

Sobre la sustentabilidad de la agricultura ecológica. Las enseñanzas de la Historia

Manuel González de Malina

Universidad Pablo Olavide, Sevilla

Gloria Guzmán Casado

Antonio Ortega Santos

Universidad de Granada

En este texto se examina la agricultura ecológica, según se practica en España, a la luz de la experiencia proporcionada por otras formas de manejo que se dieron en el pasado y que tampoco empleaban agroquímicos. Este ejercicio supone el uso de la Historia como un saber aplicado que puede proporcionar conocimientos útiles para el presente y, por supuesto, para el futuro. Como se verá en el texto, las agriculturas de base energética orgánica estaban «obligadas» a mantener un alto grado de sustentabilidad que, sin embargo, fueron perdiendo conforme se adecuaron a los requerimientos de las modernas economías de mercado y al «capitalismo agrario». En ese proceso pasaron por situaciones y utilizaron tecnologías diversas que nos pueden proporcionar elementos de comparación con la agricultura ecológica en orden a evaluar su grado de sustentabilidad. En esa medida, hemos tratado en el primer epígrafe de encuadrar esta investigación dentro de lo que pudiéramos llamar *Agroecología Histórica*, o simplemente Historia Ambiental, en la que se concede un importante valor explicativo a las variables ambientales. En dicho epígrafe se plantean también las principales hipótesis que han guiado el trabajo. A continuación se realiza un balance en términos físicos y territoriales de la evolución seguida por un caso concreto, que por su diversidad de aprovechamientos y su localización territorial puede considerarse representativo de las agriculturas ecológicas que se practican en la «España seca». En el tercer epígrafe hemos confrontado los resultados obtenidos del examen de los flujos físicos con el correspondiente

análisis energético, para terminar con un pequeño apartado donde hemos sistematizado las conclusiones extraídas y las posibles recomendaciones que se pudieran extraer de nuestro trabajo.

1. La Historia Agraria como saber aplicado

Como es sabido, el núcleo central de la Agroecología lo constituye el concepto de *coevolución entre los sistemas sociales y ecológicos*. El hecho de que la agricultura consista en la manipulación por parte de la sociedad de los ecosistemas naturales con objeto de convertirlos en agroecosistemas supone una alteración del equilibrio y la elasticidad original de aquéllos a través de una combinación de factores ecológicos y socioeconómicos. La producción agraria es ante todo el *resultado de las presiones socioeconómicas que realiza la sociedad sobre los ecosistemas naturales en el tiempo*. En este sentido, la artificialización de los ecosistemas es el resultado de una coevolución, en el sentido de *evolución integrada*, entre cultura y medio ambiente (NoRGAARD, 1987). El estudio de las distintas sociedades agrarias y las experiencias que dentro de ellas han ido desarrollando los seres humanos en el manejo de los agroecosistemas resultan relevantes para la Agroecología, tanto para el diagnóstico acertado de las enfermedades ecosistémicas como para la proposición de soluciones adecuadas para la implementación de formas de manejo sostenible. No cabe duda, la dimensión tiempo ocupa un lugar central en el análisis y en los métodos de la Agroecología.

En efecto, podríamos considerar la Historia, y más concretamente la Historia Ambiental, como un instrumento clínico para el adecuado diagnóstico de las patologías agroecosistémicas. Tal instrumento podría ser utilizado también en la fase terapéutica, proporcionando tratamientos específicos y adecuados que hubieran manifestado a lo largo del tiempo sus «propiedades curativas». La Historia Ambiental actuaría como una ciencia explicativa, permitiéndonos identificar en el tiempo aquellos factores que provocaron las transformaciones en la arquitectura y dinámica de los agroecosistemas y que resultarían directamente responsables de la situación actual. Tal identificación, en coordenadas de espacio y tiempo específicas, permite además conocer el grado de generalización de los cambios habidos y los sujetos que los provocaron, constituyendo un instrumento eficaz para

establecer el carácter y el alcance de los remedios de manera realista y adecuada. Muchos de los factores responsables de las patologías desbordan los marcos concretos de cada agroecosistema y requieren remedios mucho más amplios, en tanto que otros pueden ser solventados en su interior. Una terapia adecuada requiere la fijación precisa de la envergadura y amplitud de las causas que generan la enfermedad.

En este texto nos vamos a centrar en la virtualidad que para el diagnóstico agroecológico y el diseño de planes de desarrollo sustentable tiene la Historia Agraria como disciplina. En este sentido, el análisis histórico puede considerarse como un método, dentro del cual pueden ser utilizadas diferentes técnicas (de historia oral con informantes o con grupos de discusión, análisis estadístico de fuentes directas y secundarias, etc.) y diversos niveles de análisis (historia predial, de comunidad, de la sociedad local, de la sociedad mayor, etc.). El método histórico resulta, además, imprescindible cuando analizamos agroecosistemas fuertemente antropizados, en los que se han producido graves y profundas transformaciones y las formas de manejo tradicional han desaparecido prácticamente, como es el caso de los agroecosistemas españoles. Cuando el conocimiento tradicional y la racionalidad que lo guía han desaparecido, la Historia como disciplina científica se convierte en un instrumento necesario para recuperar y recrear, sobre nuevas bases tecnológicas y culturales, formas de manejo que en otro tiempo fueron sustentables y aprender de los errores cometidos a lo largo del tiempo. Ello convierte a la Historia en lo que en realidad no debió dejar de ser: la memoria colectiva de una comunidad de individuos determinada, en la que se encuentran almacenadas las experiencias positivas y negativas que tal colectividad ha ido acumulando en su relación con la naturaleza. Lo que aquí se reivindica, pues, es una dimensión práctica o aplicada de la Historia.

El caso que presentamos aquí aborda el análisis comparativo de la agricultura tradicional de base energética orgánica con la agricultura ecológica actual en términos de sustentabilidad. Entendemos que, en principio, *debería* existir una identidad esencial entre ambas, al menos en cuanto a su funcionamiento y, por tanto, de la estructuración de los flujos de energía y materiales. Obviamente, ni por el nivel tecnológico ni por los requerimientos socioeconómicos a que están sometidos, ambos sistemas no pueden ser idénticos, ello significaría

un «regreso» de la agricultura ecológica a formas de producción pensadas para situaciones históricas muy diferentes a las actuales. En este sentido, la agricultura ecológica (AE, en adelante) resulta ser más sustentable que la agricultura convencional, eso nadie lo discute. Sin embargo, su configuración actual en España (ALONSO MIELGO, 2001) presenta problemas de sustentabilidad debido, entre otras razones, a que buena parte de sus consumos intermedios son de origen no renovable, que indudablemente tienen impactos relativamente importantes sobre el medio ambiente (utilización de máquinas y sus correspondientes combustibles, fertilizantes orgánicos traídos de fuera y con costes energéticos elevados, etc.). Todo ello sin contabilizar el gasto energético adicional que muchos productos sufren hasta llegar al consumidor, debido a la utilización de «canales largos» de comercialización. Tales problemas de sustentabilidad son producto, según creemos, del olvido de la relación integrada que todo sistema agrario basado en energías renovables debe mantener en mayor o menor grado con el territorio que le rodea. La AE actual sigue en este sentido los mismos esquemas parcelarios de la agronomía convencional y sólo parcialmente la senda de los enfoques agroecológicos.

La hipótesis de la que partimos resulta bastante sencilla: la AE, en la medida en que aspira a volver a flujos lo más circulares posible de energía y de materiales, a maximizar los reempleos, al uso de rotaciones, a la utilización de nutrientes de origen orgánico y energías renovables, etc., debería resultar semejante en su racionalidad a la agricultura tradicional de base energética orgánica (razón por la que la hemos denominado también como agricultura orgánica tradicional). Las experiencias de manejo y funcionamiento de los agroecosistemas en el pasado, especialmente cuando utilizaban energías renovables y fertilizantes de origen animal, pueden proporcionarnos conocimientos útiles para mejorar en lo posible la sustentabilidad de la AE en un momento en que lo que se reclama del sector no es sólo la producción de alimentos sanos, sino también una contribución decisiva a la sustentabilidad de las actividades agrarias y la reducción y restauración de la calidad físico-biológica de nuestros agroecosistemas. En este sentido, resulta muy importante considerar las dos dimensiones apuntadas, puesto que se corre el riesgo (en la actual situación de inseguridad alimentaria generalizada) de priorizar la salud de los consumidores occidentales en detrimento de los efectos ambientales que la promoción de un modelo no sostenible de AE

tendría sobre el medio ambiente en general y sobre el medio ambiente de los países productores de materias primas fertilizantes y productos energéticos.

