



Una interpretación de los cambios de uso del suelo desde el punto de vista del metabolismo social agrario. La comarca catalana del Vallès, 1853-2004*

Enric Tello

Departamento de Historia e Instituciones Económicas de la Universidad de Barcelona
tello@ub.edu

Ramon Garrabou

Departamento de Economía e Historia Económica de la Universidad Autónoma de Barcelona
Ramon.Garrabou@uab.cat

Xavier Cussó

Departamento de Economía e Historia Económica de la Universidad Autónoma de Barcelona
Xavier.Cusso@uab.cat

José Ramón Olarieta

Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo de la Universidad de Lérida
jramon.olarieta@macs.udl.es

Fecha de recepción: 07/10/2007. Fecha de aceptación: 11/12/2007

Resumen

El paisaje puede ser visto como la expresión territorial del metabolismo que cualquier sociedad mantiene con los sistemas naturales que la sustentan. Uno de los caminos para comprender cómo y por qué la intervención humana cambia la configuración del territorio consiste en analizar los flujos energéticos del intercambio metabólico de la economía con su entorno ambiental, y en identificar los impactos ecológicos que se imprimen en él. Este trabajo busca verificar, mediante la contabilidad del metabolismo social, y el empleo diacrónico de diversos índices desarrollados por la ecología del paisaje, que el enorme incremento de energía externa empleada por los sistemas agrarios tras la "revolución verde", y la drástica reducción de su eficiencia, están estrechamente relacionados con los cambios de uso del suelo que han degradado considerablemente los tradicionales paisajes agrarios en mosaico del Mediterráneo. El recurso a flujos biofísicos externos, y el abandono del manejo integrado del territorio, han comportado una pérdida de la estructura funcional de la matriz territorial y de su conectividad ecológica. Los resultados obtenidos en cinco municipios de la comarca catalana del Vallès corroboran la estrecha relación existente durante los últimos 150 años entre la eficiencia energética y territorial, y el estado ecológico del paisaje.

Palabras clave: eficiencia energética y territorial de los sistemas agrarios; índices de diversidad, fragmentación y conectividad de la ecología del paisaje; paisajes tradicionales en mosaico.

Abstract

* Este trabajo ha sido elaborado en el marco del proyecto de investigación "Caras ocultas del desarrollo económico: energía, territorio y cambio global en el Mediterráneo occidental desde la baja edad media hasta la actualidad" (SEJ2006-15108-C02-01/GEOG), financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia de España, que cuenta con fondos FEDER de la Unión Europea.



A landscape can be seen as the territorial expression of the metabolism that any society maintains with natural systems. A way to understand how and why human intervention change the shape of territory is to analyze the energy flows driven by the economy that interact with the environment leaving an ecological imprint on it. This research seeks to test, by means of the energy flow analysis and the diachronic use of landscape ecology indexes, the hypothesis that a serious reduction of the territorial efficiency, which is related to a significant landscape degradation, underlies the observed increase in external inputs and the corresponding loss of energy efficiency that the agrarian systems experienced after the "green revolution", together with the abandonment and degradation of the traditional Mediterranean land mosaics. The results obtained in five municipalities of the Catalan Vallès county verify the close link that existed throughout the last 150 years between energy efficiency, territorial efficiency and the ecological state of landscape.

Key words: agrarian energy efficiency and territorial efficiency; landscape ecology indexes of diversity, fragmentation and connectivity; traditional agrarian mosaics.

Introducción

Respondiendo a una demanda social cada vez más intensa nuestra investigación aspira a contribuir a un mejor conocimiento de los grandes cambios socio-ambientales experimentados en el pasado en la relación entre las sociedades humanas y el territorio que las sustentaba, para entender el proceso de cambio global presente y orientar el desarrollo humano futuro hacia formas más sostenibles (Boada y Saurí 2002; Lambin y Geist 2006; EUROSTAT 1997, 2001). Desde el punto de vista metodológico este proyecto de investigación busca abrir un enlace entre el estudio del metabolismo social mediante la estimación de los flujos de energía y materiales, y otro asunto tradicionalmente estudiado por la geografía, la historia y la economía agraria: los cambios en el uso del territorio. Combinando viejas y nuevas aproximaciones, y sus respectivos métodos, podemos relacionar el estudio geo-histórico del paisaje con el análisis de la trayectoria del metabolismo social que ha conducido a sustituir múltiples huellas ecológicas locales, impresas en el entorno por los requerimientos territoriales correspondientes a cada modo particular de uso de los recursos, por una huella ecológica cada vez más global, uniforme, y alejada de la percepción de quienes la originan (Garrabou y Tello 2004; Cussó et al. 2005, 2006; Cussó et al. 2006; Tello 1999, 2004, 2005; Tello et al. 2006a; Tello et al. 2006b; Tello y Garrabou 2007).

Esa línea de investigación recupera la ambiciosa visión iniciada en dos famosos simposios interdisciplinarios de 1955 y 1987 sobre la transformación de la Tierra por la acción humana, que en años recientes han

dado lugar al proyecto internacional Land Cover-Land Use Change (LUCC) que busca conocer las transformaciones de la cubierta del territorio en todo el planeta durante los últimos siglos, para orientar la toma de decisiones en un mundo sometido a un cambio global incierto (Thomas et al. 1956; Turner 1990, 1995; Naredo y Gutiérrez 2005). El punto nodal de ese gran programa reside en identificar las principales fuerzas propulsoras de los cambios de uso del suelo, y ahí es donde destaca la propuesta del Departamento de Ecología Social del Instituto de Estudios Interdisciplinarios de la Universidad de Viena (IFF) que sitúa el metabolismo social en el centro del análisis. Según Marina Fischer-Kowalski, Helmut Haberl, Fridolin Krausmann y los demás investigadores austriacos del IFF, la clave metodológica para comprender la evolución del territorio hay que buscarla en el estudio de los flujos energéticos y materiales inherentes a cada patrón de consumo, las pautas de uso del suelo que configuran sus paisajes, y el uso del tiempo o la capacidad de trabajo por la misma población que consumía aquellos productos y habitaba el territorio para satisfacer sus necesidades (Fischer-Kowalski 1998; Fischer-Kowalski y Hüttler 1999; Haberl 2001a, 2001b; Haberl et al. 2001; Krausmann 2001, 2004, 2006; Schandl y Schultz 2002).

Eso sitúa algunas de las principales cuestiones tradicionalmente analizadas por los historiadores económicos —como el papel de la dinámica demográfica, el cambio tecnológico o la inserción en los mercados— en un marco de referencia más amplio que permite incluir en el análisis los flujos biofísicos y la huella ecológica del



metabolismo social (Sieferle 1990, 2001a, 2001b; Wrigley 1993, 2004; Malanima 1996, 1998, 2001, 2003; González de Molina 2001; González de Molina y Guzmán Casado 2006; Guzmán Casado y González de Molina 2006). Esta visión más amplia no debe entenderse como un modelo cerrado con el que pueda predecirse el resultado territorial de cualquier modificación de sus variables. La perspectiva del metabolismo social no presupone ninguna causalidad única ni determinista desde los factores naturales a los sociales, y admite la posibilidad que el peso relativo de unos y otros factores cambiara de una situación a otra. Ese matiz es importante para prevenir de buen principio cualquier reduccionismo ambiental. Tal como señala Joan Martínez Alier, “la relación entre las sociedades humanas y la naturaleza no puede comprenderse sin entender la historia de los seres humanos y sus conflictos”, por lo que “lejos de naturalizar la historia la introducción de la ecología en la explicación de la historia humana historiza la ecología” (Martínez Alier 1998:55 y 2004).

2. Balances energéticos: un poco de bioeconomía

Nuestro proyecto de investigación emplea los datos y resultados del balance energético de un sistema agrario para entender mejor los mecanismos socio-metabólicos que están detrás del uso económico de los recursos en general, y de la anatomía del paisaje agrario que se deriva del uso del suelo o el manejo territorial en particular. Para explicarlo puede ser útil empezar recordando algunos principios bioeconómicos elementales, partiendo de un diagrama de flujos muy simple que represente las grandes magnitudes y proporciones relativas de las sucesivas transformaciones energéticas que conducen desde la bioconversión primaria de energía solar fijada a través de la fotosíntesis en la superficie agraria útil, hasta el contenido energético de la producción final agraria aprovechable para el consumo humano.

El sentido bioeconómico de esa representación esquemática de un agroecosistema puede argumentarse con las

palabras del gran ecólogo catalán Ramón Margalef. Según Margalef en todos los sistemas vivos de la biosfera el aumento de entropía va asociado a la adquisición de complejidad gracias a que aprovechan la radiación solar como si de una “libreta de ahorros termodinámica” se tratara, al unir al mero suministro de energía un mecanismo adicional “que la emplea para aumentar la información, complicarse la vida y escribir la historia” (Margalef 1993:94). A partir de la obra de Nicholas Georgescu-Roegen sobre la entropía y el proceso económico podemos entender que la economía humana, como cualquier otra forma de “economía de la naturaleza”, no es otra cosa que un proceso disipativo a través del cual las sociedades se apropian de una parte de los flujos biofísicos de los ecosistemas para satisfacer sus necesidades, a través de una estructura basada en la información que se reproduce y cambia a lo largo del tiempo (Georgescu-Roegen 1975, 1994, 1996; Passet 1996; Naredo y Valero 1999). Pero hay un rasgo decisivo que distingue claramente la economía humana de cualquier otra forma de adaptación de una especie al medio: nuestra evolución exosomática ha convertido la disipación de energía y la acumulación de información, a través de la producción económica, en una tarea social culturalmente abierta. En consecuencia, “la supervivencia de la humanidad no es biológica solamente ni económica únicamente. Es bioeconómica” (Georgescu-Roegen 1975:110).

