

SEGUNDA PARTE

LA FERTILIZACIÓN EN LOS SISTEMAS
AGRARIOS PENINSULARES

MÉTODOS DE FERTILIZACIÓN EN LA AGRICULTURA CATALANA DURANTE LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XIX. UNA APROXIMACIÓN A LOS PROCESOS FÍSICOS DE REPOSICIÓN DE LA FERTILIDAD AGRÍCOLA¹

Enric Saguer
Universitat de Girona

Ramón Garrabou
Universitat Autònoma de Barcelona

Tradicionalmente, el mundo rural catalán, como el del resto de Europa, se había regido por principios «conservacionistas». La idea que la producción agraria y sus rentas pudieran incrementarse de forma continuada tenía escaso predicamento, tanto para señores, grandes propietarios y administradores como para campesinos. Dominaba la convicción que la buena gestión del patrimonio y las técnicas agrícolas idóneas eran precisamente aquellas que mantenían la producción física en un nivel determinado, históricamente logrado, garantizando así la estabilidad de la renta. Como recientemente ha argumentado con solidez E. A. Wrigley (1993), hasta fines del siglo XVIII era muy débil la convicción que se pudiera forzar un crecimiento continuado de la producción agraria.

En el curso del siglo XIX, el éxito de la industrialización, la consolidación de una ciencia agronómica y, sobre todo, la implantación de un nuevo modelo de sociedad, erosionaron aquellos planteamientos y fue ganando adeptos la idea de que se habían roto los obstáculos y límites al crecimiento económico propios de las sociedades tradicionales, y que bastaba la introducción de principios y métodos racionales en las actividades productivas para que la producción agraria, lo mismo que la manufacturera, iniciara

¹ Esta comunicación forma parte de un proyecto de investigación sobre las «Posibilidades de producción, evolución de los precios y distribución de los ingresos en la agricultura catalana (siglos XIX-XX)», financiado por la DGIICYT. Una primera versión del texto fue presentada durante la celebración del Seminario sobre *Ciclos de nutrientes y balances hídricos en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, en Valls, el 16 y 17 de junio de 1994. En su versión actual el texto ha experimentado considerables modificaciones respecto aquella. Por otro lado, debemos agradecer a Jaume Boixadera sus consejos y sugerencias, aunque no por ello deba compartir la responsabilidad de los errores del texto.

un movimiento ascendente y permanente. En este marco, los sistemas de fertilización adquirieron una importancia clave. Ya no se trataba de mantener el nivel de rendimientos alcanzado hasta aquel momento, sino de impulsar un crecimiento continuado; lo cual dependía, en gran medida, de que los cultivos dispusieran de los nutrientes necesarios, como proclamaba la ciencia agronómica desde J. Liebig.

En este texto se pretende analizar la capacidad de respuesta de los agricultores ante los nuevos objetivos que desde mediados del siglo XIX impregnaron a una gran parte de la agricultura europea. Para ello, el artículo empuja con un análisis de las técnicas de fertilización utilizadas en Cataluña durante la segunda mitad del siglo XX y muestra la diversidad de prácticas y procedimientos en función del medio natural, las tradiciones agronómicas y las relaciones sociales. En un segundo momento, se examina su grado de eficiencia, primero mediante una aproximación general, y luego a través del intento de precisar con mayor detalle los flujos y el balance de nutrientes en algunos modelos de rotación de cultivos representativos de la agricultura catalana. Se comprueba su impacto sobre los rendimientos de los cereales y se plantean algunas hipótesis sobre los factores que dificultaron una más amplia difusión de los sistemas de fertilización que estaban en la base de la prosperidad de la agricultura de la Europa Atlántica. Se concluye el artículo considerando que no fue hasta principios del siglo XX cuando se empezaron a difundir los fertilizantes industriales y formulando algunas preguntas, que consideramos relevantes, sobre la eficacia de los nuevos sistemas de abonado.

I

A mediados del siglo XIX los métodos de fertilización más difundidos en la agricultura catalana eran el abonado con estiércol animal, el uso de cenizas obtenidas de la incineración de determinados residuos forestales o de cultivos arbustivos (*formiguers*), y el cultivo de leguminosas en rotaciones de cultivos complejas. La agricultura catalana de dicho período era aún una agricultura orgánica. La difusión de los fertilizantes inorgánicos no empezó a tener importancia real hasta los últimos años del siglo y, especialmente, a partir de las primeras décadas del siglo XX. Los métodos de fertilización citados coexistían con otras prácticas fertilizadoras marginales o puntualmente localizadas entre las cuales cabe citar el uso de residuos urbanos y letrinas² —aplicados básicamente a las zonas de huerta cercanas a los

² La utilización de excrementos humanos en las áreas cercanas a grandes núcleos de población probablemente tuvo una cierta importancia, como parece indicarlo el hecho que las cuentas de explotación agrícola de los alrededores de Barcelona contenidas en el *Avance* cerealícola (Junta Consultiva Agronómica, 1891) o la *Carrilla Evaluatoria* de Sabadell expresen el coste de los fertilizantes en términos de una determinada cantidad de letrinas. También lo ilustran algunos testimonios particulares, como, por ejemplo, las compras de letrinas a un cuartel de Cervera anotadas en la contabilidad de un propietario cercano a dicha villa (J. Jové, *Libretes de treball*).

núcleos de población—, el aprovechamiento de lodo y fango procedente del drenaje de canales o de desbordamientos fluviales (*rubinades*), o el uso de determinados residuos forestales.

Puede constatarse entre los contemporáneos una generalizada preocupación por incrementar la disponibilidad de fertilizantes mediante el aprovechamiento máximo de los recursos que podía proporcionarla propia explotación, que se reflejaba perfectamente en los contratos de masovería y aparcería. En ellos se fijaba de forma estricta la obligación del cultivador de utilizar todo tipo de residuos —en particular la paja— en la explotación arrendada, prohibiéndose su venta. Fórmulas como las utilizadas por Joaquín de Nuix, propietario de varias haciendas en el Segarra, estaban presentes en los contratos agrarios de la mayor parte de Cataluña:

«Lo masover deurà cuydar ab lo major esmero de la conservació y bonús de la palla, invertint-la tota en fems y abono de las terras.»

O las que empleaba la familia Torelló, propietaria de varias masías en Anoia y Segarra, prohibiendo «vendre palla i fems...» y obligando a «emplearlo tot a la heretar».

Si la reutilización de los residuos de gramíneas fue una práctica muy generalizada, la exigencia de aprovechar los residuos en la propia explotación se extendió también a los cultivos arbustivos y arbóreos en aquellas zonas donde escaseaban las reservas forestales. En la provincia de Lérida era habitual establecer algunas normas en este sentido. El citado propietario Joaquín de Nuix incorporaba una cláusula según la cual el aparcerero quedaba obligado a utilizar los subproductos del olivar y la viña en la elaboración de *formiguers* o *boïcs*. Tomas Coll, dueño de unas fincas de Guissona (Segarra), obligaba al aparcerero a «consumir tota la llenya de la poda en abono de la mateixa terra inclosos tots els sarments». En los arrendamientos de regadío de la misma zona leridana se establecía la obligación de limpiar acequias y regueros y se exigía que «la terra o fang que resulti de diis escombros deurà un any per altre estendre-la per lo bancal més procsim». Los contratos de Tomás Coll especificaban que la limpieza de las acequias se pagaría a medias con el aparcerero «considerant que com es abono de las terras lo mateix que la compra de fems». Asimismo, en otros casos, se exigía la utilización en la hacienda arrendada de los residuos que proporcionaban la moltración de aceitunas o la elaboración de vino.

