

Sobre las posibilidades de crecimiento agrario en los siglos XVIII, XIX y XX. Un estudio de caso desde la perspectiva energética

Gloria I. Guzmán Casado y Manuel González de Molina

1. INTRODUCCIÓN

Buena parte de los historiadores económicos que vienen participando en el debate sobre las posibilidades reales del crecimiento agrario en España parten de una noción de sistema económico que se sustenta en el vacío, que no tiene referente físico alguno. La concepción mecanicista de función de producción clásica que aplican al sector agrario les hace utilizar de manera inadecuada el método comparativo. Comparan sistemas agrarios muy diferentes, con formas de manejo también diferentes, y así pueden hablar de crecimiento agrario, del cambio técnico, de rendimientos o de la productividad de cualquier sistema agrario, sin situarlos en el espacio y en el tiempo. Pueden especular sobre lo que podría haber sido y no fue, del modo en que se especula sobre la naturaleza de Dios, desarrollando explicaciones que en no pocas ocasiones deben considerarse ejercicios de pura metafísica.

Esta forma de proceder ha proliferado en el debate sobre las causas del 'atraso agrario'¹, en el que hemos llamado la atención sobre lo inadecuado de utilizar tal término

Fecha de recepción del original: Abril de 2005. Versión definitiva: Julio de 2006.

■ Gloria I. Guzmán Casado es directora del Centro de Investigación y Formación de Agricultura Ecológica y Desarrollo Rural de Granada. Dirección para correspondencia: Centro de Investigación y Formación de Agricultura Ecológica y Desarrollo Rural de Granada, Camino de Santa Fe – El Jau (Pol. Ind. 2 de octubre), apartado de correos 113, 18320 Santa Fe (Granada). gercifaed@hotmail.com

■ Manuel González de Molina es catedrático de Historia Contemporánea de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. Dirección para correspondencia: Departamento de Geografía, Historia y Filosofía, Edificio 'Antonio de Ulloa' núm. 2, Carretera de Utrera, km 1, 41013 Sevilla. mgonnau@upo.es

¹ PUJOL et al. (2001). Los comentarios que suscitaron sus tesis, en *Historia Agraria*, números 28 y 33.

y, con él, la carga ideológica que conlleva. Muchas de las insuficiencias que se han imputado a la agricultura española no han tenido en cuenta el contexto socioambiental y las posibilidades de crecimiento agrario que existieron en cada momento. Reivindicar la importancia de las variables ambientales a la hora de explicar el curso seguido por la agricultura española no significa otorgarles otro papel que el de contexto explicativo, negándoles capacidad de inducir el cambio o de configurar por sí mismas la organización de la sociedad rural española —lo que fundamentaría la acusación de determinismo ambiental o geográfico—, pero reconociéndoles su protagonismo en la evolución de nuestros sistemas agrarios.

Para probar la importancia de dichas variables conviene analizar el funcionamiento de un agroecosistema desde un punto de vista físico en distintas etapas de su evolución reciente. El análisis energético y, en concreto, la consideración metabólica de la relación entre sociedad y naturaleza permiten distinguir claramente las formas de organización, estructura, funcionamiento y evolución que definen un agroecosistema en cada momento². Hemos elegido un agroecosistema que conocemos bien³ para mostrar sin género de dudas su distinto funcionamiento en tres épocas distintas: a mediados del siglo XVIII, cuando las presiones mercantiles aún no se habían iniciado con toda su intensidad; a mediados del siglo XIX, cuando el mercado presionaba para especializarlo en el cultivo de cereales y, en general, para la producción de biomasa útil para el hombre y, finalmente en la actualidad, cuando el agroecosistema está totalmente volcado hacia el mercado. Los dos primeros momentos corresponden a un tipo de organización del metabolismo social en el que la base energética es casi exclusivamente solar y la energía es captada por las plantas en primera instancia y metabolizada por el hombre o por lo animales para producir trabajo y otras materias útiles. El último corresponde a una

² Sobre el concepto de metabolismo socioambiental, FISCHER-KOWALSKI (1998) y Fischer-Kowalski y HÜTTLER (1999). Una adaptación de esta propuesta al sector agrario en GONZÁLEZ DE MOLINA y GUZMÁN CASADO (2006). En analogía a la noción biológica, el concepto de metabolismo social viene siendo utilizado para estudiar las relaciones entre la sociedad y la naturaleza. Describe y cuantifica los flujos de materia y energía que se intercambian entre conglomerados sociales, particulares y concretos, y el medio natural. La base de esta propuesta es el reconocimiento de que las relaciones que los seres humanos establecen con la naturaleza son dobles: individuales o biológicas y colectivas o sociales. Individualmente los seres humanos extraen de la naturaleza cantidades suficientes de oxígeno, agua y biomasa por unidad de tiempo para sobrevivir como organismos, y excretan calor, agua, bióxido de carbono y sustancias mineralizadas y orgánicas. Socialmente, los individuos, articulados a través de relaciones o nexos de diferentes tipos, se organizan para garantizar su subsistencia y reproducción, extraen materia y energía de la naturaleza por medio de estructuras meta-individuales o artefactos, y excretan toda una gama de residuos o desechos (TOLEDO y GONZÁLEZ DE MOLINA, 2006).

³ Santa Fe, en la provincia de Granada, es representativo de los problemas ambientales que comprometen el futuro del sector agrario. Con precipitaciones y temperaturas dentro de las habituales del sur peninsular, donde proliferaron y proliferan aún cultivos mediterráneos (cereales, olivar, horticultura, etc.), donde se combina el secano con el regadío, y donde, bajo el paraguas de la gran propiedad agraria, existen grandes, medianas y pequeñas explotaciones; un lugar conectado con los mercados, como estuvo el sur peninsular desde fechas tempranas. Hay varios lugares con estas cualidades por la geografía andaluza, pero no todos disponen de un archivo municipal tan completo y bien organizado, que puede ser complementado con la documentación auxiliar del Archivo Histórico Provincial de Granada.

organización del metabolismo social en el que los combustibles fósiles constituyen, de manera directa o indirecta, la principal fuente de aprovisionamiento energético y, al mismo tiempo, de degradación del propio sistema. Mientras que en los dos primeros casos la disponibilidad de territorio y su capacidad productiva generan un tipo de organización social basado en la escasez y crean un contexto difícil para el crecimiento agrario, en el último la abundancia y baratura de la energía hacen posible la superación de los factores limitantes del crecimiento. Pese a aumentar en términos absolutos la producción, la agricultura se torna un sector subsidiado y dependiente de las importaciones de combustibles fósiles y de otros materiales, siendo expulsado del sistema energético. La producción de biomasa se convierte, así, en una función dependiente de los flujos de materiales y energía provenientes de fuera. Todo ello a costa de graves desequilibrios que comprometen su sustentabilidad y, por tanto, la posibilidad de mantener indefinidamente este modelo de agricultura.

El análisis energético del metabolismo agrario se considera un indicador fiel del funcionamiento de cualquier agroecosistema. Dos técnicas se combinan aquí. Por un lado la del balance energético, que mide la productividad física de un sistema agrario a partir del cociente entre entradas y salidas de energía, es decir, su productividad real⁴; por otro, el análisis del flujo de energía que se produce en el interior del agroecosistema y da cuenta de su estructura y funcionamiento. El análisis energético informa, por tanto, de lo que es posible y lo que no. Por ejemplo, no era posible a mediados del XIX importar grandes cantidades de energía, lo que condicionaba sobremanera las posibilidades de incrementar los rendimientos y la productividad y, en última instancia, la convergencia con otras agriculturas europeas más al norte. Cosa que actualmente parece más plausible gracias a la importación de combustibles fósiles y materias primas de terceros países. Precisamente pretendemos demostrar en este texto que las posibilidades reales de crecer que tenía la agricultura de mediados del XIX hasta alcanzar a los países del norte de Europa fueron escasas hasta la aparición y difusión de los fertilizantes químicos y de las nuevas tecnologías de riego.

2. SANTA FE A MEDIADOS DEL SIGLO XVIII. UN AGROECOSISTEMA EN EQUILIBRIO

El área de estudio se localiza al sureste de la Península Ibérica, en el municipio de Santa Fe, centro de la comarca de La Vega de Granada, a unos 12 km al oeste de la ciudad de Granada (Figura 1). Se caracteriza por su gran potencial agrícola, de hecho es un agroecosistema de alta respuesta a las tecnologías de la Revolución Verde. El 85,59% del municipio tiene una pendiente inferior al 3% (AMA, 1991), con suelos de gran profundidad y alta aptitud productiva. Ese potencial sólo se expresa con plenitud cuando el acceso al agua está garantizado a través del riego, circunstancia clave dada la clima-

⁴ La «productividad real» desde un punto de vista agroecológico sería la capacidad de un agroecosistema de captar mediante las plantas una fracción determinada de la energía solar incidente. La productividad real es aquí equivalente a la cantidad neta de biomasa fotosintetizada por unidad de superficie, como consecuencia de la conversión agrosilvopastoril.

tología de la zona, cuya pluviometría ronda los 390 mm anuales. Los meses con excedente de agua son inexistentes, ocasionando un marcado déficit durante el verano y el primer tercio del otoño (Ávila Cano y González de Molina, 1999).

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



Hasta finales del siglo XIX la agricultura de Santa Fe estaba basada exclusivamente en energía solar. La inexistencia de fuentes alternativas obligaba a obtener del suelo, mediante convertidores biológicos, el combustible, los alimentos y las fibras de uso social, y los alimentos necesarios para mantener al ganado de trabajo y la cabaña de renta. Las mejores tierras con acceso total o parcial al riego se dedicaban preferentemente a la producción de alimentos de calidad para el hombre, en tanto que las menos aptas se dedicaban al ganado o a la producción forestal. Era la manera de que los distintos usos del territorio compitieran lo menos posible entre sí y pudieran aprovecharse prácticamente en su totalidad. Sin embargo, las condiciones edafoclimáticas de la zona (Ávila Cano y González de Molina, 1999) y en general del sur peninsular (González de Molina, 2002b), hacían poco factible la coincidencia de aprovechamientos en la misma porción de tierra y obligaban a dedicar extensas superficies a producir maderas y leñas, pastos para el ganado o alimentos humanos. No obstante, los habitantes de Santa Fe se habían adaptado a las limitaciones citadas, tratando de sacar el máximo partido al agroecosistema.

Su organización tendía al equilibrio en los diversos usos agrarios del suelo (Tabla 1), de manera que cada porción del territorio, dedicándose a un aprovechamiento particular, pudiera satisfacer las necesidades generadas por los otros. Santa Fe se había apropiado de la parte del territorio que podía cultivar, a excepción de las tierras que el río inutilizaba con sus crecidas y por ser de peor calidad no convenía roturar con la mano de obra disponible, agrupadas en el epígrafe de «otros» en la Tabla 1. No obstante, ambos espacios eran aprovechados de acuerdo con sus posibilidades. En el río se plantaban álamos, y en menor medida fresnos, para defender las tierras de cultivo de las frecuentes avenidas del Genil, y para obtener madera y leña. A tales recursos había que añadir

los residuos de poda del olivar y la leña de algunos morales y nogales. Con todo, las importaciones de leñas de zonas boscosas colindantes eran frecuentes.

TABLA 1. DATOS RELEVANTES DEL METABOLISMO AGRARIO DE SANTA FE, 1752-1997

Datos básicos	1752	1856	1997
Población [nº de habitantes]	2.384	4.866	12.387
Explotaciones [nº]	314	439	405
Población Activa Agraria [nº]	550	1.216	600
Densidad de población [hab./km ²]	61,7	126,0	320,9
Tamaño medio de las explotaciones [ha]	8,6	6,8	8,8
Superficie disponible por habitante [ha]	1,28	0,64	0,29
Superficie cultivada por habitante [ha]	1,13	0,61	0,27
Usos del suelo en ha			
Riego constante	288	1.204	2.111
Riego eventual	1.281	534	—
Secano	1.128	1.225	808
Alamedas	3	19	440
Superficie cultivada	2.700	2.982	3.359
Dehesa/pastos	366	166	210
Superficie agraria útil	3.066	3.148	3.569
Otros	794	712	291
Superficie total	3.860	3.860	3.860
Productividad en pesetas de 1904			
PFA	700.018	817.578	5.771.681
PFA/ocupado	1.276	917	12.749
PFA/ha	228	260	1.617
PFA/habitante	294	168	466

Fuente: Véase nota⁵.

