



XIV JORNADAS DE ECONOMÍA CRÍTICA

Perspectivas económicas alternativas

Valladolid, 4 y 5 de septiembre de 2014

Transiciones sociometabólicas, el caso de la comarca catalana del Vallés (1860-1999).

Inés Marco Lafuente y Roc Padró i
Caminal

Universidad de Barcelona

TRANSICIONES SOCIOMETABÓLICAS, EL CASO DE LA COMARCA CATALANA DEL VALLÉS (1860-1999).

Inés Marco Lafuente, Becaria Predoc en el Departamento de Historia e Instituciones Económicas, Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Barcelona. Email de contacto: ines.marco@ub.edu

Roc Padró i Caminal, Becario Predoc, Departamento de Historia e Instituciones Económicas, Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Barcelona. Email de contacto: roc.padro@gmail.com

Resumen

La crisis ecológica global en la que nos encontramos sumidos puede considerarse la culminación de la transición sociometabólica que tuvo lugar a partir de mediados del siglo XIX. La evolución de una sociedad basada en las fuentes de energía orgánicas a una de base fósil fue el principio del actual modelo socioeconómico insostenible. Durante este proceso, como bien ha subrayado Naredo, tiene un papel relevante la supremacía de los principios mecanicistas de la economía clásica, en el que la naturaleza, en su concepción ricardiana, pasa a jugar el papel de mero escenario en el proceso económico.

La Economía Ecológica, a través de las aportaciones de autores como Podolinsky, Soddy y Georgescu-Roegen, introduce la perspectiva de las limitaciones biofísicas en el marco teórico de la economía, a partir de las hipótesis desarrolladas sobre el segundo principio de la termodinámica. De esta forma, el economista Georgescu-Roegen en consonancia con la teoría de Schrödinger expresó que la vida no es más que el intento organizado de hacer frente a la irrevocabilidad del aumento de la entropía en cualquier sistema.

En este trabajo presentaremos los resultados del análisis de la transición sociometabólica agraria del estudio de caso realizado en el Vallès (Cataluña, España 1860-1999), mediante la metodología del balance de los flujos energéticos entre la sociedad y la naturaleza. Así, describiremos las principales aportaciones distinguiendo las aplicables a un entorno concreto, en este caso el de la especialización vitivinícola de la región, a la vez que extraeremos algunas conclusiones relevantes para el estudio de las transiciones sociometabólicas.

Palabras clave: Agroecología, EROI, Perfiles Sociometabólicos, Sostenibilidad, Paisajes culturales.

Clasificación JEL: N53, N54, Q32, Q57

1. Introducción

Los balances de energía en los sistemas agrarios tienen una larga tradición (una revisión en Pelletier et al. 2011), y podríamos decir que actualmente es uno de los pilares fundamentales en el análisis de la sostenibilidad de la agricultura en el marco de la economía ecológica. El creciente uso de combustibles fósiles a partir de la industrialización de la agricultura ha transformado el único sector de la economía con capacidad de producir más energía que la requerida para el proceso productivo (a expensas de la aportación externa de energía solar), en un sector consumidor neto de energía. En este sentido, el análisis de los sistemas agrarios pre-industriales puede ofrecernos información relevante en cuanto a la eficiencia energética de éstos, derivados de una gestión integrada entre los diferentes usos del suelo, en el cierre de los ciclos energéticos a partir del uso intensivo de la biomasa generada en el propio agroecosistema, así como a través del cierre del ciclo de los nutrientes sin la necesidad de importar grandes cantidades de flujos externos al territorio. La crítica situación energética actual, que impone una mayor presión sobre los recursos energéticos existentes, pero que a la vez amenaza la viabilidad de todos los sectores dependientes de la oferta de combustibles fósiles baratos, entre ellos el sector agrario, exige un esfuerzo colectivo global para la propuesta de modelos alternativos, y la puesta en práctica de éstos (Arizpe et al., 2011; Deng and Tynan, 2011; Giampietro et al., 2013; Kessides and Wade, 2011). En este contexto, resulta relevante conocer cuáles eran los condicionantes y las potencialidades de los modelos agrícolas pre-industriales, así como cuáles fueron los motores de la transformación hacia el actual modelo agrícola industrial.

