y erial estaban fuertemente integradas con el área cultivada a través de los flujos de energía y nutrientes del agroecosistema movidos por la cabaña ganadera y la actividad humana. A finales del siglo XX se han convertido en suelos inútiles donde tiene lugar un extenso proceso de reforestación como resultado de su abandono.

6. Bioconversión animal: la integración entre cultivo y ganadería

El sector ganadero constituía una pieza fundamental de cualquier sistema agrario de base orgánica. Proporcionaba la fuerza motriz necesaria para las labores del campo y el transporte de cosechas, suministraba proteínas animales y otros subproductos como lana o cuero, y cumplía una función fundamental como procesador de materias fertilizantes.

Lamentablemente las fuentes fiscales coetáneas sobre las cabezas de ganado de labor y renta registradas en cada municipio, como los amillaramientos, resultan muy poco creíbles. Para estimar el contingente ganadero de nuestra área de estudio, hemos rectificado al alza las cifras disponibles, partiendo de las medias por hectárea cultivada y de pasto para el conjunto de comarcas del Vallès Oriental y Occidental, calculadas a partir del Censo ganadero de 1865 (Tabla 7).¹⁰ Aun así la cabaña ganadera estimada

¹⁰ Contrastando la superficie agraria, el censo ganadero y el censo de población para los partidos de Granollers y Terrassa, hemos aumentado cerca de un 20% la cabaña de animales de trabajo y la cabaña ovina y caprina, y establecido una cantidad de ganado ovino trashumante en función de las hectáreas de erial y bosques disponibles. Cerdos, aves y conejos también se han incrementado en función de la población de cada municipio, considerando que muchas familias tendrían algún animal de esta especie.

para los cinco municipios resulta inferior a la existente en la comarca vecina hacia 1860-70: 8 unidades ganaderas de peso estandarizado a 500 Kg. por Km², frente a unas 12-15 UG500/Km² en el Vallès Oriental. La mayor especialización vitícola puede explicar ese menor contingente ganadero, dado que la viña requiere menos labores y puede mantener menos ganado que los cultivos herbáceos. La menor proporción de bosques y yermos también supondría contingentes menores de ganado trashumante, y requeriría menos mulos para el acarreo de leña o carbón vegetal.

La ganadería de tiro, constituida básicamente por mulos y asnos, y en menor medida por vacuno –en correspondencia con la importante presencia de pequeñas explotaciones campesinas vitícolas—, se alimentaba con piensos de cereal, subproductos como la paja, y algunas plantas forrajeras. Ovejas y cerdos eran los principales beneficiarios de los pastos naturales en eriales y zonas boscosas, completando su alimentación con rastrojos y residuos, como pámpanos de vid, ramón de olivo u otros subproductos (Tabla 7).

Tabla 7. Cabaña ganadera hacia 1860 y en 1999	hacia 1860	en 1999
<i>Caballar</i>	100	167
<i>Mular</i>	400	--
<i>Asnal</i>	160	--
<i>Vacuno</i>	120	5.271
<i>Ovino</i>	1.600	6.672
<i>Cabras</i>	380	282
<i>Cerdos</i>	1.850	60.309
<i>Ave y conejo</i>	8.850	116.987
<i>Ovino trashumante</i>	2.350	--
<i>TOTAL Unidades Ganaderas de 500 Kg.</i>	982,7	23.832,7
<i>UG 500/km²</i>	7,9	176,9

Fuente: elaboración propia a partir las fuentes citadas en las tablas 1 y 3, el censo ganadero de 1865, censo de la población de 1860, y IDESCAT para 1999.

El ganado de labor debía alimentarse con piensos producidos a partir de cebada, maíz y algunas legumbres, y con forrajes en verde o henificados, utilizando sólo de forma marginal los pastos en zonas no cultivadas. Dado que la disponibilidad de piensos y forrajes actuaba como factor limitante para el sostén del ganado mayor, nuestra estimación indirecta de la cabaña ganadera implica la existencia de un cierto superávit de algunos productos, que en otras circunstancias podrían haber servido para alimento animal en forma de paja o residuos vegetales del cultivo, y en la hierba de eriales y bosques. Hemos considerado que buena parte de dicho excedente habría servido para paliar el déficit de fertilizantes mediante su empleo en hormigueros o estercoleros.

El alto coste energético exigido por la alimentación animal resulta patente en el siguiente dato: un 26% de la producción fotosintética primaria obtenida en toda la superficie agraria útil debía destinarse al contingente ganadero, cuya contribución en forma de carne, leche, lanas, cueros y astas sólo suponía un 1,7% de la energía contenida en la producción final agraria.¹¹ Por cada cien unidades de energía invertidas

Los datos de 1999 son las unidades ganaderas asignadas a estos municipios según el censo agrario de l'Institut d'Estadística de Catalunya, corregidas a UG de 500 Kg. de peso unitario (www.idescat.es).

¹¹ La alimentación animal suponía un porcentaje menor de la producción primaria que en el Vallès Oriental, donde la cabaña ganadera consumía el 40% de la energía solar fijada en la superficie agraria

en la bioconversión sólo se obtenían cuatro en forma de alimentos y materias primas. Dada una estructura de la cabaña poco orientada a la ganadería de renta, la producción de carne y leche sería muy modesta. Los alimentos de origen animal disponibles para consumo humano (0,3 Gj./hab./año) aportarían una ración proteínica muy magra. Los flujos energéticos más importantes derivados del ganado eran la tracción y el estiércol, pero incluso sumando esos servicios internos al producto pecuario final el rendimiento conjunto de la bioconversión animal era tan sólo del 17%. Sin embargo, y por muy ineficiente que resultara en términos energéticos, aquella bioconversión animal resultaba imprescindible por su insustituible aportación de fuerza motriz y fertilizantes.

Tabla 8. Resumen del output energético de la conversión ganadera en 1860 y 1999

	Hacia 1860			1999		
	Gj./año	%	Gj./hab/año	Gj./año	%	Gj./hab/año
<i>Carne</i>	2.200,4	19,1	0,2	133.925,4	62,5	3,6
<i>Leche y huevos</i>	607,3	5,3	0,1	9.983,1	4,7	0,3
<i>Lana, pieles, etc.</i>	46,3	0,4	0,0	615,6	0,3	0,0
<i>Abono animal</i>	6.829,1	59,3	0,8	69.898,4	32,6	1,9
<i>Tracción animal</i>	1.839,3	16,0	0,2	--	--	--
TOTAL	11.522,4	100,0	1,3	214.422,6	100,0	5,7

Fuente: elaboración propia a partir de las fuentes citadas en la Tabla 3. Para 1999 se han considerado unas producciones medias en canal de 109 Kg. de carne para el bovino, 8,8 Kg. para el ovino, 130 Kg. para el porcino, 100 Kg. para el equino y 234 huevos de 60 Gr. de peso (Anónimo, 2002). Para la producción de estiércol véase Knisel y otros (1992).

En un agroecosistema de base orgánica como el que encontramos en el Vallés hacia 1860 el sostén la cabaña ganadera exigía un manejo sumamente integrado del territorio. En primer lugar porque el ganado podía metabolizar biomasa no digerible por el cuerpo humano, e importar así nutrientes desde los espacios pecuarios y forestales hacia las superficies cultivadas. La elevada intensidad de cultivo y las características del medio mediterráneo comportaban, sin embargo, una escasez de pastos naturales en eriales y bosques, que en nuestra área sólo podían aportar un 38% del alimento de la cabaña ganadera. El otro 62% debía provenir del área cultivada en forma de piensos, forrajes, pajas y otros subproductos intensamente reutilizados.

Ese importantísimo desafío exigía, en consecuencia, una integración aún mayor entre cultivo y ganadería (como queda reflejado en el diagrama de flujos del balance completo del sistema representado en la Tabla 11). A su vez el sostén de la fertilidad de la tierra de labor dependía casi exclusivamente de los materiales que generaba el propio sistema, dada la inexistencia de una oferta exterior. Aunque el estiércol constituía la principal materia para reponer los nutrientes extraídos del suelo por las cosechas, también eran necesarios otros reemplazos de la biomasa vegetal como fertilizante. Se usaba hojarasca del bosque para esparcirla en los labrantíos, y se extraían ramajes para quemarlos en hormigueros junto a los sarmientos u otros subproductos del cultivo. Según nuestras estimaciones se dispondría de un máximo de 2500 a 3.000 Kg. de fertilizantes orgánicos por hectárea cultivada, equivalentes a unos dos Gj./ha.¹²

(Cussó, Garrabou y Tello, 2006). Eso también es congruente con la mayor especialización vitícola y la menor densidad ganadera en los cinco municipios del área de estudio

¹² Parte de los fertilizantes proporcionados por ovejas, cabras y cerdos, y una parte del fertilizante vegetal disponible no se depositaban en los cultivos, sino en eriales y bosques.