⁵ La fuente utilizada para mediados del siglo XVIII ha sido el Catastro del Marqués de la Ensenada, probablemente la información más completa y fiable de su tiempo, junto con la información de base que proporcionan los inventarios *postmortem* (documentación notarial depositada en los archivos de Protocolos de Granada). Esta información, tratada de una manera que creemos innovadora, ofrece datos sobre la organización del agroecosistema, la estructura del paisaje, la carga ganadera, la distribución de los cultivos, etc. Para mediados del siglo XIX nos hemos servido de las Cartillas Evaluatorias y de los Amillaramientos, junto con la documentación estadística que se encuentra en el archivo municipal. En este caso también se trata de documentación fiscal, elaborada por la junta pericial de contribuyentes para establecer la Contribución Rústica y Pecuaria. Para Santa Fe no disponemos de los informes previos al Catastro de Rústica, realizados por los ingenieros agrónomos entre 1896-1898 para la Junta Consultiva Agronómica. Estos informes resultan imprescindibles para la reconstrucción de los flujos de energía y materiales y de los itinerarios técnicos de todos los cultivos. Hemos salvado este escollo recurriendo a la Cartilla Evaluatoria con los informes del vecino pueblo de Pinos Puente, de similares rasgos edafoclimáticos. La caracteri-

A mediados del siglo XVIII el agroecosistema se orientaba a la producción agrícola, en coherencia con las magníficas aptitudes de sus suelos y las posibilidades de irrigación. Se podía advertir ya cierta especialización agrícola y una orientación de algunos productos a los mercados externos a la comunidad. Junto al trigo, para consumo humano, y la cebada, para alimentación animal, el lino y en menor medida el cáñamo, destinados a la fabricación de velámenes y cordajes para la Marina Real, constituían el grueso de los cultivos de regadío. Superficies más reducidas estaban dedicadas al olivar y a la vid, frecuentemente asociados, con los que se satisfacía el consumo local de aceite, aceituna de mesa, uvas, vinos y aguardientes.

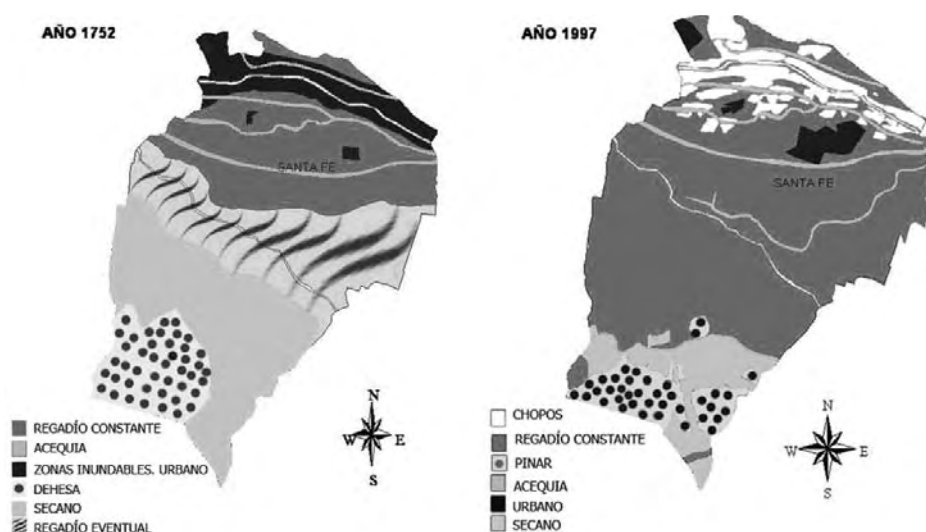
Otro componente estructural del agroecosistema era el ganado. El de labor era vital para la ejecución de los trabajos agrícolas (laboreo, transporte...) y la movilización de nutrientes hacia las áreas más productivas del agroecosistema, en este caso el regadío constante. El de renta procuraba estiércol y mejoraba significativamente la dieta de la población. El ganado era un componente móvil que conectaba los diferentes usos del territorio, dando lugar a los flujos fundamentales de materia y energía. La Tabla 2 muestra el censo ganadero en Santa Fe, la disponibilidad y el déficit de tracción y estiércol. Las necesidades de piensos y forrajes de la cabaña de renta y sobre todo de la cabaña de labor se solventaban con lo producido por las tierras incultas: sotos y prados en la zona inundable, de corta producción, pero sobre todo con las tierras situadas en la parte más alta del término municipal que, pese a ser roturables en parte, no estaban cultivadas y donde predominaban tomillares y atochares. El lugar, de unas 360 ha, era conocido como la dehesa boyal, concedida a los vecinos por los Reyes Católicos al tiempo de la fundación de la ciudad. La escasez de pastos de un monte mediterráneo abierto como éste y la segura presión sobre el recurso de la cabaña vecinal, obligaban a destinar una parte sustancial de las tierras cultivadas a la producción de granos para completar la alimentación de la cabaña ganadera. De esa manera, la producción de granos para el ganado competía con la producción de granos para la alimentación humana. No obstante, el equilibrio se había alcanzado sobre la base de una cabaña de labor que satisfacía tanto las necesidades de tracción como las de fertilización.

Ese equilibrio relativo se demuestra con un simple balance de la capacidad del agroecosistema para reponer los nutrientes exportados en cada cosecha (González de Molina y Guzmán Casado, 2006). La producción anual de estiércol en 1752 era suficiente para abonar las tierras de riego constante, las más productivas (Tabla 2). En las tierras de riego eventual se cultivaban olivar y vid asociados y sobre todo trigo y cebada en régimen de año y vez. Los dos riegos que requerían los cereales, en diciembre y abril, se daban en época de abundancia de agua y, por tanto, no constituían un problema. Podría haberse dado una alternativa de cereales y leguminosas (habas), con las mismas disponibilidades hídricas, pero posiblemente no compensaba el exceso de producción en leguminosa el trabajo necesario para su siembra, dado que en general la producción

zación del agroecosistema en la actualidad se basa en fuentes estadísticas oficiales e información oral. Los itinerarios técnicos de los cultivos y la información de base para la caracterización de los manejos proceden de LÓPEZ PÉREZ (1998). Es ésta la razón de que sea 1997 el año tomado como referencia para caracterizar el presente.

estuvo descompensada hacia el exceso de leguminosa en los piensos. Esto obligaba a practicar una rotación bienal en la que el barbecho resultaba imprescindible.

FIGURA 2. LOS USOS DEL SUELO EN SANTA FE (GRANADA) ENTRE 1752 Y 1997



3. SANTA FE A MEDIADOS DEL SIGLO XIX. UN AGROECOSISTEMA YA DESE- QUILIBRADO

Durante la década de los años cuarenta del siglo XIX, una nueva expansión de la actividad agrícola que trastocaría definitivamente el equilibrio previo fue estimulada por el cambio institucional promovido por la implantación del Régimen Liberal⁶. Las necesidades alimentarias de una población en crecimiento y los requerimientos de la vecina ciudad de Granada se tradujeron en una demanda creciente de trigo, vino, aguardiente, aceite y en menor medida legumbres y hortalizas. Las tierras cultivadas crecieron un 10% a costa de las incultas. La dedicación de la nueva cultura fue hacia la producción de cereal-forraje en secano (cebada) y de trigo en regadío. La apropiación de la producción primaria neta abarcó entonces la mayor parte del término municipal.

⁶ La incidencia de la Revolución Liberal y de las medidas agrarias que lo acompañaron, y en general el impacto que sobre el agroecosistema tuvo el cambio institucional, especialmente la creciente exclusión de la propiedad de la tierra y la expansión de los mercados, se han desarrollado en GONZÁLEZ DE MOLINA Y GUZMÁN CASADO (2006).

Pero la transformación más importante consistió en la conversión de las tierras regadas eventualmente en tierras de riego constante (Tabla 1). La producción de hortalizas, aún marginal, experimentó cierto auge, vinculado al consumo local y al mercado granadino. Las mismas razones explican la aparición y rápida expansión de la patata. Fácilmente adaptable a las rotaciones tradicionales, comenzó a sustituir a las plantas industriales, lino y cáñamo, cuya rentabilidad declinaba. Los barbechos semillados dejaron de hacerse con las leguminosas tradicionales para centrarse en el maíz, los garbanzos y los melones. El olivar y la viña dejaron de cultivarse de manera asociada para ocupar en régimen de monocultivo sus respectivas superficies, señal inequívoca de su intensificación. Ello ocurrió a partir de los años treinta del siglo XIX.

Con el crecimiento de la superficie cultivada creció también la demanda de mano de obra y con ella la población, que se duplicó entre 1752 y 1856 gracias sobre todo a la inmigración. La densidad de población duplicaba la de la comarca barcelonesa del Vallès en la misma época (Cussó *et al.*, 2006), pasando la superficie disponible por habitante de 1,28 ha a las 0,64 ha de 1856, y la superficie cultivable de 1,13 a 0,61 ha/habitante. La producción neta comercializable creció un 130%, razón por la que no hubo aumentos significativos de la productividad.

Se generalizó en las tierras de riego constante una nueva rotación sobre la base de la alternancia de seis cultivos anuales que aumentaron las necesidades de estiércol, situándose entre 57.000 y 68.400 kg cada seis años (entre 9.500 y 11.400 kg/ha/año). El número de hectáreas abonadas pasó de 288 a 1.204, y el estiércol necesario para la producción intensiva osciló entre 11.438 y 13.725 t anuales. Sin embargo, la cabaña ganadera difícilmente podría atender semejante demanda. La falta de piensos y forrajes para alimentar una cabaña mayor se convirtió en el factor limitante de la producción. La expansión de las tierras cultivadas había roto el frágil equilibrio alcanzado a mediados del XVIII, reduciendo los terrenos de pasto y el alimento disponible para la cabaña ganadera.

Más tierras de cultivo y mejor irrigadas multiplicaron las necesidades de tracción y transporte, obligando a aumentar el número de cabezas de labor en casi un 50%. Ello a costa de la ganadería de subsistencia y de renta, cuyo número disminuyó de 2.336 cabezas en 1752 a 1.251 en 1856, en coherencia con la pérdida de pastos en la dehesa, en los prados inundables y en general en las tierras incultas (Tabla 2). Los rastrojos en el verano y los residuos de cosecha almacenados durante el invierno pasaron a constituir el principal recurso alimenticio. Los animales domésticos seguían contando con lo producido por las tierras incultas, pero eran ya insuficientes. El mantenimiento de la cabaña de labor obligaba a destinar una parte sustancial de las tierras cultivadas de secano a cebada y a incluir en las rotaciones plantas forrajeras o cereales-pienso como las habas, el mijo o el maíz. De esa manera, la producción de granos para el ganado competía con mayor gravedad que un siglo atrás con la producción de granos para la alimentación humana, especialmente de trigo panificable y otros cultivos de más fácil y remuneradora salida en el mercado.

TABLA 2. CABAÑA GANADERA DE SANTA FE

		1752	1856	1997
Ganado de labor	Vacuno	79	86	-
	Asnal	25	23	-
	Mular	51	140	-
	Caballar	114	161	-
	Muletos	0	10	-
	Potros	4	12	-
Ganado de renta	Bovino	-	-	1.500
	Ovino	1.413	1.000	1.500
	Caprino	298	51	850
	Porcino (madres)	625	200	370
Cabezas totales de ganado		2.609	1.683	4.220
Déficit de ganado de labor		0	0	-
Producción de estiércol (t)		2.830	3.116	24.688
Déficit de estiércol (t)		0	8.322	-

En definitiva, la competencia entre la producción de alimentos para el hombre y para el ganado se agravó, limitando el tamaño de la cabaña de labor y la capacidad de fertilización, y con ellas las posibilidades del crecimiento agrario. Tanto el tamaño como la composición de la cabaña experimentaron cambios significativos. El vacuno, que había constituido la forma de tiro más común, se estancó en beneficio de los caballos y, sobre todo, de los mulos. La preferencia era coherente con la orientación cerealista que estaba tomando el agroecosistema. Buena parte del grano de los cereales y de las leguminosas, pero sobre todo la paja, constituía el alimento principal del ganado equino. El crecimiento de este tipo de ganado era congruente con el proceso de *agricolización* descrito. El tamaño de la cabaña de labor acabó adecuándose a las necesidades de tracción, antes que a las de fertilización, generando un fuerte déficit de estiércol que hubo que traer de pueblos de alrededor donde no existía riego o era escaso (Tabla 2).

La progresión de las tierras de cultivo y la rotura del equilibrio agrosilvopastoril que había caracterizado la producción agraria a mediados del siglo XVIII fue posible gracias a la importación de gran cantidad de nutrientes de agroecosistemas próximos, trasladando a ellos la huella territorial de su metabolismo agrario, bien mediante el mantenimiento de abundantes tierras de pasto o mediante la dedicación de grandes extensiones de terreno a la producción de cebada y paja, como ocurrió en las poblaciones vecinas de Colomera, Deifontes, Moclín o Iznalloz (Calderón Espinosa, 2002).

4. SANTA FE A FINALES DEL SIGLO XX. UNA AGRICULTURA EN DECLIVE

La agricultura santafesina actual muestra los efectos de la consolidación del modelo modernizador de la agricultura que tiene lugar a lo largo del s. XX, y que ha

supuesto la implementación del paquete tecnológico de la «Revolución Verde». El territorio de Santa Fe, por la calidad de sus suelos y por el acceso al riego que fue consolidando a lo largo del siglo en la mayor parte de su territorio, puede considerarse paradigmático de la capacidad de respuesta a tales tecnologías. Basta, para convencerse de ello, con ver los considerables volúmenes de producción que se alcanzan por unidad de superficie de los principales cultivos (López Pérez, 1998).