El diagrama de flujos que representa esquemáticamente las transformaciones energéticas de un sistema agrario desde la producción primaria hasta el consumo final es, por tanto, un balance contable que debe cumplir los dos principios de la termodinámica: 1) la cantidad total de energía primaria que el trabajo humano hace circular por el agroecosistema no puede aumentar ni disminuir, sólo transformarse; y 2) en cada transformación aumenta la entropía (o se reduce la energía útil que ya no es aprovechable para efectuar un trabajo) a través de las pérdidas derivadas de la bioconversión o combustión. El primer principio –que inspira de hecho cualquier

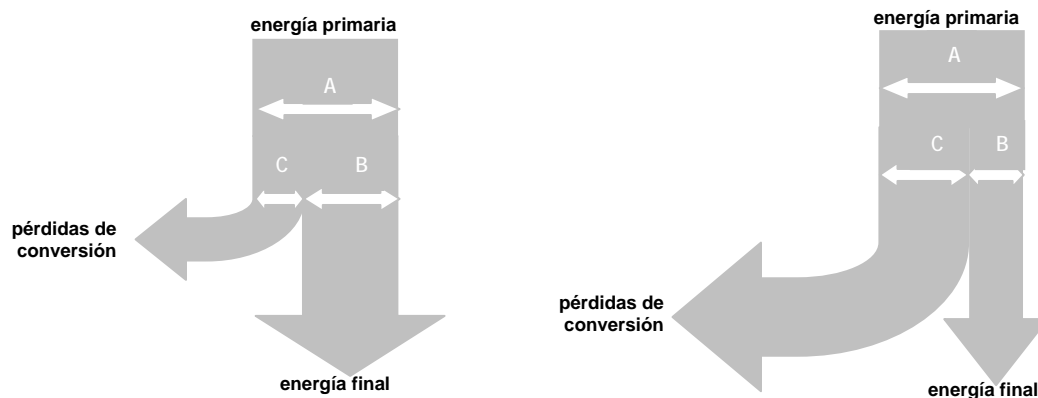


sistema de contabilidad— representa una gran ventaja práctica cuando calculamos todos los pasos sucesivos del balance, porque nos impone la regla que la cantidad total de energía transformada no puede aumentar ni disminuir. El segundo principio nos da la clave para entender la eficiencia del sistema, al relacionar la energía primaria que entra en él con aquella proporción de la misma que resulta útil para el consumo final de las sociedades humanas que mantienen organizado el sistema en el territorio.

La Figura 1 que se presenta a continuación representa dos diagramas diferentes para poner de relieve que, como subrayaba Georgescu-Roegen, la ley de la entropía no es determinista. Nos dice que siempre que se realice un trabajo en cualquier sistema cerrado aumentará la cantidad de energía y materia que ya no puede emplearse de forma útil. Pero “no determina ni cuándo (en términos horarios) la entropía de un sistema cerrado alcanzará un nivel determinado ni qué ocurrirá con exactitud. [...] En

consecuencia, los principios termodinámicos dejan una libertad importante a la trayectoria real y al esquema temporal de un proceso entrópico. [...] Podríamos calificar todo ello de indeterminación entrópica”, y eso es algo decisivo para la economía porque “sin la indeterminación entrópica no le sería posible [...] al hombre “invertir” la entropía de alta a baja, ni la aparición de la innovación” (Georgescu-Roegen 1996:56-58). Ahí reside, según Georgescu-Roegen, el papel crucial de la innovación técnica, organizativa y cultural que permite mejorar la eficiencia de todo el encadenamiento de procesos que permiten satisfacer necesidades humanas: “el desarrollo de lo subdesarrollado requiere que alguien imagine como se puede mejorar una matriz exosomática dada” (Georgescu-Roegen 1994:317).

Figura 1. Representación simplificada del balance energético de dos sistemas agrarios vistos como un proceso disipativo entrópico* (siendo el de la izquierda más eficiente que el de la derecha)



Fuente: Elaboración propia a partir de Naredo y Campos (1980a, 1980b); Naredo (1996); Campos y Casado (2004).

*Nota: Lo que en economía llamamos “producción” no es otra cosa, desde un punto de vista biofísico, que una sucesión de transformaciones energéticas y materiales que permiten convertir unos recursos primarios con un alto potencial para realizar algún “trabajo útil” (o “exergía”), pero todavía inapropiados para el consumo endosomático y exosomático de los seres humanos, por otros materiales y formas de energía de menor “exergía” pero mayor valor económico. Dicha conversión comporta el “coste físico” de la pérdida total de “energía útil” (o “exergía”) generada por el conjunto de transformaciones, y su magnitud será mayor o menor según la eficiencia energética y material del sistema (Naredo y Valero 1999)

Veamos, pues, nuestra matriz de flujos energéticos de un sistema agrario esquemáticamente representada en la Figura 1. Desde un punto de vista económico llamamos ‘producto’ (output) a la energía final obtenida (B), y ‘coste’ (input) a la fracción de

energía primaria (A) que hemos empleado —y perdido irremisiblemente por el camino— para obtenerlo (C).

La eficiencia del proceso sería la simple razón B/C —y es obvio que el ejemplo de la



izquierda es más eficiente que el de la derecha—, excepto porque aún nos falta añadir el coste del trabajo humano invertido en mantener organizado el sistema. Desde un punto de vista económico, y por definición, lo consideramos un 'input externo' (IE). Cuando las economías dejaron de ser básicamente orgánicas, al trabajo humano se le añadieron un montón de inputs externos cada vez mayor. Ahí se esconde el sorprendente descubrimiento que veinticinco o treinta años atrás realizaron David y Marcia Pimentel en los Estados Unidos, Gerald Leach en Inglaterra, y muy pronto también en España José Manuel Naredo y Pablo Campos: el incremento de la energía final obtenida con la creciente inversión de inputs externos asociados a la mal llamada "revolución verde", masivamente difundida después de 1950, ha resultado ser muy inferior a su coste energético. Ello ha comportado, en consecuencia, una reducción y no una mejora de la eficiencia energética del sistema agrario y alimentario mundial (Pimentel y Pimentel 1979; Leach 1981; Naredo y Campos 1980a, 1980b; Naredo 1996; Carpintero 2005; Carpintero y Naredo 2006).

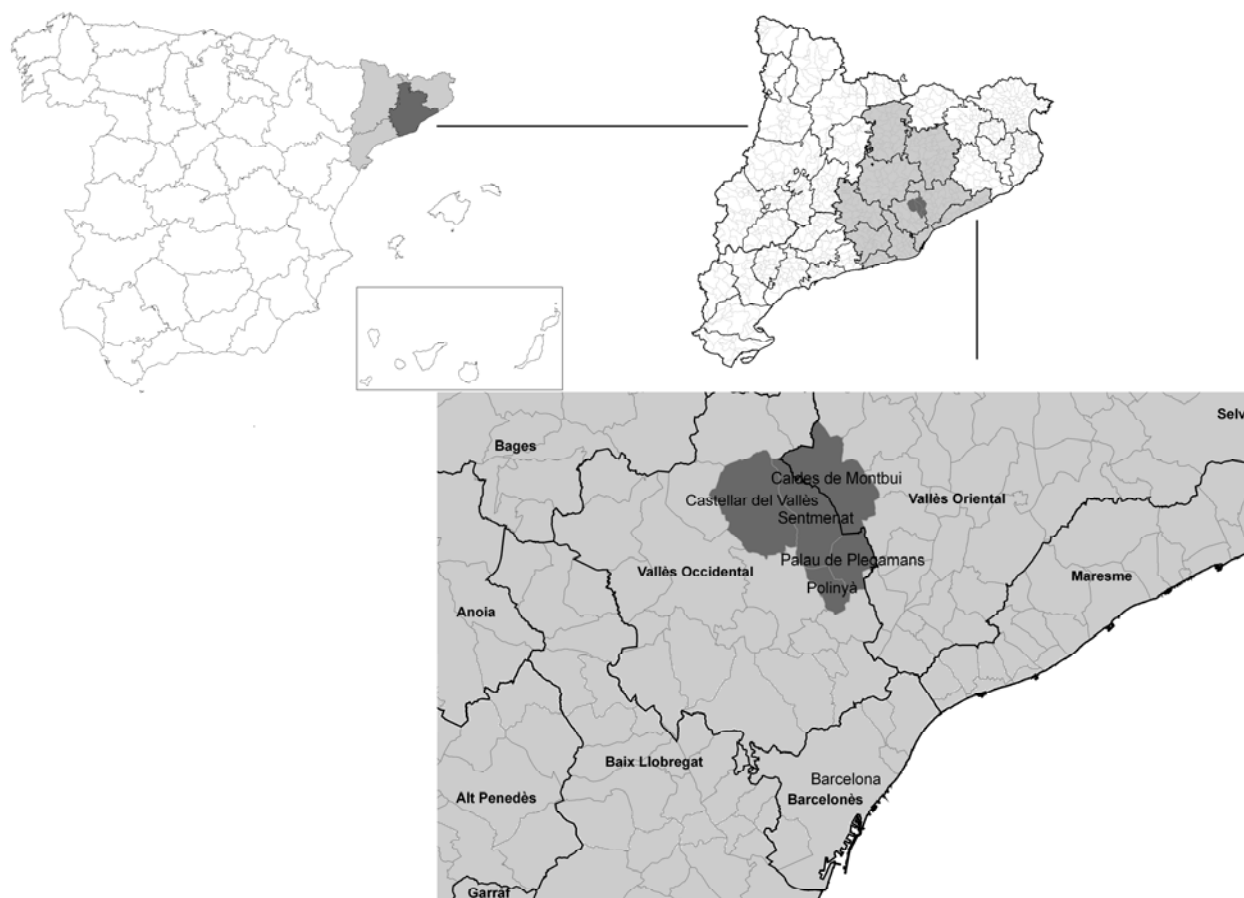
El objetivo de nuestra investigación es doble. Por una parte queremos extender el uso de los balances energéticos a períodos históricos anteriores a 1950, que en los primeros estudios de la cuestión acostumbraba a ser el punto de comparación con los resultados socio-metabólicos de la "revolución verde" (Cusso et al. 2006a; Cusso, et al. 2006b; González de Molina y Guzmán Casado 2006; Guzmán Casado y González de Molina 2006; Krausmann 2006). Por otra, queremos relacionar más estrechamente el deterioro de la eficiencia energética con los cambios de uso del suelo y la modificación de los paisajes resultantes. Nuestra principal hipótesis es que la pérdida de eficiencia energética ha estado estrechamente relacionada con la pérdida de eficiencia territorial, y ambas han tenido

mucho que ver con una importante degradación del paisaje y de su capacidad para ofrecer hábitat y conectores ecológicos que sostengan la biodiversidad del territorio.