Entender bien ese rasgo es crucial para subrayar la otra gran transformación del metabolismo social agrario desde mediados del siglo XIX hasta finales del XX: el cambio en la escala y la función del ganado. En 1999 el tamaño de la cabaña ganadera multiplicaba más de veinte veces la existente hacia 1860, un incremento espectacular estrechamente vinculado a la decisiva fractura de su función metabólica en el territorio (Tablas 7 y 8).

7. Balance energético y eficiencia de una agricultura orgánica avanzada

La integración entre cultivo y ganadería explica por qué, a pesar de la inevitable pérdida que comportaba la bioconversión animal, la eficiencia energética de aquella agricultura orgánica avanzada era notablemente más alta que en la actualidad. La clave residía en reciclar casi cualquier material o subproducto que pudiera contribuir a sostener el ganado, aportar fertilizantes, y cerrar los circuitos de un metabolismo social todavía circunscrito a los límites del propio territorio. En consecuencia, gran parte de los factores necesarios para mantener el sistema eran reemplazos o servicios internos, y el trabajo humano era prácticamente el único input externo relevante (Tabla 9).¹³

Tabla 9. Reemplazos y trabajo humano introducidos en el sistema agrario en 1860					
	<i>Valor energético (Gj.)</i>	<i>por ha útil (Gj.)</i>	<i>por ha en cultivo (Gj.)</i>	<i>hab. /año (Gj.)</i>	<i>%</i>
<i>Semillas</i>	2.824	0,2	0,5	0,3	2,5
<i>Alimentación animal</i>	68.705	5,7	12,0	7,7	59,6
<i>Tracción animal</i>	1.839	0,2	0,3	0,2	1,6
<i>Abono animal</i>	6.829	0,6	1,2	0,8	5,9
<i>Fertilizante vegetal extraído</i>	28.321	2,4	4,9	3,2	24,6
<i>Fertilizante vegetal obtenido</i>	4.174	0,3	0,7	0,5	3,6
REEMPLAZOS	112.692	9,4	19,7	12,7	97,8
<i>Trabajo humano</i>	2.568	0,2	0,4	0,3	2,2
TOTAL	115.259	9,6	20,1	13,0	100,0

Fuente: véanse tablas 3 y 7.

Si a la producción primaria de biomasa (267.952 Gj.) añadimos el producto ganadero (11.522 Gj.) y los fertilizantes vegetales (4.174 Gj.), obtenemos un output total de 283.648 Gj. Restando a ese valor el conjunto de reemplazos (112.692 Gj.) se obtiene un output neto final —el contenido energético de la producción final agraria— de 170.956 Gj., equivalente al 64% de la energía primaria fijada por la fotosíntesis en la superficie agraria útil del área de estudio. Es importante subrayar ese elevado porcentaje de aprovechamiento final, dada la elevada intensidad de cultivo —la tierra de labor captaba el 55% de la energía fijada por la biomasa dejando sólo un tercio para el bosque—, unida a una considerable especialización en vides y algo de olivo cuya producto final por unidad de superficie tenía un contenido energético menor que los cereales, legumbres o tubérculos. Junto a la estrecha integración de la bioconversión

¹³ Hemos evaluado el contenido energético del trabajo humano por la actividad laboral diaria promedio desarrollada por una persona activa adulta a lo largo del año en 860 Kcal./día o 1,31 Gj/año (Naredo y Campos 1980a:17-114). En el cálculo de reemplazos se ha sumado la biomasa extraída para hormigueros, estercoleros u otras formas de compostaje de residuos vegetales (28.321 Gj.), no la cantidad final de nutrientes obtenidos para incorporar al suelo (4.174 Gj.).

ganadera en el espacio agrario, la clave residía en el aprovechamiento de sarmientos y podas como sustituto parcial de una leña cuya cuantía era por fuerza reducida. En el proceso de antropización del medio mediterráneo los cultivos leñosos arbustivos y arbóreos han jugado un papel multifuncional sustitutivo del matorral y el bosque originarios.¹⁴

Todo ello se refleja en los índices de eficiencia energética del sistema agrario. Para calcularlos evitando dobles contabilizaciones, es preciso deducir los servicios o materiales internos, obtenidos en forma de abono y fuerza motriz, al conjunto de reemplazos (además de las semillas, toda la biomasa empleada como alimento de la cabaña ganadera, compostada o quemada en hormigueros). Hay que considerar además la energía empleada en forma de trabajo humano, que constituía el único input externo relevante (Tabla 10).

Tabla 10. Inputs totales consumidos, output final y eficiencia del sistema agrario en el área de estudio del Vallès hacia 1860			
	<i>Valor energético (Gj.)</i>	<i>Ha./año (Gj.)</i>	<i>Hab./año (Gj.)</i>
<i>Output de los cultivos, bosques y yermos</i>	267.952	22,4	30,2
<i>Output de la ganadería</i>	11.522	1,0	1,2
<i>Output fertilizantes vegetales</i>	4.174	0,3	0,5
OUTPUT TOTAL (OT)	283.648	23,7	31,9
<i>Reemplazos (R)</i>	112.692	9,4	12,7
<i>Servicios internos (SI = tracción+estiércol+abono vegetal)</i>	12.842	1,1	1,5
<i>Input externo (IE = trabajo humano)</i>	2.568	0,2	0,3
INPUT TOTAL CONSUMIDO (ITC = R- SI+IE)	102.417	8,5	11,5
OUTPUT FINAL (OF)	170.956	14,3	19,3
<i>ENERGÍA OBTENIDA POR UNIDAD INVERTIDA (OF/ITC)</i>	1,67		
<i>ENERGÍA POR UNIDAD DE TRABAJO (OF/IE)</i>	66,6		

Fuente: elaboración propia a partir de las tablas precedentes, de acuerdo con las definiciones y criterios de Campos y López (1997); y Campos, Casado y Azqueta (2004).

La razón entre el output final y la suma de todos los inputs empleados para obtenerlo nos da, en efecto, un índice de eficiencia de 1,67. Ese resultado es congruente con una producción final agraria cuyo equivalente energético llegaba a representar el 64% de la energía primaria fijada por la fotosíntesis en el territorio (a pesar que en la superficie agraria útil los cultivos leñosos suponían un flujo energético casi equiparable al de cereales y legumbres, y donde el bosque sólo aportaba un tercio de la producción primaria de biomasa). El diagrama de flujos de la Tabla 11 muestra el balance en su conjunto, y pone de relieve tres rasgos fundamentales de aquella agricultura orgánica avanzada todavía vigente hacia 1860: 1) la integración entre cultivo y ganadería; 2) el elevado reemplazo de materiales y la pequeñez de los inputs exteriores; y 3) la importancia relativa de podas y sarmientos, procedentes de los cultivos leñosos, como sustituto de una madera o leña cada vez más escasa.

En el conjunto del Vallès Oriental, donde bosques y cultivos aún fijaban proporciones similares de energía en el territorio, y la producción energética de cereales

¹⁴ Tello (1999: 195-211).