El proceso de modernización de la agricultura tuvo su inicio con el siglo XX, cuando la aparición de los fertilizantes químicos abrió la posibilidad de superar la dependencia de la cabaña ganadera, propia o de los municipios vecinos, para garantizar los flujos de nutrientes hacia el agroecosistema. Ello abrió la posibilidad de profundizar en el proceso de agricoltización del término, rompiendo definitivamente el equilibrio agrosilvopastoril que había comenzado a resquebrajarse a mediados del s. XIX. La posterior mecanización de la agricultura separó definitivamente la agricultura de la ganadería, desestructurando los flujos de energía y materiales hasta ese momento cerrados gracias a la ganadería: la de labor a través de la energía útil, y la de labor y renta proporcionando los nutrientes. Ambos flujos pasaron a depender en gran medida de fuentes lejanas; pero además tuvo lugar un cambio cualitativo trascendental en las mismas, al tratarse de fuentes no renovables y generadoras de residuos que no pueden integrarse de forma inocua en la naturaleza.

El resultado de este proceso ha sido la desaparición de la ganadería de labor, inexistente según las estadísticas de 1997. La ganadería de renta permanece en gran medida, aunque ha cambiado su composición (Tabla 2), pero está desacoplada del territorio. La antigua dehesa es hoy un pinar, con pasto escaso y de mala calidad que no es pastoreado; los pastizales húmedos cercanos al río Genil desaparecieron con la canalización del río, estando esta área ocupada por el cultivo intensivo del chopo. Los secanos y el regadío eventual han disminuido a dos tercios de su superficie de 1856, en el primer caso, y han desaparecido, pasando a regadío constante, en el segundo. Esto implica una caída drástica de la superficie potencialmente dedicada al cereal, y consiguientemente de las pajas y los rastrojos; pero además estos cultivos han sido sustituidos en gran medida por el olivar que ocupa 678 ha del secano. En el regadío, el trigo y la cebada ocupan el 19% del territorio en esta fecha. No obstante, estos rastrojos son hoy precariamente empleados por la ganadería de renta, ya que los ganaderos se ven impedidos para sacar el ganado a pastorear por el uso de herbicidas en las lindes de los caminos, que provoca enfermedades y muerte al ganado. Por tanto, la disponibilidad real de alimentos para los animales se reduce a un 15% de la superficie de regadío que se dedica a grano-pienso y cultivos forraje, que luego se aportan en los establos al ganado, y a un 1,9% del secano que se dedica a grano-pienso, concretamente a cebada. Además de la paja cosechada tras la recogida del cereal, sea o no para pienso.

La primacía superficial entre los cultivos corresponde al olivar (1.530 ha), chopo (440 ha) y tabaco (300 ha). Su expansión se ha visto muy influenciada por la PAC, al ser cultivos subvencionados. No obstante, mientras que el tabaco representa un cultivo intensivo que permite sobrevivir a pequeños y medianos productores que tienen en la agricultura su única fuente de ingresos, el olivar supone un cierto grado de extensifica-

ción, y la posibilidad de ser compatibilizado con otros empleos, generalmente en el sector de la construcción o los servicios. Esta situación se profundiza en el caso del chopo, siendo su incremento signo de abandono de la actividad agraria, pues permite a propietarios con un empleo fuera del sector complementar su renta con un cultivo que exige poco trabajo y permanece durante diez años en el campo.

El declive de la agricultura de la vega de Granada, y concretamente en Santa Fe, se manifiesta en este proceso de extensificación, pero sobre todo en la urbanización creciente de su superficie, ocupada cada vez más por viviendas, polígonos industriales y vías de comunicación, en un cinturón alrededor de la capital granadina que amenaza la supervivencia de unas tierras de alta aptitud agraria, lo cual no es más que un síntoma de la baja rentabilidad económica comparativa de la agricultura frente a otras actividades económicas. Según el vuelo de 1956 estudiado por Martín-Vivaldi y Jiménez Olivencia (1994, 183), Santa Fe tenía 34,0 ha construidas. Los últimos datos disponibles (*Informe sobre el Medio Ambiente de Andalucía. 1998, 2000*), elevan esa cifra a 182,38 ha. El crecimiento urbano añade dificultades para la pervivencia de la agricultura, desde los impactos que ocasionan sobre los recursos (disponibilidad y calidad del agua), hasta el encarecimiento de la tierra, que alcanza valores sobredimensionados en espera de su recalificación como zona urbanizable, impidiendo el acceso a jóvenes agricultores. El fin anunciado de las ayudas al cultivo del tabaco pone la puntilla a esta situación de decadencia.

5. EL METABOLISMO AGRARIO A MEDIADOS DEL XIX: LOS FLUJOS ENERGÉTICOS

Los procesos fundamentales de todo agroecosistema son el flujo de energía, el ciclo de nutrientes y la regulación de poblaciones (Gliessman, 1997), que son siempre intervenidos y alterados por el hombre. Caracterizar los flujos energéticos de nuestro agroecosistema es el objetivo fundamental de este artículo. En la actualidad, en los países industrializados donde la propiedad de la tierra es individual, los límites del agroecosistema suelen hacerse coincidir con los de la finca o predio, o con un conjunto de fincas adyacentes con similar estructura y funcionamiento (Gliessman, 1997). Sin embargo, las cosas eran diferentes en el pasado. Hasta hace poco tiempo, el carácter renovable de las fuentes de energía y en buena medida de los materiales usados obligaba a buscarlos dentro mismo de los procesos de trabajo. El manejo de los agroecosistemas solía estar muy adaptado a sus peculiaridades, generando un conocimiento experimental que sólo tenía sentido dentro de su perímetro. La explotación agraria no podía considerarse de manera individual ni segregada de las demás. Constituía uno más de los puntos de partida o destino de los flujos de energía y materiales. Cuando la energía utilizada provenía del hombre y de la tracción animal su reproducción dependía de la dotación de tierra indispensable para producir leñas, pastos y alimentos en condiciones de cercanía a la explotación. Lo mismo podía decirse de los nutrientes, derivados de una cabaña ganadera que debía estar siempre próxima. El manejo de los hombres, de los animales, los diversos usos de la tierra, etc. excedía, pues, al control de la explotación individual para ser competencia de la comunidad local. Sólo cuando las necesidades de energía y mate-

riales comenzaron a sobrepasar la capacidad de sustentación del territorio y hubo que recurrir a fuentes fósiles a veces muy distantes, es decir, cuando los flujos dejaron de ser cerrados, la comunidad local perdió su virtualidad como unidad de análisis. En nuestro caso de estudio esta situación aún no se había producido, y es, por tanto, en el ámbito local donde se plasma a mitad del siglo XVIII y XIX, el concepto integrador de agroecosistema, con unos componentes y un funcionamiento bien definidos, y con flujos interiores de mucha mayor entidad que los intercambios con el exterior, en ese momento poco significativos. Ésta no es la situación a finales del siglo XX, pero se ha mantenido como unidad de análisis el municipio por coherencia analítica.

Hemos considerado como producción del sistema el contenido energético (entalpía) de las producciones físicas obtenidas de la actividad agraria en las superficies cultivadas, agrícolas y forestales, y en los pastizales. Una parte de esta producción se convierte en salida neta del sistema (figuras 3, 4 y 5) en forma de alimentos para consumo humano, fibra, madera o leña. Otra parte es reempleada como semilla, plantones o como alimento del ganado de labor y renta. El resto se reintegra al sistema tal cual, sin ningún uso previo. El contenido energético de la producción del sistema se ha obtenido multiplicando la cantidad producida en kg por el contenido energético (kJ/kg) del producto (Mataix Verdú y Mañas Almendros, 1998).

Los datos de producción y del manejo realizado provienen de las Respuestas Generales del Catastro del Marqués de la Ensenada para 1752, del Amillaramiento de 1856 de Santa Fe y las Cartillas Evaluatorias de la riqueza rústica de Pinos Puente (municipio limítrofe a Santa Fe de similares características), de 1859 y 1896, para mediados del siglo XIX. La información sobre la producción ovina y porcina se ha obtenido de las Cartillas Evaluatorias, siendo el ganado caprino asimilado al ovino porque no existía información específica. En 1997 los datos de distribución de los cultivos y el número de cabezas provienen respectivamente de la información suministrada por la Cámara Agraria Provincial de Granada, el Servicio de Estadística de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía y el Censo Ganadero de Santa Fe, facilitado por la Oficina Comarcal Agraria; los de producción y manejo de López Pérez (1998) y entrevistas realizadas a los ganaderos. La producción de cultivos perennes (olivar, chopos...) se ha corregido considerando los años que permanecen improductivos. Para 1752 y 1856 los datos de producción de paja por hectárea están calculados según los índices de cosecha que para las habas, el trigo y la cebada proporcionan los informes del Instituto de Reforma Agraria (1934) en el pueblo contiguo de Fuente Vaqueros. En 1997 se consideró un índice de cosecha de 0,5 para el trigo (López Bellido, 1991: 212), 0,4 para la cebada, y el mismo que en épocas anteriores para las habas, ya que este cultivo no ha sido modificado sustancialmente. La producción del barbecho y el contenido energético de la paja se ha tomado de Campos y Naredo (1980: 87). La producción de ramón y leña de poda del olivo se ha calculado a partir de Civantos *et al.* (1982), en función del rendimiento del olivo. La producción de pasto, a partir de Passera Sassi *et al.* (2001) para pastizales en el sureste español.

Las entradas de energía son en este trabajo aquellas que tienen un costo de oportunidad en sentido económico. Su uso implica un costo monetario real o imputado.

Por tanto, aquí no se contabiliza la energía radiada por el sol. El trabajo humano constituía una entrada de energía al agroecosistema, que en su mayoría procedía de la población activa agraria de Santa Fe, salvo en determinados meses en que se necesitaba el apoyo de trabajadores de municipios cercanos. Siguiendo a Campos y Naredo (1980: 82) y Naredo y Campos (1980: 175) el aporte energético del trabajo humano se ha considerando de 268,2 kJ/hora para el trabajo suave y 402,3 kJ/hora para el trabajo fuerte.

El aporte energético del trabajo animal se ha considerado como la energía contenida en el alimento (pienso, paja, rastrojo y pasto) consumido para el mantenimiento de la cabaña de labor como un gasto energético imputable únicamente al sistema agrario del municipio, ya que este ganado no tenía ninguna otra función importante. Lógicamente el contenido de energía del estiércol, secundario subproducto del ganado de labor, está ya comprendido en el coste de su mantenimiento. En cuanto al ganado de renta, también se ha considerado su mantenimiento como un gasto energético imputable al agroecosistema del que forma parte inalienable hasta inicios del siglo XX, que comprende el coste del estiércol, y del que se obtiene un producto alimenticio.

Con la información proporcionada por estas fuentes hemos evaluado la capacidad del agroecosistema para mantener a la cabaña ganadera de labor y renta del municipio, constatando que no eran necesarias importaciones de alimentos desde el entorno en 1752 y 1856. Por tanto, son consolidables los reempleos de los alimentos consumidos por los animales, sin que impliquen finalmente una entrada o salida del sistema, al ser flujos internos entre componentes. En cambio, para 1997 un 15,2% de la alimentación del ganado proviene de fuera forzosamente, lo que supone una importación energética no consolidable.

La valoración de la energía del estiércol importado en 1856 se puede hacer de dos formas. La primera supone considerar su entalpía, ya que el estiércol es fuente de fertilidad natural del suelo, al procurar nutrientes y la energía necesaria para generar cadenas tróficas complejas, base de la salud edáfica y de su capacidad para suprimir plagas y enfermedades de los cultivos. La segunda considera sólo su valor de sustitución de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio), dado que la misión fundamental de este producto era la de procurar estos elementos nutritivos. Esto es, por tratarse de sistemas con alta biodiversidad, rotación de cultivos e incorporación de residuos vegetales, es probable que los problemas de plagas y enfermedades edáficas no fueran relevantes; por tanto, podemos considerar que una parte de la energía se disiparía en el sistema sin aportar ninguna función esencial para el agroecosistema santafesino. Utilizaremos esta segunda opción por considerarla más adecuada para nuestro contexto, coincidiendo con la propuesta de Naredo y Campos (1980: 236).

Por su parte, los insumos de naturaleza industrial introducidos en 1997 con un alto contenido en energía no renovable han de ser contabilizados. El aporte energético de los insecticidas y herbicidas se ha calculado considerando los plaguicidas más empleados en Santa Fe en un gasto de 358.142,4 kJ/kg y de 464.272,6 kJ/kg de materia activa, respectivamente; ambos datos incluyen manufacturado (Fluck, 1992). El valor energético de los fertilizantes químicos incluye el gasto de fabricación más el contenido

energético del producto, y se estima en 79.921,6, 13.986,3, y 8.991,2 kJ/kg de elemento puro de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (Leach, 1976 en Naredo y Campos, 1980: 237).

El valor energético de los tractores y cosechadoras es la suma de los gastos energéticos en las reparaciones, aceites y amortización de la maquinaria. Hemos considerado para los tractores de 90 o más CV este valor como de 125.476,9 kJ/hora de uso; y para los de menor potencia, 50.950 kJ/hora (Leach, 1976 en Naredo y Campos, 1980: 237). Por otro lado, el consumo de gasoil es de 0,1875l*CV/hora*CV del tractor empleado. Para uno de 100 CV tendremos que el consumo de gasoil es de 18,751 litros/hora. El contenido energético del gasoil es de 40.357,9 kJ/litro (Campos y Naredo, 1980: 88). El riego, dada la peculiaridad del sistema de elevación de aguas a través de pozos colectivos, se ha contabilizado para todo el agroecosistema de Santa Fe, y no por cultivo, como es habitual. Los datos de consumo eléctrico han sido facilitados por las comunidades de regantes.