Una de las limitaciones históricas de los balances de energía como aproximación extendida en la academia es la falta de una metodología común. Algunos aspectos como los límites del sistema analizado o las normas de contabilidad energética aplicadas han sido enfrentados de forma distinta por cada uno de los análisis realizados en las últimas décadas. Así, consideramos que esta es una barrera considerable para la comparabilidad de los estudios, y por lo tanto para poder sacar conclusiones más allá de los aspectos comunes encontrados. En este sentido, nos gustaría destacar que esta pluralidad de enfoques no es tanto una consecuencia de un desorden generalizado, sino de los retos teóricos con los que se tiene que enfrentar la ciencia al aproximarse a una realidad caracterizada por su complejidad (Giampietro and Mayumi, 2000:141). Por otro lado, tanto dónde situemos los límites del sistema como las normas contables que utilicemos dependerán de las preguntas que nos planteemos, así como de los puntos que queramos destacar, por lo que las decisiones tomadas durante el proceso de investigación deben estar definidas y explicitadas.

Los flujos entre el medio ambiente y las sociedades no permanecen estables a lo largo del tiempo, ni son siempre del mismo tipo, sino que se suceden distintos regímenes a través de lo que llamamos transiciones socio-ecológicas. Estas son los lapsos de tiempo de cambio de un modelo a otro cualitativamente diferente (M. Fischer-Kowalski & Haberl, 2007). Indudablemente el proceso de

industrialización de la agricultura orgánica presente en el Estado Español que se desarrolló entre finales del siglo XIX y mediados del XX es propiamente una transición socio-ecológica. A pesar de ello, la historia económica convencional ha tendido a analizar este proceso sin tener en cuenta los aspectos ambientales del modelo de agricultura de la Península Ibérica.

En el presente artículo describiremos la primera aplicación teórica de la metodología acordada en el marco del proyecto *Sustainable Farm Systems: Long-Term Socio-Ecological Metabolism in Western Agriculture* (SFS), un proyecto financiado por la Social Sciences and Humanities Research Council de Canadá, y en el que colaboran grupos de investigación de las universidades de Saskatchewan (Canadá), Universidad Pablo de Olavide y Universidad de Barcelona (España), Alpen-Adria Klagenfurt de Viena (Austria), Michigan (USA), Nacional de Colombia en Bogotá y La Habana (Cuba). Para ello, hemos revisado el estudio de caso del Vallés (Cataluña) para 1860 y 1999, publicado en Cussó et al. (2006), a partir de nuevas fuentes disponibles y en base a la nueva metodología acordada. Éste caso de estudio corresponde a una zona del pre-litoral catalán en su transición desde la época posterior a la crisis finisecular del siglo XIX hasta los estragos de la Política Agraria Común europea en los cultivos catalanes. El primer período corresponde con la expansión de la vid en gran parte del territorio del Principado. Analizamos pues el paso de una agricultura orgánica tradicional, en los inicios del capitalismo agrario a otro modelo ya completamente integrado en la economía global de mercado atomizada y desvinculada del territorio.

En los primeros dos apartados del presente estudio nos centraremos en nuestro marco teórico de referencia, así como presentaremos las principales características de la metodología del SFS. En el apartado 3 describiremos los cambios derivados en los usos del suelo, producciones y rendimientos para los cinco municipios en ambos periodos. En el apartado 4 analizaremos la composición, producción y transformación de la cabaña ganadera, así como los aspectos nutritivos e implicaciones de su alimentación. En el apartado 5 nos aproximaremos al cálculo de la energía en forma de trabajo humano para ambos periodos, así como en los cambios sucedidos durante la transición sociometabólica, a la vez que introduciremos la información sobre la energía consumida en forma de maquinaria y combustibles fósiles. El apartado 6 corresponde a un ejercicio teórico de modelización, un test de estrés del sistema para ver cómo podrían responder los dos períodos a caídas en las cosechas. Por último, presentaremos los resultados obtenidos en forma de perfil sociometabólico, así como 4 aproximaciones diferentes al EROI, para 1860 y 1999 y apuntaremos las principales conclusiones al respecto.¹

¹ En esta versión no mostramos todos los apartados mencionados, sino que se trata de un abstract extendido de la comunicación final.

2. Marco teórico

2.1 Economía ecológica y la ley de la entropía

La sacudida que supuso la postulación, por parte de Clausius, de los principios de la termodinámica, afectó a las bases teóricas de la mayoría de ciencias. No obstante, mantuvo intacta la base teórica de la económica ortodoxa. El cuestionamiento del mecanicismo no impidió, pues, que los economistas siguieran refugiados en el modelo neoclásico, considerando aún el medio ambiente como mero escenario del proceso económico (Georgescu-Roegen, 1971).