La disponibilidad de zonas forestales integradas en la misma explotación o sobre las que se disfrutaba de algún derecho de usufructo constituía un recurso clave para incrementar el flujo de fertilizantes mediante el uso de hojarasca para la cama de los animales o enterrado en la tierra de cultivo, y, sobre todo, resultaba decisivo para la práctica de *formiguers* o *boïcs*. Prueba de ello es, por ejemplo, el hecho que los contratos de masovería de

la región de Girona con relativa frecuencia contuvieran cláusulas obligando a los arrendatarios a recoger la hojarasca de los bosques de la heredad para utilizarla como abono³; o también la descripción de prácticas como el entierro de residuos forestales mezclados con residuos de distintos cultivos no cerealícolas en la comarca del Vallés⁴.

Es difícil conocer el alcance real de cada uno de los principales sistemas de fertilización. El más universal y generalizado era, sin duda, la utilización de estiércol animal, aunque su intensidad de aplicación variara mucho en función de las cantidades disponibles para uso agrícola. El mapa 1 recoge esta diversa disponibilidad para los años 1860-65 a partir del cálculo de la producción teórica máxima de estiércol en función del volumen y composición de la cabaña ganadera de cada partido judicial⁵. Evidentemente, la disponibilidad real era muy inferior a la expresada por las cifras del mapa, dado que el aprovechamiento del estiércol era sólo parcial y que experimentaba notables pérdidas de nutrientes antes de ser enterrado en los campos.

A partir del mapa pueden observarse con bastante claridad tres situaciones distintas respecto a la disponibilidad de estiércol animal. Las comarcas que registraban valores más elevados corresponden a las zonas de montaña pirenaicas o prepirenaicas. La elevada densidad ganadera de estas comarcas, junto con las reducidas dimensiones del área de cultivo, explican una ratio estiércol/superficie cultivada mucho más elevada que en otras zonas. La sobrabundancia de estiércol en algunos casos sugiere que los fertilizantes no debían ser factor limitante para la producción agraria, y que existían otros factores (temperatura, luz, humedad, pendiente del terreno...) que limitaban tanto la ampliación del cultivo como el alcance de altos niveles de productividad en los cultivos básicos. Un caso aparte lo constituye el partido judicial de Barcelona que, por sus reducidas dimensiones territoriales y por su carácter urbano —con una alta densidad de animales de tiro—, disponía de cantidades importantes de estiércol por hectárea. En el extremo contrario, los valores más bajos en la ratio estiércol/superficie cultivada los registran los partidos judiciales situados en las regiones meridionales e interiores de Cataluña, con un clima más seco, una menor capacidad de producción de biomasa y unos niveles de rendimientos bastante bajos. Finalmente, el tercer grupo lo constituyen las comarcas pertenecien-

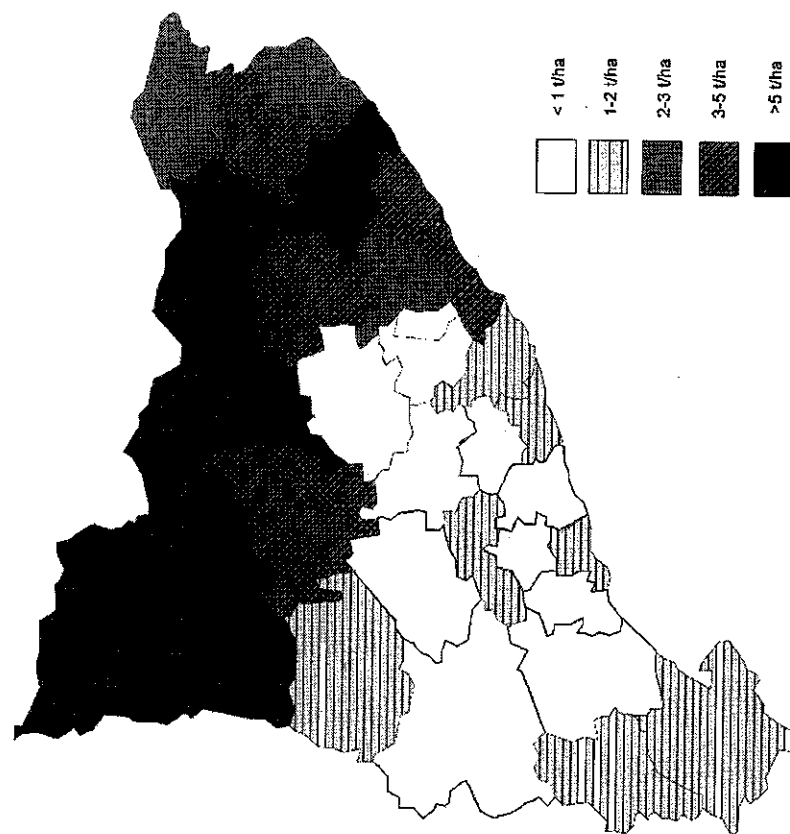
³ Congost (1990: 154).

⁴ Archivo de la Sociedad Económica Barcelonesa de Amigos del País, Trabajos presentados, Caja 12, *Estudio agrícola de la comarca del Vallés. Partido judicial de Granollers correspondiente a la provincia de Barcelona. Año. 1874*.

⁵ Un ejercicio similar es el balance de estiércol para la Francia de 1816 realizado por M. Daujat (1957) y reproducido por J. Boulaire (1992). Daujat considera 14,3 millones de cabezas de ganado mayor y una superficie cultivada de 28 millones de hectáreas. Atribuyendo una producción de estiércol de 6,4 toneladas por cabeza y año, estima una disponibilidad de 3,7 t/ha cultivada, equivalentes a 15 kg de N, 13 kg de P₂O₅ y 16 kg de K₂O por hectárea. Con unos rendimientos medios de 950 kg/ha, las cantidades de estiércol aportadas sólo cubrirían la mitad de los nutrientes extraídos por cada cosecha.

Mapa 1

DISPONIBILIDAD POTENCIAL DE ESTIÉRCOL POR HECTÁREA CULTIVADA Y AÑO



Nota: El mapa se ha elaborado a partir del censo ganadero de 1865 (Junta General de Estadística, 1868), cuyos datos se han transformado, en primer lugar, en unidades de peso vivo aplicando los coeficientes de Flores de Lemus (1976). Para estimar la producción potencial de estiércol se han utilizado los coeficientes recopilados por Diehl y Mateo (1985: 478), para cada especie animal. Las informaciones sobre superficie cultivada proceden de la Junta Consultiva Agronómica (1891).

tes a la Cataluña húmeda, septentrional y oriental, cuya disponibilidad de estiércol —grosso modo— oscilaba entre 2 y 5 toneladas por hectárea.