El aporte energético de la semilla empleada para la siembra se ha tenido en cuenta para los cultivos en los que se usa la totalidad del fruto (cereales, leguminosas grano, patatas...), ya que en el resto el contenido energético de la simiente respecto al producto total es insignificante. Igualmente se ha tenido en cuenta la reinversión de los plantones en cultivos frutales. Estos flujos energéticos se han considerado internos al sistema y por tanto consolidables, en todas las épocas, aunque en 1997 buena parte de las semillas son compradas fuera del municipio. Los censos ganaderos de mediados de los siglos XVIII y XIX muestran que la reposición de la cabaña de labor no se realizaba en el municipio, sino que se importaban animales adultos desde otras zonas. Hemos considerado necesaria la sustitución anual en un 10%, cuya alimentación, descontando la de los potros y muleros presentes en Santa Fe (Tabla 2), se ha contabilizado como una entrada al agroecosistema. El ganado de renta sí se sustituía con efectivos propios, salvo el ganado bovino en 1997, cuya reposición se ha considerado igualmente del 10% anual.

A partir de la información recogida y los cálculos realizados se han obtenido las eficiencias energéticas bruta y neta (Tabla 3), dos de los indicadores clásicos de evaluación energética de los agroecosistemas. En la agricultura tradicional han estado siempre por encima de la unidad, pues había una entrada de energía, la solar, que nunca se contabiliza en el balance, ya que es gratuita y no ha sufrido ninguna transformación previa por la acción del hombre antes de usarla en la actividad agraria (Campos y Naredo, 1980: 41). Actualmente esta relación es cercana o inferior a la unidad, pues los mecanismos naturales de funcionamiento de los ecosistemas (reciclaje, diversidad, etc.) han sido sustituidos por la introducción continua de energía procedente de combustibles fósiles. También se han calculado las partidas que componen el metabolismo agrario:

- la Extracción Doméstica (ED) es la biomasa producida por el agroecosistema de Santa Fe y consumida por el hombre, ganado de labor y ganado de renta.
- los Flujos Ocultos Domésticos (FOD) son los residuos de biomasa no empleados, plantones de árboles para reposición y semillas (es decir, todo lo producido en Santa Fe que se reinvierte en el agroecosistema).

- las Importaciones (I) son la energía que se incorpora hacia Santa Fe del exterior. Pueden ser de biomasa (estiércol, ganado de reposición, y alimento para el ganado, según la época); trabajo humano, que es la energía de los alimentos que corresponden al número de días que invierten en este municipio, considerando un gasto diario de 12,54 MJ; y otros insumos (mecanización, plaguicidas, fertilizantes y electricidad para el riego), calculados según se explicó con anterioridad.

Para el cálculo de los Flujos Ocultos de las Importaciones (FOI) se ha considerado lo siguiente: para la biomasa y el trabajo humano se ha multiplicado I por el % que representan los FOD respecto a la ED, según corte histórico; en cuanto a la mecanización, el flujo oculto es el gasto del procesado y refinado de gasoil que llega, no de los bienes de equipo. Dicho gasto se ha calculado considerando un gasto energético del litro de gasoil incluyendo procesado y transporte de 47.861 kJ/l (Fluck, 1992), mientras que su entalpía es de 40.357,9 kJ/l (Naredo y Campos, 1980). Plaguicidas y fertilizantes no conllevan flujos ocultos. En cuanto a la electricidad los flujos ocultos son las pérdidas que se producen en la producción y traslado de la energía eléctrica hasta Santa Fe, y suponen dos tercios del total.

El Input de Energía Total (IET) es la cantidad total de energía movilizada por una sociedad y consiste en los Inputs de Energía Directa (ED+I) y Flujos Ocultos (energía movilizada pero que no cruza los límites entre sociedad y ambiente: (FOD+FOI). El Consumo Doméstico (CD) es definido como los Inputs de Energía Directos menos Exportaciones (E). Es decir, la energía consumida por personas y animales de labor y renta de Santa Fe. La Energía Final (EF) es la usada para producir, en un primer escalón, Energía Útil (EU), utilizable para producir trabajo y finalmente servicios. La EF, en este caso, es la energía de la biomasa que consume el ganado de labor y la población humana, más la energía directa importada en forma de gasoil y electricidad. La EU es la invertida en el agroecosistema como trabajo, humano y/o animal, más el que realizan las máquinas. Para el cálculo de la EU aportada por el gasoil y la electricidad se ha multiplicado la EF de cada uno por 0,15 y 0,82, respectivamente (Haberl, 2001a y b).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La agricultura de Santa Fe hasta finales del siglo XIX era una agricultura orgánica donde el reciclaje de la materia y la integración agrícola-ganadera eran fundamentales. En este artículo podemos apreciar que la circulación interior de la energía también era una de las claves del funcionamiento del sistema, aunque éste sufrió una agricoltización paulatina motivada por la vinculación al mercado y el aumento de población, que dio lugar a una progresiva apertura a flujos externos de energía en valores absolutos (figuras 6, 7 y 8). Las figuras 3 y 4 muestran la energía solar convertida en cada espacio definido de Santa Fe en 1752 y 1856, evidenciando la importancia del espacio agrícola cultivado. Comparando esta situación con la de la comarca catalana del Vallès (Cussó *et al.*, 2006), o la de Austria a mitad del siglo XIX (Krausmann, 2006) se percibe la intensa agricoltización e intensificación de la producción de la vega de Granada. En nuestro caso, la energía neta fijada en la fotosíntesis en el espacio agrícola cultivado, sin considerar las

alamedas, superaba en ambos cortes históricos el 70%, frente al 43,7% en el caso catalán. Si efectuamos la comparación con los datos de productividad de la tierra de Krausmann (2006) para la llanura austriaca a mitad del s. XIX, tenemos para Santa Fe un valor de 28,5 GJ/ha en 1856, frente a 26 GJ/ha de Austria. Entre 1752 y 1856 se había acentuado la intensificación y agricolización, por incremento de la conversión agrosilvopastoril de 20,8 a 27,5 GJ/ha, y de la superficie agrícola cultivada, pasando a representar este espacio en 1856 el 81,1% de la conversión total, cuando en 1752 sólo significaba el 71,5%.

La producción de las alamedas (madera y leña) era aprovechada directamente por la población y, junto con la leña de olivo, suponía una disponibilidad máxima para ambas fechas de 438 kJ/hab. y día, muy inferior a las 29.260 kJ/hab./día estimadas para Europa continental hacia 1750 (Malanima, 2001: 51-68), lo que suponía la necesidad de importar carbón vegetal o leña desde zonas de mayor vocación forestal. En el otro extremo, la producción del pastizal era aprovechada de forma directa únicamente por el ganado, alcanzando un aprovechamiento del 85,2% en 1752, pero sólo del 11,3% en 1856 como síntoma del desajuste entre los distintos usos del territorio y la crisis de la agricultura orgánica avanzada de mitad del XIX. El espacio agrícola cultivado era compartido entre humanos y animales domésticos, correspondiendo un uso calórico relativo creciente para los primeros, lo que muestra también la progresiva competencia entre ambos y el desplazamiento de los segundos.

En 1752 la ganadería de renta transformaba la energía consumida en 2.727 GJ/año en carne y leche, mientras que en 1856 sólo alcanzaban 943,8, por el descenso experimentado en el tamaño del rebaño. Esta situación tuvo que manifestarse en un empeoramiento generalizado de la dieta humana, ya que además si bien la producción final agraria para uso humano casi se duplicó entre 1752 y 1856, pasando de 15.643 GJ/año a 29.228,7, también se duplicó el número de habitantes (figuras 3 y 4)

La producción neta de alimentos resultante estaba adaptada con cierta suficiencia a la población del término municipal en ambos momentos, pero muestra igualmente la situación de desajuste y déficit paulatino del metabolismo agrario para subvenir a las necesidades de la población. En 1752 la disponibilidad de alimentos suponía 16.634,8 kJ/día per capita (Tabla 3); mientras que a mitad del XIX se redujo a 12.916,2 kJ/día y hab. La composición de la dieta aportada por el agroecosistema también varió, pasando de suponer 342 g de carne y 54,4 cc de leche diarios por habitante a mediados del siglo XVIII, a 54,5 g de carne diaria por persona y 16,1 cc de leche. En ambos casos más del 95% de la carne provenía del cerdo.

En 1997, el proceso de agricolización e intensificación iniciado durante el siglo XIX parece consumado. El espacio agrícola cultivado supone el 100% de la energía neta fijada por el agroecosistema en el proceso de fotosíntesis, ya que la superficie potencialmente aprovechable para uso silvopastoril ha quedado reducida a un pinar de baja calidad sin uso ganadero ni forestal (Figura 5). Esta circunstancia, la expansión de un cultivo maderable, como el chopo, que aporta un tercio de la energía convertida, y sobre

todo el uso masivo de insumos, provocan un crecimiento espectacular de la conversión agrosilvopastoril por ha y año, que pasa a ser de 110 GJ.

La ampliación de superficie dedicada al chopo, junto con su intensificación productiva, que significa duplicar la energía neta fijada en este espacio respecto a épocas anteriores (Figuras 3, 4 y 5), permite que Santa Fe exporte por vez primera madera, superando el importante déficit de épocas anteriores. Actualmente Santa Fe produce 8,82 GJ/persona y año en madera, cuyo consumo en España es de 3,76 GJ/persona y año (INE, 2004).

Por otra parte, a finales del siglo XX se ha consumado la expulsión de la ganadería de labor del agroecosistema, siendo sustituida por la máquina. La ganadería de renta, sin embargo, sigue compartiendo el espacio cultivado con la población humana. Proporcionalmente han perdido mucho peso. Así, la producción final agrícola para uso animal era en 1752 del 72,8% de la superficie cultivada (salvo alamedas); en 1856 del 49,8%; y en 1997, del 34,8%. La expulsión de la ganadería también se percibe en el incremento de la apropiación humana del agroecosistema; así, actualmente la producción final agraria supone el 63,7% de la energía neta fijada, mientras que no llegó a alcanzar un tercio de la misma en los dos momentos anteriores. Como novedad, Santa Fe necesita actualmente importar piensos, ya que sólo produce el 84,8% de la alimentación del ganado de renta, externalizando parcialmente el mantenimiento de la cabaña ganadera.

La producción final ganadera para uso humano en 1997 asciende a 7.860,5 GJ/año, que si bien en términos absolutos es superior a épocas anteriores, por persona queda en una posición intermedia, cediendo el liderazgo a 1752, en cuya fecha se duplica el aporte per capita de producto animal para consumo humano respecto a 1997 (figuras 3, 4 y 5). La composición de la dieta de la población de Santa Fe a finales del siglo XX, en función de su producción ganadera, supondría el consumo de 12,6 g de carne al día por persona y 625 cc de leche. Esto muestra un cambio absoluto de tendencia respecto a épocas anteriores, en las que la producción de carne tuvo prioridad frente a la de leche; situación que puede deberse a un cambio cultural en el consumo, pero que sobre todo ejemplifica la especialización de un agroecosistema que responde a criterios de mercado, antes que a la satisfacción de las necesidades de la población local. La producción de leche está ligada a la presencia en la vega de Granada de la industria láctea Puleva Food S.L. La disponibilidad de alimentos por habitante y día asciende a 20.071,4 kJ en 1997, cantidad que excede las necesidades de la población e implica la posibilidad de exportar alimentos (Tabla 3).

En cuanto al funcionamiento del agroecosistema de Santa Fe, en 1752 sólo necesitaba incorporar desde el exterior animales de labor para reposición (1.955,8 GJ) y trabajo humano en los meses de preparación del suelo y siembra (81,2 GJ). El resto del trabajo humano (353,7 GJ.) era aportado por trabajadores del municipio. De la fijación fotosintética neta obtenida a mitad del XVIII, aproximadamente tres cuartas partes (59.004 GJ) eran aprovechables para la población sólo a través del ganado, en gran medida por el ganado de renta. La otra cuarta parte del producto (granos, frutos, fibra,

madera...), 19.194,5 GJ, podía ser empleado directamente por los humanos, pero una parte debía reinvertirse en el agroecosistema como semilla y plántones (2.674,8 GJ) y otra porción (3.603,6 GJ) debía dedicarse a piensos, fundamentalmente para el ganado de labor, más exigente dado el esfuerzo que se le requería en la realización de las tareas agrícolas. El ganado de renta, por su parte, transformaba el alimento consumido en 2.727 GJ de carne y leche. Así pues, la mayor parte de la energía recirculaba dentro del sistema, concretamente el 83,5% de la energía convertida. Esta recirculación era mediada por el componente ganadero en un 90,9%. La cabaña ganadera satisfacía las necesidades de estiércol y trabajo, invertidos fundamentalmente en las tierras de riego constante. Finalmente, a mitad del XVIII las salidas de energía del agroecosistema hacia la sociedad santafesina ascendían a 15.643,2 GJ (Figura 6 y Tabla 3).