Aún así, este florecimiento científico de la termodinámica fue fundamental para las bases de la economía ecológica. Se recuperó la visión epicúrea de que la economía no es un subsistema aislado, y que funciona dentro de un sistema social y un más amplio sistema natural (Bellamy, 2004).

La comprensión de la vida como un proceso de generación de estructuras que difieren en el tiempo el efecto del proceso entrópico, desarrollado por Schrödinger (1944), establece que las estructuras vivas se mantienen en un estado semi-estacionario absorbiendo energía de baja entropía y transformándola en alta entropía. Como apunta Bergson, la vida es la lucha por evitar la tendencia natural a la degradación cualitativa de la materia inerte. Georgescu-Roegen adaptó estos conceptos a la economía asumiendo que, de hecho, *el proceso económico consiste materialmente en la transformación de baja entropía a alta entropía* (Georgescu-Roegen, 1971).

2.2 La base teórica del metabolismo social

El metabolismo social aparece como una metodología para comprender como las sociedades trabajan como un organismo, utilizando insumos de baja entropía y devolviendo al medio productos de alta entropía. En este proceso de transformación de la energía, los organismos se estructuran en forma de bucle, por lo que la complejidad del organismo y el número de bucles generados permiten retardar la expulsión de la energía, dándose tiempo a aprovechar el máximo de ésta durante el proceso y evitando, así, su propia degradación.

Marx introdujo este concepto gracias a Liebig, agroquímico padre de los principios esenciales de la nutrición vegetal, que generó la evidencia de que la urbanización había abierto la brecha sociometabólica entre la extracción y la reposición de los nutrientes en el suelo (Tanuro, 2006). En este sentido, Marx dijo que la solución radicaba en un manejo racional del intercambio de materia entre la humanidad y la naturaleza, proceso al que llamó *regulación del metabolismo social* (Bellamy, 2004). Estos conceptos han sido actualizados, y en el presente estudio utilizamos la definición de Fischer-Kowalski (1997) según la cual el metabolismo social es *la forma en que las sociedades humanas organizan sus intercambios de energía y materiales crecientes con el medio ambiente*.

2.3 Los balances de energía

Existen diversos enfoques para afrontar el estudio del metabolismo social. La mayoría coinciden o parten del análisis de flujos de energía y materiales (MEFA por sus siglas en inglés; Haberl et al., 2004). Su base teórica parte de las contribuciones de Podolinsky (1880) y Sacher (1881), entre otros, autores que destacaban la condición física de los procesos económicos, apuntando que todos los organismos necesitan transformar energía disponible de baja entropía (p.e. alimentos o combustible) en energía de alta entropía (p.e. calor, residuos o excreta) en su proceso vital. Así, ambos entendían el trabajo productivo como aquel que tiene como resultado el aumento de la cantidad de energía disponible para usos humanos en la superficie de la Tierra. Según Sacher, *esto dependería de su destreza, su instrumental, la fertilidad del suelo, la disponibilidad de saltos de agua y el clima* (Martínez Alier y Schlüpman, 1992: 87). Esta energía puede ser destinada al uso endosomático, cuando se utiliza para cubrir las necesidades biológicas, o bien al uso exosomático, si su función es satisfacer otras necesidades como vivienda, transporte o suministro de servicios (Martínez Alier & Roca, 2006). Ambos procesos, los dirigidos a cubrir las necesidades endosomáticas y exosomáticas, son la base de cualquier actividad económica.

Actualmente hay diversos grupos de investigadores utilizando aproximaciones metodológicas diferentes (Toledo, 2013). Por un lado se ha desarrollado el *Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism* (MUSIASSEM) que trabaja utilizando un análisis multi-criterial y multi-escalar (Giampietro et al., 2008). Por otro lado el grupo al que pertenecemos ha ideado una propuesta de varias Tasa de Retorno Energético (TRE o EROI en sus siglas en inglés), en el que se representan los flujos internos y externos de energía en el agro-ecosistema valorándolos todos en términos de entalpía (Tello et al., 2013).

2.4 Flujos internos, la base de la estructura del agro-ecosistema

La representación de los flujos internos (o reutilizaciones) permite aplicar las contribuciones de Margalef, según el cual la sostenibilidad del desarrollo de los sistemas vivos es una función directa de la complejidad y es inversamente proporcional a la disipación de energía (Marull & Tello, 2010).