3. El área de estudio: factores biogeográficos y demográficos

El área de estudio donde aplicaremos nuestro análisis son cinco municipios situados a caballo entre las comarcas del Vallès Oriental y Occidental en Cataluña (España) que ocupan unas 13.500 hectáreas: Caldes de Montbui, Castellar del Vallès, Palau-solità i Plegamans, Polinyà y Sentmenat (véase Mapa 1). 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. 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 (Rodríguez Valle 2003).

Mapa 1. Ubicación área de estudio



Fuente: Elaboración propia

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. Entre 1718 y 1860 la densidad de población del área de estudio se triplicó, de 21 a 66 hab./Km². Ester Boserup situó en 64 hab./Km², equivalentes a una hectárea y media por persona, el umbral de separación entre una economía agraria intensiva capaz de sostener una población humana “medianamente densa”, y un nivel de “alta” densidad propio de sociedades industrializadas (Boserup 1984:25). Paolo Malanima estima para el conjunto de Europa occidental hacia 1750 una cesta de consumo de entre 15 y 20.000 Kcal. diarias por

habitante, compuesta por tres rubros básicos: alimentos (500-800 gramos de cereales al día), combustible (2 Kg. de madera diarios), y tracción (un buey, mulo o caballo para cada seis habitantes). El territorio requerido para suministrarlos rondaría las dos hectáreas/habitante (Malanima 2001, 2003). En nuestra área de estudio las densidades se situaron a mediados siglo XIX en el umbral crítico de una hectárea y media por persona (véase Tabla 1).

El resultado fue el desarrollo de un modelo Mediterráneo particular de economía orgánica avanzada (Wrigley 1993, 2004) cuyo balance energético y estructura territorial analizaremos a continuación, y que a grandes rasgos se mantuvo vigente hasta la gran transformación experimentada en la segunda mitad del siglo XX con la llamada “revolución verde”.

Tabla 1. Evolución de las hectáreas disponibles por habitante en los cinco municipios del área de estudio del Vallès (1718-2001)



	número de habitantes	hab./Km ²	hectáreas totales disponibles por habitante	hectáreas cultivables disponibles por habitante	hectáreas aptas para cereal disponibles por habitante
1718	2.804	20,8	4,83	3,74	3,12
1787	3.972	29,4	3,41	2,64	2,20
1860	8.880	65,8	1,53	1,18	0,99
1900	9.575	71,0	1,41	1,10	0,91
1930	12.375	91,7	1,09	0,85	0,71
1960	14.933	110,7	0,91	0,70	0,59
2001	56.554	419,2	0,24	0,19	0,15

Fuente: Elaboración propia a partir de Vilar (1966), Gran Enciclopedia Catalana, www.idescat.es, y Rodríguez Valle (2003)

El resultado fue el desarrollo de un modelo Mediterráneo particular de economía orgánica avanzada (Wrigley 1993, 2004) cuyo balance energético y estructura territorial analizaremos a continuación, y que a grandes rasgos se mantuvo vigente hasta la gran transformación experimentada en la segunda mitad del siglo XX con la llamada “revolución verde”.

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

Las fuentes catastrales de mediados del siglo XIX muestran la clásica división del territorio en tierra de cultivo, bosque y erial empleado como pasto. Para el conjunto de municipios el área de cultivo ocupaba cerca de la mitad del territorio, un 46% del total. En municipios más montañosos 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, matorral 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 nutrientes a las zonas de cultivo. A pesar del importante proceso de agricolización desarrollado 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 agricultura industrializada posterior a la “revolución verde”, cada vez más 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 (véase Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de los usos del suelo en 1860 y 1999 (Ha. y %)

	Cultivos		Bosques		Eriales		Improductivo		Total	
	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.)

Tabla 3. Distribución de los cultivos hacia 1860 y en 1999 (hectáreas y % del área cultivada)

	Regadío		Secano		Viñedo		Olivar		Otros	
	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: Las mismas que la Tabla 2. La categoría “otros” incluye para 1860 huertos, hortalizas y frutales. Para 1999 incluye hortalizas y patatas

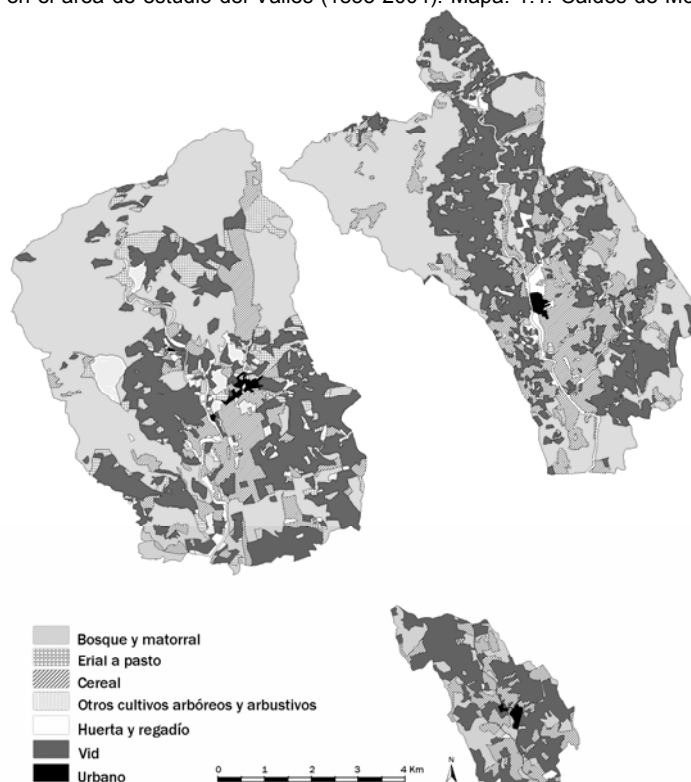


Hacia 1860 más de la mitad de la superficie cultivada eran viñedos que desde el siglo XVII habían ido ocupando las laderas de bosque y yermo, aunque también se había extendido por mejores suelos, sustituyendo otros cultivos. El olivar se mantenía en un 7% del área cultivada. Los cultivos herbáceos se 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 11 hectolitros (o 9 Quintales Métricos) 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, y aunque no solía quedar registrado en detalle en las fuentes catastrales, otras fuentes señalan la existencia de pequeños huertos que producían diversas hortalizas (véase Tabla 3).

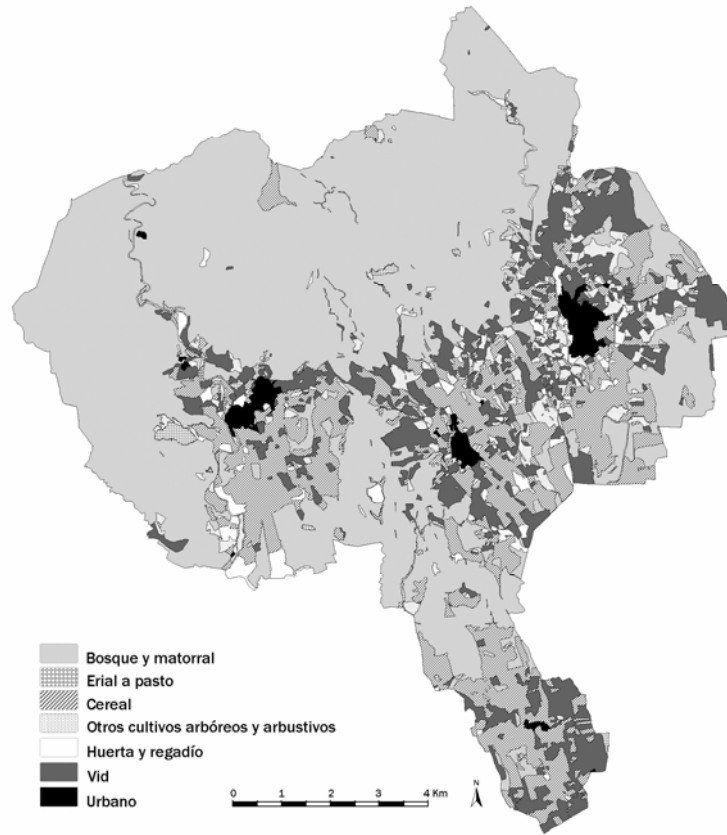
La considerable diversidad agronómica y paisajística que caracterizaba la comarca del Vallès en 1853-56, y aún se mantenía hasta cierto punto en 1954-56, ha desaparecido casi por completo a finales del siglo XX. El viñedo, el olivar y otros cultivos leñosos han visto reducida su presencia a proporciones 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 y energía que, sin embargo, ha aumentado su peso relativo en la producción final agraria (véase Mapa 2).