En 1856, el funcionamiento era básicamente el mismo pero casi se habían triplicado las entradas energéticas desde el entorno, debido a la escasez relativa de estiércol, causada por la ampliación de las tierras de riego constante y la intensificación de la rotación realizada (Figura 7). El producto directamente utilizable por el ganado ascendía a 66.692,9 GJ gracias al incremento de las tierras dedicadas al cereal, pero su aprovechamiento en términos absolutos y relativos decreció, ya que el límite para la cabaña ganadera era impuesto por la imposibilidad de dedicar más tierras a la producción de pienso y la competencia con la alimentación humana que ello implicaba. Esto es sobre todo cierto para el ganado de labor, ya que ovejas y cabras empleaban en su alimentación primordialmente pasto, paja, rastrojos y ramón de olivo. El cerdo, en cambio, basaba su alimentación en el pastoreo y el pienso de haba fundamentalmente. No obstante, el empleo de las habas no suponía tanta competencia con la alimentación humana como la cebada. De hecho, el cultivo del haba como leguminosa era esencial en las rotaciones con el cereal de la época, para aportar fertilidad y para romper los ciclos de plagas y malas hierbas. En este sentido era insustituible y suponía un 15,5% de la superficie de regadío, en equilibrio con los otros cultivos que componían la rotación básica de la época: habas, cáñamo, trigo, trigo, lino y trigo. El haba constituía el 52% de la composición media del pienso producido en el municipio, formado por haba, cebada, maíz y mijo, lo que a todas luces excedía la capacidad de consumo del ganado dado su contenido en sustancias antinutritivas. La obligatoriedad de incluir el haba en la rotación básica daba lugar al exceso de haba en la dieta del ganado, que justificaba su empleo para los cerdos. Esto no era el caso del ganado de labor, que sí necesitaba grano de cereal. Como ocurría en 1752, la mayor parte de la energía recircula dentro del sistema, concretamente el 72,9% de la energía solar fijada por la fotosíntesis. Esta recirculación era mediada por el componente ganadero en un 58%.

Finalmente, el producto agrícola directamente aprovechable por los humanos ascendía a 37.556,4 GJ, de los cuales 2.445,9 GJ se reinvertían como semillas y plántones, y 6.825,6 GJ se destinaban a piensos. El resto, más 943,8 GJ de producto del ganado de renta (leche, carne), ascendía a 29.229 GJ, que son las salidas hacia la sociedad (Tabla 3).

Respecto a épocas anteriores, el funcionamiento del agroecosistema en 1997 se caracteriza por la magnitud y calidad de los flujos energéticos importados, que ascien-

den a 126.537 GJ, de los cuales el 20% corresponde a biomasa (piensos y reposición del ganado), y el resto, 80%, corresponde esencialmente a energía fósil más o menos transformada (Figura 8). El trabajo humano es propio y permanece en términos absolutos al nivel de 1752. Del producto agrario obtenido en la conversión agrosilvopastoril (385.827,6 GJ), el 28% (108.075 GJ) es aprovechable por la población sólo a través del ganado (pajas y rastrojos, ramón de olivo y forrajes); el resto (72%) puede emplearse directamente, aunque una pequeña parte se debe reemplazar como semilla y plantones (4.845 GJ), otra porción es dedicada a granos-pienso para el ganado de renta (34.920 GJ), y otra (23.838 GJ), corresponde a la leña del olivo que en este momento apenas se utiliza, siendo quemada en el campo. En definitiva, toda esta energía (semilla, plantones, alimentos del ganado, y biomasa no utilizada) recircula dentro del sistema, y supone el 44,5% de la energía neta total fijada en el proceso de conversión agrosilvopastoril. De la energía reemplazada, el ganado sólo media el 55,5%. Esta simplificación de los flujos internos respecto a épocas anteriores se ve compensada, para que el agroecosistema santafesino pueda seguir funcionando, por la importación de energía externa, con el consiguiente impacto medioambiental. El desajuste se ejemplifica igualmente por la baja mediación del ganado en el aprovechamiento de los residuos, a pesar de necesitar la importación de piensos; y en el despilfarro que supone la quema en el campo de los restos de poda del olivar.

Las salidas netas en 1752 ascenderían a 15.643,2 GJ, mientras que las entradas no consolidables, trabajo humano y reposición del ganado, alcanzarían las 2.390,7 GJ. La eficiencia energética neta resultante muestra que en Santa Fe se extraían 6,54 unidades de energía por cada una invertida. En 1856, al aumentar las entradas no consolidables, la eficiencia energética neta disminuyó a 4,55. En cualquier caso, la considerable eficiencia energética neta de la agricultura orgánica tradicional se debía a la integración de la ganadería en el agroecosistema, que transformaba la energía solar captada por parte de los cultivos en la energía necesaria para realizar las labores agrícolas, a la vez que movilizaba los nutrientes que luego eran puestos a disposición de las plantas en las parcelas de mayor potencial agrícola. También es causa de la alta eficiencia energética la dedicación de parte de las tierras a la fijación de nitrógeno atmosférico por leguminosas, lo que permitía la sustentabilidad del sistema sin recurrir a excesivos insumos externos. No obstante, exigía dedicar una porción de las tierras a producir piensos con los que alimentar el ganado de labor y fijar nitrógeno mediante leguminosas. Era la *rigidez territorial* propia de la agricultura orgánica tradicional, que a mitad del siglo XIX era parcialmente exportada por Santa Fe hacia los municipios vecinos. La importación de estiércol generaba una huella ecológica sobre los pueblos de los bordes de la Vega, donde predominaban los aprovechamientos del seco y abundaban las tierras incultas. La eficiencia del trabajo humano era alta, ya que la tracción animal soportaba el mayor peso del manejo (Tabla 3). En definitiva, la rigidez territorial deprimía claramente las posibilidades del crecimiento agrario, a diferencia de lo que ocurre en la actualidad, en que la importación de grandes cantidades de petróleo y fertilizantes ha permitido liberar terrenos para la agricultura⁷. El aumento desproporcionado de las entradas no consolidables

⁷ En los agroecosistemas del norte de Europa, sin apenas limitaciones hídricas, la producción de biomasa era comparativamente mayor y la competencia entre los usos pecuario, forestal y agrícola

en 1997 no es compensado por el incremento de producción, a pesar de que el output final disponible para la sociedad (221.873 GJ) multiplica por 14 y 8 el obtenido en 1752 y 1856, respectivamente. Por ello, la eficiencia energética neta se reduce 1,75, alcanzando el nivel más bajo de su historia, a pesar del potencial productivo de la vega granadina y su alta respuesta a las tecnologías de la Revolución Verde. La eficiencia del trabajo humano sube enormemente con respecto a épocas anteriores, como resultado de la incorporación de las máquinas al proceso de producción agraria (Tabla 3).

Por su parte, el metabolismo agrario (Figuras 9, 10 y 11) muestra las relaciones entre la naturaleza y la sociedad en cada momento, indicándonos, más allá del funcionamiento del sistema, si éste podía satisfacer las necesidades de la población y en qué términos de autonomía podía realizarlo. La extracción doméstica por persona cayó a la mitad entre 1752 y 1856, mengua que no se pudo solventar con las importaciones, ya que las condiciones tecnológicas no permitían trasladar energía más que desde puntos cercanos y de forma muy limitada. Por ello, el consumo doméstico per cápita disminuyó igualmente a la mitad, y las exportaciones teóricas que podía realizar el agroecosistema bajaron a un 60% en 1856 respecto al pasado siglo: en 1752 la energía final per capita era el 47% del consumo doméstico, frente al 71% que representaba en 1856. Esta situación avala el empeoramiento de la dieta que el agroecosistema santafesino era capaz de proveer a su población y que ya habíamos señalado, al ser desplazada la ganadería de renta fuera del término municipal. Sólo el ganado de labor, y con el objetivo de satisfacer las necesidades de trabajo y no de estiércol, permanecía en buena situación en Santa Fe. A pesar de ello, la energía útil per capita capaz de generar trabajo descendió un 25%.

El metabolismo agrario muestra, por tanto, la transición de una agricultura orgánica bien estructurada, compensada en sus diferentes componentes, con un funcionamiento autónomo y ecológicamente correcto, eficaz para satisfacer en buena medida las necesidades de la sociedad que albergaba, a una agricultura orgánica en crisis, descompensada, menos eficaz en el aprovechamiento de sus recursos (los flujos domésticos ocultos casi se han triplicado), y con mayores problemas para alimentar a su población. Fue este el resultado de la aplicación a Andalucía, al menos, de las medidas liberales en materia agraria y la promoción subsiguiente del sistema cereal, gran consumidor del territorio (González de Molina, 2002b). Esta situación sólo pudo solventarse a finales del siglo XIX y principios del XX, cuando la importación de fertilizantes químicos permitió incorporar nutrientes sin fuertes restricciones y reanudar el crecimiento agrario.

Actualmente, el metabolismo energético de la agricultura santafesina se diferencia radicalmente de épocas anteriores por la magnitud de los flujos de entrada y salida al municipio, en niveles superiores a los 10 GJ/ persona y año. Curiosamente, en términos energéticos se exporta lo que se importa; o más precisamente, sale algo menos de lo que entra. En cuanto a la composición del flujo exportado la mitad corresponde a

la, entre los cultivos destinados al consumo humano o animal, mucho menor. En esas latitudes pudo practicarse la rotación del sistema Norfolk, que permitió aumentar al mismo tiempo la producción de cereales para consumo humano, las cabezas de ganado y el stock de abonos naturales (GONZÁLEZ DE MOLINA, 2002a).

madera de chopo. En términos monetarios, los agricultores de Santa Fe tendrían ganancias netas si la energía de la biomasa que exportan valiera más que la energía (de origen fósil no lo olvidemos) que importan. Lamentablemente, la relación de los precios entre ambas ha ido siendo cada vez más desfavorable para los productos agrarios, comprometiendo la viabilidad de la agricultura de la vega granadina. Solamente a mitad del siglo XVIII las exportaciones superan las importaciones, duplicándolas.

TABLA 3. ÍNDICES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL AGROECOSISTEMA DE SANTA FE

	1752	1856	1997
Conversión agrosilvopastoril (CA) (GJ)	78.198	104.249	385.827,6
Índice de incremento de la conversión agrosilvopastoril	1	1,33	4,93
Producto ganadero (PG) (GJ)	2.727	944	7.860,5
Reempleos (semilla, plantones, alimentos del ganado, biomasa no utilizada) (GJ)	65.282	75.964	171.815
Input total consumido (ITC) (reempleos+trabajo humano+inputs importados) (GJ)	67.673	82.382,7	298.729
Eficiencia bruta del sistema (CA/ITC)	1,16	1,27	1,29
Output final (OF) (CA+PG-reempleos) (GJ)	15.643	29.229	221.873
Índice de incremento del output final	1	1,87	14,18
Input no consolidable (INC) (trabajo humano+inputs importados) (GJ)	2.390,7	6.418,5	126.914
Eficiencia neta del sistema ⁸ (OF/INC)	6,54	4,55	1,75
Trabajo humano (TH) (GJ)	434,9	704	376,6
Eficiencia neta del trabajo humano (OF/TH)	36,0	41,5	589,2
Alimentos(*)/habitante x día (kJ)	16.634,8	12.916,2	20.071,4

(*) La cosecha destinada a alimentación humana; no contempla los residuos, ni los cultivos forrajeros, industriales o forestales, ni la energía reinvertida en forma de semilla, o granos pienso necesarios para alimentación animal. Igualmente se ha descontado la parte no comestible de los distintos productos (cáscara, etc.). Se ha considerado para este cálculo la energía en valor nutritivo acorde con tablas standard de alimentación humana.

⁸ Otros autores consideran como índice de eficiencia el Output Final dividido por el Input Total Consumido, lo que no consideramos correcto. El índice así creado encierra un significado contable monetario de «rentabilidad de la inversión», y establece la relación, traducida a términos energéticos, entre el producto final (producto final comercializable, en definitiva) y la inversión que el agricultor se ve obligado a realizar para producirlo; esto es, lo que adquiere fuera del agroecosistema y lo que produce pero no puede vender porque es reinvertido (ej: granos y pajas con que alimenta al ganado de labor). Es un indicador adaptado desde la contabilidad de finca cuando ésta, con la industrialización de la agricultura, sustituye a agroecosistemas complejos, equilibrados y generalmente de mayor dimensión geográfica y se convierte en la unidad relevante de análisis; momento en el cual los flujos energéticos internos han sido destruidos y sustituidos por flujos externos y ajenos al agroecosistema. Al no contemplar el diferente funcionamiento energético de los sistemas agrarios en el pasado penaliza de forma injusta a los sistemas tradicionales cuando suma en el denominador los flujos de energía internos generados por el propio sistema, pero los descuenta del numerador porque no son comercializables. En 1752 este índice sería de 0,23, en 1856 de 0,35 y en 1997 de 0,74. Pero es que además este indicador carece de fundamento ecológico y entra en colisión con el concepto de sustentabilidad de los sistemas agrarios, ya que, como afirma la teoría agroecológica, ésta crece con la internalización de los flujos energéticos y la disminución de los

La extracción y el consumo doméstico son inferiores a 1752, aunque los flujos domésticos ocultos se duplican y casi alcanzan los de 1856, indicando igualmente desajustes e ineficiencias, ya comentadas. La energía final es el 30,9% del consumo doméstico, siendo la situación más favorable para la sociedad, que no necesita dedicar más de un tercio de su consumo a generar el trabajo necesario para el mantenimiento del sistema, siendo además muy ventajosa la relación entre energía útil y final, como consecuencia de la sustitución del trabajo animal por el de las máquinas. La consideración sobre los impactos ambientales de esta sustitución escapa a los objetivos de este artículo.