Este análisis se ve complementado con las tesis de Morowitz (2006), según el cual es imposible disipar infinitamente una cantidad determinada de energía sin crear una estructura, pese a que sea efímera. Así pues, los agro-ecosistemas pueden ser entendidos como estructuras hechas por las sociedades humanas y con características concretas: la información organizada para mantenerla y la complejidad de sus flujos internos (Marull & Tello, 2010). La metodología del EROI desarrollada, permite pues el análisis de estos flujos responsables de la estructura del agro-ecosistema, abriendo por primera vez la caja negra en términos de metabolismo social.

3. Metodología

3.1 Estructura del Energy Return On Investment (EROI)

El EROI procura representar los flujos energéticos más importantes que suceden dentro de los sistemas agrarios, teniendo en cuenta los distintos elementos que participan en él. Tal y como se puede observar en la figura 1, existen 6 bioconvertidores o stocks diferentes: la sociedad, la comunidad agraria, la tierra, la producción primaria², el ganado y el resto de especies del agroecosistema³. Cada uno de ellos se interrelaciona con uno o más de los otros bioconvertidores a través de los flujos.

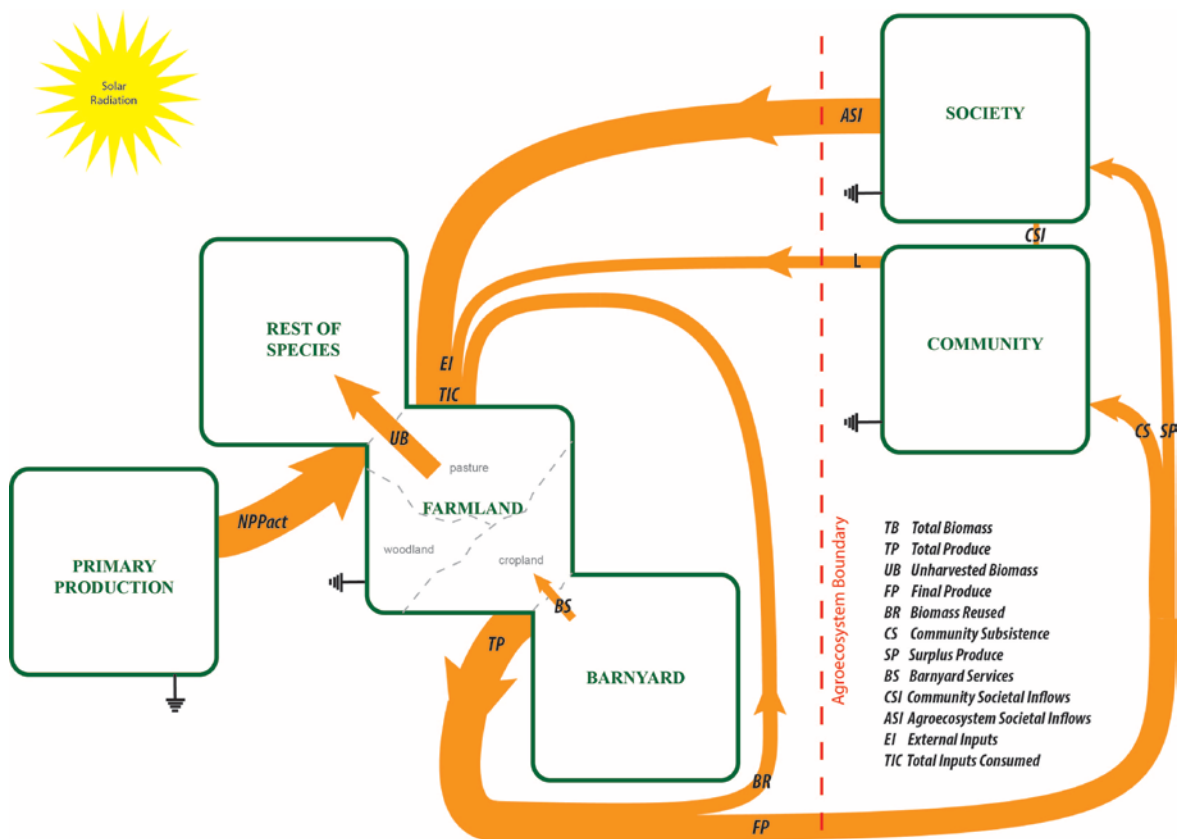


Figura 1. Gráfico de los flujos y stocks del EROI. Fuente: Galán et al., forthcoming.