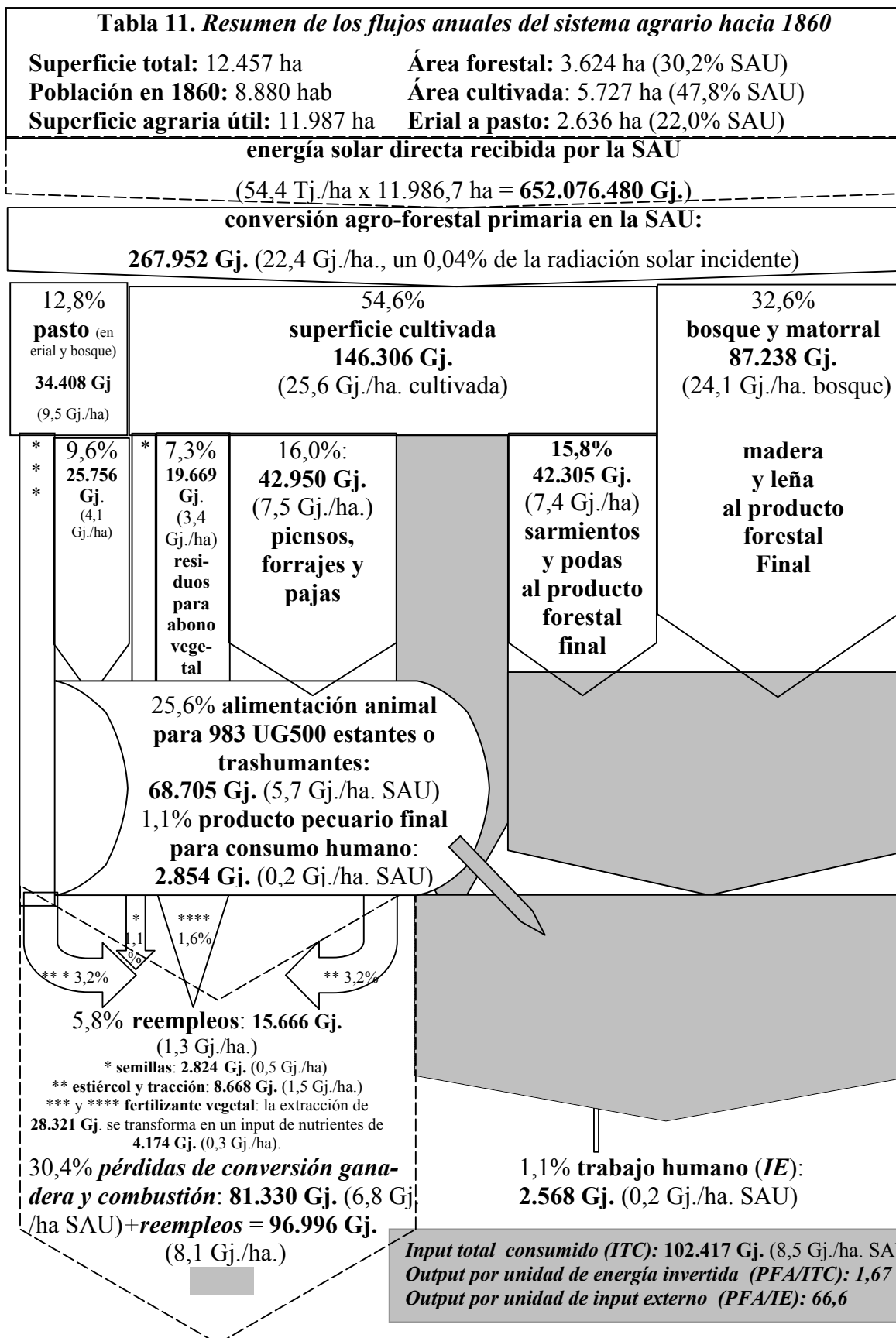
y legumbres quintuplicaba la del vino y aceite, hemos estimado que se derivaba hacia consumo humano un 59% de la energía primaria del agroecosistema, y que el índice global de eficiencia sería de 1,41 (Cussó, Garrabou y Tello, en prensa). Ese elevado rendimiento de 1,67 sólo se obtendría, sin embargo, en los cinco municipios del Vallès suponiendo que todos los sarmientos y podas se emplearan realmente como leña, y no como fertilizante vegetal. Dada la enorme pérdida energética de la combustión de biomasa leñosa en hormigueros, si el flujo de sarmientos y podas se sustrajera del uso energético para emplearlo como fertilizante vegetal, la proporción del producto agrario sobre la bioconversión primaria se acercaría a la mitad, y el rendimiento energético final se situaría cerca de la unidad.

El diagrama de flujos de la Tabla 11 también permite observar que de los tres componentes básicos del sistema agrario era en el espacio forestal donde se alcanzaban los mayores rendimientos energéticos, puesto que la recolección de leña o la tala de madera permitían obtener cantidades considerables de energía con un gasto energético en trabajo humano y animal relativamente pequeño. En el extremo opuesto se encontraba la producción pecuaria, dada la baja eficiencia de la bioconversión ganadera: dedicar a la alimentación animal una cuarta parte de la fijación de energía solar en el agroecosistema sólo proporcionaba un producto pecuario final para consumo humano equivalente al 1,1% de aquella energía primaria. Añadiendo la tracción y el estiércol suministrados por el ganado el rendimiento conjunto de la transformación agroganadera era sólo del 17%.

El espacio cultivado se encontraba en una situación intermedia entre la recolección forestal y la bioconversión pecuaria. El producto agrícola derivado al consumo humano sólo suponía el 26% de la energía primaria fijada en la superficie cultivada. Si añadimos el producto pecuario o los servicios de tracción y nutrientes obtenidos de piensos, forrajes, pajas y residuos diversos empleados como alimento animal o abono vegetal, el rendimiento integrado ascendería al 37%. Añadiendo el empleo como leña de sarmientos y podas, la eficiencia conjunta de los flujos alcanzaría, gracias al intensivo reemplazo de subproductos, hasta un 66% de la energía primaria solar fijada por la fotosíntesis en las tierras de labor. Esto subraya la importancia para el resultado final del balance energético de emplear como combustible la biomasa leñosa de los cultivos arbustivos y arbóreos, y no como fertilizante.

¿Es realista suponer que las podas se empleaban mayoritariamente como leña y no como abono vegetal? Nuestras estimaciones sugieren que los fertilizantes animales y vegetales disponibles por otros medios, sin recurrir a la quema de sarmientos y podas en hormigueros, serían suficientes para satisfacer los consumos de abono estimados en las cartillas evaluatorias catastrales. Aunque se requiere un análisis más exhaustivo —dado que la cantidad de fertilizante estimada por las cartillas reflejaría los nutrientes *empleados*, no necesariamente los *requeridos* por la elevada intensidad de cultivo—, creemos que la hipótesis es plausible. Pero es importante tener ese detalle presente cuando nos preguntamos por los factores que podían haber inducido una creciente insostenibilidad en aquella agricultura orgánica avanzada cuyos aprovechamientos policulturales y agroforestales aún conseguían alcanzar, a mediados del siglo XIX, un retorno de 1,67 a cada unidad energética invertida en su mantenimiento.

Tabla 11. Resumen de los flujos anuales del sistema agrario hacia 1860



Fuente: las de las tablas anteriores, y Campos y López (1997); Campos, Casado y Azqueta (2004).
Equivalencias: 1 Kcal. = 4.186,8 j.; 1 Mj. = 10⁶ j.; 1 Gj. = 10⁹ j.; 1 Tj. = 10¹² j.

8. La especialización vitícola, entre un óptimo ecológico y la globalización

La elevada eficiencia final, obtenida contabilizando sarmientos y podas como si de producción de leña se tratara, avala el supuesto de que en un entorno mediterráneo el desarrollo de la viticultura y oleicultura supusieron, al menos en un primer estadio, el aprovechamiento de un óptimo ecológico gracias a la creciente integración de las redes del mercado.¹⁵ Pero también existen razones ambientales para suponer que un proceso de especialización vitícola que se acercara al monocultivo deterioraría el rendimiento energético final del sistema agrario, y comportaría un uso más ineficiente del territorio, al romper la integración entre cultivo, ganadería y aprovechamiento forestal.¹⁶ Eso es lo que sugiere la caída en los índices finales de eficiencia obtenidos cuando suponemos la derivación hacia hormigueros de sarmientos y podas, para convertirlos en un pobre sustituto de otras formas de abono animal o vegetal críticamente escasas.

Dicho de otro modo: las virtudes ecológicas de la viticultura y la oleicultura dentro de un espacio agrario mediterráneo sólo se darían cuando se trataba de una diversificación integrada en un mosaico policultural diverso, como el practicado por las masías del Vallès hasta mediados del siglo XIX.¹⁷ La superación de ese estadio por una especialización monocultural cada vez más intensa desintegraría los ciclos de energía y nutrientes en el territorio. Aquella insostenibilidad local sólo podría contrarrestarse intensificando los intercambios —y las necesidades de transporte— con áreas con extensos espacios de bosque, matorral y pasto, o con una especialización cerealícola complementaria. El aumento de la entropía en los lugares de mayor mercantilización debería entonces compensarse con una importación de energía desde lugares cada vez más alejados, donde la presión humana sobre el ecosistema se mantuviera inferior.¹⁸

Las informaciones coetáneas nos dicen que hacia 1860 la producción de cereales panificables no cubría las necesidades del consumo en los cinco municipios, y se completaba con pequeñas importaciones de trigo y harina. Una vez deducidos de la parte principal de los cultivos las simientes, piensos y forrajes, y añadidos los alimentos de origen animal, el producto final consumible asciende en nuestro balance a unos 4,3 Gj. por habitante. Aunque este monto contenía una pequeña proporción de fibras industriales, y estaba lejos de proporcionar una dieta equilibrada, superaba en un 24% la energía alimentaria requerida por persona. Dicho de otro modo: cada cuatro habitantes de nuestra área de estudio podrían generar hacia 1860 un excedente energético equiparable al necesario para alimentar a un habitante fuera de la misma. Esa proporción podría incrementarse si unos precios relativos favorables de la exportación

¹⁵ Para esta noción de óptimo ecológico, véase Grigg (1982:45-67).