7. CONCLUSIONES

Hemos mostrado que para el funcionamiento de un agroecosistema basado en la energía solar resultaba esencial el mantenimiento del equilibrio en los distintos usos del suelo. Cada porción del territorio, dedicándose a un aprovechamiento particular, debía satisfacer las necesidades generadas por los otros, siendo el ganado un componente esencial para movilizar y orientar los flujos de energía y materiales de forma adecuada. Sistemas como el descrito muestran además una alta eficiencia energética, alcanzada sin empleo de energía fósil. El mantenimiento de la biodiversidad, la heterogeneidad espacial y la práctica habitual del reciclaje eran imprescindibles para garantizar el equilibrio general del sistema, propiedades que hoy se consideran básicas para el logro de la sustentabilidad agraria (Altieri, 1987; Gliessman, 1997). Resulta, pues, un sinsentido comparar la producción de entonces con la actual, medida en términos de productividad por hectárea de uno o varios cultivos. Las diferencias tan abismales en la productividad de la tierra se reducen de manera sustantiva si se compara la producción total de biomasa de ambos momentos y qué cantidad de ella se utiliza como input intermedio para la obtención de la biomasa destinada al consumo humano o a materias primas, muy alta en 1752, menor en 1856 y bastante baja en la actualidad.

No obstante, nuestro análisis ha mostrado que el agroecosistema santafesino estaba inmerso a mediados del XIX en un proceso avanzado de intensificación y agriculturalización que deprimían su eficiencia, generado por las demandas del mercado de la ciudad de Granada y el incremento de la población. El cambio institucional que consagró el mercado y la propiedad privada terminó causando un cierto desequilibrio territorial que hizo necesario recibir un ligero subsidio energético y de nutrientes desde el entorno para funcionar. En otros términos, establecer un nuevo equilibrio territorial con la incorporación de una porción de territorio externo al municipio, apropiado mediante la importación

subsidios externos necesarios para garantizar su funcionamiento, que es penalizada por este indicador de supuesta eficiencia. Tanto es así, que existe una estrecha relación entre la presencia de estos flujos internos y la existencia de biodiversidad y, por ende, con la estabilidad y resiliencia del sistema. Desde el punto de vista de la sustentabilidad agraria, lo interesante es comparar la energía que un agroecosistema tiene que importar para mantener su producción, relación que en la Tabla 3 hemos contemplado como eficiencia neta del sistema. Un sistema será más sustentable cuando necesita importar menos energía para mantener su producción o, lo que es lo mismo, cuando produce más por cada unidad energética externa invertida.

de estiércol. Esta sería la huella ecológica oculta del agroecosistema de Santa Fe, ciertamente inferior a la de la agricultura actual (Simón Fernández, 1999) y cualitativamente diferente, al no suponer ningún impacto ecológico negativo.

El caso estudiado muestra la incapacidad de un agroecosistema de base energética orgánica para responder a las demandas del mercado mediante el aumento de la superficie cultivada o los rendimientos por hectárea, esto es, mediante el crecimiento agrario, sin trastocar su equilibrio territorial. Muestra, además, que el crecimiento de la producción agraria favoreció la expansión de los mercados (en este caso mediante la importación de nutrientes), sin la cual el sistema no hubiera podido funcionar. Muestra, en fin, que la rotura del equilibrio entre los distintos usos del suelo estaba creando las condiciones para el cambio técnico, concretado años más tarde con la adopción de los primeros abonos químicos, y totalmente consolidado a finales del siglo XX. Entre tanto, el agroecosistema santafesino tuvo que desenvolverse dentro de límites muy estrictos que impedían alcanzar rendimientos por unidad de superficie como los que se estaban alcanzando en otros países europeos. Una asignación más igualitaria de la renta agraria hubiese mejorado la calidad de vida de los campesinos de Santa Fe, pero no habría aumentado sustancialmente la productividad de la tierra y del trabajo⁹.

La creciente orientación comercial de la producción hizo que se alcanzaran más pronto que en otros lugares los techos productivos de una agricultura de base orgánica. El territorio, el agua y el estiércol que se destinaron a producir lino, cáñamo y más trigo del que podía consumir la población santafesina hicieron retroceder la producción de cebada, limitando de esa manera la cabaña ganadera y las posibilidades de fertilización. Si se mantuvieron los niveles de producción aceptables e incluso crecieron en alguna medida durante la segunda mitad del XIX y hasta la llegada de los abonos químicos, fue porque se importó ganado y estiércol. Sin este aporte externo, los rendimientos hubieran incluso disminuido. Sólo una mejor dotación de agua para las tierras de riego eventual y para las de secano hubiese impulsado realmente la agricultura santafesina (cosa que ocurriría años más tarde), pero ello no era tecnológicamente posible todavía: los motores para elevar agua aún no estaban desarrollados y resultaba imposible establecer sistemas de regulación de aguas superficiales que salvaran el gran escollo de la agricultura mediterránea: el periodo seco veraniego, época en la que se debían sembrar los cultivos con mayor valor añadido. Un arreglo de cultivos menos comercial y más volcado hacia el abastecimiento interno de la población santafesina, que hubiese implicado cultivar más cebada y mantener más ganado, hubiese hecho crecer durante más tiempo la producción agraria, pero se habría llegado igualmente, aunque más tarde, a un tope de rendimientos y de productividad. Sin embargo, tal arreglo hubiese sido muy difícil de mantener con una revolución liberal triunfante y un país deficitario en la producción de cereales y con tan graves desequilibrios internos desde el punto de vista del abastecimiento alimentario.

⁹ La distribución del producto agrario entre los vecinos de Santa Fe y su incidencia en la evolución del propio agroecosistema, en GONZÁLEZ DE MOLINA Y GUZMÁN CASADO (2006).

La orientación comercial de la producción redujo, por tanto, de manera considerable las posibilidades de intensificación productiva con recursos propios del agroecosistema. Agronómicamente podría haber tenido lugar un incremento de la producción neta mediante la siembra de más leguminosas que incrementaran el nitrógeno en el suelo, en rotación o en policultivo. Cabría preguntarse por qué en los secanos la cebada no se alternó con una leguminosa como la veza forrajera o los yeros, cuando la producción neta de esta rotación en secano es superior a la rotación cebada-barbecho en condiciones de agricultura orgánica mediterránea (Lacasta *et al.*, 2006). O por qué el olivar o el viñedo no se acompañaron de leguminosas entre calles, que podrían estimular su producción a la vez que servir de pasto para el ganado, sin competencia por el agua si la cubierta es eliminada a principios de primavera. O por qué en el regadío no se impuso el policultivo de trigo con otra leguminosa, como alfalfa o veza, que a muy baja dosis y sin ánimo de recoger el grano, podría haber estimulado la producción del cereal. Hay razones para comprender por qué no se siguió por esta vía de intensificación. Una de ellas es que había exceso de leguminosa en el pienso producido, y por tanto no interesaba incrementar estos cultivos que, aunque destinados a pastoreo, representaban más trabajo en la siembra, fecha en la que éste era un factor limitante. Además, aunque la producción neta de la rotación cebada-veza, es superior a la de cebada-barbecho, el rendimiento de la cebada podía ser algo inferior, lo que sería injustificable al ser éste el producto estrella de la alimentación del ganado de labor. Por último, aunque el policultivo de regadío trigo-leguminosa podría incrementar el rendimiento del primero, daría lugar a una mezcla de pajas de cereal-leguminosa que disminuyendo su relación C:N las haría menos perdurables, empeorando su conservación para los meses estivales, cuando el pasto natural se agostaba.

Finalmente, a últimos del siglo XX se muestra el resultado del proceso modernizador de la agricultura, cuando ya se encuentra en crisis este modelo. El análisis de este caso, desde un enfoque sistémico, permite evidenciar sus desajustes e ineficiencias en el uso de sus propios recursos, y la falacia de la capacidad productiva de un agroecosistema que exporta menos energía de la que importa, cuya alta conversión agrosilvopastoril se debe en un tercio a la inclusión de un cultivo, el chopo, altamente productor de biomasa. Los graves problemas de sustentabilidad de este modelo de agricultura, cuyos impactos medioambientales y socioeconómicos hemos apenas esbozado en este artículo, plantean un reto fundamental para el siglo XXI: profundizar en el conocimiento de la estructura y el funcionamiento de los agroecosistemas, tradicionales y modernos, así como de los condicionantes y limitaciones a los que están sometidos, para avanzar en el diseño de sistemas agrarios más sustentables.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a José Manuel Naredo, Pablo Campos, Stephen Gliessman y Fridolin Krausmann sus sugerencias, que nos han permitido culminar este laborioso trabajo. Queremos agradecer igualmente la predisposición que siempre han mostrado Ramon Garrabou, Enric Tello y Xavier Cussó para compartir y discutir los resultados de esta investigación, y a los evaluadores anónimos por sus útiles indicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- ALTIERI, M.A. (1987): *Agroecology. The Scientific Basis of Alternative Agriculture*, Boulder, Westview Press.
- AMA (1991): *Base de datos IMA90. Informe General sobre el medio ambiente*, 1990, Sevilla, Junta de Andalucía.
- CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE (2000): *Informe 1998. Medio Ambiente en Andalucía*, Sevilla, Junta de Andalucía.
- ÁVILA CANO, J.C., GONZÁLEZ DE MOLINA, M. (1999): «El agua como factor limitante de la producción agrícola en Andalucía Oriental. La Vega de Granada, Siglos XIX y XX», en GARRABOU, R. Y NAREDO, J.M., (eds.), *El agua en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, Madrid, Argenteria-Visor, pp. 275-316.
- CALDERÓN ESPINOSA, E. (2002): *Manejos tradicionales del olivar en la comarca de los Montes Orientales (Granada)*, Tesis de Maestría inédita, Universidad Internacional de Andalucía, Septiembre de 2002.
- CAMPOS, P. Y NAREDO, J. M. (1980): «La energía en los sistemas agrarios», *Agricultura y Sociedad*, 15, pp. 17-113.
- CIVANTOS, L., OLID, M. (1982): «Los ramones de los olivos», *Agricultura*, 605, pp. 978-980.
- CUSSÓ, X., GARRABOU, R. Y 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, pp. 471-500.
- FISCHER-KOWALSKI, M. Y HABERL, H. (1997): «Tons, Joules and Money: Modes of Production and Their Sustainability Problems», *Society and Natural Resources*, 10 (1), pp. 61-85.
- FISCHER-KOWALSKI, M. (1998): «Society's metabolism: the intellectual history of materials flow analysis, part I, 1860-1970», *Journal of Industrial Ecology*, 2, pp. 61-77.
- FISCHER-KOWALSKI, M. Y W. HÜTTLER (1999): «Society's metabolism: the intellectual history of materials flow analysis, part II, 1970-1998», *Journal of Industrial Ecology*, 2, pp. 107-129.
- FLUCK, R.C. (ed.) (1992): «Energy in Farm Production», *Energy in World Agriculture*, 6, Amsterdam, Elsevier, pp. 13-52.
- GLIESSMAN, S.R. (1997): *Agroecology. Ecological Processes in Sustainable Agriculture*, Chelsea, Ann Arbor Press.
- GONZÁLEZ DE MOLINA, M. (2002a): «Environmental Constraints on Agricultural Growth in 19th Century Granada (Southern Spain)», *Ecological Economics*, 41, pp. 257-270.
- GONZÁLEZ DE MOLINA, M. (2002b): «Los límites ambientales del crecimiento agrario en Andalucía (siglos XIX y XX)», en GONZÁLEZ DE MOLINA, M. (ed.), *La Historia de Andalucía a debate. (II) El campo andaluz*, Barcelona, Anthropos, pp. 285-328.
- GONZÁLEZ DE MOLINA, M. Y GUZMÁN CASADO, G.I. (2006): *Tras los pasos de la insustentabilidad. Agricultura y Medio ambiente en perspectiva histórica (siglos XVIII-XX)*, Barcelona, Icaria Editorial.
- HABERL, H. (2001a): «The energetic metabolism of societies, Part I: Accounting Concepts», *Journal of Industrial Ecology*, 5, pp. 11-33.
- HABERL, H. (2001b): «The energetic metabolism of societies, Part II: Empirical Examples», *Journal of Industrial Ecology*, 5, pp. 71-88.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2004): *Cuentas de los Bosques. Serie 1995-2000*. (www.ine.es, visitada enero de 2005).