Por otro lado, la evaluación de éste se centra en la sustentabilidad del mismo, porque situamos los límites del sistema en el agroecosistema, es decir que adoptamos el punto de vista de las personas que los gestionan. A la vez, consideramos el espacio agrario como un agro-ecosistema ya que, en términos de Altieri (1999), se trata de un ecosistema colonizado por el hombre, la creación y mantenimiento del cual requiere reinversiones repetidas de energía e información por parte de la sociedad, además de la radiación solar

² Utilizamos el término “producción primaria” como sinónimo de fitomasa, la cuál refiere a toda la biomasa foto-autotrófica producida (organismos vivos que obtienen la energía de la fotosíntesis), con el objetivo de diferenciar éste concepto de la producción quimio-autotrófica y heterótrofa (Smil, 2011).

³ Se entiende como “resto de especies” todas aquellas no domesticadas por el hombre.

que ocurre naturalmente. Así, como se observa en la figura, se establece un límite del agro-ecosistema del que la sociedad y la comunidad quedan fuera.

Hay tres consideraciones que cabe tener en cuenta para hacer una correcta interpretación del EROI. En primer lugar, la energía contenida en cada flujo de energía es calculada como entalpía (Gross Calorific Value) si éste se produce dentro del sistema. En segundo lugar, para los flujos incorporados desde el exterior, aparte del valor de entalpía del portador de energía se añade una energía incorporada por el traslado del portador desde su origen hasta el agro-ecosistema. Finalmente, el trabajo humano se calcula como la fracción de la ingesta diaria dedicada al trabajo agrario. En la Tabla 1 se pueden observar los diferentes flujos, su valorización energética y las equivalencias con otros portadores de energía.

La presente propuesta supone un paso adelante en el estudio de los EROI añadiendo elementos en el análisis que permiten una interpretación más precisa de los resultados. Partiendo del estudio desarrollado en la comarca del Vallès (Cussó et al., 2006), los EROIs se han recalculados teniendo en cuenta las siguientes mejoras: consideración de los flujos internos, adición de un nuevo flujo y control de la perdurabilidad de los flujos (que incluye la sostenibilidad del bosque, de la ganadería y del ciclo de nutrientes agrícola).

3.1.1 Los flujos internos

La mayoría de los métodos desarrollados para el análisis de los sistemas agrarios hasta el momento no han tenido en cuenta los flujos internos y consideraban el sistema como si fuera una caja negra en la que sólo se observan las entradas y salidas de los flujos (Marull & Tello, 2010). Es el caso de metodologías como el indicador Apropiación Humana de la Producción Primaria Neta (HANPP en sus siglas en inglés)⁴, considerado la base de los estudios de flujos de energía y nutrientes (Vitousek et al., 1986). El desgane, por primera vez, de estos intercambios de energía entre los distintos stocks que están dentro y fuera del agro-ecosistema permite comprender cuál es el grado de complejidad de éste y la importancia de cada uno de los bioconvertidores en el proceso de mantenimiento de la resiliencia del sistema.

3.1.2 El residuo (waste) como nuevo flujo

Otra aportación metodológica en la estructura del EROI es que el producto del agro-ecosistema pasa a tener tres direcciones: producto final, reutilización o residuo. Esto expande las posibilidades de análisis en los casos, como el actual, en que por motivos económicos no se utiliza el potencial de algún producto. Por ejemplo, la problemática con la gestión de los purines nace de la nueva concepción de éstos más como residuo que como producto reutilizable, debido a las condiciones del mercado que favorecen la aplicación de fertilizantes minerales.

⁴ Éste es un indicador agregado que refleja el área utilizada por los humanos y la intensidad del uso del suelo en términos de extracción de fitomasa sobre toda la producción anual de las plantas.

Tabla 1. Terminología, valoración energética y equivalencias propuestas para los transportadores de energía en el agro-ecosistema. Fuente: Galán et al. (forthcoming)