¹⁶ Aunque para comprender las conexiones entre eficiencia energética y eficiencia territorial se requieren más estudios pluridisciplinarios, la aplicación de índices empleados por la ecología del paisaje a los mapas catastrales de nuestra área de estudio elaborados en 1853-56, 1954-57 y 1999-2004, permite constatar la creciente merma de la capacidad del territorio para albergar especies diversas y ofrecerles conectores ecológicos viables, derivada del abandono de los mosaicos agroforestales tradicionales (Marull, Pino, Tello y Mallarach, 2006).

¹⁷ La diversificación policultural de las masías catalanas no debe confundirse con autarquía. Era compatible con cierta especialización parcial, que activaba circuitos comerciales locales y regionales, pero mucho más cercanos que los flujos activados por el nuevo tipo de especialización mercantil intensiva ligada, por ejemplo, a la puesta en marcha del ferrocarril Barcelona-Granollers en 1854, la línea Barcelona-Terrassa en 1856, y del ramal de vía estrecha entre Granollers y Caldes de Montbui en 1880 (Pascual, 1990 y 2000; Garrabou, Planas y Saguer, 2001; Roca (2001:19-130; 2005:49-42).

¹⁸ Éste es el principal supuesto adoptado, para el municipio granadino de Santa Fe, por González de Molina y Guzmán en este mismo número de *Historia Agraria*.

de vino permitían adquirir un equivalente energético mayor en forma de cereales.¹⁹ Las alzas del precio relativo del vino en un mercado en expansión impulsaron, en efecto, el proceso de especialización vitícola aprovechando las ventajas ecológicas del cultivo en la zona. El aumento de la demanda de una población urbana en expansión y la creciente globalización de los flujos mercantiles acentuaron aquellas tendencias.

Es importante precisar que para obtener un balance coherente, sin haber podido estimar el aumento o disminución del stock de capital, hemos adoptado la hipótesis de un estadio estacionario. Los flujos anuales de nuestro cómputo son los que se hubieran obtenido si el sistema se hubiera mantenido sin adición o sustracción alguna en los bienes fondo. Esto es, sin que la cubierta forestal y la superficie cultivada hubieran aumentado o disminuido, se hubieran registrado nuevas plantaciones de vides u olivos, ni modificaciones en la cabaña ganadera, y los suelos no se hubieran degradado ni experimentado mejoras en forma de riegos o aterrazamientos. Aunque se trata de supuestos irreales, ponen de manifiesto dos fuerzas dinámicas que podrían haber incrementado la insostenibilidad de aquel sistema agrario de base orgánica: la deforestación y la escasez de abono para mantener la fertilidad del suelo. Aunque era posible contrarrestar sus efectos mediante la intensificación del trabajo humano, o la importación de inputs, como guano o cantidades crecientes de abonos industriales, todo ello implicaba reducir aún más la energía obtenida por unidad de input externo.²⁰

De hecho eso es lo que ocurrió. Inicialmente la proliferación de plantaciones vitícolas realizadas por *rabassaires* en los márgenes de las masías ofrecía una interesante vía de intensificación del cultivo que no presionaba sobre el cuello de botella del estiércol. Salvo en los momentos iniciales de la plantación, las vides no recibían abono. Al contrario: sarmientos, pámpanos y ramones ofrecían un sustituto a la leña del bosque y el pastoreo en el erial. Pero la sustitución creciente de cereales por viñas a partir de 1840-50, alcanzando un máximo entre la aparición de la filoxera en Francia en 1867 y su llegada al Vallès en los años 80, suprimía aquella ventaja multiplicando unos flujos de biomasa residual que a partir de cierto punto ya sólo podrían reutilizarse como abono vegetal.

Tras la filoxera, muy pocas viñas fueron replantadas con pies americanos, y la comarca recuperó una parte de su anterior mosaico policultural al bascular su economía agraria hacia el suministro de hortalizas y leche fresca a Barcelona y otras ciudades cercanas. Ese nuevo modelo se consolidó en la década de 1930, cuando el crecimiento de la población había reducido la disponibilidad de tierra a una hectárea por habitante. Después de 1950 la difusión masiva de las tecnologías de la “revolución verde” dio la puntilla a la milenaria capacidad del mundo rural para gestionar el territorio, cuando la dependencia de los combustibles fósiles y la globalización económica habían superado por completo la anterior circunscripción local o comarcal de los principales flujos socioambientales.

¹⁹ La comparación entre la capacidad de trabajo de la población y horas requeridas por el sector agrario sugiere la existencia de un excedente laboral, congruente con la presencia de actividades manufactureras complementarias. Por eso no incluimos en el argumento las compras exteriores de bienes industriales, que podrían haberse sufragado con la venta de productos manufacturados.

²⁰ Agradecemos a Pablo Campos esta cautela crítica. Al carecer de información para estimar los flujos anuales de inversión o consumo del stock de capital, presuponemos un estado en el que la inversión interna igualara el consumo de capital.

9. La agricultura industrializada al final del siglo XX

El primer cambio sustancial que se observa en los sistemas agrarios de fines del siglo XX es la reducción del área cultivada, del 48 al 32% de la superficie agraria útil. Paralelamente la superficie forestal se ha incrementado hasta el 61%, a costa de la tierra de cultivo y del erial empleado como pasto. También se han incrementado las superficies improductivas por la expansión de la urbanización y la red de transportes (Tablas 1 y 3). Otro cambio a destacar en la cubierta vegetal es la desaparición del mosaico agroforestal debido al casi total abandono del viñedo en las áreas, a menudo aterrazadas, previamente ganadas al bosque. Cereales y forrajes ocupan ahora el 87% de la superficie cultivada. El olivar se mantiene en un 6%, y el resto se destina a hortalizas, patatas y frutales de regadío (Tabla 2).

Ese proceso de agricolización intensiva desaprovecha la mayor parte de la producción forestal y del erial, destina una parte considerable de los mejores suelos agrícolas a la urbanización, e intensifica la producción agrícola en un espacio más reducido pero sometido a las fuertes presiones de una aplicación masiva de fertilizantes, agua, pesticidas y herbicidas, y un empleo intensivo de energía fósil para laboreo y recolección. (Tablas 5 y 6). La limitación que antaño imponía una fertilización orgánica que dependía del manejo integrado de los espacios agroforestales ha sido superada por el acceso prácticamente ilimitado a abonos industriales y nuevas variedades de semillas de alta respuesta a unas elevadas dosis de fertilizante y agua. El resultado es que en un área cultivada menor el sector agrícola genera un flujo energético mucho mayor al del siglo pasado, aunque la apropiación humana total de la producción primaria neta sea en conjunto bastante más reducida.

La biomasa extraída de cada hectárea cultivada prácticamente se ha doblado, al pasar de 25,6 Gj./ha hacia 1860 a 50 Gj./ha. en 1999 (Tabla 5). Son unos valores medios inferiores a los de Krausmann para diversos municipios austriacos (entre 63 y 96 Gj./ha.), debido al peso que en el Vallès mantiene el cultivo de forrajes en secano con una producción comparativamente baja (de 21 Gj./ha, cuando en regadío se alcanzan 140 Gj./ha), o también las patatas (26 Gj./ha) y el olivar (43 Gj./ha). Sin embargo el rendimiento de los cereales, situado en una media de 39 Qm./ha, multiplica por cuatro los de mediados del siglo XIX y alcanza los 70 Gj./ha (o en regadío los 125 Gj./ha). Esos espectaculares incrementos de la productividad de la tierra han sido posibles mediante la entrada de unos cuantiosos flujos de energía del exterior en forma de fertilizantes, productos fitosanitarios, maquinaria y combustible. El conjunto de factores empleados en la producción agrícola y ganadera multiplica más de doce veces todos los inputs estimados para la misma zona hacia 1860 (Tabla 12).

Tabla 12. Resumen del input energético invertido en la producción agropecuaria en 1999				
Input	Gj./año	%	Gj./ha	%
Producción agrícola				
Semillas	7.491,8	6,7	2,00	0,5
Maquinaria y combustible	27.805,2	24,8	7,43	1,7
Herbicidas y fitosanitarios	1.545,3	1,4	0,41	0,1
Estercolada de purines	29.262,0	26,0	7,82	1,8
Abonos de síntesis	26.194,6	23,3	7,00	1,6
Trabajo humano agrícola	50,3	0,0	0,01	0,0
Bombeo del agua de riego	19.938,1	17,7	5,33	1,2

Materiales diversos	53,9	0,0	0,01	0,0
Total empleado en la producción agrícola	112.341,0	100,0	30,01	6,8
Producción forestal				
Pastos	31,7	4,7	0,00	0,0
Bosques	649,1	95,3	0,09	0,0
Total empleado en el producción forestal	680,8	100,0	0,10	0,0
Producción ganadera				
Trabajo humano pecuario	380,1	0,0	0,03	0,0
Alimentación animal con piensos	1.044.331,4	67,7	89,35	63,1
Ídem. con reemplazos agrícolas	51.369,9	3,3	4,40	3,1
Electricidad y otros inputs pecuarios	445.972,8	28,9	38,16	26,9
Total empleado en la producción ganadera	1.542.054,2	100,0	131,93	93,2
TOTAL PRODUCCIÓN AGROPECUARIA	1.655.076,0	--	141,60	100,0

Fuentes: el gasto energético de la producción ganadera se ha estimado a partir de Dutilh y Kramer (2000). Para los gastos energéticos del cultivo de trigo, al que se ha reducido todo el cultivo de cereal, se resta el 12% que queda en barbecho y se consideran los gastos propios de las operaciones (Guijarro, 2001), la depreciación y reparación de maquinaria (Leach, 1981). Al gasto total se ha añadido un 78% en concepto de transporte hasta la parcela (Tolós, 2002). El estiércol y los abonos se han calculado a partir de Campos (1981) y los herbicidas a 350 MJ/Kg. siguiendo a Loomis y Connor (1992).