Mapa 2. Cambios de uso del suelo en el área de estudio del Vallès (1853-2004). Mapa. 1.1. Caldes de Montbui, Castellar del Vallès y Polinyà (1853-56)

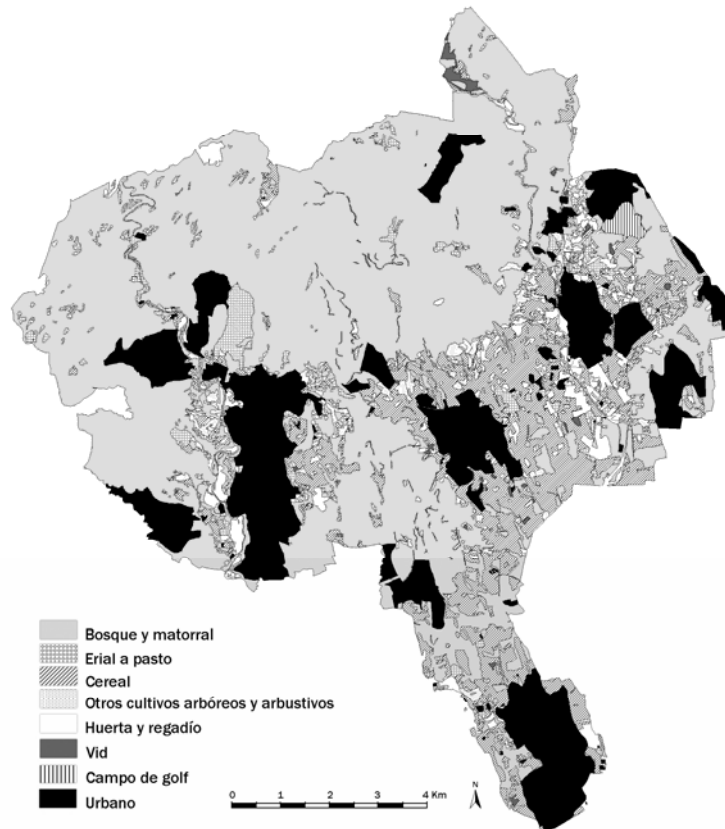




Mapa. 2.2. Caldes de Montbui, Castellar del Vallès, Polinyà y Sentmenat (1954-56)



Mapa. 2.3. Caldes de Montbui, Castellar del Vallès, Polinyà y Sentmenat (1999-2004)





Fuente: Elaboración mediante SIG por Marc Badia y Oscar Miralles para los proyectos de investigación BXX2000-0534-C03 y SEC2003-08449-C04, a partir de los mapas parcelarios catastrales 1:5.000 de Castellar del Vallès (1854) y Polinyà (1854) levantados por Pedro Moreno Ramírez, y la memoria catastral conservada en la cartoteca y archivo histórico del Institut Cartogràfic de Catalunya (se publican con su autorización); una copia del mapa parcelario catastral de Caldes de Montbui (1853) conservada en el archivo privado de una masía; y las hojas originales 1:2.000 del mapa parcelario catastral de Caldes de Montbui, Castellar del Vallès, Polinyà y Sentmenat levantado en 1953-59 que se conservan en el servicio de catastro rústico de la delegación provincial de Barcelona del Ministerio de Hacienda (algunos vacíos o errores de información se han corregido a partir de la foto aérea del vuelo de la aviación estadounidense de 1956-57). Finalmente, los mapas de 1999-2004 se han elaborado con las copias digitales del mapa parcelario catastral actual adquiridas en el servicio del catastro rústico de la delegación provincial de Barcelona del Ministerio de Hacienda (algunos vacíos o errores de información sobre los usos de ciertas parcelas se han corregido con trabajo de campo sobre el terreno)

¿Cuáles han sido las fuerzas motoras de esos cambios de uso del suelo? ¿Qué impactos han tenido sobre el paisaje agrario? Para responder a esas preguntas analizaremos los flujos de energía y materiales del metabolismo social agrario, y veremos sus resultados para el funcionamiento ecológico del territorio.

5. 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 relativamente favorables en el ámbito mediterráneo, lograba cosechar en el Vallès hacia 1860 unos 26 GJ brutos de energía por hectárea. Deducidos los subproductos y reempleos, restaba una cosecha final consumible de 7 GJ/ha. En 1999 la aplicación masiva de fertilizantes, agua y productos químicos a unas simientes mejoradas permite cosechar 50 GJ/ha y obtener una producción final de 36 GJ/ha en

el espacio cultivado. Si a la producción agrícola añadimos la pecuaria y forestal, en 1860 se obtenían en promedio algo más de 14 GJ/ha cuya producción tan sólo requería consumir 8,5 GJ/ha en forma de inputs, frente a los 139 GJ/ha consumidos para obtener en 1999 unos 30 GJ de producción final agraria por hectárea (véase Tabla 4).

Los balances energéticos ponen de manifiesto que el aumento registrado en la productividad medida a nivel de parcela o sector se basa en una importación creciente de inputs externos cuyo resultado global supone un fuerte deterioro del rendimiento energético por unidad de input invertido. Los fundamentos termodinámicos comunes a la ecología y la bioeconomía nos permiten entender que ese aumento de la entropía está estrechamente asociado a una degradación ambiental que los balances puramente monetarios ignoran. El estudio del vínculo existente entre los usos de la energía y el territorio también nos permite entender que dicha degradación ambiental tiene dos caras: una creciente huella socio-ecológica global asociada a la importación de inputs externos (Naredo y Valero 1999; Carpintero 2002, 2005, 2006; Carpintero y Naredo 2006), y una considerable pérdida de eficiencia local

Tabla 4. Balance energético del sistema agrario en el área de estudio del Vallès hacia 1860 y en 1999-2004 (miles de GJ/año, o GJ/ha)

superficie útil (SAU)	hacia 1860			en 1999-2004		
	<i>cultivo</i>	<i>pasto</i>	<i>bosque</i>	<i>cultivo</i>	<i>bosque y pasto</i>	
energía solar primaria fijada en la SAU	146,3 GJ	34,4 GJ	87,2 GJ	187,3 GJ	211,0 GJ	
producto por sector	<i>agrícola</i>	<i>pecuario</i>	<i>forestal</i>	<i>agrícola</i>	<i>pecuario</i>	<i>forestal</i>
	38,6 GJ	2,9 GJ	129,5 GJ	135,9 GJ	144,5 GJ	69,1 GJ
carga ganadera (UG)	983 UG de 500 Kg.			23.833 UG de 500 Kg.		
alimentación animal	68,7 GJ			1.095,7 GJ		
Fertilizantes	23,9 GJ			55,5 GJ		
inputs totales (ITC)	102,4 GJ			1.625,8 GJ		
output final (PFA)	171,0 GJ			349,5 GJ		
ITC/ha	8,5 GJ/ha			139,1 GJ/ha		
PFA/ha	14,3 GJ/ha			29,9 GJ/ha		
balance final (EROI = PFA/ITC)	1,67			0,21		
% del PFA sobre la energía primaria	64%			88%		

Fuente: Elaboración propia

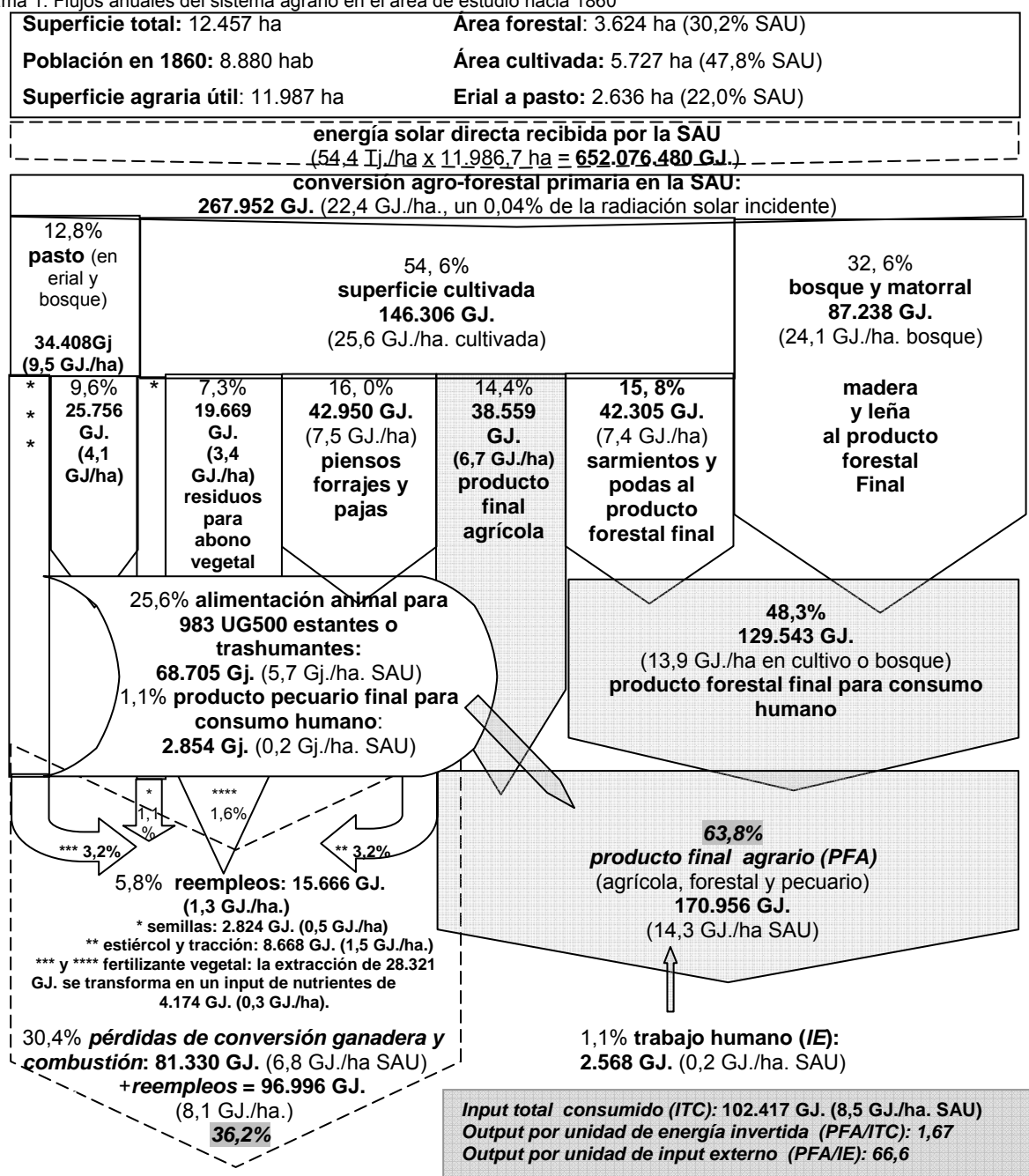


en el uso del territorio estrechamente asociada al abandono del uso integrado de los tradicionales paisajes en mosaico del Mediterráneo.