Transportador de energía	Forma de contabilización de la energía	Equivalencias
Actual Net Primary Production (<i>NPP</i>)	Entalpía	$NPP = UB + LP$
Un-harvested Biomass (<i>UB</i>)	Entalpía	$UB = NPP - LP$
Total Produce (<i>TP</i>)		$TP = LP + BP$
Land Produce (<i>LP</i>)	Entalpía	$LP = BR + FP + FW$
Barnyard Produce (<i>BP</i>)		
Final Produce (<i>FP</i>)		$FP = CS + SP$
Community Subsistence (<i>CS</i>)	Entalpía	
Surplus Produce (<i>SP</i>)		
Biomass Reused (<i>BR</i>)		$BR = FBR + BBR$
Farmland Biomass Reused (<i>FBR</i>)	Entalpía	
Barnyard Biomass Reused (<i>BBR</i>)		
Farmland Waste (<i>FW</i>)	Entalpía	$TP = BR + FP + BP + FW$
Barnyard Services (<i>BS</i>)		
Draught Power (<i>DP</i>)	Entalpía	$BS = DP + M + BW$
Manure (<i>M</i>)		
Barnyard Waste (<i>BW</i>)	Entalpía	
Labour (<i>L</i>)	Entalpía*	$L = FL + BL$
Farm Labour (<i>FL</i>)		
Barnyard Labour (<i>BL</i>)		
Societal Inflows (<i>SI</i>)		
Community Societal Inflows (<i>CSI</i>)		
Agroecosystem Societal Inflows (<i>ASI</i>)	Energía aportada	$SI = CSI + ASI$
Barnyard Societal Inflows (<i>BSI</i>)	entalpía	$CSI = BSI + FSI$
Farmland Societal Inflows (<i>FSI</i>)		$ASI = BSI + FSI$
External Inputs (<i>EI</i>)	Energía aportada	$EI = SI + L$
Total Inputs Consumed (<i>TIC</i>)	entalpía	$TIC = SI + L + BR$

* El trabajo humano se contabiliza a partir de la GCV consumida en forma de alimentos, ajustado por las horas de trabajo sobre el total de diario, así como por la intensidad de las diferentes actividades realizadas durante el día. Por otro lado, en el caso de los alimentos importados, se tienen en cuenta el uso de energía para el proceso de transformación, distribución y consumo de éstos.

3.1.3 Perdurabilidad de los fondos

Éste último concepto introducido para el cierre del balance parte, por un lado, de la limitación de la información disponible, y por el otro de la complejidad que supondría calcular o estimar los flujos de los años anteriores, pues el agro-ecosistema analizado siempre está condicionado a las prácticas históricas en el suelo. Así, se considera el agro-ecosistema en un estadio semi-estacionario en el cual los flujos se repiten en las mismas condiciones por un período lo suficientemente largo, teórico, antes del año de estudio. No obstante, esto implica que los flujos tienen que ser sustentables y, por tanto, que no puede haber ni sobreexplotación del bosque, ni insatisfacción de las necesidades del ganado, ni un empobrecimiento del suelo. La interpretación que se confiere pues al EROI, al tener en cuenta estos aspectos, sería cuál es el esfuerzo energético que las personas tenían que ejercer en el propio agro-ecosistema para conseguir su sostenibilidad.

3.2 Los componentes del EROI

A partir del desarrollo teórico de la eficiencia del sistema en el uso de la energía incorporada, se presentan cuatro formas diferentes de analizar la eficiencia de los agro-ecosistemas en términos de flujos de energía (Tello et al., forthcoming). El *Final EROI* (FEROI) es la base sobre el que se desarrollan todos los otros. Éste aproxima la eficiencia global del agro-ecosistema en términos de producción final (FP) dividido por el total de insumos consumidos (TIC) tal y como se puede ver en la ecuación 1.

$$\text{FEROI} = \frac{\text{FP}}{\text{TIC}} = \frac{\text{FP}}{\text{EI} + \text{BR}} \quad (1)$$

Dado que el TIC es la suma entre los insumos externos (EI) y la biomasa reutilizada (BR), el FEROI se puede dividir en dos diferentes que explican el esfuerzo hecho por el sistema, externo e interno, para conseguir la FP (llamados EFEROI e IFEROI respectivamente; ver ecuación 2).

$$\text{EFEROI} = \frac{\text{FP}}{\text{EI}}; \text{IFEROI} = \frac{\text{FP}}{\text{BR}} \quad (2)$$

El cuarto punto de mira vincula el EROI con la metodología del HANPP (Haberl et al., 2007). El $\text{NPP}_{\text{act}}\text{EROI}$ expresa el retorno de energía invertida en términos de Producción Primaria Neta Actual (NPP_{act})⁵ obtenida de la fotosíntesis dentro del agro-ecosistema. La propuesta, indicada en la fórmula 3, supone dividir la NPP_{act} entre el TIC.