- IRA (1934): *Estudios agronómicos de Fuente Vaqueros*, Delegación Provincial de Granada del Instituto de Reforma Agraria.
- KRAUSMANN, F. (2006): «Una perspectiva biofísica del cambio agrícola en Austria: dos sistemas agrarios en las décadas de 1830 y 1990», *Historia Agraria*, 40, pp. 501-530.
- LACASTA, C., MECO, R. Y BENÍTEZ, M. (2006): «El fósforo en los agrosistemas de cereales», en *VII Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica*, Zaragoza, 18-23 de septiembre de 2006, Editado en CD, documento núm. 131.
- LÓPEZ PÉREZ, D. (1998): *Determinación de costes de cultivo en la Vega de Granada*, Trabajo Profesional Fin de Carrera. E.T.S. de Ingenieros Agrónomos y Montes, Universidad de Córdoba.
- LÓPEZ BELLIDO, L. (1991): *Cultivos herbáceos. Vol. I. Cereales*, Madrid, Mundi-Prensa.
- 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*, Routledge, Londres, pp. 51-68.
- MARTÍN VIVALDI, M.E. Y JIMÉNEZ OLIVENCIA, Y. (1994): «Transformaciones del paisaje en el área de influencia de la capital granadina: la Vega de Granada», *Cuadernos Geográficos*, 23, pp.175-193.
- MATAIX VERDÚ, J., MAÑAS ALMENDROS, M. (eds.) (1998): *Tabla de composición de alimentos españoles*, Granada, Universidad de Granada.
- NAREDO, J.M., P. CAMPOS (1980): «Los balances energéticos de la agricultura española», *Agricultura y Sociedad*, 15, pp. 163-255.
- PASSERA SASSI, C.B., GONZÁLEZ REBOLLAR, J.L., ROBLES CRUZ, A.B. Y ALLEGRETTI, L.I. (2001): «Determinación de la capacidad sustentadora de pastos de zonas áridas y semiáridas del sureste ibérico, a partir de algoritmos», en *Actas del Primer Foro Iberoamericano de pastos. XLI Reunión Científica de la SEEP*, pp. 611-617.
- PUJOL, J., GONZÁLEZ DE MOLINA, M., FERNÁNDEZ PRIETO, L., GALLEGU, D. Y GARRABOU, R. (2001): *El pozo de todos los males. Sobre el atraso en la agricultura española contemporánea*, Barcelona, Crítica.
- SIEFERLE, R.P. (2001): «Qué es la historia ecológica», en GONZÁLEZ DE MOLINA, M. Y MARTÍNEZ ALIER, J. (eds.), *Naturaleza transformada. Estudios de Historia Ambiental en España*, Barcelona, Icaria editorial, pp. 31- 54.
- SIMON FERNÁNDEZ, X. (1999): «El análisis de sistemas agrarios: una aportación económico-ecológica a una realidad compleja», *Historia Agraria*, 19, pp. 115-136.
- TOLEDO, V.M. Y GONZÁLEZ DE MOLINA, M. (2006): «El metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza» (en prensa).
- URBANO TERRÓN, P. (1992): *Fitotecnía General*, Madrid, Mundi-Prensa.

FIGURA 3. LA CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR INCIDENTE A TRAVÉS DE LOS DISTINTOS COMPONENTES DEL AGROECOSISTEMA DE SANTA FE EN 1752

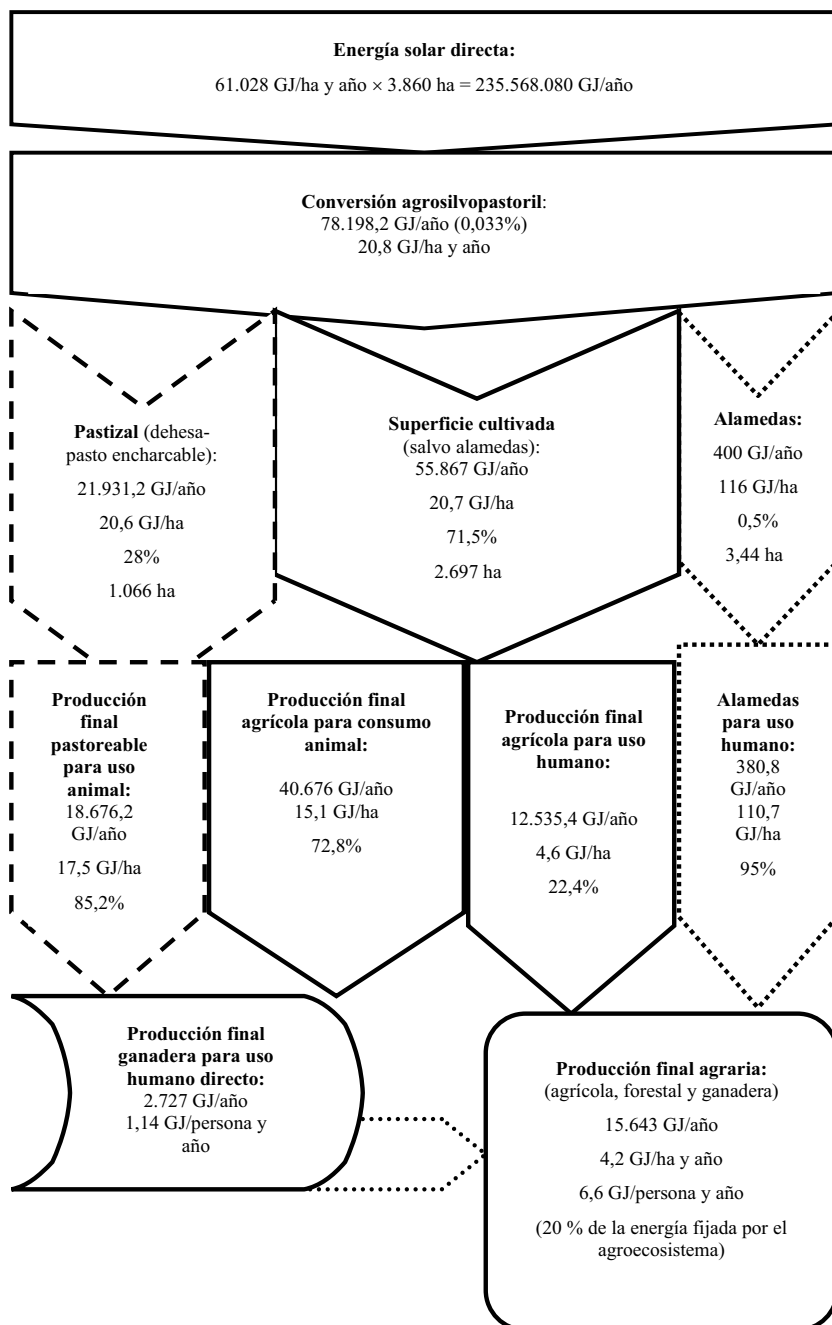


FIGURA 4. LA CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR INCIDENTE A TRAVÉS DE LOS DISTINTOS COMPONENTES DEL AGROECOSISTEMA DE SANTA FE EN 1856

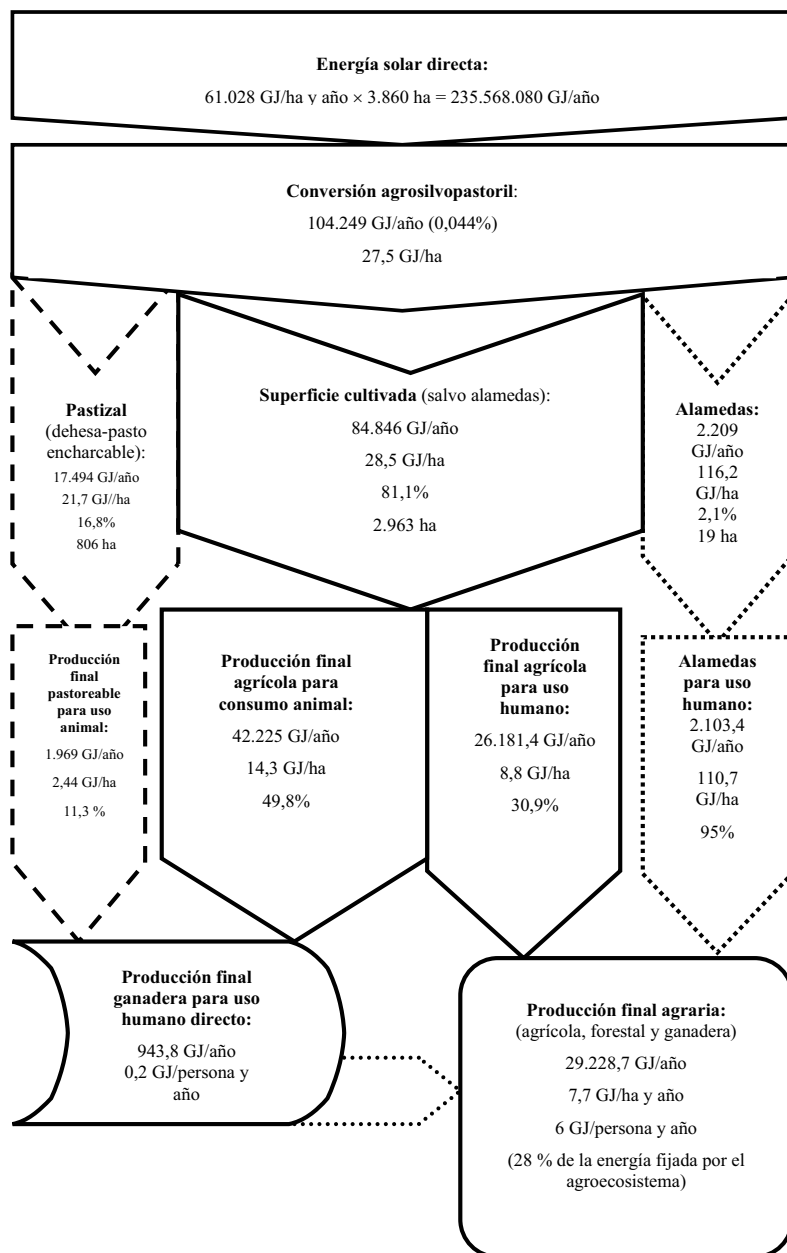


FIGURA 5. LA CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR INCIDENTE A TRAVÉS DE LOS DISTINTOS COMPONENTES DEL AGROECOSISTEMA DE SANTA FE EN 1997

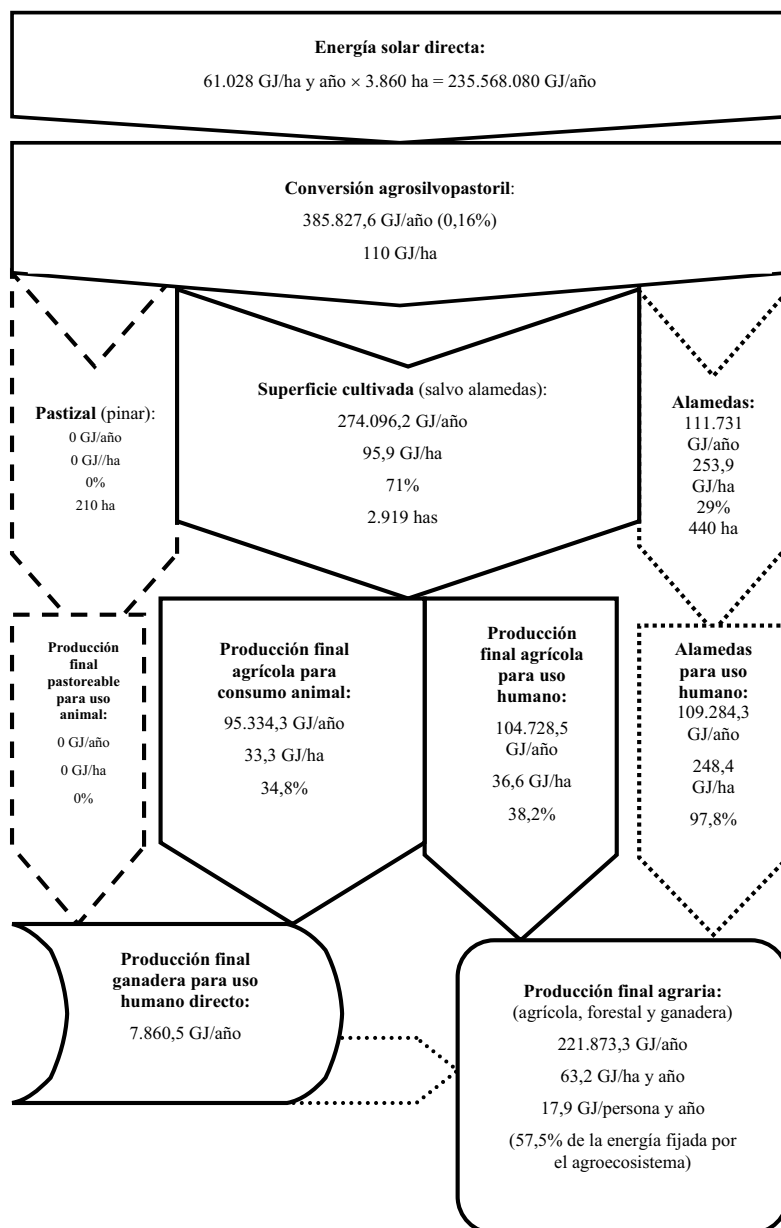


FIGURA 6. FUNCIONAMIENTO ENERGÉTICO DEL AGROECOSISTEMA DE SANTA FE EN 1752 (EN GJ/AÑO)