A pesar de la fuerte desigualdad en la dotación de estiércol entre las diferentes comarcas catalanas, parece que no existían circuitos comerciales de medio o largo radio que permitieran su intercambio. Los elevados costes de transporte y la precariedad de las vías de comunicación podían suponer un freno importante para ello. Incluso la comercialización a nivel local estaba bastante limitada (aunque no fuera excepcional en las áreas más dinámicas). Muestra de ello es la cláusula que reiteradamente aparece en los contratos agrarios prohibiendo la venta de estiércol y obligando al arrendatario a su completa utilización en la finca⁶.

El ganado actúa no tanto como *productor* de estiércol (entendiendo por ello productor neto de nutrientes), sino como *convertidor* de la materia orgánica. En última instancia la disponibilidad de estiércol dependía de la cantidad de alimento para sostener la cabaña ganadera⁷. El doble origen de la alimentación animal nos permite poner de relieve que el marco territorial por el que circulan los flujos de nutrientes sobrepasa la parcela e incluye la explotación agraria, y nos permite distinguir dos sistemas de obtención de estiércol radicalmente distintos, uno de ellos de carácter abierto y el otro de carácter cerrado. El primer sistema de obtención de alimento (y, por ende, el estiércol) se basa en la importación constante de nutrientes desde el exterior del área cultivada, a través del pastoreo de los animales en zonas no cultivadas; el segundo, en la utilización de la propia producción agraria para la alimentación animal. Las implicaciones de ambos son relevantes, aunque generalmente nunca se daban de forma exclusiva. Históricamente, la ampliación progresiva del área de cultivo actuó en detrimento de las zonas de pasto y redujo las posibilidades de obtener estiércol a través de este sistema. Es más, en la medida en que retrocedieron sobre todo las zonas de pasto más próximas (o integradas) a las explotaciones, se limitó una vía importante de suministro de nutrientes a las tierras de cultivo. Mientras que los pastos alejados de las zonas agrícolas apenas repercu-

⁶ A pesar de ello, la existencia de un cierto mercado de estiércol es durante la segunda mitad del siglo XIX parece incuestionable. Algunas contabilidades registran la compra de estiércol, cuyo coste —en casos como el de la hacienda de Guisóna de Tomás Coll— podía ser compartido por propietario y aparcerero. Rosa Congost también indica que, en algunas ocasiones los contratos de masovería obligaban al arrendatario a comprar estiércol para la finca (Congost, 1990: 154). Asimismo, los datos sobre precios del estiércol contenidos en Carillas Evaluatorias y en las publicaciones del Servicio Agronómico refuerzan la idea de un cierto grado de articulación del mercado de estos fertilizantes. Según estas fuentes documentales, en la provincia de Tarragona el precio del estiércol oscilaba entre 10 y 12,5 pías/t, y en la de Lérida, entre 10 y 15 pías/t. En la comarca de Osona el precio se reducía a 8 pías/t, mientras en Manresa alcanzaba las 15 pías/t y en Girona oscilaba entre 10 y 20 pías/t.

⁷ La disponibilidad de estiércol dependía de la cantidad de alimento para sostener la cabaña ganadera, la cual en última instancia estaba en función de la capacidad de un determinado espacio agro-pastoril para convertir, a través de los metabolismos fotosintéticos, energía en materia.

tían en las cantidades de estiércol realmente disponibles para éstas, los pastos más cercanos a ellas —que implicaban la pernocta del ganado en los corrales de la explotación— permitían la importación de cantidades nada despreciables de nutrientes. La importancia de estas aportaciones desde el exterior nos la pone de relieve, por ejemplo, el interés del Marqués de Sentmenat y sus administradores en mantener la obligación de encerrar en su propio corral el rebaño que pastaba en las hierbas arrendadas del pueblo de Ciutadilla, acto sin mayor objeto que el posterior aprovechamiento de los excrementos depuestos durante la noche. En algunas comarcas los campesinos incluso llegaban a pagar para que el ganado pernoctara en sus campos⁸. Además de importador de nutrientes del exterior, el ganado actuaba como convertidor de la producción vegetal de la propia explotación, tanto de los cultivos no aprovechables para la alimentación humana como de algunos subproductos o de las hierbas crecidas en el barbecho. En este sentido, aunque su función no fuese imprescindible, sí que permitía una cierta aceleración del proceso de descomposición de la materia orgánica vegetal.

Las grandes áreas dibujadas en el mapa 1 son útiles para trazar el ámbito de aplicación de los otros métodos de fertilización enunciados al principio del texto. A pesar de no estar en condiciones de trazar un mapa preciso de la difusión del cultivo de leguminosas en sistemas de rotación intensivos, los datos disponibles al respecto nos indican que se concentraba en lo que genéricamente podemos denominar Cataluña Húmeda. Aunque la presencia de leguminosas era común en todas las zonas, su relevancia fue menor en las comarcas interiores y meridionales. Se puede establecer con bastante claridad una coincidencia entre densidad ganadera (expresada en el mapa 1 como producción teórica máxima de estiércol) y difusión del cultivo de leguminosas, aunque no existiera ninguna relación causal, ya que la razón última estaría en la diversa potencialidad agrícola. Las mejores condiciones edafoclimáticas de la Cataluña húmeda posibilitaron una mayor difusión de las leguminosas y, al mismo tiempo, de la producción vegetal en general, permitiendo un crecimiento de la carga ganadera.

Algunos ejemplos extraídos de contabilidades agrarias de las comarcas leridanas permiten comprobar que las leguminosas no alcanzaban el 1% del total de granos percibidos por el propietario. Un valor muy bajo, en especial si lo contrastamos con el peso que adquirirían en las rentas de los propietarios de zonas como el Bajo Ampurdán (9-10%)⁹. Sin embargo, proba-

⁸ En el Empordà, «desde abril, y en algunos años ya por marzo, los rebaños pasan las noches al descubierto durmiendo acorralados en los campos; modo muy ventajoso de abonar los terrenos. Los pastores de este país cuentan comúnmente que con cien cabezas de lanar se abona una vesana de tierra en doce días o trece (...). Por cada noche de dormir en un campo cien cabezas, se exige por término medio diez reales de vellón, de manera que el abonar una vesana de tierra de este modo, cuesta de seis a siete duros lo más» (Sala, 1851: 62-63).

⁹ Saguer (1994).

blemente, el cultivo real de leguminosas en las comarcas leridanas tenía mayor entidad, dado que el propietario habitualmente autorizaba al aparcerero a cultivar una determinada extensión de la hoja de barbecho, quedando la cosecha para éste, con la condición que hiciera una labor profunda e intensa creta —y a menudo reducida— de tierra:

«Sols se prodrá fer fangant una quarrera de llegums y tres quartans de guixes o moreus»¹⁰.

Aunque en algunos casos, se autorizaba al cultivador a sembrar la extensión de legumbres que quisiera, siempre que procediera a una labor profunda:

«Podrá fer fangant en lo secá tot lo llegum que vulguia. En un y altre cas los productos seran seus... Si la fangada no la fa seguidament, si hi h dixat malas herbas, no arrancantlas..., si mescla gra de espiga, los productos se partiran»¹¹.