⁵ Producción Primaria Neta hace referencia al balance entre todo el producto de la fotosíntesis y aquella parte que es utilizada por el propio organismo a modo de respiración. El cálculo de la NPP_{act} se realiza según a propuesta de Schwartzmüller (2008) para los cultivos agrícolas, añadiendo a la producción extraída ($\text{NPP}_{\text{harvested}}$) los consumos por herbivoría y la biomasa acompañante (Guzman et al., 2014; Oerke et al., 1994). En los bosques ésta es estimada a partir de los datos de l'IEFC (CREAF, 2007).

$$NPP_{act}EROI = \frac{NPP_{act}}{TIC} \quad (3)$$

El uso de estas 4 propuestas de enfoque diferentes para el análisis histórico de la transición socio-ecológica en la comarca del Vallès puede resultar muy útil para interpretar las motivaciones ambientales y sociales de éstos cambios.

4. Resultados

La disminución de la superficie cultivada de más de 3.000 hectáreas se ve compensada por los aumentos de los rendimientos lo que implica una energía en forma de biomasa extraída similar en ambos períodos. En cambio, la reducción del *Land Produce* se debe al abandono del bosque pese a su ligero incremento en 294 ha y a la práctica desaparición de la superficie considerada de pasto. Esto tiene sentido si consideramos el cambio en el modelo de alimentación del ganado que pasa a estar en un régimen de ganadería intensiva.

La desvinculación del ganado con el paisaje se explica con la masiva importación de piensos y compuestos, lo que permite soportar una densidad ganadera muy superior que se traduce en una producción animal 63 veces superior en 1999 que en 1860. Como resultado de todo lo anterior la producción total, que incluye toda la producción agraria, se mantiene estable.

Parte de esta producción sale de la frontera del agro-ecosistema para consumo. Pero mientras a mediados del siglo XIX la mayor parte era madera para combustible doméstico, en 1999 la práctica totalidad son alimentos de consumo humano o bien animal.

Una de las principales diferencias entre los dos modelos es el volumen de insumos utilizados así como su composición y origen. Así como para la obtención del producto agrario en 1860 se requieren 23,500 GJ, a finales del siglo XX se utilizan 1,518,820 GJ. En cuanto a la naturaleza de estos flujos en el primer período domina la biomasa reutilizada con un 90% de los TIC. El resto corresponde a los residuos domésticos y el trabajo humano. Cabe tener en cuenta que este trabajo humano se considera externo debido a los límites establecidos de éste.

A pesar de que la energía en forma de BR y trabajo no varía en términos absolutos entre ambos períodos, para 1999 estos suponen menos del 10%. La estrategia pues, se fundamenta en una masiva entrada de energía ajena al agro-ecosistema. Los flujos que más peso tienen dentro de los ASI son la alimentación animal (73%), la maquinaria (16%) y la energía consumida en la industria ganadera (9%).

5. Bibliografía

- Altieri, M. a. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1-3), 19–31.
- Arizpe, N., Giampietro, M., Ramos-Martin, J., 2011. Food Security and Fossil Fuel 21 Dependence: An International Comparison of the Use of Fossil Energy in Agriculture 22 (1991-2003). *Crit. Rev. Plant. Sci.* 30, 45-63.
- Bellamy, J. (2004). *Marx's ecology* (p. 446). Barcelona: Ediciones de Intervencion Cultural.
- Cussó, X., Garrabou, R., Olarieta, J. R., & Tello, E. (2006). Balances energéticos y usos del suelo en la agricultura catalana : una comparación entre mediados del siglo XIX y finales del siglo XX. *Historia Agraria*, (40), 471–500.
- Deng, S., Tynan, G.R., 2011. Implications of Energy Return on Energy Invested on Future 18 Total Energy Demand. *Sustainability* 3, 2433-2442.
- Fischer-Kowalski, M. (1997). Society's metabolism: on the childhood and adolescence of a rising conceptual star. In M. Redclift & G. Woodgate (Eds.), *The International Handbook of Environmental Sociology* (1st ed., pp. 119–137). Cheltenham: Edward Elgar.
- Fischer-Kowalski, M., & Haberl, H. (Eds.). (2007). *Socioecological Transitions and Global Change. Trajectories of Social Metabolism and Land Use* (p. 263). Cheltenham: Edward Elgar.
- Galán, E., Tello, E., Cunfer, G., Guzman, G. I., González de Molina, M., Krausmann, F., ... Moreno-Delgado, D. (Forthcoming). The Energy Return On Investment (EROI) in agroecosystems : An analytical proposal to study socioecological transitions to industrialized farm systems (The Vallès County, Catalonia, in 1860 and 1999). 1–33.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process* (p. 236).
- Giampietro, M., Mayumi, K. (2000). Multi-Scale Integrated Assessments of Societal 31 Metabolism: Introducing the Approach. *Popul. Environ.* 22(2), 109-153.
- Giampietro, M., Mayumi, K., & Ramos-martin, J. (2008). *Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism (MUSIASSEM): An outline of rationale and theory* (p. 15). Barcelona.
- Giampietro, M., Mayumi, K., Sorman, A.H., 2013. Energy Analysis for Sustainable Future: 1 Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism. Routledge, 2 London.
- Guzman, G. I., Aguilera, E., Soto, D., Cid, A., Infante, J., García Ruiz, R., ... González de Molina, M. (2014). *Documento de Trabajo n°2: Metodología y conversores para el cálculo de la biomasa total producida en los agroecosistemas* (pp. 1–49).
- Haberl, H., Erb, K. H., Krausmann, F., Gaube, V., Bondeau, A., Plutzer, C., ... Fischer-Kowalski, M. (2007). Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(31), 12942–7. doi:10.1073/pnas.0704243104
- Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Weisz, H., & Winiwarter, V. (2004). Progress towards sustainability? What the conceptual framework of