Gracias a un uso eficiente del territorio la economía agraria de base orgánica avanzada vigente en estos municipios del Vallès hacia 1860 lograba obtener 1,67 unidades energéticas por cada unidad invertida en su producción. Pese a la inevitable dependencia

de una bioconversión animal muy ineficiente y costosa en territorio, conseguía incorporar al contenido energético de la producción final agraria un 64% de la energía primaria solar fijada por la fotosíntesis en la superficie agraria útil. La clave de aquella eficiencia era la integración entre los espacios agrícola, pecuario y forestal a través de la cabaña ganadera, y la reutilización de cualquier subproducto útil (véase Diagrama 1).

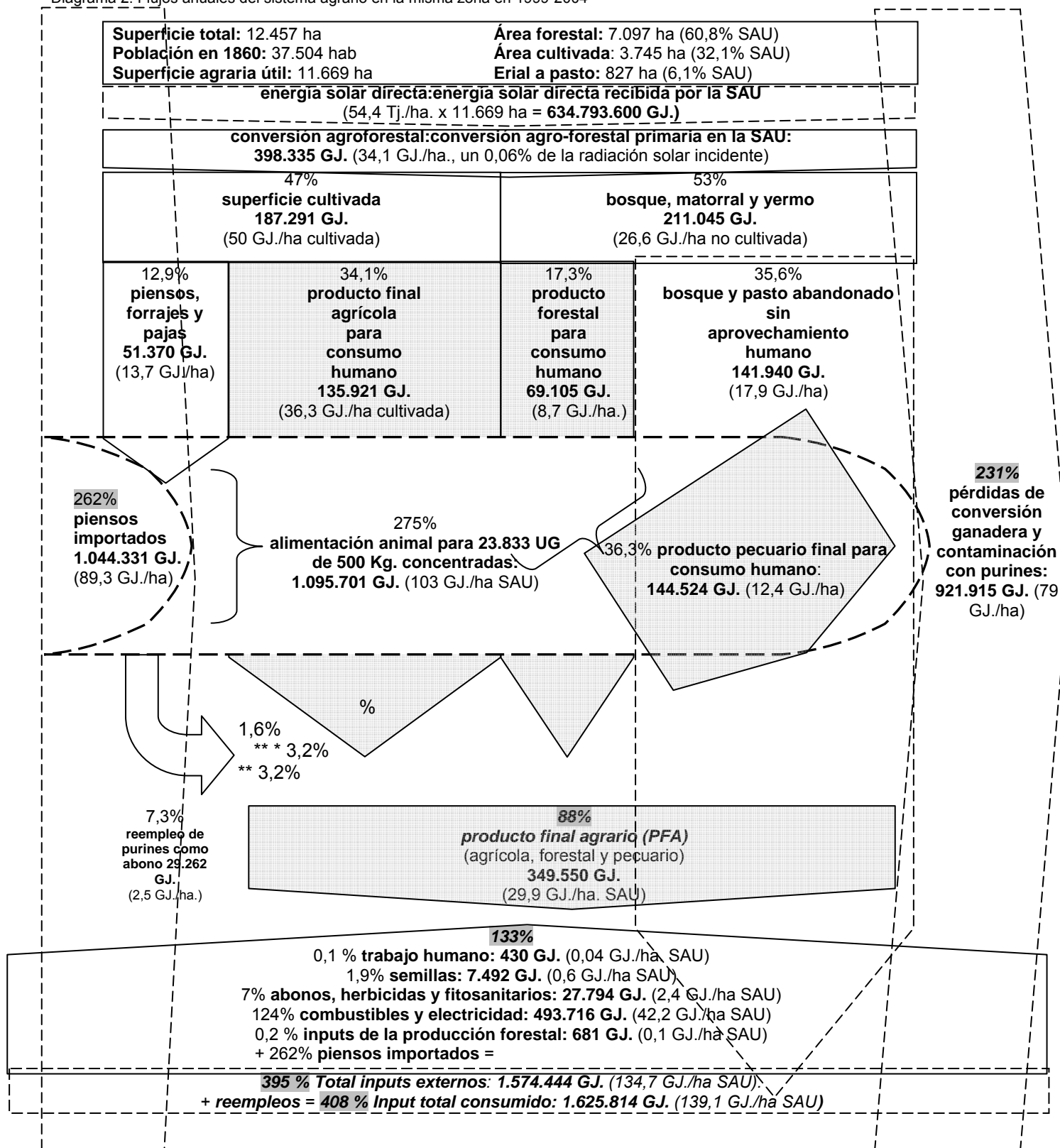
Diagrama 1. Flujos anuales del sistema agrario en el área de estudio hacia 1860



Fuente: Elaboración propia. Equivalencias: 1 Kcal. = 4.186,8 j.; 1 Mj. = 10⁶ j.; 1 GJ. = 10⁹ j.; 1 Tj. = 10¹² j.



Diagrama 2. Flujos anuales del sistema agrario en la misma zona en 1999-2004



Fuente: Elaboración propia

Ciento cincuenta años después el actual sistema agrario mecanizado y globalizado

gasta por cada unidad de producto final cuatro veces más energía en su producción.



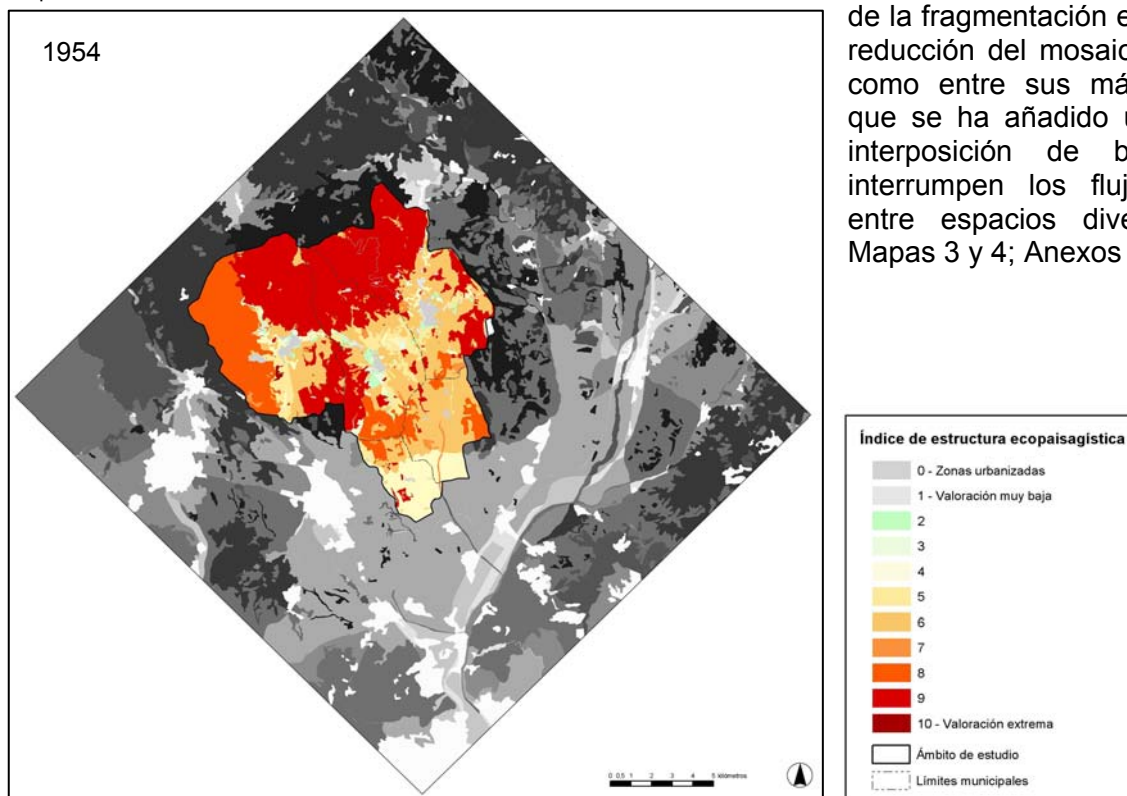
Esa bajísima eficiencia de 0,21 está muy asociada a un uso desquiciado e ineficiente del territorio. Junto al peso energético de los inputs exteriores como gasóleo, electricidad, fertilizantes y otros agroquímicos, cuyo monto conjunto equivalente a 1,3 veces toda la energía solar primaria fijada en el territorio, el factor más decisivo en el deterioro del balance energético proviene del enorme peso del engorde con piensos importados de una cabaña ganadera literalmente descomunal y funcionalmente desconectada del territorio (véase Diagrama 2).

6. El funcionamiento ecológico del paisaje

El desquiciamiento de los flujos biofísicos de ese metabolismo social globalizado, que se ha hecho indiferente al territorio que atraviesa, y la ausencia de un manejo

Mapa 3. Cambios en el índice de estructura ecopaisajística en el área de estudio del Vallès entre 1954 y 2004.