En efecto, la promoción de un modelo de AE como el actual, de enfoque parcelario como hemos dicho, que privilegia la finca y «olvida» las dimensiones territorialmente más amplias que tiene todo flujo de energía y nutrientes, tiende obviamente a reducir el impacto de las actividades agrarias que provoca el actual modelo de agricultura capital-intensiva. Sin embargo, este modelo no es más que parcialmente sustentable, tanto porque sigue consumiendo gran cantidad de energía fósil, como porque externaliza el coste territorial de la fertilización, generando una huella ecológica considerable. En este sentido, la AE debería orientarse hacia modelos de manejo más integrados en el territorio, que procuraran un cierre mayor de los flujos locales de energía y nutrientes. Precisamente en ese sentido, la experiencia que nos aportan los sistemas agrarios orgánicos tradicionales puede resultar útil para mostrar los consumos reales de territorio que generaron y para evaluar en términos de costes lo que supondrían éstos en el contexto tecnológico y económico de la agricultura actual. Del contraste de ambas situaciones pueden resultar interesantes propuestas de manejo, tanto en el ámbito de la finca y del productor, como en el ámbito de las administraciones públicas a quienes compete la ordenación de territorio y el establecimiento general de sus aprovechamientos.

Por ello vamos a estudiar lo sucedido en el caso concreto de la agricultura que se practicaba en Santa Fe, un municipio enclavado en la Vega de Granada de poco más de tres mil hectáreas que se caracteriza por su gran potencial agrícola. De hecho, es un agroecosistema de alta respuesta a las tecnologías propias de la llamada revolución «verde». Baste destacar, en este sentido, que el 85,59 por 100 de la superficie del municipio tiene una pendiente inferior al 3 por 100 (AMA, 1991) y que a finales del siglo xx el 77 por 100 de la superficie cultivada poseía riego. La privilegiada situación del lugar, en una de las zonas de regadío tradicional, con la presencia histórica del secano y el riego juntos, nos ha permitido estudiar la evolución en un período largo de tiempo, detectando la sucesión de estilos de manejo distintos, y captar la significación de los cambios habidos desde la implantación del régimen liberal y de la economía de mercado. El nivel de análisis ha sido, por tanto, el de la comunidad

local. El impacto que la implementación de un modelo de desarrollo económico dominante, el crecimiento agrario, caracterizado por el incremento constante de la base física de la producción y del consumo y por la ignorancia de las limitaciones ambientales, ha tenido sobre los agroecosistemas semiáridos del sur peninsular que no puede ser diagnosticado de manera adecuada a nivel de finca. Del mismo modo, cualquier análisis de la AE debe superar, ésa es nuestra propuesta, el ámbito concreto de finca o de asociación de productores para evaluar su impacto real sobre el medio ambiente.

Desde el punto de vista metodológico, hemos tomado la comparación entre el pasado y la situación actual como una herramienta de diagnóstico sobre el grado de sustentabilidad. La dificultad mayor radica, por tanto, en la caracterización de lo que entendemos por sustentable. En el marco de este trabajo, entendemos por sustentabilidad aquella situación dinámica en la que el agroecosistema tiene la máxima capacidad de recuperación tras los cambios de todo tipo (económico, ecológico, social) que sufre, lo que equivale a decir que el agroecosistema pueda reproducirse y perdurar a muy largo plazo. En otras palabras, el estado sustentable corresponde al estado agroecosistémico en el cual la capacidad de resiliencia es máxima. La utilización de indicadores para precisar en mayor medida este estado sustentable parece necesaria; sin embargo, la escala temporal a la que trabajamos y la dificultad subsecuente de obtención de datos fiables y comparables nos prohíben tal tarea. La alternativa que proponemos radica en la utilización de una serie de magnitudes que nos permitan acercarnos a la caracterización del estado sustentable. En el contexto histórico, el valor absoluto de estas magnitudes pierde interés frente a la capacidad de comparación de las mismas entre las diferentes épocas históricas contempladas. En consecuencia, trabajamos con los elementos siguientes:

- *El grado de reposición de los recursos:* La producción en el estado sustentable debe seguir la relación: consumo \leq reposición autónoma.
- *El grado de reciclaje:* Trátase de un aspecto particular de la reposición, desde el punto de vista de la calidad. En otras palabras, las cualidades del recurso repuesto deben permanecer inalteradas, so pena de no ser utilizables en el agroecosistema e incluso de dificultar su reposición.

- *La producción:* La producción física del agroecosistema debe ser máxima, dentro de los límites impuestos por los elementos anteriores. Dicho de otra forma, el nivel de producción debe corresponder al obtenido con el manejo que asegura la reposición y reciclaje del máximo factor limitante de la producción.

Estos criterios, que para el caso concreto que tratamos caracterizan el estado sustentable, permiten identificar y ordenar los problemas en función de su importancia para el logro del máximo grado de sustentabilidad de la AE actual. Permiten, en otros términos, evaluar el grado de aplicabilidad de las soluciones de manejo, derivadas del diagnóstico, en las condiciones actuales tanto políticas como económicas en las que se desenvuelve la AE en España, proponiendo soluciones viables.

2. Un estudio de caso: flujos físicos de la producción agraria en Santa Fe

Considerada a lo largo del tiempo, la orientación productiva y la elección de los cultivos, que caracterizaron el agroecosistema de Santa Fe, se fue haciendo de manera creciente de acuerdo con los requerimientos del mercado. De una situación inicial en la que un porcentaje muy relevante de la producción agraria tenía como destino la satisfacción de las necesidades de la comunidad –de ahí la fuerte presencia en los primeros cien años de la cebada para alimentar a los animales de labor y el olivo y la vid para alimentar a la población humana–, se llegó prontamente a una situación en la que todos los cultivos tenían el mercado exterior como destino y la razón de ser de su existencia.

El agroecosistema santafesino ha estado dividido en tres espacios agrarios marcadamente diferentes a lo largo de la Historia. Nos referimos a un espacio con cultivos de secano, otro con cultivos de regadío, obviamente el más intensivo, y una dehesa, dedicada tradicionalmente al pastoreo. Desde mitad del siglo XVIII hasta nuestros días hay que señalar un cierto incremento de la superficie total cultivada (de 2.696,7 ha. en 1752 a 3.359 en 1997), la enorme ampliación de las tierras de regadío a costa del secano (de 288 ha. en 1752 a 2.611 ha. en 1997); la repoblación con especies forestales de la dehesa, que ha perdido su uso para el pastoreo de ganado de renta;

TABLA 1

**Evolución de la producción estimada en secano y regadío en Santa Fe
(en hectáreas y toneladas métricas)**

	1754	1856	1904	1997
Superficie secano	1.128	1.225	1.239	748
Superficie regadío eventual	1.281	534	464	.
Superficie regadío constante	228	1.204	1.333	2.611
Superficie cultivada	2.697	2.963	3.036	3.359
Rendimiento neto totaVT. cultivadas	632	1.283	8.615	9.955
Rendimiento neto totaVSup. total	442	984	6.761	8.663
Rendimiento neto totaVT. regadío	1.016	2.090	14.195	12.451

Fuente: Elaboración propia.

la progresiva eliminación de las tierras dedicadas a proveer de alimentos al ganado; y, ya en la segunda mitad del siglo xx, el uso masivo de agroquímicos y de maquinaria automotriz que se realiza.

El agroecosistema santafesino estuvo tempranamente especializado en la producción de cereales y plantas industriales: primero fue el lino, posteriormente el cáñamo, después la remolacha azucarera y finalmente el tabaco, por ese orden. Todo este proceso evolutivo fue acompañado por una tendencia constante hacia la simplificación de los cultivos y la expansión de un monocultivo relativo. Con el tiempo unos pocos cultivos se fueron adueñando de la superficie de cada aprovechamiento: ajos y cebollas entre las hortalizas; chopo entre los aprovechamientos forestales; el trigo entre los cereales, etc. De todo ello cabe concluir que la situación actual es producto de la especialización y simplificación productiva que se ha ido produciendo a lo largo del tiempo.

A la reducción de la biodiversidad que esto ha supuesto ha ayudado también la estandarización de las variedades de semillas. Hasta finales del siglo xix casi todas las semillas se originaban dentro del propio sistema agrario y dentro de cada especie se manejaban diferentes variedades. El cambio comenzó con la introducción de la remolacha a fines del xix, cultivo que era monovarietal y cuyas semillas procedían del extranjero. A partir de los años treinta, la remolacha

fue sustituida por el tabaco y se extendió el cultivo de la patata. Las semillas de ambos cultivos provenían igualmente de fuera del agroecosistema. Lo mismo sucedería con los cereales, gracias al auge espectacular de las variedades alóctonas. Pero a partir de los años sesenta, los cambios en la fitocenosis se hicieron más rápidos e intensos. La mayor parte de las semillas utilizadas procedían de la mejora genética realizada por las casas comerciales, cosa que se ha generalizado en la actualidad. Finalmente, la reducción de las tasas de materia orgánica en los suelos, junto a la multiplicación de los tratamientos fitosanitarios han contribuido sin lugar a duda una fuente de reducción de las especies de bacterias, hongos y otros seres presentes en los suelos, que aportan una fuente innegable de estabilidad a los agroecosistemas.