- material and energy flow accounting (MEFA) can offer. *Land Use Policy*, 21(3), 199–213. doi:10.1016/j.landusepol.2003.10.013
- Kessides, I.N., Wade, D.C., 2011. Deriving an Improved Dynamic EROI to Provide Better Information for Energy Planners. *Sustainability* 3, 2339-2357.
- Martínez Alier, J., & Roca, J. (2006). *Economía Ecológica y Política Ambiental*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Martínez Alier, J. y Schlüpmann, K. (1992): *La ecología y la economía*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Marull, J., & Tello, E. (2010). Eficiència territorial: la sinèrgia entre energia i paisatge. *Ecosistemes i Energies Renovables*, (46), 28–36.
- Morowitz, H. y Smith, E. (2006). Energy flow and the organization of life. *Complexity* 13 (1), p.51-59.
- Oerke, E. C., Dehne, H. ., Schönbeck, F., & Weber, A. (1994). *Crop Production and Crop Protection – Estimated Losses in Major Food and Cash Crops*. Amsterdam: Elsevier Science.
- Pelletier, N.; Audsley, E., Brodt, S., Garnett, T., Henriksson, P., Kendall, A., Kramer, K., Murphy, D., Nemecek, T., Troell, M., 2011. Energy Intensity of Agriculture and Food Systems. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 36, 223-246.
- Podolinsky, S. A. (1880). El trabajo del ser humano y su relación con la distribución de la energía. In *Los principios de la Economía Ecológica (1995)* (pp. 63–142). Madrid: Fundacion Argentaria.
- Sacher, E. (1881). Grundzüge einer Mechanik der Gesellschaft. In *La ecología y la economía (1991)*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Schrödinger, E. (1944). *What is life?* Cambridge: Cambridge University Press.
- Schwarzlmüller, E. (2008). *Human Appropriation of Net Primary Production (HANPP) in Spain, 1955-2003: a socio-ecological analysis* (p. 88).
- Smil, V. (2011). Harvesting the biosphere: the human impact. *Population and development review* (Vol. 37, pp. 613–36). Cambridge: MIT Press.
- Tanuro, D. (2006). Marx's concept of social metabolism and ecosocialist responses to climate change. In S. Resistance (Ed.), *Ecosocialism or Barbarism* (p. 5). London.
- Tello, E., Galán, E., Sacristán, V., Cunfer, G., Guzman, G. I., González de Molina, M., ... Moreno-Delgado, D. (n.d.). Decomposing the EROI of agroecosystems into its internal and external returns : opening the black box of energy throughput in a Catalan case study (North-eastern Iberia) in 1860 and 1999. *Forthcoming*, 1–36.
- Tello, E., Galán, E., Sacristán, V., Moreno, D., Cunfer, G., Guzman, G. I., ... Gingrich, S. (2013). *A proposal for a workable analysis of Energy Return On Investment (EROI) in agroecosystems* (p. 89). Vienna.
- Toledo, V. (2013). El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. *Relaciones*, 136(3), 41–71.
- Vitousek, P. M., Ehrlich, P. R., Ehrlich, A. H., & Matson, P. A. (1986). Human Appropriation of the Products of Photosynthesis. *BioScience*, 36(6), 363–373