Esa combinación de intensificación y abandono de la actividad humana explica por qué la biomasa vegetal primaria que se extrae del territorio es ahora ligeramente inferior a la de mediados del siglo XIX: 256.390 Gj., frente a los 267.952 Gj. hacia 1860. Ello se debe a la reducción de la superficie cultivada, y a que únicamente un tercio de la producción forestal tiene algún aprovechamiento económico. En 1999 la parte principal de los cultivos se ha multiplicado por 3,7 respecto la de mediados del siglo XIX, pero la población residente lo ha hecho por 4,2, de modo que el producto agrícola consumible se ha reducido ligeramente hasta 4,1 Gj. por habitante (poniendo de manifiesto el carácter marginal de la actividad agraria en el Vallès actual).

10. Un sector ganadero al margen del territorio.

Otro de los aspectos destacables del sistema agrario actual es el espectacular crecimiento del sector ganadero, unido a una profunda modificación de su estructura. Como se observa en la Tabla 7, una cabaña ganadera radicalmente transformada se ha multiplicado por 22 con relación al peso vivo conjunto de la del siglo XIX y alcanza una densidad de 177 UG500/km². Con la difusión del tractor ha desaparecido el ganado de labor, y la ganadería se ha orientado exclusivamente a la producción de porcino complementada con algo de vacuno y avícola para la obtención de huevos. La posibilidad de abastecerse en el mercado de piensos y forrajes ha “liberado” a esas explotaciones ganaderas de la dependencia del espacio agrícola y forestal local. A su vez las explotaciones agrarias han podido prescindir del ganado como suministrador de fertilizantes, al encontrar en el mercado una oferta sustitutiva de abonos industriales.

Así han proliferado unas empresas pecuarias separadas del sector agrícola, y muy desigualmente distribuidas en el territorio. En 1999 más de la mitad de la cabaña porcina local se concentraba en Sentmenat, mientras Caldes de Montbui acaparaba la producción de huevos. El producto ganadero es veinte veces mayor al del siglo XIX, y ha cambiado sus proporciones (Tabla 8): la carne representa un 63% de la energía producida (frente al 19% de 1860), los huevos un 5% y el estiércol tan sólo un 33% (frente al 59% en 1860). Lo que antaño era un recurso escaso y valiosísimo, que

aportaba la mayor parte de la reposición de nutrientes, se ha convertido en un residuo del que los agricultores se deshacen como pueden convirtiendo la tierra de labor en auténticos vertederos. Incluso si consideramos esa forma de contaminación difusa una aportación de abono orgánico, la estercolada de purines únicamente aporta el 53% de la fertilización. El resto son abonos de síntesis adquiridos al exterior.

Otro dato muy significativo de la Tabla 12 es que la carga ganadera acapara, con el consumo anual de un millón de Gj. en forma de piensos compuestos, y casi medio millón más gastados en electricidad u otras entradas: nada menos que el 93% del estadillo completo de los inputs energéticos de la actividad agropecuaria. Esa enorme carga del subsector ganadero empuja el peso relativo de cualquiera de los demás factores, desde el consumo de maquinaria y combustible (1,7%), hasta los abonos y fitosanitarios químicos (1,7%), o el bombeo de agua a de riego (1,2%). Sólo un 12% de la producción local de cereales y forrajes se destina a la fabricación de pienso —frente al 16% que en 1860 consumía una cabaña ganadera 24 veces menor—, y su aportación, unida a las pajas y otros residuos del cultivo, representa menos del 5% de la alimentación animal. Aunque nuestro balance trata tales flujos como si fueran reutilizaciones, nada garantiza que los piensos, forrajes y pajas producidos en esos cinco municipios los consuma realmente la cabaña ganadera local.

11. Ineficiencia energética y territorial de la “revolución verde”

Ese sistema de producción alimentaria mercantil, globalizada y desconectada del territorio, puede describirse de la siguiente forma. El proceso comienza con una masiva importación de biomasa en forma de piensos y forrajes cuyo contenido energético multiplica por 2,6 toda la energía primaria solar fijada por la fotosíntesis en la superficie agraria útil del área estudiada. Su producción con las mismas productividades que las del Vallès actual requeriría una superficie de cultivo cinco veces superior a la de esos cinco municipios, y casi un 50% mayor que su extensión total. Aquel millón de gigajulios en forma de piensos es digerido por una cabaña ganadera estabulada, cuyo peso vivo conjunto es seis veces mayor que el de los seres humanos residentes en 1999. Hay una cabeza de ganado vacuno para cada siete habitantes, una oveja para cada cinco, casi dos cerdos por habitante, y tres gallinas para cada uno. Sólo se aprovecha como abono el 42 % de sus purines, aportando algo más de la mitad del abono incorporado al suelo. El otro 58% de los purines se exporta o se convierte en contaminación difusa local.

Sólo se cultiva un exiguo 28% del territorio, pero la elevadísima intensidad de ese cultivo permitiría obtener el equivalente al 74% de la alimentación humana, y un 5% de la alimentación de la cabaña ganadera, si lo consumieran las poblaciones locales de animales y personas. La producción alimentaria que finalmente resulta de ese sistema está compuesta por algo menos de 100.000 Gj. de alimentos vegetales, y casi 150.000 Gj. de proteína animal en forma de carne, leche o huevos, muy lejos de una dieta sana y equilibrada. Para producir ese cuarto de millón de Gj. anuales de alimento, y un output final agrario de 349.550 Gj., se emplea una retahíla de factores cuyo monto conjunto supera el millón y medio de Gj. El 96% de esos inputs procede del exterior. Suponiendo que los reemplazos se produjeran a escala local, sólo supondrían un 3% de los inputs totales consumidos (frente al 98% hacia 1860).

Tabla 13. Inputs totales consumidos, output final y eficiencia del sistema agrario en le área de estudio del Vallès en 1999			
	<i>Valor energético (Gj)</i>	<i>Ha./año (Gj)</i>	<i>Hab./año (Gj)</i>
<i>Output de cultivos, bosques y yermos</i>	256.395,8	21,4	6,8
<i>Output de la ganadería</i>	173.786,2	14,5	4,6
OUTPUT TOTAL (OT)	430.182,0	35,9	11,5
<i>Reempleos (R)</i>	80.631,9	6,7	2,1
<i>Servicios o materiales internos (SMI = estiércol)</i>	29.262,0	2,4	0,8
<i>Input externo (IE)</i>	1.574.444,3	131,3	42,0
INPUT TOTAL CONSUMIDO (ITC = R-SMI+IE)	1.625.814,2	135,6	43,4
OUTPUT FINAL (FO)	349.550,1	29,2	9,3
<i>ENERGÍA OBTENIDA POR UNIDAD INVERTIDA (OF/ITC)</i>	0,21		
<i>ENERGÍA POR UNIDAD DE INPUT EXTERNO (OF/IE)</i>	0,22		

Fuentes: véanse tablas 10 y 12.

Todo eso significa que por cada unidad de energía obtenida se han invertido 4,5 unidades en su producción. La bajísima eficiencia de 0,21 resulta del peso descomunal de una bioconversión ganadera engordada con piensos importados. En el subsector agrícola la relación input/output aún se mantendría cercana a la unidad, a pesar de un elevado consumo de combustibles fósiles en forma de carburantes, abonos de síntesis y fitosanitarios cuyo equivalente energético ya supera en un tercio toda la energía solar fijada por la cubierta vegetal de la superficie agraria útil. Si consideramos al subsector ganadero por separado, su índice de eficiencia se desploma hasta 0,09 (lo que significa consumir once unidades energéticas por cada unidad final producida).