TABLA 2
Evolución de la cabaña ganadera en número de cabezas

<i>Ganado</i>	1752	1856	1904	1997
Mular	51	150	150	22
Caballar	118	173	83	170
Asnal	25	23	23	7
Vacuno	79	101	101	1.220
Ovino	1.413	1.000	1.000	1.053
Caprino	298	51	51	1.087
Cerda	625	200	200	226
TOTAL	2.609	1.698	1.608	3.785

Fuente: Respuestas particulares del Catastro de Ensenada; Amillaramiento de la Riqueza Rústica y Pecuaria para 1856; Cuestionario Agrícola, año de 1904; Censo Ganadero para 1998 de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

Por su parte, la evolución de la cabaña ganadera -de la que dependió en buena medida la reposición de nutrientes y de la que depende la AE- muestra un aumento en cuanto al número total de cabezas y sobre todo un cambio muy significativo en su composición. A mediados del siglo XVIII, la cabaña se correspondía con las necesidades de carne y leche para el autoconsumo y de tracción

para el transporte y las faenas del campo; además, desempeñaba una tarea clave en el funcionamiento del agroecosistema en su totalidad' ya que proporcionaba los fertilizantes necesarios para reponer los nutrientes del suelo perdidos en cada ciclo agrícola. Este sistema entró en rápida decadencia cuando comenzó a difundirse la tracción mecánica y hubo menos espacio para el pastoreo y para el cultivo de forrajes, manteniéndose e incluso aumentando la cabaña ganadera pero completamente desligada del territorio, perdiendo sus funciones anteriores. El fenómeno se inició bien entrada la segunda mitad del siglo xx. En la actualidad las explotaciones ganaderas reúnen un número apreciable de cabezas de ganado vacuno, pero estabulado, en tanto la cabaña de ovino se ha mantenido y ha aumentado la de caprino; pero el cambio más importante ha venido del hecho de que los animales de labor ocupan un lugar prácticamente simbólico; los caballos, cuyo número es bastante similar al de 1856, ni sirven para transporte ni para trabajar la tierra, estando dedicados al recreo de sus propietarios; finalmente, la cría de animales para el autoconsumo está prácticamente abandonada.

Frente a ello, la población humana no ha dejado de crecer, multiplicándose por cinco a lo largo de los dos últimos siglos y medio. El agroecosistema santafesino permitió la multiplicación de la especie humana, que si no creció más fue por la tardanza en controlar los predadores naturales que la diezmaban: los gérmenes patógenos que periódicamente provocaban sobremortalidad entre la población. Cuando el hombre consiguió controlarlos, su crecimiento no encontró más obstáculo que la propia voluntad de autocontrol. Si la población creció más allá de su saldo vegetativo fue gracias a los movimientos migratorios que, mientras hubo agua, tierra y abonos de sobra, fueron de signo positivo. No obstante, a medida que la economía agraria santafesina comenzó a prescindir de mano de obra y que la agricultura dejó de representar la principal forma de ganarse la vida, la dinámica de la población siguió una tendencia mucho más autónoma respecto a la dinámica del agroecosistema, dependiendo de factores de índole más general relacionados con la «modernización» que registraba el conjunto del país.

El incremento tan espectacular experimentado por la producción agrícola ha tenido por objeto no sólo la satisfacción de las necesidades de una población en crecimiento, sino el incremento del consumo exosomático de los habitantes que aún siguen viviendo del agro-

ecosistema, número éste cada vez más reducido. A mediados del siglo XVIII prácticamente todos vivían de manera directa o indirecta de él, al constituir las actividades agrarias la fuente de energía, alimentos y herramientas esencial de una economía aún orgánica o solar (SIEFERLE, 2001). El que sólo un porcentaje reducido viva hoy del agroecosistema ha sido el resultado de la importación de grandes cantidades de energía y nutrientes. Incluso la elevación del consumo de toda clase de productos experimentado por los agricultores de Santa Fe, pese a ser cada vez menos, ha sido posible gracias a una transformación tan radical del agroecosistema que ha trastocado completamente su funcionamiento.

La tabla 3 describe esta evolución desde el punto de vista de los principales flujos físicos de la producción agraria. Los cortes cronológicos han sido elegidos a partir de una combinación de dos factores: la disponibilidad de fuentes y la elección de períodos que fueran representativos de las tres grandes transformaciones que jalónaron el proceso de industrialización de la agricultura contemporánea. En efecto, 1752 responde a la existencia del catastro del marqués de la Ensenada, que nos ofrece una foto fija bastante completa de la situación del agroecosistema y de sus formas de manejo cuando aún era de base energética orgánica y estaba inmerso en una economía aún estacionaria. El año de 1856 ha sido elegido por proporcionarnos la posibilidad de analizar las transformaciones que la introducción de la propiedad privada y del mercado trajeron consigo en los agroecosistemas mediterráneos donde no era posible practicar el *mixed farming* (GONZÁLEZ DE MOLINA, 2001). Tales datos nos permitirán evaluar el grado de sustentabilidad de un agroecosistema ya desequilibrado en términos territoriales. Los años iniciales del siglo xx permiten una evaluación semejante en un momento en que comienza a generalizarse el uso de fertilizantes químicos. El año de 1904 ha sido elegido por disponer para esa fecha de un completo cuestionario sobre la producción y comercialización de la producción agraria en su conjunto. Los datos referidos a 1997, extraídos de un detallado estudio de costes de la actividad agrícola (LÓPEZ PÉREZ, 1998) para Santa Fe y otra documentación complementaria, representan la situación actual en la que se ha implementado completamente el uso de las tecnologías de la «revolución verde».

La producción se ha multiplicado casi por 20 en 250 años, siendo las transformaciones agrarias acaecidas en el siglo xx las responsables

de los mayores incrementos tanto en los rendimientos por hectárea como en la productividad por horas de trabajo; pero ha sido el agua el principal responsable de tamaño aumento de la producción. La reconversión de secanos en regadíos y la consolidación de las dotaciones de agua, especialmente en el verano, han sido las vías que han propiciado el despegue (*vid.* tabla 1). Santa Fe y en buena medida la comarca de la Vega Baja no han sufrido limitaciones importantes de agua hasta la última década, gracias a su proximidad a Sierra Nevada y, sobre todo, a la explotación del acuífero subterráneo sobre el que se asientan y cuya recarga superaba las extracciones hasta hace unos pocos años. No obstante, la falta de humedad ha constituido el principal factor limitante de toda la agricultura mediterránea, en la que se incluye, obviamente, Santa Fe (PUJOL *et al.*, 2001). Ello debe explicarse más por las limitaciones tecnológicas que existieron en cada período para hacer posible la elevación e impulsión de agua que por las disponibilidades hídricas (MARTÍNEZ CARRIÓN y CALATAYUD, 1999). Por ello, y en la medida en que el desarrollo de las tecnologías hidráulicas escapó a las posibilidades de los agricultores de Santa Fe, no vamos a considerar en nuestro estudio la falta de humedad como el factor limitante de primera magnitud que en realidad fue. De esta manera podemos evitar la distorsión que ello resultaría al comparar sistemas agrarios de regadío con otros de secano. Vamos a considerar, pues, dentro de los flujos físicos de la producción los aportados por la mano de obra, la tracción animal o mecánica y los nutrientes imprescindibles, bajo el supuesto de que en un sistema agrario sustentable dichos flujos deben ser circulares, esto es, cerrados, reproduciéndose en el interior del mismo agroecosistema: de lo contrario requerirán de otras fuentes de energía y nutrientes, procedentes del suelo o del subsuelo de zonas situadas en el exterior, con lo que satisfacer los déficits producidos.