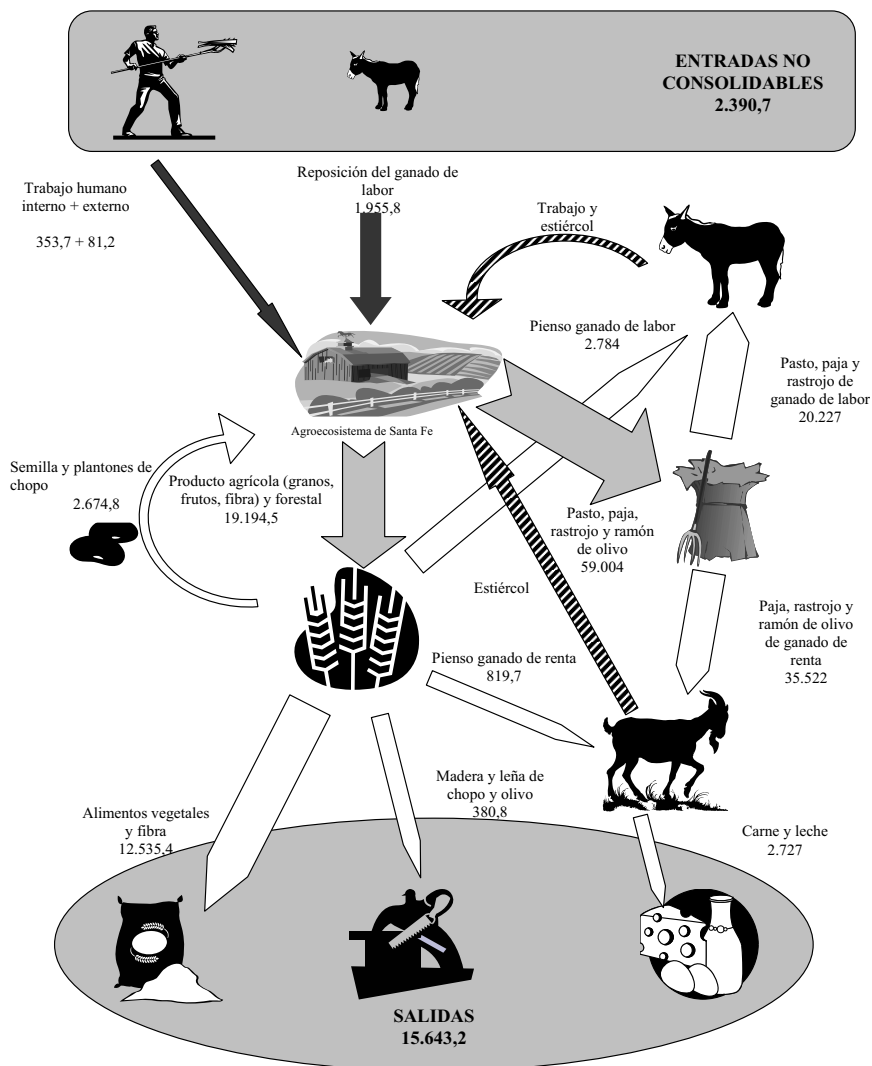


FIGURA 7. FUNCIONAMIENTO ENERGÉTICO DEL AGROECOSISTEMA DE SANTA FE EN 1856 (EN GJ/AÑO)

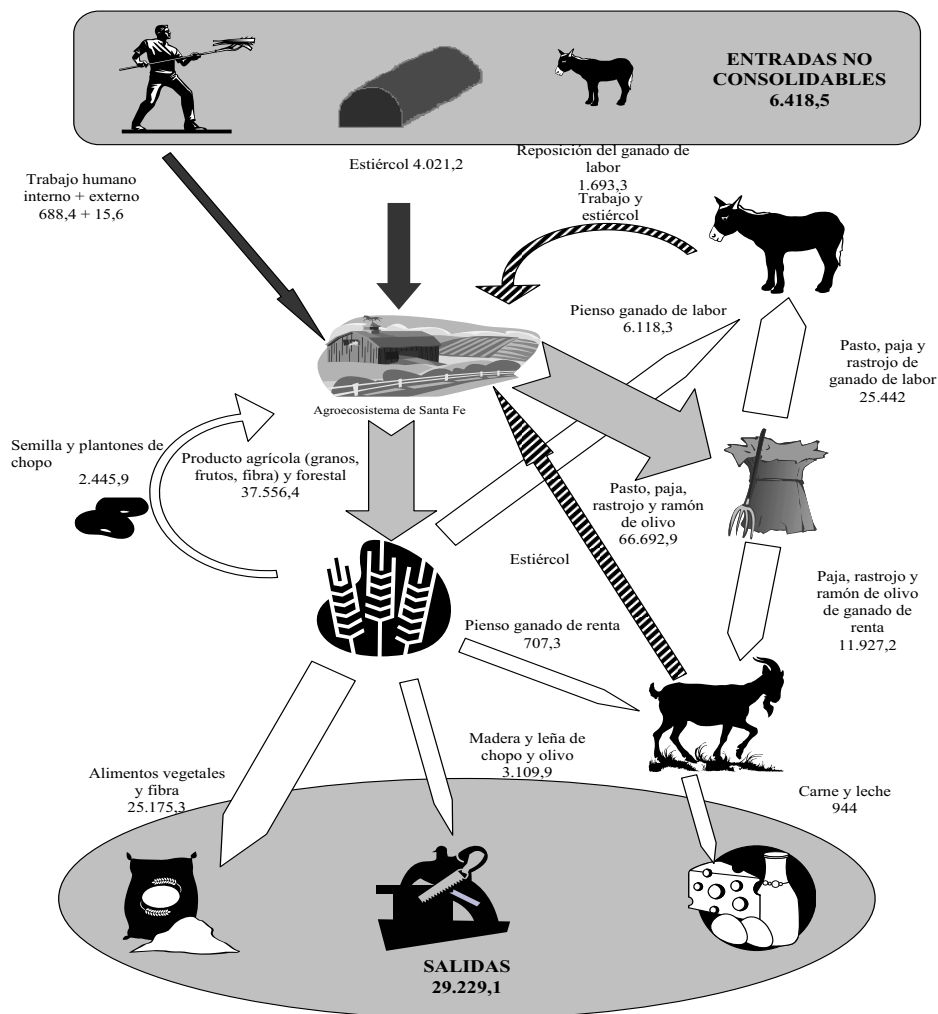


FIGURA 8. FUNCIONAMIENTO ENERGÉTICO DEL AGROECOSISTEMA DE SANTA FE EN 1997 (EN GJ/AÑO)

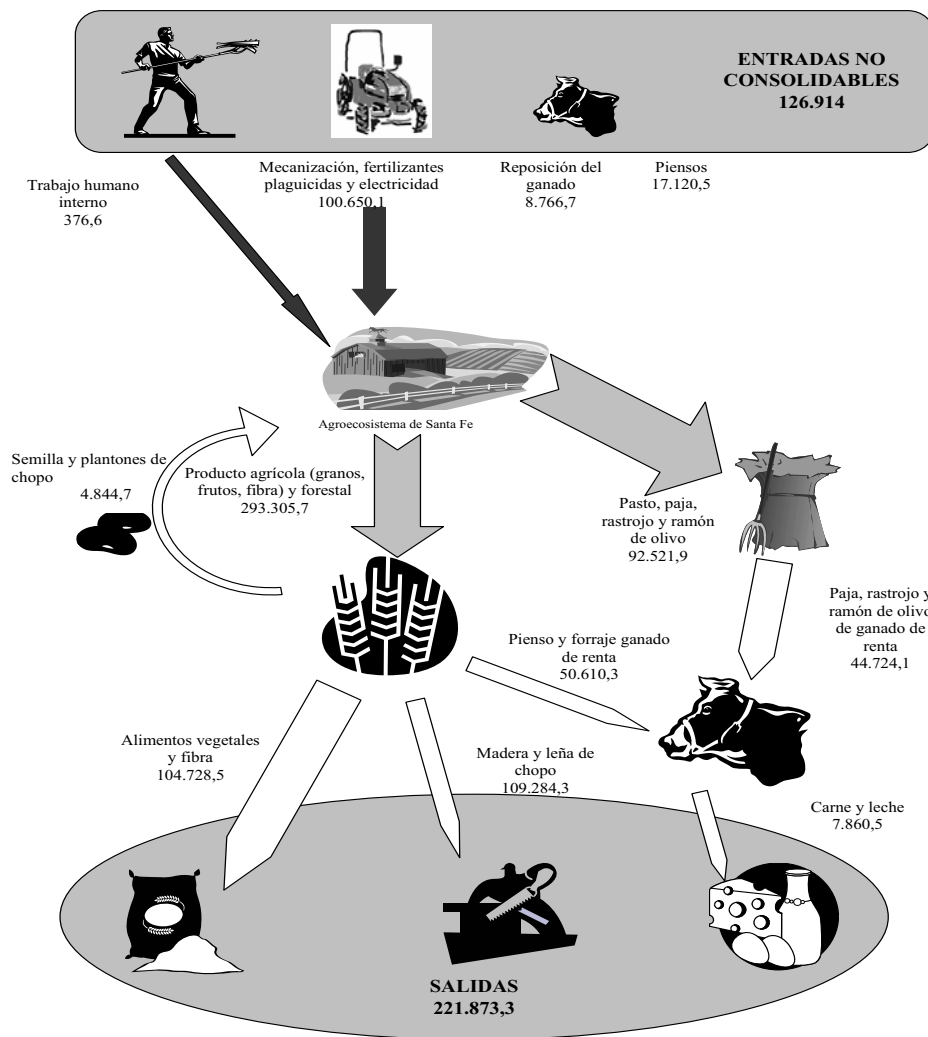


FIGURA 9. METABOLISMO ENERGÉTICO DE SANTA FE EN 1752 (GJ/PERSONA Y AÑO)

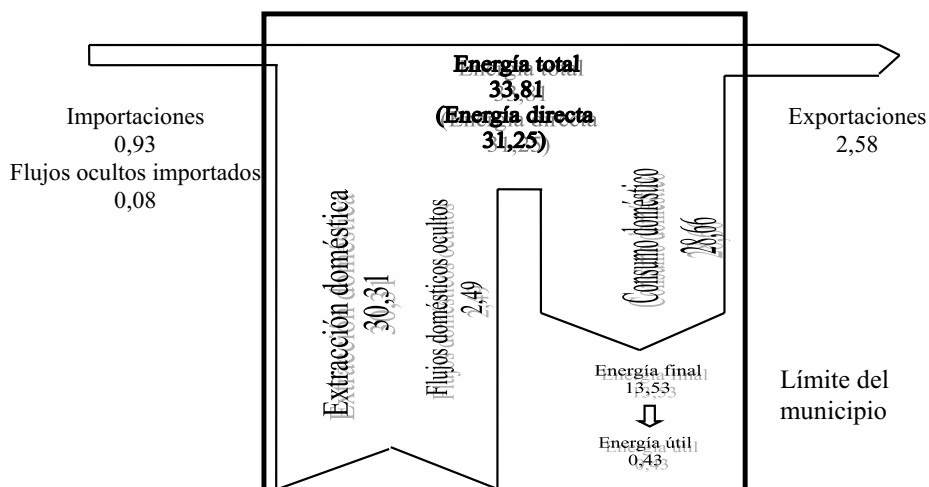


FIGURA 10. METABOLISMO AGRARIO ENERGÉTICO DE SANTA FE EN 1856 (GJ/PERSONA Y AÑO)

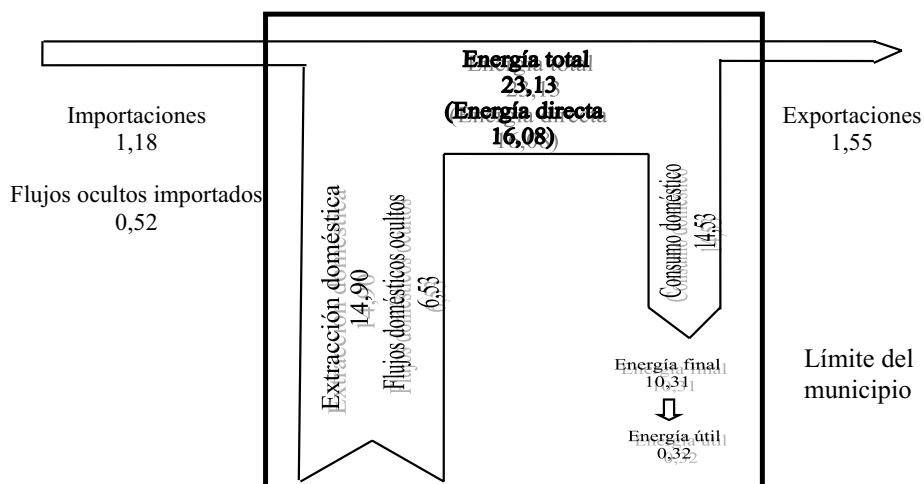


FIGURA 11. METABOLISMO AGRARIO ENERGÉTICO DE SANTA FE EN 1997 (GJ/PERSONA Y AÑO)