Al parecer, la especie leguminosa más difundida a mediados del siglo XIX en la Cataluña húmeda fueron las habas¹², seguidas de los altramuces, las vezas, las judías, etc. Aunque los datos sobre estos cultivos son muy fragmentarios, la mayor parte de informaciones coinciden en acentuar la importancia de las habas y, más en general, las legumbres, mientras que las leguminosas forrajeras pratenses sólo se habrían difundido puntualmente en áreas reducidas. La expansión de las legumbres ha sido considerada por la historiografía como una proto-revolución agraria, que precedería y anunciaría la expansión de las leguminosas perennes¹³. Este predominio de las legumbres sobre las forrajeras pratenses implicaba —en términos generales—, además de unos mayores costes laborales, una menor capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico.

La producción de leguminosas se destinaba, principalmente, a la alimentación animal, ya fuera en grano o en hielba. En este caso el nitrógeno fijado por los microorganismos simbióticosamente vinculados a las leguminosas contribuía a regenerar o aumentar la fertilidad del suelo, tanto a través de la conversión de la materia vegetal en estiércol animal como a través de la descomposición directa de los residuos vegetales dejados en el campo.

¹⁰ Archivo patrimonial de la familia Torelló (1840-1930).

¹¹ Arxiu Històric de Cervera, Patrimoni Nuix, Hisenda d'Ivorra, 1854-1858, documentación sin clasificar.

¹² Barbaza (1988: I, 375).

¹³ Chorley (1981).

Pero ésta no era la única posibilidad. La práctica del abono verde¹⁴, bastante extendida en algunas comarcas de la provincia de Gerona, pone de relieve la existencia de itinerarios alternativos para conseguir incrementar los rendimientos agrícolas. Además de la vieja fórmula de la agronomía clásica basada en el ciclo «forrajes → ganado → estiércol → rendimientos», existía la posibilidad de aumentar la productividad del suelo sin la intermediación del ganado, a través del cultivo de otras plantas que eran enterradas a partir de un determinado momento de su ciclo vegetativo. Una de las especies utilizadas como abono verde eran las vezas, aunque frecuentemente se sembraba una mezcla de especies diversas.

Finalmente, para terminar con la enumeración de los métodos de fertilización más extendidos a mediados del siglo XIX, cabe citar la práctica de los *forraiguers* o *boïcs*. Dicha técnica consistía en la incineración sobre el campo de montones de ramas y matorrales cubiertos de tierra y en el esparcimiento posterior de la tierra calcinada y las cenizas. Además de una función desinfectadora y de reducir la compactación de los suelos arcillosos, los *forraiguers* aceleraban el proceso de mineralización de la materia orgánica y, por ende, la disponibilidad de los nutrientes aportados al suelo¹⁵. Éstos dependían del tipo de materia vegetal incinerada, aunque no debemos olvidar que la combustión implicaba la pérdida —total o parcial— del nitrógeno presente en la materia orgánica, con lo cual la aportación realizada a través de esta técnica podía ser un buen complemento de otros fertilizantes nitrogenados, pero nunca su alternativa¹⁶.

¹⁴ Según Claude Aubert (1980), la práctica del abono verde es muy recomendable, puesto que elimina las malas hierbas, estimula la formación de humus joven, mejora la estructura del suelo y lo protege contra la erosión. Frecuentemente el abono verde no representa ninguna aportación de sustancias fertilizantes, sólo restituye las cantidades que han sido extraídas de las reservas del suelo y las ponen a disposición de las cosechas futuras en formas orgánicas fácilmente asimilables, dado que acelera la mineralización del humus. Sin embargo, si la planta elegida para enterrar es una leguminosa, sí que se produce una entrada neta de nitrógeno, gracias a la fijación simbiótica de N que pueden realizar estas plantas, que puede alcanzar hasta los 60 kg/ha. Es una práctica muy adecuada en medios naturales relativamente húmedos, mientras que en climas secos, los abonos verdes pueden disputar peligrosamente el agua a la cosecha principal y, en consecuencia, deben ser utilizados de forma prudente y eligiendo plantas poco exigentes en agua.

¹⁵ Según J. Bayer (1906), «los hormigueros además de cambiar las condiciones físicas y químicas del suelo, aumentando su fertilidad en los casos en que son convenientes, destruyen todas las semillas y raíces de las malas yerbas y plantas perjudiciales, quedando la tierra libre de ellas durante dos o tres años por lo menos». Este mismo autor desaconseja que dicha operación se realice después de abonar o después del cultivo de leguminosas, dado que destruye gran parte de la población bacteriana. Por el mismo motivo aconseja no realizarlo en suelos silíceos o con baja proporción de humus. Asimismo, insiste en la bondad de esta práctica sobre suelos muy compactos, ya que contribuye a desagregarlos y, con ello, a facilitar el desarrollo de las raíces y la circulación de aire.

Cabe advertir, sin embargo, que esta práctica también tiene sus detractores. J. Zulueta (1902), por ejemplo, desde las páginas de una publicación del IACSI, arremetía contra ella sosteniendo que además durante el proceso de incineración.

¹⁶ Un manual de agronomía del siglo anterior nos indica que las cenizas procedentes de la combustión de vegetales, turba, hullas y piritas «contienen una cantidad o menos considerable de sales calizas y potásicas, así como ácidos fosfórico, sulfúrico y carbónicos» (Torró, 1889: 73).

Paradójicamente, sin embargo, la geografía de los *formiguers* indica más bien lo contrario: fueron las zonas con menor disponibilidad de estiércol y con menor difusión de las leguminosas, donde con mayor intensidad se practicó este método¹⁷. Las referencias a los *formiguers* abundan especialmente en las comarcas interiores y en las comarcas vitícolas meridionales. La explicación es más fácil en estas últimas, dado que la elevada demanda de potasio de la vid¹⁸ convierte a los *formiguers* en una práctica idónea. Pero su difusión no se limitaba a los cultivos vitícolas. En la documentación patrimonial consultada referida a las comarcas leridanas, hemos encontrado numerosas referencias a este sistema de abonado y existen muchos indicios sobre su incremento durante la segunda mitad del siglo XIX. Los contratos agrarios de estas comarcas reflejan con claridad la importancia que se atribuía a dicho método de fertilización. Ya se ha hecho referencia anteriormente a la obligación que tenían los aparceros de utilizar los residuos de la poda del viñedo para la elaboración de *formiguers*. En otras ocasiones, el aparcerero debía preparar una determinada cantidad de *boïcs* por unidad de tierra cultivada¹⁹, e incluso algunos contratos establecían que el propietario se obligaba a compartir los gastos con el aparcerero pagando una determinada cantidad monetaria por los *formiguers* realizados²⁰ o bien aportando la materia prima²¹. Dada la naturaleza petrocálca de los suelos de dichas comarcas, la función de los *formiguers* no era corregir o neutralizar la acidez del suelo. Pero, si esta práctica implicaba una aportación neta de potasio y, sobre todo, de fósforo, podía convertirse en un eficaz método para mejorar los sistemas de fertilización no sólo del viñedo, sino también de los cereales, como veremos posteriormente, en las comarcas semiáridas de la Cataluña interior.

La eficacia de los tres sistemas de fertilización reseñados estaba mediada por las técnicas y prácticas de manipulación de los fertilizantes, y por

¹⁷ Zulueta (1902) señala que era una práctica «extendida en los países de tierras arcillosas y que no disponen de ganado suficiente para el abono de los campos».