La tabla 3 refleja claramente lo que ya presagiaban los datos de superficie contenidos en la tabla 1: la vocación agrícola del agroecosistema se ha materializado en una orientación sostenida hacia la producción de alimentos de consumo humano y, de manera creciente, hacia la producción de cultivos industriales; todo ello en detrimento de la producción de alimentos dedicados al ganado o susceptibles de alimentar al ganado propio o exterior. Esta vocación alimentaria e industrial provocó déficits de nutrientes de gran magnitud, generados no sólo por el afianzamiento de la producción de

TABLA 3
Datos físicos de la producción agraria en Santa Fe, 1754-1997

<i>Concepto</i>	1754	1856	1904	1997
Producción total (Tm.)	1.707	3.802	26.160	33.439
Alimentación humana (Tm.)	1.254	2.874	10.762	17.686
Cultivos industriales (Tm.)	67	249	14.106 ²	10.110 ³
Alimentación animal (Tm.)	385	678	1.291	5.642
Cabezas de ganado	2.609	1.698	1.608	3.785
Necesidades de tracción (cabezas)	280	360	354	49 ⁴
Ganado de labor (cabezas)	273	410	357	-
Necesidades de alimentación (Tm.)	395 ¹	634	522	-
Producción de estiércol (Tm.)	2.830	3.182	2.621	7.470
Necesidades de nutrientes (Tm. de estiércol)	2.052	11.438	17.329	90.361
Necesidades de mano de obra (UTAs)	648	998	1.412	398
Población Activa Agraria (UTAs)	550	1.216	1.675	600

¹ Se refiere a toneladas de grano únicamente para el ganado de labor; el total de residuos de cereales resulta suficiente para satisfacer las necesidades de este tipo de ganado.

² Se ha incluido aquí la remolacha como cultivo destinado a las fábricas azucareras.

³ Se refiere al cultivo del tabaco y a la producción de chopo para madera.

⁴ Se refiere en esta fecha al número de UTAs de tractor o cosechadora.

Fuente: Elaboración propia.

alimentos y materias primas, sino también por la reducción del territorio dedicado a la producción de alimentos para el ganado. Tales déficits tienen, no cabe duda, gran importancia para enjuiciar el grado de sustentabilidad de la agricultura ecológica que hoy se practica.

Efectivamente, la tabla 3 descubre rápidamente que la falta de nutrientes constituyó el principal factor limitante de la agricultura santafesina a lo largo de su evolución histórica. Efectivamente, Santa Fe dispuso desde mediados del siglo XIX de la mano de obra suficiente para afrontar la creciente demanda de jornales provocada por la intensificación de la agricultura. Sólo durante el siglo XVIII y primera mitad del XIX el fracaso demográfico, provocado por las altas tasas de mortalidad y la mortalidad epidémica, generaron cierto desequilibrio entre las necesidades de mano de obra y la población activa residente en el pueblo. Las oportunidades de trabajo en la comarca y otros

factores relacionados con su carácter de cabecera de comarca explican que desde mediados del XIX Santa Fe se convirtiera en un buen lugar para vivir y, por tanto, sin grandes problemas de mano de obra. Por otro lado, mantuvo una cabaña ganadera no muy numerosa, pese a sus disponibilidades de agua, que además fue menguando con el tiempo (tabla 2). Los cerramientos primero, que arruinaron la ganadería de subsistencia, y la reducción de los terrenos de pasto después obligaron a una cabaña ganadera cada vez menor a competir por el escaso alimento existente. El ganado de labor fue el que salió más favorecido de la competencia, habida cuenta de que los requerimientos de tracción crecían al compás de la expansión agrícola. Pero el tamaño de la cabaña de labor estuvo contenido estrictamente dentro de los márgenes de las necesidades de trabajo animal, no de las de fertilización. De ahí que la producción de estiércol fuera también decreciendo, al compás que aumentaban las necesidades de nutrientes y crecía la producción en su conjunto. En la actualidad se ha roto la dependencia territorial de la ganadería gracias a la importación de forrajes y piensos. Ello ha permitido aumentar la cabaña ganadera y producir más estiércol, aunque en una proporción muy inferior a las necesidades, máxime si se tiene en cuenta que de las más de siete mil toneladas producidas de ese fertilizante orgánico es muy poco lo que se usa para abonar la tierra.

La característica más destacada, por tanto, de la agricultura santafesina ha sido la falta estructural de materias fertilizantes, y en concreto de estiércol, de tal manera que podríamos establecer una estrecha relación entre el incremento de los rendimientos por hectárea y la disponibilidad de nutrientes en cada momento de su evolución. Los datos muestran el relativo equilibrio existente en 1754 tanto en cuanto a las necesidades de tracción como a las de fertilización, dado que la cabaña ganadera podía satisfacerlas sin mayores problemas. Sólo cabe advertir cierto déficit en la mano de obra, que ascendía a 98 unidades de trabajo año y que debían buscarse en los pueblos limítrofes. Santa Fe tuvo problemas para estabilizar su crecimiento demográfico, tal y como hemos insinuado antes. No fue hasta mediados del XIX cuando, gracias sobre todo a la inmigración, el déficit de mano de obra se tradujo en la generación de un desempleo que suponemos estacional o paliado con el empleo en los alrededores. Sin embargo, el proceso de agricolización, que tuvo su soporte en la «revolución» del lino y del cáñamo y en la continuada expansión

del trigo, provocó un importante desequilibrio territorial que tuvo repercusiones sobre el tamaño de la cabaña ganadera de renta, provocando un importante desequilibrio entre las necesidades de nutrientes y la producción de estiércol, tal y como se aprecia en los datos correspondientes a 1856.

Tamaño desequilibrio creció en vez de menguar, creando las condiciones propicias para la introducción de los fertilizantes químicos, tal y como tuvimos oportunidad de demostrar en un trabajo anterior sobre el mismo agroecosistema (GONZÁLEZ DE MOLINA y POULIQUEN, 1996). Sin los abonos químicos, los costes económicos derivados de la compra de estiércol y de su transporte desde zonas cada vez más alejadas hubieran hecho prácticamente inviable el mantenimiento de la orientación agrícola alcanzada en 1904 sobre la base de la remolacha azucarera y su alto nivel de intensidad. Lo mismo podríamos decir respecto a la actualidad, con una situación aún más grave. El ganado de labor, que históricamente aportó la mayor parte del estiércol disponible, apenas desempeña hoy tareas agrícolas y aunque, en general, la producción de estiércol ha aumentado apenas se aplica a las tierras de cultivo. Con todo, la producción sigue siendo claramente insuficiente para satisfacer las necesidades. Se ha producido, pues, la segregación definitiva entre agricultura y ganadería. En esa medida se puede explicar el desajuste existente entre la producción destinada a la alimentación animal y el tamaño de la cabaña ganadera que ya no guardan relación. Las 5.642 Tm. de cereales-pienso y forrajes se destinan al mercado para alimentar a ganados externos, mientras que los piensos necesarios para la cabaña ganadera local, en su mayoría en régimen de estabulación, se traen también de fuera. Entre tanto, las necesidades de nutrientes se han multiplicado hasta requerir más de 90.000 Tm. estiércol (cantidad ésta resultado de traducir en este residuo animal las necesidades de nitrógeno, que resulta el principal factor limitante de entre los tres grandes macronutrientes). Tan importante cantidad no se explica sólo por el importante aumento experimentado por la producción en su conjunto, sino también por la práctica desaparición de las rotaciones tradicionales que hacían un uso sistemático de las leguminosas-grano, reduciendo las aportaciones necesarias de nitrógeno.

En definitiva, el agroecosistema ha sufrido a lo largo de su evolución una progresiva segregación de los usos agrícola y pecuario en perjuicio de este último, que han creado un importante desequi-

librio o desajuste territorial, sólo resuelto mediante la importación de nutrientes en forma de abonos químicos del exterior del agroecosistema. Por tanto, el grado de sustentabilidad ha disminuido apreciablemente. La existencia de serios problemas de contaminación de las aguas subterráneas por nitratos y el empobrecimiento de los suelos en materia orgánica constituyen algunos indicadores de la insostenibilidad actual de sus formas de manejo. Sin la existencia de fuentes externas de nutrientes o, si se prefiere, de territorios externos que desempeñan una función subsidiaria para el agroecosistema santafesino, éste no podría subsistir con el nivel de intensidad y productividad hoy alcanzado.

3. Balances energéticos de la producción agraria de Santa Fe

Este desequilibrio se puede comprobar de manera más detallada a través de un análisis energético que haga visible el radio de los flujos de energía en el sistema agrario que estamos considerando. Tal análisis nos permitirá, igualmente, valorar la eficiencia energética de cada forma de manejo y poder así compararlas con la agricultura que se practica hoy en día, situando el lugar aproximado del actual modelo de AE. El análisis energético permite, pues, estudiar la organización y recorrido de los flujos físicos del mismo, cuestión ésta que el análisis anterior sólo realiza en parte. La eficiencia energética, o razón entre las salidas y las entradas de energía en el sistema, es uno de los indicadores más empleados para evaluar los agroecosistemas. En la agricultura tradicional esta relación ha sido siempre muy alta, 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 muy pequeña, 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. El seguimiento de la evolución energética del agroecosistema se ha hecho en los cuatro momentos históricos ya señalados: mediados del siglo XVIII, mitad del siglo XIX, e inicios y finales del xx. Las razones de tal elección han sido anteriormente explicitadas ¹.