De igual modo que en el balance energético representado en el Tabla 11, los porcentajes del diagrama de flujos de la Tabla 14 se refieren a la fijación primaria de energía en la superficie agraria útil a través de la fotosíntesis. Así resulta más patente que la mayor parte de los flujos energéticos actuales proceden del exterior, y están desconectados de un territorio que únicamente atraviesan para servirse de él como soporte inerte.

Tabla 14. Resumen de los flujos anuales del sistema agrario en 1999

Superficie total: 12.457 ha **Área forestal:** 7.097 ha (60,8% SAU)
Población en 1860: 37.504 hab **Área cultivada:** 3.745 ha (32,1% SAU)
Superficie agraria útil: 11.669 ha **Área a pasto:** 827 ha (6,1% SAU)

energía solar directa recibida por la SAU

(54,4 Tj./ha. x 11.669 ha = **634.793.600 Gj.**)

conversión agro-forestal primaria en la SAU:

398.335 Gj. (34,1 Gj./ha., un 0,06% de la radiación solar incidente)

47%	53%
superficie cultivada	bosque, matorral y yermo
187.291 Gj.	211.045 Gj.
(50 Gj./ha cultivada)	(26,6 Gj./ha no cultivada)

12,9%	35,6%
piensos, forrajes y pajas	bosque y pasto abandonado sin aprovechamiento humano
51.370 Gj.	141.940 Gj.
(13,7 Gj./ha)	(17,9 Gj./ha)

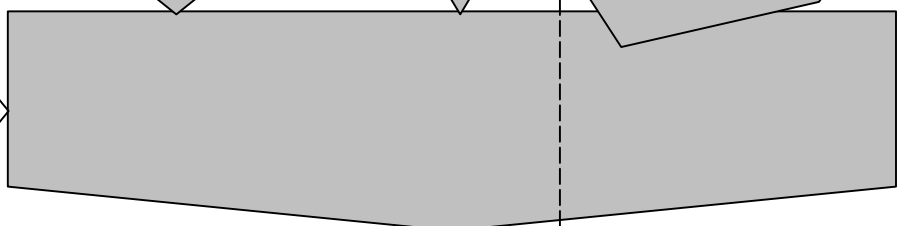
262%
piensos importados
1.044.331 Gj.
(89,3 Gj./ha)

275%
alimentación animal para
23.833 UG de 500 Kg.
concentradas:
1.095.701 Gj. (103 Gj./ha SAU)

231%
pérdidas de conversión ganadera y contaminación con purines:
921.915 Gj.
(79 Gj./ha)

36,3% **producto pecuario final para consumo humano:**
144.524 Gj. (12,4 Gj./ha)

7,3%
reemplazo de purines como abono
29.262 Gj.
(2,5 Gj./ha.)



0,1 % **trabajo humano:** 430 Gj. (0,04 Gj./ha. SAU)
 1,9% **semillas:** 7.492 Gj. (0,6 Gj./ha SAU)
 7% **abonos, herbicidas y fitosanitarios:** 27.794 Gj. (2,4 Gj./ha SAU)
 124% **combustibles y electricidad:** 493.716 Gj. (42,2 Gj./ha SAU)
 0,2 % **inputs de la producción forestal:** 681 Gj. (0,1 Gj./ha SAU)

+ 262% **piensos importados** =

Total inputs externos: 1.574.444 Gj. (134,7 Gj./ha SAU).

+ **reemplazos** = **Input total consumido: 1.625.814 Gj.** (139,1 Gj./ha SAU)

Fuente: elaboración propia a partir de las fuentes y métodos de las tablas 11 y 12.

12. A modo de conclusión: balances energéticos y eficiencia territorial

Si los contemplamos sin atender a sus efectos sobre otros ámbitos, los espectaculares incrementos de los rendimientos de la tierra y de la productividad del trabajo derivados de la llamada “revolución verde” no son un espejismo. Una agricultura de base orgánica avanzada, desarrollada en unas condiciones edafoclimáticas favorables, lograba cosechar en el Vallès hacia 1860 unos 26 GJ. brutos de energía por hectárea. Deducidos los subproductos y reempleos, restaba una producción consumible de 7 GJ./ha. En 1999 la aplicación masiva de fertilizantes, agua y productos químicos a unas semillas mejoradas permite cosechar 50 GJ./ha y obtener una producción final de 36 GJ./ha.

El estudio del intercambio de flujos metabólicos de tales producciones con el territorio que los sustenta pone de manifiesto, sin embargo, que el aumento de la productividad medida a nivel de parcela o sector se basa en la importación creciente de inputs con una elevada capacidad de realizar trabajo útil (*exergía*), valorados a unos precios relativos cada vez menores con relación a los bienes finales de menor exergía pero alta valoración que el sistema pone en el mercado (Naredo y Valero, 1999). Esa exportación de entropía y degradación ambiental, que los balances puramente monetarios ignoran, tiene dos caras: una creciente huella socio-ecológica global, y una considerable pérdida de eficiencia en el uso del territorio, asociada al deterioro ambiental.²¹ Ambas se reflejan en la drástica reducción de los índices de eficiencia energética del mismo sistema agrario que ha experimentado aquellos aumentos espectaculares, pero parciales, de los rendimientos de la tierra y la productividad. En los cinco municipios estudiados el índice de eficiencia aún se situaba hacia 1860 en 1,67. En 1999 los efectos de la “revolución verde” lo han reducido hasta 0,21.

Ese contraste revela que la vía del desarrollo seguida hasta nuestros días ha consistido en incrementos parciales de productividad en unos lugares a base de externalizar el deterioro resultante sobre otros. De ese modo, como señala McNeill (2004), las sociedades se han ido desplazando de unas situaciones insostenibles a otras, pero a una escala cada vez mayor. La única novedad radical es, a comienzos del siglo XXI, que aquella exportación de insostenibilidad hacia fronteras cada vez más alejadas ha alcanzado ya los límites ambientales globales de la biosfera. Eso obliga a revisar las cuentas parciales de esa forma de crecimiento económico que deviene irreproducible en el futuro. Y es aquí donde adquiere todo su sentido nuestro esfuerzo por comparar los balances energéticos de una agricultura orgánica avanzada a mediados del siglo XIX, con la resultante de la difusión masiva de la “revolución verde” durante la segunda mitad del siglo XX.

El sentido de esa comparación no reside en propugnar un retorno imposible a un pasado clausurado. Ninguna propuesta de agricultura ecológica para el futuro pretende volver, por ejemplo, a la dependencia de una bioconversión animal energéticamente poco eficiente y muy exigente en territorio como la mostrada en nuestro balance de 1860. Cualquier nueva forma de desarrollo sostenible deberá dedicar más atención, en cambio, al enorme potencial de radiación solar que permanece “libre” porque la cubierta vegetal del territorio sólo aprovecha en un 0,03% o un 0,06% según su composición. Y también desplegar otras formas de gestionar el territorio más eficientes y sensatas que

²¹ Carpintero (2002:85-125; 2005 y en prensa). Para nuestra área de estudio, Marull, Pino, Tello y Mallarach (2006).

las legadas por el insostenible desarrollismo del siglo XX. La tarea consiste en lograr, por vez primera en la historia, mejoras genuinas de una eficiencia *global*. No sólo incrementos parciales del rendimiento mercantil obtenidos a base de bombear sus efectos ambientales y sociales negativos hacia otros lugares y gentes, o hacia nuestro futuro común (Tello, 2005). Esa internalización de los costes reales en un balance multicriterial completo tiene también, como las externalidades mismas, dos caras. Para hacerlo se requiere avanzar en un nuevo concepto de *eco-eficiencia*, y los balances que presentamos son una buena herramienta para ello. Pero con ser eso imprescindible, no bastará si olvidamos que la otra cara de la moneda significa empezar a discutir también, democráticamente, los criterios de valoración económica desde la justicia ambiental.²²

Agradecimientos

Agradecemos a Pablo Campos, a los evaluadores anónimos y a los editores de esta Revista las sugerencias y comentarios realizados que han contribuido a mejorar este trabajo. Las deficiencias solo pueden imputarse a los autores.