Mapa 3.1. 1954



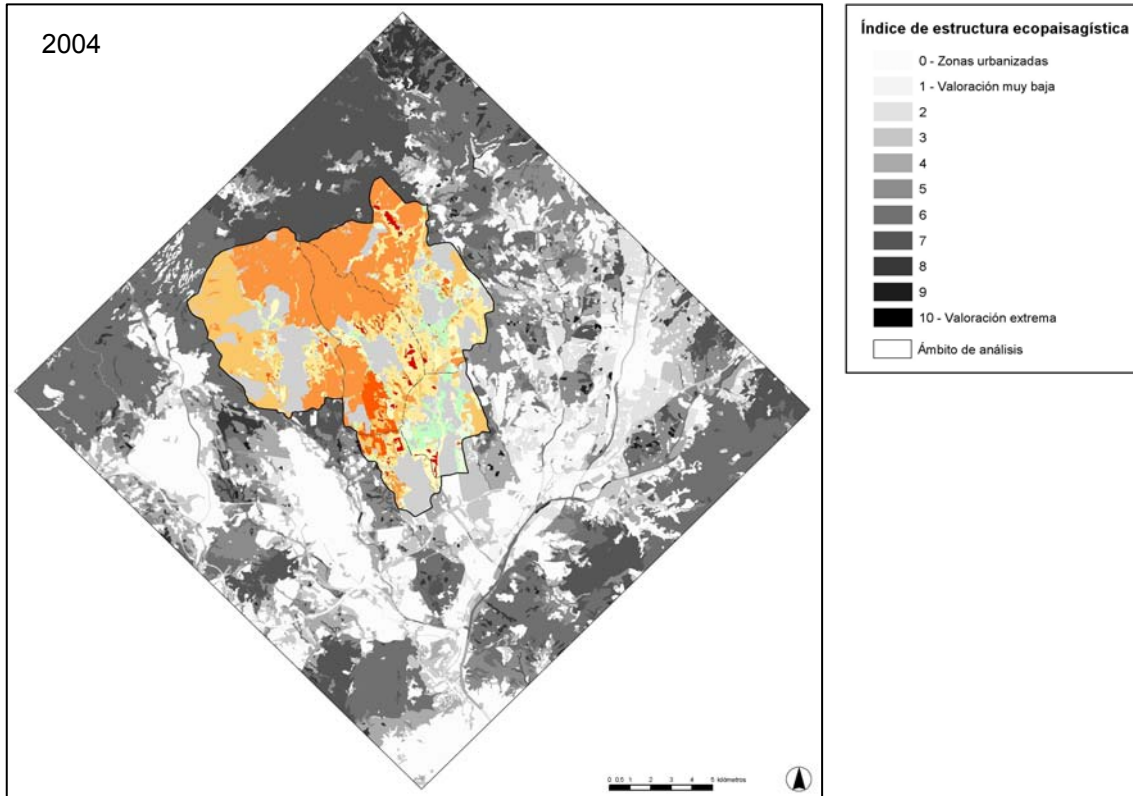
coherente e integrado del mismo, han dejado una fuerte impronta en el paisaje del Vallès de finales del siglo XX. En un trabajo conjunto

con nuestro proyecto, los ecólogos Joan Marull, Joan Pino y Josep M. Mallarach han aplicado mediante SIG un índice de estructura eco-paisajística y otro de conectividad ecológica, derivados de los planteamientos teóricos de la ecología del paisaje, a los mapas parcelarios catastrales de uso del suelo de nuestra área de estudio en 1850-60, 1950-56 y 1999-2004. Los resultados obtenidos demuestran que los cambios en el manejo territorial experimentados entre 1850, 1950 y 2000 han superado la superficie de las áreas funcionales, y una disminución de su conectividad ecológica. Todo eso ha comportado una pérdida de la capacidad del territorio para acoger especies diversas, tanto en el interior de cada tesela provocado en los espacios agrarios mediterráneos una degradación paisajística muy asociada al aumento en la heterogeneidad de cubiertas por la proliferación de teselas¹ menos naturales (urbanas y viarias), un acusado incremento de la fragmentación ecológica, una reducción del mosaico paisajístico como entre sus márgenes, a la que se ha añadido una creciente interposición de barreras que interrumpen los flujos biofísicos entre espacios diversos (véase Mapas 3 y 4; Anexos I y II).

¹ La ecología del paisaje llama "teselas" (o "patches" en inglés) a cada unidad de la cubierta del territorio que permite albergar especies distintas o cumplir funciones ecológicas diferenciadas dentro de la matriz territorial, de un modo análogo a cómo las piezas de un mosaico forman una composición global (Forman, 1995).

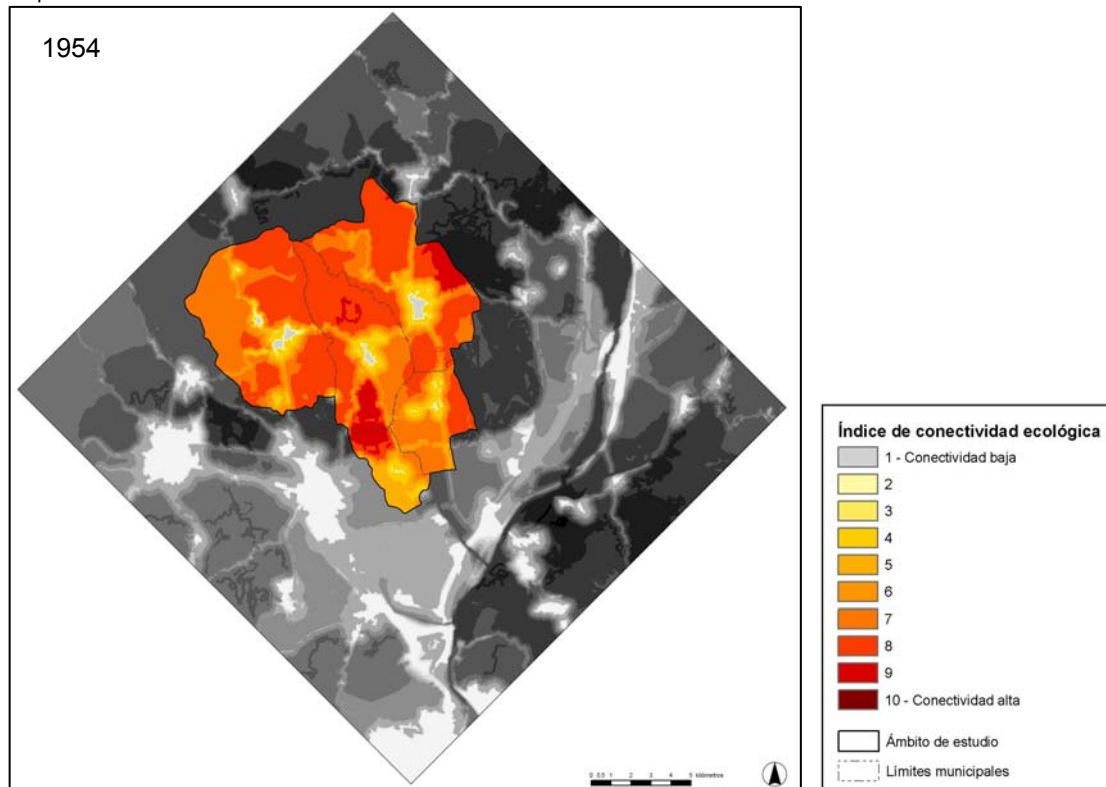


Mapa 3. Cambios en el índice de estructura ecopaisajística en el área de estudio del Vallès entre 1954 y 2004.
Mapa 3.2. 2004



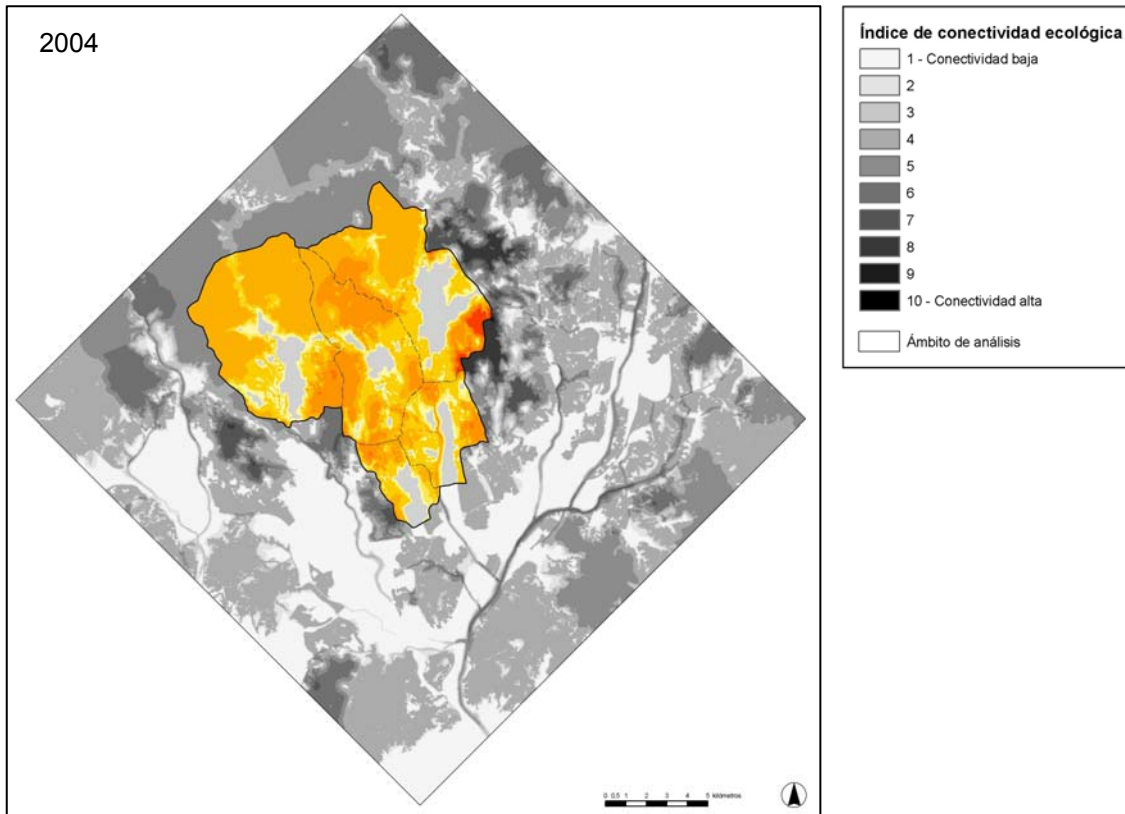
Fuente: Elaborado por Marull et al. (2006) a partir de los mismos mapas y fuentes que los mapas anteriores, de la fotografía aérea de 1956-57 y el mapa actual de cubiertas del suelo