¹ Los aspectos metodológicos de los balances energéticos que presentamos a continuación pueden consultarse en GUZMÁN CASADO y GONZÁLEZ DE MOLINA, 2000.

Las tablas 4 y 5 resumen los resultados obtenidos del balance energético en los diferentes momentos históricos analizados, con o sin consolidación de los reempleos. La agricultura de Santa Fe a mediados del siglo XVIII era una agricultura orgánica donde el reciclaje de la materia y la integración agroganadera era una pieza fundamental. En este texto podemos apreciar que el reciclaje de energía también era una de las claves del funcionamiento del sistema. Si nos fijamos en la tabla 4 podemos ver, en primer lugar, que el uso de energías no renovables era nulo. En segundo lugar, había un empleo completo de los residuos (pajas, rastrojos, restos de poda y desvareto del olivar...) como alimentación del ganado de labor y de renta. Así, según nuestros cálculos, la suma de energía consumida por el ganado de labor y de renta era de 7.751×10^6 Kcal., extraordinariamente parecida a la producida por el agroecosistema, 7.828×10^6 Kcal. Estos eran así convertidos en el motor de funcionamiento del sistema ya que daban lugar, por una parte, a energía animal para desarrollar el trabajo agrícola; y por otro, a la energía necesaria para la vida edáfica a través del estiércol producido, mucho más estimulante que la paja o los restos leñosos solos.

La producción de alimentos (tabla 4) estaba, por otro lado, adaptada con suficiencia a la población del término municipal, así cada habitante dispondría de alrededor de 3.155 KcaVdía para satisfacer sus necesidades básicas, en las que se complementaban los alimentos de origen animal con los de origen vegetal. Por otro lado, la eficiencia del trabajo humano (tabla 5) era baja, aunque suponía un porcentaje muy pequeño de la energía invertida en el agroecosistema (0,9 por 100). Finalmente, la eficiencia energética, cuando no se consolidan los reempleos, era la menor de todas las fechas consideradas (1,3 Kcal. producidas por cada una invertida), seguida de la de 1856. Hay que considerar que en ambas fechas las salidas podían ser mayores a las estimadas, ya que por ejemplo no hemos encontrado datos de producción frutal, seguramente porque ésta estaba descentralizada, distribuyéndose los frutales de forma dispersa y destinándose la cosecha al consumo familiar. Tampoco hay información de la recolección de especies semisilvestres en los campos de cultivo, tales como las collejas, los espárragos, los caracoles, etc., que antes eran cosechados de forma habitual y que hoy han desaparecido prácticamente por el uso de los plaguicidas. Sin embargo, si consolidamos los reempleos (tabla 5) se convierte en un sistema muy eficiente (24,4 Kcal. por

TABLA 4

Índices elaborados para comparar desde el punto de vista del uso de la energía los diferentes manejos del agroecosistema de Santa Fe (sin consolidar los reemplazos)

	1752	1856	1904	1997
Salidas/entradas	1,3	1,6	3,1	4,2
Cosecha l/habitante 2 x día (Kcal.)	3.214	2.975	7.569	6.553
Número de personas/ha. cultivada ³ que mantiene ⁴	1,2	2,0	7,0	97,4
Energía no renovable invertida (porcentaje)	-	-	5,6	97,4
Energía humana invertida/entradas (porcentaje)	0,9	1,3	1,8	0,4
Energía aportada por ganado de labor/entradas (porcentaje)	45,8	61,0	49,2	-
Energía aportada por el abono químico/entradas (porcentaje)	-	-	4,7	41,2
Energía aportada por la mecanización/entradas (porcentaje)	-	-	-	42,6

¹ Se refiere a la cosecha destinada a alimentación humana, por tanto, no contempla ni los residuos, ni los cultivos forrajeros, ni los cultivos industriales, cuya energía se ha descontado de la cosecha total. Tampoco contempla la energía reinvertida en forma de semilla, ni los cereales-pienso (maíz, mijo y cebada de secano) que son necesarios para alimentación animal, provengan o no de! término de Santa Fe. Para 1997 no se han descontado los cereales maíz y cebada, ya que son exportados como tal fuera del agroecosistema al haber desaparecido el componente animal, y no conocemos exactamente su uso.

² Número de habitantes en el municipio: 2.426 en 1752, 4.866 en 1856, 7.016 en 1902 y 12.387 para finales de 1997 (INE, 2000).

³ Número de hectáreas cultivadas: 2.696,7 en 1752, 2.963 en 1856, 3.036 en 1904 y 3.359 en 1997.

⁴ Se ha considerado una dieta de 2.500 Kcal./persona y día. Para realizar este cálculo se ha considerado la energía de la cosecha tal y como se define en la nota 1.

cada una invertida procedente de fuera de la finca), que se sitúa por encima de las 23 Kcal. de cosecha por cada kilocaloría invertida por el hombre procedente del exterior de la finca en el sistema al tercio en el Valle del Guadalquivir en los años veinte-treinta del siglo XX (CAMPOS y NAREDO, 1980: 45) a pesar de que ya se empleaban en este caso algunos fertilizantes. Es, desde esta perspectiva, mucho más eficiente que el agroecosistema santafesino de 1997.

A mediados del siglo XIX la situación se había modificado, intensificándose, debido fundamentalmente a que la superficie de regadío se había multiplicado por cuatro. Resultado de ello es que la relación salidas/entradas sin consolidar los reempleos aumentó, aunque ello esconde una situación de desequilibrio frente a 1752. Así, la reutilización de los residuos desciende prácticamente del 100 por 100 en 1752 hasta el 81,8 por 100, quedando casi un 20 por 100 de restos sin uso. Situación paradójica si se piensa que ya el término municipal necesitaba importar nutrientes en forma de estiércol desde los pueblos limítrofes. En esta fecha el uso de energía no renovable seguía siendo nulo. La cosecha de alimentos por habitante y día resultó ser menor que la de 1752. Aunque la intensificación permitió un cierto aumento de la producción por unidad de superficie, ésta se hizo mediante la introducción de un nuevo cultivo industrial, el cáñamo, por tanto no alimentario; todo ello en un contexto en el que la población se había duplicado. Se trataba de un manejo del agroecosistema muy demandante de trabajo, pues vemos que también el aporte humano creció en porcentaje respecto a 1752, sumando entre los dos el 62,3 por 100 de las entradas de energía (tabla 4), lo que puede deberse al exceso de mano de obra presente con respecto a las necesidades (*vid.* tabla 3). Sin embargo, se trataba, sin duda, de la situación más desfavorable desde el punto de vista energético, una vez consolidados los reempleos, era un cuarto (5,8) que la de 1752 (24,1) Y la mitad que la de 1904 (10,5), en unas circunstancias parecidas en cuanto acceso a insumas, la rentabilidad de este exceso de trabajo era desde el punto de vista energético negativa. Ello se produce a pesar de la mayor eficiencia del trabajo, tanto humano como animal, con respecto al siglo anterior, y es debido al gasto de energía que supone la entrada de estiércol desde los pueblos circundantes y que lógicamente no es consolidable.

En 1904, la inclusión de la remolacha como cultivo estrella en la rotación de regadío supone aumentar enormemente la salida total de energía del sistema respecto a fechas anteriores. Es en este momento cuando la eficiencia energética de un sistema orgánico sin consolidar los reempleos es mayor, con una relación salidas/entradas de 3,1. No obstante, aumentan los desequilibrios. Así, la inclusión de la remolacha supuso un importante incremento de la extracción de nutrientes del suelo, que no logró paliar el incipiente uso de abonos químicos (GONZÁLEZ DE MOLINA YPOULIQUEN, 1996).

Tal tipo de abonos suponía el aporte, por primera vez, de energía no renovable como corrector de los desequilibrios provocados por el manejo. Además, aunque el ganado de labor había permanecido relativamente estable y había aumentado el de renta, el sistema necesitaba la entrada de energía externa en forma de obradas y, sobre todo, de estiércol de los municipios aledaños. Todos estos ingresos energéticos exógenos provocaban que la eficiencia del agroecosistema, cuando se consolidan los reempleos, fuera de 12,2 Kcal. por cada una de ellas invertida, justamente la mitad de la registrada en 1752.

La eficiencia del trabajo humano se multiplicó por 3,2 y 2,7 respecto a 1752 y 1856, debido a la inclusión de la remolacha en la rotación, cultivo que dio lugar a una elevada producción de energía por hectárea. Además, este sistema superaba al resto en cuanto a la obtención de cosecha directamente aprovechable por el hombre (111,9 Kcal.) por Kilocaloría invertida con su trabajo, cuando aún no se empleaba maquinaria automotriz; multiplicaba por 1,5, además, la energía obtenida en el sistema al tercio del Valle del Guadalquivir en las primeras décadas del siglo xx, y similar a la obtenida en el sistema de año y vez tradicional a mediados de dicho siglo en la misma zona (CAMPOS y NAREDO, 1980: 44 y 51). Asimismo, la eficiencia respecto al abono químico era alta, seguramente debido a que el sistema estaba movilizandando todas sus reservas de fertilidad de suelo acumuladas en las épocas anteriores menos extractivas.