Referencias

- Acebillo, J. y Folch, R., (eds.) (2000): *Atlas ambiental de l'Àrea de Barcelona*, Barcelona, Ariel.
- Álvarez, J. I. (1996): *Planificación de la Actividades Necesarias para la Ejecución del Aprovechamiento Forestal del monte de Utilidad Pública de la Provincia de Lleida, Núm. C.U.P. 217, Núm. Elenc. L-3071, Denominado "Muntanya de Manyanet", Propiedad del Ayuntamiento de Manyanet, Situado en el Término Municipal de Sarroca de Bellera, en la Comarca del Pallars Jussà, Lleida, Escola d'Enginyeria Agrònoma, Universitat de Lleida, PFC.*
- Anónimo (2002⁶): *Hechos y Cifras del Sector Agroalimentario y del Medio Rural Español*, Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Campos, P. (1981): "Producción y uso de energía en las explotaciones familiares del occidente asturiano (1950-1980)", en SUMPSI, J. M^a y otros, *La política agraria ante la crisis energética*, Madrid, UIMP, pp. 241-277.
- Campos, P. (1984): *Economía y energía en la dehesa extremeña*, Madrid, Ministerio de Agricultura,.
- 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. y otros, *Extremadura saqueada: recursos naturales y autonomía regional*, Barcelona, Ruedo Ibérico, pp. 63-72.
- Campos, P. y López, J. (1997): *Renta y naturaleza en Doñana*, Barcelona, Icaria.
- Campos, P.; Casado, J. M. y Azqueta, D. (2004): *Cuentas ambientales y actividad económica*, Madrid, Colegio de Economistas.
- Carpintero, O. (2002): "La economía española: el 'dragón europeo' en flujos de energía, materiales y huella ecológica, 1955-1995", *Ecología política*, 23, pp. 85-125.
- Carpintero, O. (2005): *El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000)*, Lanzarote/Madrid, Fundación César Manrique.
- Carpintero, O. (2006): "La huella ecológica de la agricultura y la alimentación en España, 1955-2000", *Áreas*, 25, pp. 31-45.
- Carpintero, O. y Naredo, J. M. (en prensa): "Sobre la evolución de los balances energéticos de la agricultura española, 1950-2000", *Historia Agraria*. (parte del monográfico)
- Cussó, X. y Garrabou, R. (2001): "Alimentació i nutrició al Vallès Oriental en les darreres dècades del segle XIX", *Lauro*, 21, pp. 26-34.
- Cussó, X.; Garrabou, R. y Tello, E. (2006): "Social metabolism in an agrarian region of Catalonia (Spain) in 1860-70: flows, energy balance and land use", *Ecological Economics*, 58, pp. 49-65.
- Dutilh, C. E. y Kramer, K. J. (2000): "Energy consumption in the food chain. Comparing alternative options in food production and consumption", *Ambio*, 29(2), pp. 98-101.
- Fischer-Kowalski, M. (1998): "Society's Metabolism. The Intellectual History of Materials Flow Analysis. Part I, 1860-1970", *Journal of Industrial Ecology*, 2, 1, pp. 61-78.

²² Martínez Alier y Roca Jusmet (2000); Martínez Alier (2004).

- Fischer-Kowalski, M. y Hüttler, W. (1999): "Society's Metabolism. The Intellectual History of Materials Flow Analysis. Part II, 1970-1998", *Journal of Industrial Ecology*, 2, 4, pp. 107-136.
- Fischer-Kowalski, M. y Amann, Ch. (2001): "Beyond IPAT and Kuznets Curves: Globalization as a Vital Factor in Analysing the Environmental Impact of Socio-Economic Metabolism", *Population and Environment*, 23, 1, pp. 7-47.
- Fluck, R. C. y Baird, C. D. (1980): *Agricultural Energetics*, Westport, AVI Publishing.
- Galobart, Ll. (1983): *El paisatge del Vallès*, Santa Eulàlia de Ronçana.
- Garrabou, R. y Planas, J. (eds.) ([1874]1998): *Estudio Agrícola del Vallès (1874)*, Granollers, Museu de Granollers.
- Garrabou, R.; Planas, J. y Sagner, E. (2000): "Sharecropping and the Management of Large Rural Estates in Catalonia, 1850-1950", *The Journal of Peasant Studies*, 28, 3, pp. 89-108.
- Garrabou, R.; Planas, J. y Sagner, E. (2001): *Un Capitalisme impossible? La gestió de la gran propietat agrària a la Catalunya contemporània*, Vic, Eumo.
- Garrabou, R. y Tello, E. (2004): "Constructors de paisatges. Amos de masies, masovers i rabassaires al territori del Vallès (1716-1860)", en VV.AA., *Josep Fontana. Història i projecte social. Reconeixemnt d'una trajectòria*, Barcelona, Crítica, I, pp. 83-104.
- Gerbens-Leenes, P. W. y Nonhebel, S. (2002): "Consumption patterns and their effects on land required for food", *Ecological Economics*, 42 (1-2), pp. 185-199.
- Giampietro, M. y Pimentel, D. (1991): "Energy efficiency: assessing the interaction between humans and their environment", *Ecological Economics*, 4, pp. 117-144.
- Giampietro, M.; Bukkens, S. G. F. y Pimentel, D. (1994): "Models of Energy Analysis to Assess the Performance of Food Systems", *Agricultural Systems*, 45, pp. 19-41.
- Goh, K. M., y Haynes, R. J. (1983): "Nutrient inputs and outputs in a commercial orchard and their practical implications", *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 11, pp. 59-62.
- González de Molina, M. (2001^a): "Condicionamientos ambientales del crecimiento agrario español (siglos XIX y XX)", en Pujol, J.; González de Molina, M.; Fernández Prieto, L.; Gallego, D. and Garrabou, R., *El pozo de todos los males. Sobre el atraso en la agricultura española contemporánea*, Barcelona, Crítica, pp. 43-94.
- González de Molina, M. (2001^b): "El modelo de crecimiento agrario del siglo XIX y sus límites ambientales. Un estudio de caso", en González de Molina y Martínez Alier, (eds.), *Naturaleza transformada. Estudios de historia ambiental en España*, Barcelona, Icaria, pp. 87-124.
- González de Molina, M.; Guzmán Casado, G.; Ortega Santos, A. (2002): "Sobre la sustentabilidad de la agricultura ecológica. Las enseñanzas de la Historia", *Ayer*, 46, pp. 155-185.
- Guzmán Casado, G. I. and González de Molina, M. (en prensa), "Sobre las posibilidades del crecimiento agrario en los siglos XVIII, XIX y XX. Un estudio de caso desde la perspectiva energética", *Historia Agraria*. (parte del monográfico).
- Gracia, C. dir. (2000): *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. Regió Forestal V*. UAB, Bellaterra, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals/Generalitat de Catalunya.
- Grigg, D. (1982): *The Dynamics of Agricultural Change. The historical experience*, Londres, Hutchinson.
- Guijarro, A. (2000): *Avaluació del Territori en la Zona Meridional del Solsonès*, Lleida, Escola d'Enginyeria Agrònoma, Universitat de Lleida,, PFC.
- Haberl, H. (2001^a): "The Energetic Metabolism of Societies. Part I: Accounting Concepts", *Journal of Industrial Ecology*, 5, 1, pp. 107-136.
- Haberl, H. (2001^b): "The Energetic Metabolism of Societies. Part II: Empirical Examples", *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 5, 2, pp. 53-70.
- Haberl, H.; Erb, K. H., y Krausmann, F. (2001): "How to calculate and interpret ecological footprints for long periods of time: the case of Austria, 1926-1995", *Ecological Economics*, 38, pp. 25-45.
- Kander, A. (2002): *Economic growth, energy consumption and CO₂ emissions in Sweden*, Lund, Almqvist & Wiksell International.
- Knisel, W. G.; Davis, F. M. y Leonard, R. A. (1992): *GLEAMS Version 2.0. Part III: User Manual*. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Temple.
- Krausmann, F. (2001): "Land use and industrial modernization: an empirical analysis of human influence on the functioning of ecosystems in Austria 1830-1995", *Land Use Policy*, 18, pp. 17-26.
- Krausmann, F. (2003): "Land Use and Socio-economic Metabolism in Pre-industrial Agricultural Systems: Four 19th Century Austrian Villages in Comparison", *Collegium Anthropologicum*.
- Krausmann, F. (2004): "Milk, manure and muscular power. Livestock and the transformation of preindustrial agriculture in Central Europe", *Human Ecology*, 32 (6), pp. 735-773.
- Krausmann, F. (en prensa): "La transformación de los sistemas de uso del suelo en Europa central: una perspectiva biofísica de la modernización agraria en Austria desde 1830", *Historia Agraria*. (parte del monográfico)