Mapa 4 Cambios en el índice de conectividad ecológica en el área de estudio del Vallès entre 1954 y 2004
Mapa 4.1. 1954





Mapa 4. Cambios en el índice de conectividad ecológica en el área de estudio del Vallès entre 1954 y 2004
Mapa 4.2. 2004



Fuente: Elaborado por Marull et al. (2006) a partir de los mismos mapas y fuentes que los mapas anteriores, de la fotografía aérea de 1956-57 y el mapa actual de cubiertas del suelo

7. Conclusión

Hemos visto que el secreto de la elevada eficiencia energética de la agricultura orgánica avanzada practicada en el Vallès hacia 1850-60 residía en la estrecha integración entre agricultura y ganadería a través de una gestión integrada del territorio. Lo hacían por la “necesidad” derivada de su misma pobreza de medios, claro está, no por las virtudes ecológicas que ahora descubrimos en él. Pero el fin del manejo integrado del territorio entendido como “necesidad”, ¿debía comportar inexorablemente haber perdido también su “virtud”?

Una vez que la disponibilidad de combustibles fósiles baratos ha puesto momentáneamente fin a la eficiencia territorial como “necesidad”, el balance energético actual nos muestra, por el contrario, hasta qué punto los flujos de energía y materiales

de la agricultura industrializada y globalizada actual han llegado a estar desconectados del territorio, que únicamente atraviesan para utilizarlo como si de un mero soporte inerte se tratara (véase Diagrama 2). El sistema agrario actualmente vigente en nuestra área de estudio del Vallès importa un millón de GJ anuales en forma de piensos y forrajes, que multiplican por 2,6 toda la energía primaria solar fijada por la fotosíntesis en la superficie agraria útil. Los piensos importados engordan una cabaña ganadera descomunal, que pesa seis veces más que todos los seres humanos residentes en la zona. Esa producción ganadera intensiva y excesiva, funcionalmente desconectada del exiguo 28% del territorio que permanece en cultivo – excepto para verterle el 42% de los purines que pueden llegar a absorber, mientras el resto se convierte en contaminación difusa—, produce al año unos 150.000 GJ de proteína animal en forma de carne, leche o huevos y



algo menos de 100.000 GJ de alimentos vegetales.

Para producir aquel cuarto de millón de GJ de alimento, y un output final agrario de 349.550 GJ que incluye los escasos aprovechamientos forestales, se emplea una larga lista de inputs casi siempre externos que supera el millón y medio de GJ. Lo que significa, simple y llanamente, que por cada unidad de energía obtenida en forma de alimento se han invertido 4,5 veces más en producirla. Esa bajísima eficiencia energética de 0,21 deriva en buena medida del peso descomunal de la bioconversión ganadera engordada con piensos importados. El ejemplo muestra hasta qué punto están relacionadas entre sí, a través de un mismo régimen socio-metabólico, la baja eficiencia energética y territorial.

Ramon Margalef ya apuntaba el interés de abrir nuevos puentes transdisciplinares entre

economía y ecología para estudiar la interacción de las sociedades humanas con la naturaleza como una “ecología de la perturbación”, cuando subrayaba que “nuestra civilización realiza continuamente experimentos a gran escala, que podrían ser más utilizados de lo que son para el desarrollo de los fundamentos de una ecología de la perturbación. El hombre es muy poderoso en el uso de la energía externa para mover materiales, especialmente sobre el plano horizontal. El transporte horizontal destruye el mosaico de áreas que podían tener un desarrollo independiente. [...] El hombre crea sistemas de control y amplificación de las vías de energía externa cada vez más poderosos [...] A través de la consideración de la energía subsidiaria estamos en mejores condiciones para entender la acción de la energía externa en los ecosistemas” (Margalef 1993:250).

Anexo I. Procedimiento de cálculo del índice de estructura ecopaisajística

El Índice de Estructura Ecopaisajística (IEE) se basa en la capacidad del territorio, modulada por la intensidad de usos antrópicos, para acoger organismos y procesos ecológicos (Marull et al. 2006). Se calcula a partir de cuatro indicadores: I_1 , potencial de relación; I_2 , grado de ecotonía; I_3 , afectación antrópica; I_4 , complejidad vertical:

$$IEE = 1 + 9 [(Y_i - Y_{min}) / (Y_{max} - Y_{min})]$$

$$n = 4$$

$$Y = \sum_{n=1}^n V_n$$

Donde y_i es la suma de los indicadores (I_n) en cada punto del territorio, Y_{min} y Y_{max} corresponden a los valores mínimos y máximos de esta suma en el ámbito de análisis considerado y, finalmente, $V_n = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ es el valor de los indicadores empleados para calcular el índice. Los indicadores toman valores entre 1 y 4, mientras que el IEE toma valores entre 1 y 10.

Fuente: Marull et al. (2006).

Anexo II. Procedimiento de cálculo del índice de conectividad ecológica

En el presente estudio se ha realizado una simplificación de la metodología original definida por Marull y Mallarach (2002) empleada para definir las áreas ecológicas funcionales (AEF). Para determinar mosaicos agrícolas C'_1 o forestales C'_2 se agruparon las unidades del paisaje con valor ecológico según su afinidad y, posteriormente, se realizó un análisis topológico en función de criterios de superficie mínima ($S_r = 50-200$ ha) y distribución estadística ($D \geq 30\%$). A continuación, se procedió con un segundo análisis topológico a partir de las superficies que no cumplieron las condiciones para ser consideradas mosaicos simples, agrupándolas en mosaicos agroforestales C'_3 , siguiendo los mismos criterios que se han descrito anteriormente. Finalmente, las superficies que no fueron consideradas en ninguna de las clases de áreas ecológicas funcionales y que, además, estaban desconectadas de éstas, se clasificaron como áreas residuales aisladas C_y :

Determinación de las áreas ecológicas funcionales (AEF).		
Área ecológicas funcional	Unidad del paisaje	S_r
C'_1	Mosaico forestal	U_1, U_2 ≥ 200 ha
C'_2	Mosaico agrícola	U_4, U_5 ≥ 100 ha
C'_3	Mosaico agroforestal	U_1, U_2, U_4, U_5 ≥ 50 ha



A partir de una clasificación ponderada de los usos del suelo que actúan como barrera a la conectividad ecológica (*IAB*), se realiza un análisis de su afectación en el espacio, considerando los elementos permeables (túneles y puentes). El algoritmo que se propone para determinar la conectividad ecológica (*ICE*) entre sistemas naturales, se basa en un modelo computacional de distancia de costos de desplazamiento, que considera las diferentes clases de áreas ecológicas funcionales a conectar y una superficie de impedancia de los usos del suelo que incorpora una matriz de afinidad potencial y el efecto de las barreras antropogénicas. Para facilitar la interpretación y la comparación de los resultados obtenidos, se decidió transformar los valores continuos de la distancia de costos a valores discretos basados en una escala decimal. Finalmente se deriva el denominado índice de conectividad ecológica absoluta (*ICE_a*), que incorpora toda clase de áreas ecológicas funcionales existentes en un ámbito territorial concreto, obteniéndose mediante la suma de todos los *ICE_b*:

$$m = n$$
$$ICE_a = \sum_{m=1}^n ICE_b / m$$

Donde *m* es el número de clases de áreas ecológicas funcionales consideradas. En el presente trabajo, utilizamos *ICE_a* para cuantificar las variaciones en la conectividad ecológica, consecuencia de la transformación histórica de la estructura eco-paisajística del Vallès.