¹⁸ Gros (1979: 323) argumenta que el potasio ejerce una función crucial en el desarrollo vegetativo y en la producción de la vid, en particular para la elaboración de azúcares y de ácidos orgánicos. De ahí que, para este autor, el potasio sea sumamente importante en los sistemas de fertilización de la viticultura. Si los *formiguers* realizaran una aportación notable de potasio, su amplia difusión y aceptación sería completamente lógica y razonable. Dicho autor también se refiere a otra práctica fertilizadora relativamente común, según nuestra documentación, en los viñedos de estas comarcas: la obligación de enterrar los sarmientos y otros residuos en los mismos viñedos. Para A. Gros (1979: 321), los residuos enterrados constituyen una fuente no despreciable de reposición del humus, de suma importancia en suelos de bajo contenido húmico, como eran los de estas comarcas.

¹⁹ En el modelo de contrato utilizado por J. de Nuix existía una cláusula que especificaba lo siguiente: «Lo masober tendrá la obligación de adobar la terra ab 225 boïchs per cada jornal o ab quinze cargas de fens».

²⁰ Arxiu de la Corona d'Aragó (ACA), fondo Sentmenat, Doc. Contemporánea, leg. 30-33, 34-39.

²¹ En los contratos que Tomás Coll hizo en 1860 se establecía que en el abonado con «boïchs comprem nosaltres la brossa y ell (el aparcerero) carrega ab tots els demás gastos». En la contabilidad de este propietario aparecen regularmente anotaciones sobre gastos realizados por compra de estiércol y de *formiguers*.

la capacidad de evitar pérdidas en cada uno de ellos. Estas cuestiones son particularmente relevantes para el caso de la fertilización con estiércol animal, dado que las pérdidas de nutrientes —especialmente nitrógeno— a lo largo del proceso de transformación de la materia orgánica eran importantes y podían acrecentarse con un tratamiento poco esmerado. Un aspecto importante era la estabulación del ganado. La práctica frecuente de introducir a los animales en los campos durante el barbecho, o después de las cosechas para pastar el rastrojo, limitaba el potencial fertilizante de los excrementos animales porque éstos experimentaban fuertes pérdidas al quedar largo tiempo en superficie. Sólo en la medida que el ganado estuviera permanentemente estabulado podía plantearse un aprovechamiento óptimo de sus excrementos. En su defecto, la práctica de encerrar el ganado en corrales para pernoctar aseguraba la acumulación de una gran parte del estiércol. Según el censo ganadero de 1865, el ganado estante predominaba en el conjunto catalán sobre aquel ganado clasificado como trashumante o transmeridiano. El 76% de las cabezas y el 90% del peso vivo total estaba clasificado como estante. Aun en el caso de aceptarse el número absoluto de cabezas censadas, es exagerado entender que la proporción de ganado estante pueda indicarnos cuál era el nivel real de aprovechamiento del estiércol. A lo sumo nos indica un techo, aunque cabe suponer que las disponibilidades reales eran muy inferiores.

Otro aspecto importante era el cuidado del estiércol. El estercolero era un elemento básico en cualquier exploración agraria de cierta entidad, habitualmente situado al lado de la casa en las zonas de poblamiento disperso, o junto a los cursos de agua en ciertas zonas de poblamiento concentrado. Las técnicas de elaboración del estiércol y los procedimientos para acelerar y ralentizar su descomposición eran perfectamente conocidos a mediados del siglo XIX²² y, en general, la preocupación por su producción y ela-

²² Así lo demuestran, por ejemplo, las interesantes y precisas informaciones contenidas en dos estudios, elaborados en los años setenta, centrados en las comarcas de Osona y del Vallés. El anónimo autor de la memoria sobre la agricultura del Vallés (A.S.E.B.A.P., 1874) exponía lo siguiente: «Por lo general el estercolero está establecido en un hoyo o fosa de mayores o menores dimensiones según la cantidad de estiércol que se obtiene. Sacado de los establos se conduce al hoyo, en el que sufre una calefacción espontánea y pasa bien pronto al estado de fermentación, dando lugar al desprendimiento de carbonato de amoníaco. Casi siempre se procura moderar la fermentación porque si es rápida, consigue disipar el azoe cuya pérdida sería completa. La fermentación se modera teniendo la masa a un cierto grado de humedad y añadiendo todos los días una cantidad nueva de estiércol». En términos parecidos se expresa otro autor —también anónimo— refiriéndose a los sistemas de abonado de la comarca de Osona (A.S.E.B.A.P., 1872). Respecto a la elaboración del estiércol, dice el citado autor: «Usamos las camas de las cuadras y pocilgas y todos los desperdicios de la quinta o casa de labor; todo lo que reunido en aposentos contruidos al efecto se sumerge en un líquido formado por aguas sucias, orines de animales, etc., hasta que experimentan un principio de putrefacción; entonces se saca el líquido y se deja fermentar para que adquiera con el fermento todos los principios requeridos para las plantas. Cuando se abona el campo, antes de la operación de la laya se procura que este abono esté enterizo o poco fermentado a fin de que persistiendo más tiempo en el terreno, vaya fermentando poco a poco adquiriendo los principios nutritivos para irlos repartiendo a la vez a las plantas que debe alimentar. Cuando se

boración era un hecho común en toda la agricultura catalana²³. Aun así, los testimonios son bastante discrepantes respecto a la calidad de los estiércoles resultantes, poniendo de relieve tanto las pérdidas de urea por la mala calidad de los estercoleros como por el abandono del estiércol en los campos durante un período prolongado antes de ser enterrado²⁴.

II

Una aproximación más precisa al funcionamiento de los métodos de reposición de la fertilidad nos obliga a descender en la escala de análisis y plantear los problemas en casos o modelos más delimitados. Por ello, a continuación, abandonaremos la perspectiva general de las páginas anteriores y reduciremos el marco territorial a escala parcelaria, aunque teniendo presente que, desde dicha perspectiva, podemos no percibir algunos flujos importantes. Nuestro propósito es comparar el funcionamiento de los flujos de reposición de la fertilidad en dos situaciones representativas de las grandes divergencias existentes entre los distintos sistemas agrarios catalanes con la finalidad de plantear algunas cuestiones referidas al funcionamiento físico de los sistemas agrarios tradicionales y a las posibilidades de incrementar su nivel de producción. Vamos a considerar dos modelos de rotación predominantes, uno en la Plana de Vic (Osona) y, el otro, en las llanuras cerealícolas de la provincia de Lérida (Segarra y Urgell). Por otro lado, dado que el elemento nutritivo que habitualmente actuaba como factor limitante en la producción agrícola tradicional era el nitrógeno²⁵, es lícito —en una primera aproximación— centrarnos a plantear cómo se resolvía su balance para garantizar la estabilidad a largo plazo del nivel productivo. Además, a diferencia de lo que sucede con el ciclo de otros nutrientes, existen indicios suficientes sobre las vías de restableci-

abona el campo para la sementera de granos u otra substancia cualquiera, se usa ya fermentado lo más dividido posible a fin de que no tarde a dar a las plantas el alimento necesario (...).».