A finales del siglo xx la eficiencia energética del sistema sin consolidar los reempleos es la más alta, ya que la salida neta de energía se ha multiplicado por 2,8 respecto a 1904 gracias a la expansión del riego, a la conversión en cultivo del chopo, especie ésta gran productora de biomasa, y a la enorme cantidad de energía que se introduce en el sistema, que se ha duplicado en relación a la aportada a principios del siglo xx. Sin embargo, si observamos la eficiencia del sistema una vez consolidados los reempleos (tabla 5) vemos que la situación es claramente negativa para la agricultura actual, con sólo 2,5 Kcal. aprovechadas por el hombre por cada una que invierte. Ello a pesar de que Santa Fe posee las mejores características biofísicas para responder a los insumos típicos de la revolución «verde», por ser una zona de vega, con acceso a riego y con suelos profundos y de naturaleza fértil. Esta buena respuesta la demuestra el hecho de que los rendimientos de los cultivos son muy altos, así es de

14.000 kglha. para el maíz, y de 8.000 kglha. para el trigo blando (LÓPEZ PÉREZ, 1998). Hay que destacar también el enorme porcentaje que en esta entrada de energía ocupa la procedente de fuentes no renovables (97,4 por 100) y que subraya el carácter dependiente e insostenible de la agricultura industrializada actual. No obstante, esta transformación ha permitido la sustitución completa del trabajo animal y en buena medida del trabajo humano. En este momento se obtienen veinte, diecisiete y seis veces más energía por Kilocaloría invertida por el hombre que en 1752, 1856 y en 1904, respectivamente. En sentido contrario, la eficiencia de los fertilizantes ha descendido enormemente respecto a principios de siglo, quizás porque las reservas de fertilidad natural del suelo están ya agotadas. Por último, cabe mencionar que la práctica eliminación del componente ganadero, sobre todo el de labor, implica el desperdicio de buena parte de la energía producida por el sistema, la contenida en los residuos, que son eliminados a través de su quema. Esto provoca, además, importantes emisiones de CO₂ a la atmósfera y la no reposición de materia orgánica en el suelo, elementos que contribuyen a hacer insostenible el modelo agrícola actual.

TABLA 5

Índices elaborados para comparar desde el punto de vista del uso de la energía los diferentes manejos del agroecosistema de Santa Fe (consolidando los reemplazos)

	1752	1856	1904	1997
Eficiencia total (salidas/entradas)	24,4	7,7	12,2	4,2
Eficiencia parcial (cosecha l/entradas)	24,1	5,8	10,5	2,5
Eficiencia del trabajo humano (cosecha l/E. trabajo)	35,1	41,9	111,9	715,1
Eficiencia de los fertilizantes químicos (cosecha l/E. fertilizantes)	-	-	42,7	6,1
Eficiencia de los gastos energía fósil (cosecha l/E. fósil)	-	-	42,7	2,7

1 Sin considerar los residuos.

Fuente: Elaboración propia.

La gran eficiencia energética de la agricultura orgánica a mitad del siglo XVIII consolidando los reempleos 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, principalmente definido por el acceso al agua de riego. No obstante, esto presentaba su cara negativa, la llamada *dependencia territorial* u obligación de dedicar buena parte de las tierras para producir piensos con los que alimentar el ganado de labor (el ganado de renta sólo se alimentaba de subproductos como las pajas y los rastrojos, y del acceso a las áreas comunes de dehesa y ribera del Genil) y para fijar nitrógeno con el uso de leguminosas. Ambas cosas iban en detrimento de la alimentación humana, la primera por razones obvias y la segunda porque si bien un kilogramo de sus granos posee un contenido energético similar al de los cereales, su rendimiento por unidad de superficie es mucho menor. Ésta es una de las razones de la baja capacidad de sostener personas por hectárea en 1752 y 1856. También es causa de la alta eficiencia energética de mitad del siglo XVIII la dedicación de parte de las tierras a la fijación de nitrógeno atmosférico a través de leguminosas, lo que permitía la sostenibilidad del sistema sin recurrir a insumos externos, lógicamente no disponibles en la época. Las sustituciones de ambos componentes, ganados y leguminosas, por maquinaria movida mediante energías fósiles y fertilizantes sintéticos están, pues, en la base del despilfarro de energía proveniente del petróleo de la agricultura industrializada. Obsérvese que en 1997 estos dos conceptos, mecanización y fertilizantes, suponen el 83,8 por 100 de las entradas de energía en el sistema.

La AE se encuentra actualmente entre ambos extremos, ya que aunque emplea cantidades similares (o superiores) de energía fósil con destino al uso de maquinaria que la agricultura industrializada o convencional (LEAKE, 1997; GUZMÁN CASADO *et al.*) 2002), tendría que dar lugar, al menos, a un ahorro de energía significativo gracias al empleo de fertilizantes orgánicos (LAMPKIN, 1997; LEAKE, 1997; Guzmán Casado *et al.*) 2002). Sin embargo, la separación entre agricultura y ganadería en España y en otros países de la DE dificulta la generalización de dicho ahorro. De hecho, la falta estructural de fertilizantes orgánicos constituye un factor limitante de primer orden

para la generalización de este modelo de agricultura. Además, las posibilidades de utilizar fertilizantes de fuera de los agroecosistemas manejados ecológicamente es por ahora difícil, caro y reproduce un modelo de agricultura de mera sustitución de insumos que en modo alguno cierra los flujos de nutrientes a nivel local, condición indispensable para el logro de la sustentabilidad.

La desestructuración de los flujos de la agricultura convencional, e incluso de la agricultura orgánica cuyo equilibrio se fue perdiendo, puede verse más claramente en la tabla 6, donde hemos intentado calcular el territorio adicional necesario para cerrar el flujo del principal factor limitante de la agricultura mediterránea, los nutrientes. En la tabla 6 se recogen los resultados de traducir en hectáreas de tierra, en mano de obra y en trabajo animal las necesidades de fertilización. Para la realización de los cálculos hemos procedido de la manera siguiente: el consumo de territorio «supletorio» para aten-

TABLA 6
Requerimientos territoriales de la producción agraria en Santa Fe, 1754-1997

<i>Superficie destinada a</i>	1754	1856	1904	1997
Alimentación humana (ha.)	1.200,0	1.391,3	1.734,2	2.395
Cultivos industriales (ha.)	222,7	383,6	352,7	770
Alimentación animal (ha.)	1.643,3	1.354,1	1.042,1	117
Superficie agraria útil (ha.)	3.057,0	3.129,0	3.129,0	3.492 ¹
Superficie supletoria para atender a las necesidades de fertilización (ha.)	-	(a) 1.513,0 (b) 3.591,0	(a) 2.184,0 (b) 5.051,0	13.048
Mano de obra supletoria (UTAs)	98	435	97	963 ²
Superficie total requerida (ha.)	3.057	(a) 4.620 (b) 6.720	(a) 5.313 (b) 8.180	16.540
Mano de obra total requerida (UTAs)	648	1.651	1.772	1.563

¹ Incluye 210 ha. de pinar, producto de la repoblación de la antigua dehesa, que no tiene ningún aprovechamiento de los contemplados en la tabla.

² El cálculo de las necesidades de mano de obra para 1997 se ha hecho teniendo en cuenta la tecnología disponible y de acuerdo con las exigencias actuales, salvo en lo tocante a la fertilización.

Fuente: Elaboración propia.

der a las necesidades de fertilización proviene de traducir las necesidades de estiércol en cabezas de ganado de labor -por ejemplo mulos, para respetar la orientación tomada en Santa Fe con el propósito de aprovechar mejor los residuos de las cosechas y aumentar la capacidad de transporte- o Sabiendo cuáles eran las necesidades de alimentación de este tipo de ganado en las épocas anteriores a la introducción de los piensos concentrados, no resulta difícil hallar su equivalente en tierra, atendiendo a los rendimientos medios.