Fuente: Marull et al. (2006)

REFERENCIAS

- Boada, M. y D. Saurí., 2002. El cambio global. Barcelona: Rubes.
- Boserup, E., 1984. Población y cambio tecnológico. Barcelona: Crítica.
- Campos, P. y J. M. Casado, 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* Vol. 23:85-125.
- 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* Vol. 25:31-44.
- Carpintero, O. y J. M. Naredo, 2006. Sobre la evolución de los balances energéticos de la agricultura española, 1950-2000, *Historia Agraria* Vol. 40:531-554.
- Cussó, X., R. Garrabou y E. Tello, 2005. Energía y territorio: la transformación del paisaje agrario desde la perspectiva del metabolismo social (el Vallès Oriental hacia 1860-1870), en Riera, S. y R. Julià (eds), Una aproximació transdisciplinaria a 8.000 anys de història de usos del sòl. Seminari de la Xarxa Temàtica de Paisajes Culturals y Història Ambiental. Barcelona: SERP/Universitat de Barcelona.
- Cussó, X., R. Garrabou, J. R. Olarieta y E. Tello, 2006a. Balances energéticos y usos del suelo en la agricultura catalana: una comparación entre mediados del siglo XIX y finales del siglo XX. *Historia Agraria* Vol. 40:471-500.
- Cussó, X., R. Garrabou & E. Tello, 2006b. Social metabolism in an agrarian region of Catalonia (Spain) in 1860-70: flows, energy balance and land use. *Ecological Economics* Vol. 58, No. 1:49-65.
- EUROSTAT, 1997. Materials Flow Accounting. Experience of Statistical Institutes in Europe. Luxemburgo: European Communities.
- EUROSTAT, 2001. Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide. Luxemburgo: European Communities.
- Fischer-Kowalski, M., 1998. Society's Metabolism. The Intellectual History of Materials Flow Analysis. Part I, 1860-1970. *Journal of Industrial Ecology* Vol. 2, No. 1:61-78.
- Fischer-Kowalski, M. & W. Hüttler, 1999. Society's Metabolism. The Intellectual History of Materials Flow Analysis. Part II, 1970-1998. *Journal of Industrial Ecology* Vol. 2, No. 4:107-136.
- Forman, R. T. T., 1995. Land mosaics. The Ecology of Landscape and Regions. Cambridge: Cambridge University Press.
- Garrabou, R. y E. Tello, 2004. Constructores de paisajes. Amos de masies, masovers y rabassaires al territori del Vallès (1716-1860), en Josep Fontana. Història y projecte social. Reconeixement de una trajectòria, vol. 1. Barcelona: Crítica.
- Georgescu-Roegen, N., 1975. Energía y mitos económicos. *Información Comercial Española* Vol. 501:94-122.
- Georgescu-Roegen, N., 1994. ¿Qué puede enseñar a los economistas la termodinámica y la biología?, en Aguilera Klink, F. y V. Alcántara (eds) De la economía ambiental a la economía ecológica. Barcelona: Icaria.
- Georgescu-Roegen, N., 1996. La Ley de la Entropía y el proceso económico. Madrid: Fundación Argenteria/Visor.
- González de Molina, M. 2001. El modelo de crecimiento agrario del siglo XIX y sus límites ambientales. Un estudio de caso, en González de Molina, M. y J. Martínez Alier (eds) Naturaleza transformada. Estudios de historia ambiental en España. Barcelona: Icaria.
- González de Molina, M., G. I. Guzmán Casado y A. Ortega Santos., 2002. Sobre la sustentabilidad de la



agricultura ecológica. Las enseñanzas de la Historia. Ayer Vol. 46:155-185.

González de Molina, M. y G. I. Guzmán Casado., 2006. Tras los pasos de la insustentabilidad. Agricultura y medio ambiente en perspectiva histórica (s. XVIII-XX). Barcelona: Icaria.

Guzmán Casado, G. I. y M. González de Molina., 2006. Sobre las posibilidades de crecimiento agrario en los siglos XVIII, XIX y XX. Un estudio de caso desde la perspectiva energética. Historia Agraria Vol. 40:437-470.

Haberl, H., 2001a. The Energetic Metabolism of Societies. Part I: Accounting Concepts. Journal of Industrial Ecology Vol. 5, No. 1:107-136.

Haberl, H., 2001b. The Energetic Metabolism of Societies. Part I: Empirical Examples. Journal of Industrial Ecology Vol. 5, No. 2:53-70.

Haberl, H., K. H. Erb & F. Krausmann, W. Loibl, N. Schultz, H. Weisz., 2001. Changes in ecosystem processes induced by land use: Human appropriation of aboveground NPP and its influence on standing crop in Austria. Global Biogeochemical Cycles Vol. 15, No. 4:929-942.

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 Vol. 18:17-26.

Krausmann, F., 2004. Milk, manure and muscular power. Livestock and the transformation of preindustrial agriculture in Central Europe. Human Ecology Vol. 32, No. 6:735-773.

Krausmann, F., 2006. Una perspectiva biofísica del cambio agrícola en Austria: dos sistemas agrarios en las décadas de 1830 y 1990. Historia Agraria Vol. 40:501-530.

Lambin, E. F. & H. Geist (eds), 2006. Land-Use and Land-Cover Change. Local Processes and Global Impacts. Berlin/Heidelberg/New York: Springer.

Leach, G., 1981. Energía y producción de alimentos. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca.

Malanima, P., 1996. Energia e crescita nella Europa pre-industriale. Roma: La Nuova Italia Scientifica.

Malanima, P., 1998. Economia pre-industriale. Mille anni: dal IX al XVIII secolo. Milán: Bruno Mondadori.

Malanima, P., 2001. The energy basis for early modern growth, 1650-1820, en Prak, M. (ed) Early Modern Capitalism. Economic and social change in Europe, 1400-1800. Londres: Routledge.

Malanima, P., 2003. Uomini, risorse, tecniche nella economia europea dal X al XIX secolo. Milán: Bruno Mondadori.

Margalef, R., 1993. Teoría de los sistemas ecológicos. Barcelona: Publicacions de la Universitat de Barcelona.

Martínez Alier, J. (ed), 1998. La economía ecológica como ecología humana. Madrid: Fundación César Manrique.

Martínez Alier, J., 2004. El ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración. Barcelona: Icaria/FLACSO.

Marull, J. y J. M. Mallarach, 2002. La conectividad ecológica en el Área Metropolitana de Barcelona. Ecosistemas Vol. 11, 2. Disponible en: <http://www.aeet.org/ecosistemas/022/investigacion6.htm>

Marull, J., J. Pino, E. Tello y J. M. Mallarach., 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 Vol. 25:105-126.

Naredo, J. M. y P. Campos, 1980a. La energía en los sistemas agrarios. Agricultura y Sociedad Vol. 15:17-114.

Naredo, J. M. y P. Campos, 1980b. Los balances energéticos de la agricultura española. Agricultura y Sociedad Vol. 15:163-256.

Naredo, J. M. 1996. La evolución de la agricultura en España (1940-1990). Granada: Publicaciones de la Universidad de Granada.

Naredo, J. M. y A. Valero (dir), 1999. Desarrollo económico y deterioro ecológico. Madrid: Fundación Argentaria/Visor.

Naredo, J. M. y L. Gutiérrez (eds), 2005. La incidencia de la especie humana sobre la faz de la Tierra (1955-2005). Madrid: Fundación César Manrique/Publicaciones de la Universidad de Granada.

Passet, R., 1996. Principios de bioeconomía. Madrid: Fundación Argentaria/Visor.

Pimentel, D. & M. Pimentel, 1979. Food, Energy, and Society. Londres: Edward Arnold.

Rodríguez Valle, F. L., 2003. Evaluación agrícola de cinco municipios del Vallès en la situación actual e histórica de finales del siglo XIX. Lleida: PFC de l'Escola d'Enginyeria Agrònoma, Universitat de Lleida.

Schandl, H. & N. Schultz, 2002. Changes in the United Kingdom's natural relations in terms of society's metabolism and land-use from 1850 to the present day. Ecological Economics Vol. 41:203-221.

Sieferle, R. P., 1990. The Energy System. A Basic Concept of Environmental History, en Pfister, Ch. y P. Brimblecombe (eds) The Silent Countdown. Essays in Environmental History. Berlín: Springer-Verlag.

Sieferle, R. P., 2001a. Qué es la historia ecológica, en González de Molina, M. y J. Martínez Alier (eds) Naturaleza transformada. Estudios de historia ambiental en España. Barcelona: Icaria.

Sieferle, R. P., 2001b. The Subterranean Forest. Energy Systems and the Industrial Revolution. Cambridge: The White Horse Press.



Tello, E., 1999. La formación histórica de los paisajes agrarios mediterráneos: una aproximación coevolutiva. *Historia Agraria* Vol. 19:195-211.

Tello, E., 2004. La petjada ecològica del metabolisme social: una proposta metodològica per analitzar el paisaje com a humanització del territori. *Manuscrits* Vol. 22:59-82.

Tello, E., 2005. La historia cuenta. Del crecimiento económico al desarrollo humano sostenible. Barcelona: El Viejo Topo.

Tello, E., 2006. L'anàlisi de les condicions de vida: una proposta metodològica, en Bolòs, J., A. Jarne, y E. Vicedo (eds) *Les condicions de vida al món rural*. Lleida: Alguaire.

Tello, E., R. Garrabou, J. R. Olarieta y X. Cussó, 2006a. From integration to abandonment. Forest management in the Mediterranean agro-ecosystems before and after the 'green revolution' (The Vallès County, Catalonia, Spain, 1860-1999)", en Agnoletti, M., J. Parrotta y E. Johann (eds) *Cultural Heritage and Sustainable Forest Management: the role of traditional knowledge*. Varsovia: Ministerial Conference for the Protection of Forest in Europe/IUFRO.

Tello, E., R. Garrabou y X. Cussó, 2006b. Energy Balance and Land Use. The Making of and Agrarian Landscape from the Vantage Point of Social Metabolism (the Catalan Vallès county in 1860/70), en Agnoletti, M. (ed) *The Conservation of Cultural Landscapes*. Nueva York: CABI International Publishing.

Tello, E. y R. Garrabou, 2007. La evolución histórica de los paisajes mediterráneos: algunos ejemplos y propuestas para su estudio, en Paül, V. y J. Tort (eds) *Territorios, paisajes y lugares*. Barcelona: Asociación de Geógrafos Españoles/Galerada.

Thomas, W. J. R., C. O. Sauer, M. Bates & L. Mumford., 1956. *Man's Role in Changing the Face of the Earth*. Chicago: The University of Chicago Press.

Turner, B. L. (ed), 1990. *The Earth as transformed by human action*. Cambridge: Cambridge U. P.

Turner, B. L. (ed), 1995. *Global Land Use Change*. Madrid: CSIC.

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.