- Krausmann, F. y Haberl, H. (2002): "The process of industrialization from the perspective of energetic metabolism. Socioeconomic energy flows in Austria 1830-1995, *Ecological Economics*, 41, pp. 177-201.
- Leach, G. (1981): *Energía y producción de alimentos*, Ministerio de Agricultura y Pesca, Madrid.
- Loomis, R. S. y Connor, D. J. (1992): *Crop Ecology: Productivity and Management in Agricultural Systems*, Cambridge, Cambridge University Press.
- López, B. (1984): *Transformación en Regadío con Aguas Subterráneas e Instalación de Riego por Aspersión de la Finca "Sedano de Hontanares" en el T. M. de Sta. M^a del Monte de Cea (León)*. Lleida, Escola d'Enginyeria Agrònoma, Universitat de Lleida, PFC.
- López, J. (1982): *Modelo productivo y población campesina del occidente asturiano, 1940-1975*, Madrid, Universidad Complutense de Madrid.
- López, J. (1985^a): "Perspectiva energética de la cría bovina en Asturias", *Revista de Estudios Agro-Sociales*, 132, pp. 75-126.
- López, J. (1985^b): "La cultura campesina tradicional del norte español y su evolución contemporánea", in Rodríguez, M.; Soria, (comps.), *Lecturas sobre agricultura familiar*, Ministerio de Agricultura, Madrid, pp. 105-144.
- López, J. (1990): "Balances energéticos de la casería asturiana (1880-1983)", en García, L. V.; González, R.; Sierra, J. M.; and Fuente, R. (comps.), *Los espacios rurales cantábricos y su evolución*, Santander, Universidad de Cantabria/Asamblea Regional de Cantabria, pp. 69-80.
- Llorca, M.; Masip, J. y Ollé, F. coords. (1999): *La Alfalfa Deshidratada: Cultivo, Transformación y Consumo*, AIFE, Lleida, Universitat de Lleida.
- Lloveras, J.; Santiveri, P. y Moreno, A. (2002): "Efecto de la dosis de siembra en la producción y densidad de plantas de alfalfa en el Valle del Ebro", *Actas de la XLII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, Lleida, Universitat de Lleida, pp. 355-359.
- Malanima, P. (1996): *Energía e crescita nell'Europa pre-industriale*, La Nuova Italia Scientifica, Roma.
- Malamina, P. (2001): "The energy basis for early modern growth, 1650-1820", en PRAK, M. (ed.), (2001): *Early Modern Capitalism. Economic and social change in Europe, 1400-1800*, Londres, Routledge, pp. 51-68.
- Malamina, P. (2003): *Uomini, risorse, technique nell'economia europea dal X al XIX secolo*, Milano, Bruno Mondadori.
- Martínez Alier, J. y Schlüpmann, K. (1991): *La ecología y la economía*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Martínez Alier, J. edit. (1995): *Los principios de la economía ecológica. Textos de P. Geddes. S. A. Podolinsky y F. Soddy*, Madrid, Fundación Argentaria/Visor.
- Martínez Alier, J. y Roca Jusmet, J. (2000): *Economía ecológica y política ambiental*, México, Fondo de Cultura Económica/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Martínez Alier, J. (2004): *El ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración*, Barcelona, Icaria.
- Marull, J.; Pino, J.; Tello, E. y Mallarach, J. M. (2006): "Análisis estructural y funcional de la transformación del paisaje agrario en el Vallès durante los últimos 150 años (1853-2004): relaciones con el uso sostenible del territorio", *Áreas*, 25, pp. 105-126.
- Mataix Verdú, F. J. edit. (2003^{4a}): *Tabla de composición de alimentos*, Granada, Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos/Universidad de Granada.
- McNeill, J. (2003): *Algo nuevo bajo el sol. Historia medioambiental del siglo XX*, Madrid, Alianza.
- Moreiras-Varela, O.; Carvajal, A. y Cabrera, L. (1997^{3a}): *Tablas de composición de alimentos*, Madrid, Pirámide.
- Naredo, J. M. y Campos, P. (1980^a): "La energía en los sistemas agrarios", *Agricultura y Sociedad*, 15, pp. 17-114.
- Naredo, J. M. y Campos, P. (1980^b): "Los balances energéticos de la agricultura española", *Agricultura y Sociedad*, 15, pp.163-256.
- Naredo, J. M. (1996): *La evolución de la agricultura en España (1940-1990)*, Granada, Publicaciones de la Universidad de Granada.
- Naredo, J. M. y Valero dirs. (1999): *Desarrollo económico y deterioro ecológico*, Madrid, Fundación Argentaria/Visor.
- Pascual, P. (1990): *Agricultura y industrialització a la Catalunya del segle XIX*, Barcelona, Crítica.
- Pascual, P. (2000): *Els Torelló. Una família igualadina d'advocats i propietaris. Vol. 2., Un estudi sobre la crisi de l'agricultura tradicional (1841-1930)*, Barcelona, Fundació Salvador Vives i Casajuana/Rafael Dalmau.
- Pimentel, D. y Pimentel, M. (1979): *Food, Energy, and Society*, London, Edward Arnold.

- Porta, J.; López-Acevedo, M.; i Roquero, C., (1999): *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*, Barcelona, Mundi-Prensa.
- Puntí, A. (1982): “Balances energéticos y costo energético de la agricultura española”, *Agricultura y Sociedad*, 23, pp. 289-300.
- Raddi, A. (2001): “El mercat de la llenya a Catalunya. Un estudi del comerç i la producció de les llenyes i dels productes derivats per a fins energètics”, en VVAA, *Gestió Associada de Boscos Privats i Estudis Tècnics de les Zones Cremades els Anys 1994 i 1998*, Dossiers de Gestió Forestal 2. Barcelona, Agència Local de Desenvolupament Forestal.
- Roca, P., (2001): “Història de can Deu”, en Roca, R.; Sallas, J. C.; i Freixes, A., *Can Deu, de mas a parc. Història i medi*, Sabadell, Fundació Caixa de Sabadell, pp. 17-130.
- Roca, P. (2005): “¿Quién trabajaba en las masías? Criados y criadas en la agricultura catalana (1670-1870)”, *Historia Agraria*, 35, pp. 49-92.
- Rodríguez Valle, F. L. (2002): *Identificación de las Clases de Tierra según el “Estudio Agrícola del Vallés (1874)”*, trabajo encargado por el proyecto de investigación BXX200-0534-C03-01.
- Rodríguez Valle, F. L. (2003): *Evaluación agrícola de cinco municipios del Vallés en la situación actual e histórica de finales del siglo XIX*, Lleida, Escola d’Enginyeria Agrònoma, Universitat de Lleida, PFC.
- Schandl, H. y Schulz, N. (2002): “Changes in the United Kindom’s natural relations in terms of society’s metabolism and land-use from 1850 to the present day”, *Ecological Economics*, 41, pp. 203-221.
- Sieferle, R. P. (2001^a): *The subterranean forest. Energy Systems and the Industrial Revolution*, Cambridge, The White Horse Press.
- Sieferle, R. P. (2001^b): “Qué es la historia ecológica”, en González de Molina y Martínez Alier, (eds.), *Naturaleza transformada. Estudios de historia ambiental en España*, Icaria, Barcelona, pp. 31-54.
- Simón, X. (1999): “El análisis de sistemas agrarios: una aportación económico-ecológica a una realidad compleja”, *Historia Agraria*, 19, pp. 115-136.
- Smil, V. (1987): *Energy, food, environment: realities, myths, options*, Oxford, Clarendon Press.
- Smil, V. (1991): *General Energetics*, New York, John Wiley.
- Smil, V. (2001): *Energías: una guía ilustrada de la biosfera y la civilización*, Barcelona, Crítica.
- Tello, E. (1999): “La formación histórica de los paisajes agrarios mediterráneos: una aproximación coevolutiva”, *Historia Agraria*, 19, pp. 195-211.
- Tello, E. (1997): “Los usos de la enfiteusis en la Cataluña “Nueva” y la Cataluña “Vieja” (siglos XVIII-XIX)”, en *VIII Congreso de Historia Agraria*, Salamanca, pp. 525-538.
- Tello, E. (2005): *La historia cuenta. Del crecimiento económico al desarrollo humano sostenible*, Barcelona, Viejo Topo,
- Tolós, F. (2002): *Consum de Combustible i Despesa Energètica de la Maquinària Utilitzada en Olivicultura*, Lleida, Universitat de Lleida, Escola d’Enginyeria Agrònoma, PFC.
- Valero, J.; Llos, J.; Caselles, D. y Vigata, M. (1997): *La ramaderia extensiva en les explotacions forestals. Planificació de l’aprofitament de les pastures en el PTGMF*. Document provisional. Sabadell, Centre de la Propietat Forestal.
- Vergés, P. ([1895]1987): *Topografía médica de Castellar (ó San Esteban) del Vallés, edición facsímil del Arxiu d’Història de Castellar*, Castellar del Vallès.
- Vilar, P. (1964): *Catalunya dins l’Espanya moderna. I. Introducció. El medi natural*, Barcelona, Edicions 62.
- Vilar, P. (1966): *Catalunya dins l’Espanya moderna. III. Les transformacions agràries del segle XVIII català*, Barcelona, Edicions 62.
- Wrigley, E. A. (1993): *Cambio, continuidad y azar. Carácter de la revolución industrial inglesa*, Barcelona, Crítica.
- Wrigley, E. A. (2004): *Poverty, progress and Population*, Cambridge, Cambridge U.P.