²³ La importancia creciente del perfeccionamiento de los métodos de preparación del estiércol para los agricultores la muestra, por ejemplo, la cláusula introducida en los años ochenta en un contrato del patrimonio Torrelló en la que no sólo se insistía en la prohibición de vender estiércol, sino también se advertía al aparcero que «tampoco podrá tener descuidats y menos abandonats los fems». Asimismo, lo muestran las noticias sobre gastos realizados por algunos propietarios de las comarcas leridanas para la construcción de estercoleros cubiertos (contabilidades de A. Jové i M. Solà). También la contabilidad de las posesiones del Marqués de Sentmenat en la comarca de Osona registra, durante las décadas de 1880-1890, gastos para la construcción de estercoleros.

²⁴ Ver, por ejemplo, Aguiló (1909).

²⁵ Chorley (1981), Shiel (1991). Además de la disponibilidad de nitrógeno, también cabe considerar, que en muchos casos lo que realmente limitaba la fertilidad era la disponibilidad de agua o, menos frecuentemente, la competencia ejercida por plantas adventicias. Nuestro argumento, sin embargo, se refiere a los nutrientes minerales y, dentro de éstos, al que con mayor frecuencia limitaba la producción agrícola.

miento del nitrógeno exportado, aunque las cantidades expresamente aportadas en forma de estiércol fuesen notablemente inferiores a las extraídas en la cosecha²⁶.

La Plana de Vic es una llanura de unos 30 km de largo por 10 km de ancho, regada por el Ter y sus afluentes, que constituye el valle central de una comarca (Osona) con una orografía muy variada y con abundantes bosques. De tipo climático templado, tiene un régimen muy regular de lluvias y una pluviosidad anual relativamente elevada (741 mm en Vic, la capital). Los suelos jóvenes aluviales cubren parcialmente el fondo del valle y constituyen las zonas más fértiles. Suele tratarse de suelos con textura fina o moderadamente fina, con una buena capacidad para retener agua. Por su textura, puntualmente algo pesada, a veces son difíciles de trabajar. También se caracterizan por una proporción moderada de materia orgánica, pH básico, con contenidos medianos de carbonatos y sin problemas de salinidad. A mediados del siglo XIX la comarca de Osona y, en particular, su parte más llana (Plana de Vic) era escenario de una agricultura relativamente avanzada dentro del marco de una economía agraria tradicional con una base estrictamente orgánica. En la Plana, predominaban los cultivos herbáceos organizados en rotaciones relativamente largas (cuatro años) y bastante intensivas. Estas alternancias, además de suprimir los años de barbecho blanco, permitían incluso la obtención de dos cosechas anuales en algún momento de su ciclo.

Una de las rotaciones²⁷ para la cual disponemos de una información detallada se articulaba en un ciclo cuatrienal durante el cual se sucedían las cosechas de habas (primer año), trigo (segundo año), maíz (tercer año), mezcladizo (cuarto año) y alforfón (quinto año). Este modelo de rotación, con ligeras variaciones, puede considerarse predominante en la zona de Vic. A lo largo de estos cuatro años, se recolectaban un total de 5.600 kg de grano, buena parte de los cuales podía destinarse a la alimentación humana, y 8.300 kg de pajas, tallos y hojas. Tanto la producción por unidad de superficie como por unidad de simiente indican que se trataba de una zona de elevados rendimientos, en relación a los valores habituales durante el período considerado²⁸, a pesar de una relativa contención en la producción de maíz. El cuadro 1 desglosa la producción y los rendimientos de cada uno de los cultivos obtenidos.

²⁶ Ver Naredo (1994).

²⁷ El modelo de rotación procede de Salarich (1877) y Salarich (1857). Otros autores proponen modelos con ligeras variaciones: una segunda cosecha de alforfón después del trigo durante el segundo año, además del cuarto, o cebada en vez de maíz el tercero. El cambio más significativo sería la sustitución de las habas por patatas en aquellos parajes afectados por la plaga del *frase*. Esta sería la rotación dominante en el centro del llano de Vic. En las zonas limitrofes, se seguía una rotación más simple: Maíz y patatas el primer año, trigo o mezcladizo el segundo.

²⁸ Garrabou, Pascual, Pujol y Sager (1995).

PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTOS POR CULTIVO

	Producción de grano (kg/ha)	Ídem en h/ha	Rendimiento por unidad de simiente	Producción de paja (kg/ha)
Habas (1.º)	1.220	19,2	9,2	1.060
Trigo (2.º)	1.680	21,1	13,2	3.350
Maíz (3.º)	9.600	13,4	43,3	1.060
Mezcladizo (4.º)	1.160	15,3	9,6	2.090
Alforfón (4.º)	610	7,7	6,0	410

Fuentes: Salarich (1877) y Salarich (1857). Los datos de producción de paja y residuos, como se discutirá a continuación, no son demasiado fiables, en especial los referidos al maíz y el alforfón. Una memoria de 1903 sobre el cultivo de *variedades* establecía una producción, para el alforfón, de 1.500 kg de grano y 6.000 kg de paja (Catllà, 1904).

Las exigencias nutritivas de los cultivos considerados y los rendimientos resultantes nos indican que nos encontramos ante una agricultura cuya disponibilidad de nutrientes no debía ni podía ser baja, sino todo lo contrario. La principal extracción de nitrógeno del suelo se realizaba con la recolección de las cosechas y su exportación al exterior del área de cultivo para el consumo humano o animal. Aunque en la literatura agronómica no existe un acuerdo estricto sobre el contenido preciso de nitrógeno en cada tipo de grano, se puede adoptar algunos de los valores de referencia más usados sin temor a generar grandes distorsiones. Se acepta, por ejemplo, que una tonelada de grano de trigo extrae alrededor de 20 kg de nitrógeno del suelo²⁹. O que una de maíz contiene entre 15 y 17 kg de nitrógeno³⁰. Mayores obstáculos presenta la valoración de la paja. En este caso el problema es doble. Por un lado debemos conocer la cantidad de nitrógeno contenido en cada unidad de paja, hojas y tronco extraídos. Por otro, determinar las cantidades producidas teniendo presente la relación paja/grano para las variedades tradicionales. La mayor parte de la literatura agronómica actual sólo recoge información sobre variedades vegetales modernas, seleccionadas y, frecuentemente, manipuladas para conseguir un mayor rendimiento (mayor cantidad de grano) a menores costes (menor cantidad de residuos y subproductos). Estos valores no son aplicables a realidades pasadas, para las cuales, sin embargo, los datos tampoco son demasiado precisos, como muestra el cuadro 2.

²⁹ Loomis (1978), Bartolini (1989), Pascual y Noguera (1987), Russell (1973), Domínguez Vivancos (1984).

³⁰ Domínguez Vivancos (1984), Moule (1980), Bartolini (1989), Pascual y Noguera (1987), Elliot & Stevenson (1977).

RELACIÓN PESO PAJA/PESO GRANO

	Tortosa, 1889	J.C.A., 1890
Habas (1.º)	1,4	0,8
Trigo (2.º)	2,5	1,5
Maíz (3.º)	1,5	1,4
Mezcladizo (4.º)	0,8	1,3
Alforfón (4.º)	1,4	1,7

Fuentes: Tortosa (1889), Junta Consultiva Agronómica (1890).