No obstante, la operación plantea algunos problemas: si hemos de utilizar los rendimientos de cada período de los considerados y qué tipo de aprovechamiento (secano, regadío, pasto, etc.) debemos considerar, dado que la superficie supletoria variará en función del mismo. Tales problemas los hemos resuelto mediante la consideración de una forma de manejo ideal de año y vez para los regadíos y al tercio para los secanos y sus correspondientes rendimientos, que permanecieron invariables hasta la introducción de los abonos químicos. De esa manera evitamos el efecto que en la elevación de los rendimientos medios de cada período tuvieron las nuevas técnicas de fertilización. Se trata de hallar el equivalente en tierra de los nutrientes imprescindibles para mantener la intensidad alcanzada en cada período histórico por el agroecosistema; por ello no tiene sentido buscar su equivalencia en tierras en las que se apliquen fertilizantes, lo que generaría a su vez nuevas necesidades de tierra. Ésta es la razón por la que hemos tomado en cuenta formas de manejo que repusieran naturalmente la fertilidad perdida. Para distribuir la tierra supletoria según aprovechamientos, hemos tomado como referencia la composición en grano del «frangollo» (cebada, maíz, habas y otras leguminosas-grano) que se daba a los animales de labor en 1856, la más equilibrada del período considerado. La cebada y las leguminosas-grano, excepto las habas, se ha considerado que provenían de tierras de secano o de regadío, en tanto el maíz y las habas sólo podían venir de tierras irrigadas. De acuerdo con ello, hemos establecido dos supuestos: (a) y (b); en el primero la cebada y las leguminosas-grano provendrían de tierras de secano manejadas al «tercio» y el resto de productos del regadío; en el supuesto segundo, todos los productos serían obtenidos en el regadío en régimen de «año y vez»; obviamente, la diferencia de rendimiento entre el secano y el regadío arroja dos cifras también diferentes de tierra supletoria, que son las contempladas en la tabla 6. Para 1997, fecha en que

la tecnología disponible permite irrigar casi todo tipo de tierras, hemos supuesto que todos los productos para la alimentación animal vendrían de tierras de regadío. Podríamos haber considerado la conversión en tierras de pasto, lo que hubiera elevado considerablemente la cifra de tierra supletoria, pero el tipo de ganado adoptado para el cálculo (mulos) y la vocación agrícola del agroecosistema permiten descartar esa posibilidad en nuestro caso concreto.

Los datos confirman que, efectivamente, ni la tracción animal ni la mano de obra constituyeron limitantes. El aumento de tracción que la tierra supletoria traería consigo podría ser satisfecho por la cabaña de labor necesaria para atender a las necesidades de fertilización. Algo semejante ocurriría con la mano de obra, que sólo supondría un problema real en la actualidad, dado su elevado coste y el raquitismo de la población activa agraria. En definitiva, la falta de nutrientes producida por el desequilibrio territorial y la mayor intensidad del cultivo fueron los responsables de tan importante déficit. La producción agraria actual del agroecosistema requiere de un territorio supletorio de más de 13.000 ha. para cerrar el círculo del flujo de nutrientes en las condiciones de una agricultura orgánica de carácter tradicional. En esas condiciones, la reconversión de la agricultura santafesina actual a la producción ecológica, sin el concurso de aportes externos, requeriría de cuatro veces su territorio para mantener los mismos rendimientos y la misma orientación productiva. A continuación discutiremos la implicación que estos resultados tienen para la AE desde el punto de vista de su sustentabilidad.

4. Algunas notas sobre la sustentabilidad de la agricultura ecológica

¿Qué enseñanzas se pueden sacar de toda esta experiencia histórica de manejo orgánico e industrial del agroecosistema santafesino para la AE? La primera y fundamental es que la AE debe ser sometida a un análisis de los flujos físicos y de sus condicionamientos territoriales para averiguar cuál es realmente su grado de sustentabilidad. El debate actual, en el que se confronta la AE con la agricultura convencional en términos de impacto ambiental y seguridad alimentaria, es poco propicio para un análisis de estas características. Se corre el riesgo de penalizar la propia AE, obligándola a asumir unos

costes y unos condicionamientos físicos que no se exigen a la agricultura convencional o a la agricultura integrada. Resulta obvio que la AE es más sustentable que ambas formas de practicar la agricultura, pero ello no nos debería hacer olvidar la necesidad de que *todas* avancen por el camino de la sustentabilidad. En esa medida, la experiencia del pasado puede contribuir a la proposición de medidas que avancen en esa dirección, medidas centradas sobre todo en ámbitos superiores al de la finca, aplicando los conocimientos y el enfoque derivados de la Ecología (Agroecología) a la propia AE, aún cautiva de enfoques demasiado parcelarios que la desligan de las interacciones sistémicas que mantiene con el territorio donde se ubica.

Si tenemos en cuenta que no se puede pedir una renuncia a la tecnología mecánica en las actuales circunstancias ni que ésta funcione con energías renovables (cosa que podría ocurrir en el futuro o, al menos, aumentar el porcentaje que de ellas se usa), no puede pensarse en un «regreso» a formas de manejo basadas en grandes cantidades de mano de obra ni a la tracción animal (alternativa por cierto adaptada al contexto de muchos países pobres, donde aún quedan reservas de ambos factores). Aun rebajando así las pretensiones de sustentabilidad, el problema principal de la AE seguiría siendo, como en las agriculturas orgánicas avanzadas tradicionales (*v. gr.*: agricultura de 1856 y 1904), el problema de la fertilización.

Los agroecosistemas actuales presentan una grave limitación territorial para la práctica de una AE más sustentable debido a que son sistemas que están «desacoplados», como diría Naredo, en cuanto a sus diversos usos. Predomina la superficie agrícola, donde se practican pocos aprovechamientos ganaderos; así, cada vez son menos los aprovechamientos de rastrojeras, la mayoría se queman. La producción agrícola ha priorizado también la producción alimentaria humana y de materias primas y se ha reducido la producción de alimentos animales. A ello debe añadirse el descenso importante experimentado por las leguminosas, debido a su escasa rentabilidad crematística en el contexto de la PAC y, por tanto, la pérdida de capacidad de reposición de N_2 que ello trae consigo. Por otro lado, la mayoría de los terrenos forestales están acotados para la producción forestal o para la prestación de servicios ambientales, de tal manera que el pastoreo o la carga ganadera es mínima. En otras palabras, la integración agrosilvopastoril que caracterizaba a la agricultura orgánica tradicional ha desaparecido en beneficio de la segregación de

usos, y en este contexto, la reposición de la fertilidad representa un grave problema para la AE. A ello debe añadirse un fenómeno más. La falta de integración que manifiesta la AE y la producción agraria, en general, de otras fuentes de producción de nutrientes, especialmente de los recursos orgánicos de carácter urbano y de la agroindustria.

La AE debe avanzar en propuestas técnicas y políticas que signifiquen revertir esta situación si tiene voluntad de afianzarse como una alternativa sustentable a gran escala, saliendo de la catalogación de «agricultura para minorías» en la que se halla. Ahora bien, ¿significa esto que la AE al recuperar el «equilibrio territorial» puede ser incapaz de alimentar a la población actual? Esta idea que se defiende desde los círculos académicos de la agronomía convencional deriva de trasladar los resultados de los estudios de la agricultura en el pasado hacia el futuro, y de ser cierta lógicamente invalidaría, de nuevo, la posibilidad de generalización de la AE, esta vez por criterios éticos. En efecto, si observamos en la tabla 4 la capacidad de alimentar a personas por hectárea del término municipal de Santa Fe podemos ver cómo ha aumentado de algo más de una por hectárea en 1752 a casi diez en la actualidad. No obstante, vamos a analizar a continuación las razones de este incremento.

El aumento de capacidad de carga humana desde mitad del siglo XVIII (paradigma de equilibrio territorial) hasta la actualidad se debe a un conjunto de factores, entre los que destaca la ya mencionada ampliación de la superficie de riego; la intensificación en la rotación de cultivos que exigió ya desde mitad del siglo XIX la introducción de fertilizantes orgánicos y/o inorgánicos de fuera del municipio; y, por último, a la aparente superación de la *dependencia territorial*) es decir, en 1997 no ha habido que descontar de la producción total de alimentos los dedicados a la fabricación de piensos para alimentación animal, ni que dedicar tierras a la fijación de nitrógeno. Veámoslas más detenidamente.