Si se aceptan los valores utilizados en el cuadro 3, la exportación total de nitrógeno realizada a lo largo del ciclo completo ascendía a unos 200 kg/ha. Esto implica que anualmente se requería poco menos de 50 kg, como media, para mantener el nivel de producción. Cabe advertir, sin embargo, que esta no era la cantidad global de nitrógeno necesaria para la producción del ciclo. Solamente hemos considerado el N contenido en aquellas partes de la planta que eran recolectadas y sacadas del campo suponiendo que las cantidades presentes en los residuos que permanecían en el suelo se reintegraban a la reserva de N de éste. Pero, evidentemente, esto no es así, y el crecimiento de la planta exigía una disponibilidad de N mayor de la indicada anteriormente.

También debe prestarse atención a la cuestión de las pérdidas de lixiviación por volatilización y por desnitrificación. Las pérdidas de nitrógeno a causa del lavado provocado, básicamente, por agua de lluvia tienen una importancia notable en suelos arenosos y en zonas lluviosas. Los valores extremos de pérdida por lixiviación se fijan entre 10 y 100 kg por hectárea y año, en función de los factores citados además del stock de nutrientes presente en el propio suelo³¹. A pesar del hecho que la comarca de Osona es una zona bastante lluviosa³² (ubicada en la Cataluña húmeda), hemos utilizado como referencia el valor de 15 kg de N anuales³³. Además de la lixiviación, cabe tener en cuenta que también se producen pérdidas de nitrógeno en forma gaseosa, bien sea por volatilización de su forma amoniacal,

³¹ Guerrero (1987: 62).

³² Ver el cuadro 9.

³³ Aunque con 15 kg anuales de N nos situamos casi en el límite inferior de los márgenes indicados por Guerrero (1987), probablemente, dicho valor debería ser menor. En la Plana de Vic abundan los suelos arcillosos que limitan la lixiviación y permiten retener mucha agua. Asimismo, al ser un medio relativamente pobre en N, la concentración de nitratos en el agua sería baja. A pesar de ello, y debido a la dificultad de fijar con mayor certeza los valores de lixiviación, hemos optado por la cifra ya citada de 15 kg anuales.

Cuadro 3

EXPORTACIÓN DE NITRÓGENO EN DISTINTOS CULTIVOS

	Grano (kg N/1.000 kg grano)	Paja (kg N/1.000 kg paja)
Habas (1.º)	40	12
Trigo (2.º)	21	7
Maíz (3.º)	16	12
Mezcladizo (4.º)	21	6
Alforfón (4.º)	14,4	13

Fuentes: Los datos han sido extraídos de Domínguez Vivancos (1984) y Elliot & Stevenson (1977), excepto para el alforfón, que proceden de Catà (1904).

especialmente en suelos con pH básico, bien por desnitrificación de formas no absorbibles por las plantas (pero que afectan al stock de nitrógeno del suelo). La variabilidad de estas pérdidas es considerable, por lo que hemos adoptado un valor bastante aleatorio de 5 kg anuales.

Cuadro 4

EXPORTACIÓN ANUAL DE NUTRIENTES (kg N/ha)

	Grano	Paja	TOTAL
1.º año (habas)	48,8	12,7	61,5
2.º año (trigo)	34,9	21,9	56,8
3.º año (maíz)	15,4	12,7	28,0
4.º año (mezcladizo y alforfón)	32,9	18,0	50,9
Media anual	33,0	16,3	49,3

Fuentes: Elaborado a partir de los cuadros 1 y 3.

Una vez estimado el nivel de extracción de nutrientes, podemos prestar atención a otros elementos relevantes para nuestra discusión, en particular a los factores que permitieron el mantenimiento de un sistema de alter-nancia de cultivos como el expresado. Para ello debemos, en primer lugar, averiguar cómo se restablecían las cantidades exportadas de nitrógeno. Una primera porción procedía de las semillas, cuya siembra implicaba la restitución de una parte de lo extraído. Pero la auténtica fuente de nitrógeno para

el suelo es la atmósfera terrestre. A diferencia de las rocas, cuyo pobre contenido en nitrógeno implica que las cantidades aportadas a través de su meteorización sean insignificantes, la atmósfera tiene un elevado contenido de nitrógeno (78% en volumen). La transferencia de nitrógeno atmosférico al suelo se realiza a través de distintas vías. Una primera vía, con carácter abiótico y que no requiere —ni permite— en ningún caso la intervención humana, consiste en el arrastre de N atmosférico por agentes meteorológicos y, en particular, por la lluvia o la nieve. Lógicamente, la pluviosidad de cada zona incide directamente sobre la aportación potencial de nitrógeno que pueda realizarse. En su estudio sobre los cambios en la oferta de nitrógeno en la agricultura de la Europa septentrional, Chorley³⁴ consideró unos valores bastante bajos de deposición atmosférica (3,5 y 4,5 kg por ha y año) para un espacio geográfico que, a pesar de su diversidad, registra una pluviosidad bastante superior al área Mediterránea, para la cual se considera un techo entre los 10 y 15 kg/ha anuales de nitrógeno³⁵. Quizá con mayor acierto, Loomis³⁶ utiliza como referencia un arco que comprende de 8 a 12 kg/ha anuales para el conjunto europeo, agregando en dicho valor tanto la deposición por agentes meteorológicos como por el polvo o los excrementos de las aves.

A las cantidades aportadas por esta vía, deben añadirse aquellas procedentes de la fijación biológica de nitrógeno. Esta fijación puede realizarse, a su vez, en condiciones simbióticas y en condiciones no simbióticas. La li-

Cuadro 5

EXPORTACIÓN TOTAL DE NUTRIENTES (kg N/ha)

	Cosecha (grano+paja)	Pérdidas por lixiviación	Pérdidas por volatilización y desnitrificación	TOTAL
1.º año (habas)	61,5	15	5	81,5
2.º año (trigo)	56,8	15	5	76,8
3.º año (maíz)	28,0	15	5	48,0
4.º año (mezcladizo y alforfón)	50,9	15	5	70,9
MEDIA ANUAL	49,3	15	5	69,3

³⁴ Chorley (1981: 81-82).

³⁵ Urbano Terron (1991: 118). Para el conjunto español, Guerrero (1987: 61) da un valor medio de 5 kg/ha.

³⁶ Loomis (1978).

teratura anglosajona insiste en la relevancia de las aportaciones realizadas por microorganismos libres (del género *Clostridium* o *Azotobacter*), particularmente en los suelos húmedos, aunque los autores discrepan profundamente en sus valores absolutos³⁷. Por el contrario, para el territorio español hay quien sostiene que su papel es insignificante³⁸, aunque sobre este punto las discrepancias también son notables³⁹.

En el contexto de una agricultura orgánica relativamente avanzada, la fijación biológica más importante la realizaban organismos asociados simbióticamente a plantas leguminosas. A mediados del siglo XIX, la leguminosa con mayor difusión agrícola fuera del ámbito horticola era la haba, cuya capacidad nitrificada era medianamente alta, entre 120 y 170 kg/ha⁴⁰. La difusión de leguminosas pratenses, con mayor potencial fijador, aún se encontraba en un estado incipiente en aquel momento y no puede ser considerada como una fuente cuantitativamente relevante. Pero los cultivos leguminosos no deben ser los únicos considerados, dado que una porción de las plantas adventicias también pertenecían a dicha familia y aunque en el corto plazo podían resultar unas serias competidoras para las especies cultivadas, un correcto aprovechamiento de ellas podía incrementar las disponibilidades de nitrógeno a medio plazo.