El paso de las tierras de secano a regadío es un factor de primer orden en el aumento de producción bajo condiciones de clima mediterráneo y es el principal responsable del incremento de la misma entre 1752 y 1856, en que la superficie de regadío pasó de 288 a 1.204 ha. En segundo término, hay un ligero aumento del rendimiento del trigo, motivado por la intensificación en la rotación efectuada y la importación hacia el municipio de estiércol o pienso

para alimentación animal desde otras zonas. De hecho se está externalizando la *dependencia territorial*. En 1856 todavía no se habían incorporado al sistema variedades foráneas. Entre 1856 y 1904 la superficie de riego aumenta muy ligeramente, llegando a 1.333 ha., pero las dotaciones de agua durante el verano aumentan significativamente. El aumento de la teórica capacidad de carga humana viene dada por la inclusión en las rotaciones de dos cultivos altamente energéticos, la remolacha y la patata, cuyas necesidades de agua durante el estío son conocidas. Ello dio lugar, por un lado, a la importación de obradas de ganado de labor, valoradas en $242,4 \times 10^6$ Kcal., y de estiércol" que pasó de 906×10^6 Kcal. en 1856 a $1.278,8 \times 10^6$ Kcal. en 1904, profundizando la tendencia a externalizar la *dependencia territorial*. Y por otro, a la temprana incorporación de fertilizantes químicos en Santa Fe, que no logró paliar un enormemente desequilibrado balance de nutrientes que acabó con la fertilidad natural de la vega. Finalmente, desde principios hasta finales del siglo xx, el crecimiento de la agricultura de Santa Fe se ha debido, por un lado, al continuo aumento de la superficie de riego (de 1.333 a 2.574 ha.), y, por otro, a que los principales factores de producción (trabajo humano, tracción animal y estiércol), de cuya disponibilidad dependía el incremento de los rendimientos, han dejado de basarse en la abundancia o escasez de tierra, al ser sustituidos por insumos derivados de combustibles fósiles. Incluso la superficie de leguminosas fijadoras de nitrógeno ha pasado a ser insignificante (1,3 por 100 de la SAU municipal),

Ahora bien, en el cálculo de la capacidad de carga de 1752 y 1997 hemos obviado que mientras en la primera fecha la alimentación era equilibrada (las 2.500 Kcal./persona y día procedían de alimentos vegetales y animales); en 1997 la dieta para mantener a la 9,67 personas por hectárea deriva únicamente de alimentos de origen vegetal, ya que el municipio de Santa Fe ha sufrido un proceso completo de agricolización y la ganadería no está integrada. Este aspecto distorsiona los cálculos, ya que la inclusión del elemento ganadero en la cadena trófica reduce tremendamente la eficacia energética de la misma, porque los animales son conversores energéticos muy ineficientes. Por ello, si aceptamos que el agroecosistema santafesino mantiene en la actualidad 9,67 personas por hectárea estamos considerando que la dieta vegetariana se ha impuesto en el municipio, lo que está lejos de la realidad. Lo que ocurre simplemente es que

se ha descargado en agroecosistemas lejanos (EEUU, Argentina, etc.) la responsabilidad de producir alimentos para el ganado de renta, que hoy más que nunca consume alimentos que podrían ser empleados directamente por el hombre. Para compensar este desajuste deberíamos contabilizar, en función de la dieta humana media actual en España, la cantidad de tierra que haría falta para satisfacer las necesidades alimenticias de los habitantes de Santa Fe, considerando las Kilocalorías que consume el ganado intensivo actualmente. Es decir, la capacidad de carga si hubiera que alimentar con las Kilocalorías de Santa Fe la carne que se comen.

Por último, la AE actual, a diferencia de la agricultura orgánica del pasado, tiene a su disposición una de las tecnologías que ha propiciado este aumento de producción: el riego, que hoy permite a su vez mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes a través de la fertirrigación orgánica adaptada a las necesidades durante el ciclo de las plantas. No obstante, sigue en pie, como expusimos antes, la necesidad de dedicar tierras a la fijación de nitrógeno y a la producción de estiércol, con el agravante de que muchas áreas no cultivadas dedicadas antes al pastoreo hoy tienen excluido ese uso, tal como ocurre con la antigua dehesa de Santa Fe. Desde este punto de vista, el incremento en superficie de la AE en España debe ser capaz de emprender una evolución paralela de compostaje y reutilización local de residuos agrarios, forestales, agroindustriales y urbanos, que permita disminuir las salidas de nutrientes de los agroecosistemas. Hemos de tener en cuenta que parte de estos residuos que antes se empleaban para satisfacer las necesidades energéticas de la población y la industria local hoy son quemados gratuitamente. A la par, la investigación debe concentrarse en mejorar la eficiencia de la fijación y transferencia de nitrógeno hacia los cultivos, y de la fertilización orgánica en general, incorporando estrategias que hasta el momento han sido poco contrastadas en nuestra actual situación, como son los policultivos y los abonos verdes, que han demostrado la capacidad de sustituir a los fertilizantes químicos sin afectar la intensidad del cultivo o haciéndolo levemente (GUZMÁN CASADO Y ALONSO MIELGO, 2001). Desde el punto de vista político es necesario recuperar la integración agrosilvopastoril con sus controles correspondientes, aprovechando unos recursos que hoy se pierden. Todo ello redundará en disminuir esa *tiranía o dependencia del territorio* a la que la agricultura ecológica, como en el pasado, permanece

sujeta, y permitirá ligar de nuevo el ganado de renta al territorio, disminuyendo los impactos medioambientales de la ganadería intensiva que afectan tanto a la salud humana como a la de la naturaleza.

Referencias bibliográficas

- ALONSO MIELGO, A. M.: «Desarrollo y situación actual de la agricultura ecológica: elementos de análisis para entender el caso español», en *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, núm. 192, 2001, pp. 123-159.
- AMA: *Base de datos IMA90. Informe general sobre el medio ambiente, 1990*, Sevilla, 1991.
- CAMPOS NAREDO, P. J. M.: «La energía en los sistemas agrarios», en *Agricultura y Sociedad*, núm. 15, 1980, pp. 17-113.
- GLIESSMAN, S. R.: *Agroecology. Ecological Processes in Sustainable Agriculture*, Chelsea, Ann Arbor Press, 1997.
- GONZÁLEZ DE MOLINA, M., y POULIQUEN, Y.: «De la agricultura orgánica tradicional a la agricultura industrial: ¿Una necesidad ecológica? Santa Fe, 1750-1904», en GARRABOU, R, y NAREDO, J. M. (eds.): *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, Madrid, Visor/Argentería, 1996, pp. 127-170.
- GONZÁLEZ DE MOLINA, M.: «The Limits of Agricultural Growth in Nineteenth Century: A Case Study from Mediterranean World», en *Environment and History*, vol. 7, núm. 4, 2001, pp. 473-499.
- GUZMÁN CASADO, G. I., YGONZÁLEZ DE MOLINA, M.: «Agricultura ecológica y condicionamientos territoriales. Las lecciones de la historia», en *IV Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE)*, Córdoba, del 19 al 23 de septiembre de 2000.
- GUZMÁN CASADO, G. I., y ALONSO MIELGO, A.: *El uso de abonos verdes en agricultura ecológica*, Ediciones del Comité Andaluz de Agricultura Ecológica, Boletín núm. 4.7/01, 2001, 19 pp.
- GUZMÁN CASADO, G. I; SERRANO AMADOR, C., y ALONSO MIELGO, A.: «Economía y sostenibilidad del cultivo ecológico del olivar», en *Ecoliva'99*, Ediciones de la Cámara Oficial de Comercio e Industria de la provincia de Jaén (en prensa), 2002.
- LAMPKIN, N. H.: Organic Livestock Production and Agricultural Sustainability. En *Proceedings of the Third ENOF Workshop Resource Use in Organic Farming*, Ancona, 5-6 de junio de 1997, pp. 321-330.
- LEAKE, A. R.: «An Evaluation and Comparison of Energy Resource Usage in Organic, Integrated and Conventional Farming Systems», en *Proceedings of the Third ENOF Workshop Resource Use in Organic Farming*, Ancona, 5-6 de junio de 1997, pp. 295-298.

- LÓPEZ PÉREZ, D.: *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, 1998.
- MARTÍNEZ CARRIÓN, J. M., Y CALATAYUD, S.: «El cambio técnico en los sistemas de captación e impulso de aguas subterráneas para riego en la España mediterránea», en GARRABOU, R., y NAREDO, J. M. (eds.): *El agua en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica)* Madrid, Argenteria/Visor, 1999, pp. 15-40.
- MATAIX VERDÚ, J., y MANAS ALMENDROS, M. (eds.): *Tabla de composición de alimentos españoles)* Universidad de Granada, Granada, 1998.
- NAREDO, J. M., Y CAMPOS, P.: «Los balances energéticos de la agricultura española», en *Agricultura y Sociedad*, núm. 15, 1980, pp. 163-255.
- NORGAARD, R. B.: «The Epistemological Basis of Agroecology», en ALTIERI, M. A. (ed.): *Agroecology*, núm. 26, Boulder, Westview Press, 1987. Se encuentra publicado en español en las pp. 25-28 del libro *Agroecología. Bases científicas de la Agricultura Alternativa*, Chile, CETAL, 1985.
- PUJOL, J.; GONZÁLEZ DE MOLINA, M.; FERNÁNDEZ PRIETO, L.; GALLEGO, D., Y GARRABOU, R.: *El pozo de todos los males. Sobre el atraso en la agricultura española)* Barcelona, Crítica, 2001.
- SIEFERLE, R. P.: «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, 2001, pp. 31-54.