Finalmente, la aplicación de estiércol era una tarea clave para la reposición de la fertilidad del suelo. Con él retornaban una parte de los nutrientes extraídos con la cosecha. Según nuestras fuentes documentales, se realizaban dos aplicaciones de estiércol a lo largo de los cuatro años de duración de la rotación. En el primer año, previamente a la siembra de las habas, se aportaban algo más de 27 toneladas de estiércol por hectárea⁴¹, a las que se añadían unas 16 toneladas en el cuarto año. Aun conociendo las cantidades aportadas, sólo podemos valorar con un elevado margen de imprecisión cuál era su contribución real al restablecimiento del stock de nitrógeno del suelo, dado que el volumen de pérdidas era muy elevado y difícil de fijar.

³⁷ Loomis (1978: 481), sostiene que en suelos húmedos y en las condiciones de la agricultura medieval, es razonable estimar un valor de 2 a 5 kg/ha anuales. Por su parte, Chorley (1981: 81-82), sostiene que investigaciones autorizadas permiten elevar este nivel a un rango superior, de 7 a 28 kg/ha (y toma 16 kg/ha como valor de referencia). Gros (1979: 95) comenta las fuertes discrepancias entre los especialistas que van desde considerarla negligible hasta unos valores de 5 a 20 kg/ha anuales en los países templados. Sin embargo, según este autor, a medida que se desciende hacia el sur, la fijación es mucho más importante y, para algunos autores, en la Italia meridional llega a 30 ó 40 kg/ha y año.

³⁸ Guerrero (1987: 61-62).

³⁹ A diferencia del autor citado en la nota anterior, Urbano (1991: 435) considera que, en nuestras latitudes, dicha vía no representa más de 10 kg/ha anuales.

⁴⁰ Datos de Larue & Patterson, extraídos de Stevenson (1986). Estos valores de fijación simbiótica en las habas probablemente son demasiado elevados para el contexto espacio-temporal al cual los aplicamos. Sin embargo, al no disponer de cifras mejores y dado el valor relativo de todos los cálculos realizados en el trabajo, los mantenemos como referencia.

⁴¹ Aunque pueda sorprender que se aplicara estiércol antes de las habas, las fuentes documentales coinciden sistemáticamente en este punto.

Dadas las prácticas agronómicas predominantes (escasa difusión de los estercoleros, práctica inexistencia de sistemas de captación de la urea, abandono frecuente del estiércol sin enterrar en los campos...), hemos supuesto unas pérdidas del orden del 40% -valor que creemos razonable- respecto al potencial nitrogenante de cada tonelada de estiércol. Al mismo tiempo, para evaluar este último, hemos considerado que el contenido de nitrógeno de una unidad de estiércol estándar equivalía al contenido proporcional de excrementos producido por cada especie ganadera, atendiendo al peso de cada una de ellas en la comarca considerada⁴². Estos razonamientos han dado como resultado que cada tonelada de estiércol podía realizar una aportación neta de unos 3 kg de nitrógeno.

Cuadro 6

APORTACIONES DE NITRÓGENO (kg/ha)

	1.º año	2.º año	3.º año	4.º año
	Habas	Trigo	Matz	Mezcladizo y alfalfón
Simiente	1,6	0,8	0,3	0,7
Fijación simbiótica con leguminosas	145,0			
Estiércol	81,3			48,8
Deposición atmosférica y otros	10,0	10,0	10,0	10,0
TOTAL	237,9	10,8	10,3	59,5

El cuadro 6 es un intento arriesgado de ilustrar con valores indicativos lo que hemos expuesto acerca del restablecimiento del nitrógeno extraído. Como puede observarse, las leguminosas jugaban un papel clave en el sostenimiento del conjunto de la rotación, dado que realizaban la mayor aportación de nitrógeno del ciclo, además de aumentar la producción vegetal para alimentación del ganado. En este sentido, también cabe destacar que la sucesiva sustitución de las habas por otras variedades leguminosas con mayor potencial para la fijación de nitrógeno (especialmente trébol, alfalfa o esparteta) implicó mayores posibilidades de mejo-

⁴² Junta General de Estadística (1868).

rar los rendimientos agrícolas en su conjunto (aunque para un análisis correcto de esta cuestión deberíamos tener en cuenta el equilibrio con otros nutrientes que, en abundancia de nitrógeno, podían convertirse en factor limitante). Probablemente aún no se habían agotado los límites de crecimiento de esta economía orgánica. Pero la generalización de este modelo de rotación —u otro similar— en el contexto de la misma comarca de Osona dependía no sólo de la posibilidad de cultivar legumbres, sino también de las disponibilidades de estiércol para el abonado de los campos. Y éstas eran limitadas. La cabaña ganadera del Partido Judicial de Vic ascendía, según el censo de 1865, a 52.000 cabezas de distintas especies, cuya producción de estiércol (utilizando coeficientes que incluyen tanto los excrementos como las camas) puede ser evaluada en 76.000 toneladas anuales. Teniendo en cuenta que la dosis media de abonado por hectárea y año en la rotación presentada era de 11 t, y suponiendo que se aprovechara íntegramente (aunque no sea un supuesto real), sólo alcanzaba para abonar unas 7.000 ha, menos de la mitad de la superficie cultivada. Ciertamente, cabría añadir tanto los residuos urbanos, así como aquellos residuos vegetales (hojarasca, etc.) que se mezclaban con el estiércol, aunque probablemente esto sólo sirviera para compensar aquella parte de la producción estimada que realmente no era utilizada con finalidades agrícolas. En definitiva, pues, aunque podamos considerar representativo de la comarca el modelo de rotación especificado, su alcance estaba limitado por una dotación ganadera insuficiente para sostenerlo de manera generalizada⁴³.

La producción agrícola de las zonas comarcas de Urgell y la Segarra se encontraba en el polo opuesto a la agricultura ausetana. Situadas en las zonas llanas de la provincia de Lérida, están regadas por pequeños arroyos como el Corb o el Sió, de escaso caudal y muy condicionados por la pluviosidad. Les corresponde un tipo climático mediterráneo continental templado y una pluviosidad anual que oscila entre los 400 y los 500 mm anuales, repartidos muy irregularmente a lo largo del año. La capacidad de retención de agua de los suelos es muy variable, comprendiendo desde valores muy bajos a suelos donde la retención puede ser calificada de buena. Ambas comarcas se caracterizan por una escasa presencia del bosque, destruido por la acción humana. Con un relieve relativamente suave, en especial el Urgell, aunque marcado por la acción erosiva de los agentes meteorológicos, fue, durante el siglo XIX, escenario de una cerealicultura de bajos rendimientos y fuertes oscilaciones. Sus suelos presentan un contenido me-

⁴³ Para ponderar estas estimaciones hay que tener en cuenta que una rotación tan intensiva como la que hemos elegido sólo se practicaba en la parte más fértil del llano de Vic. J. Salarich (1877) fija la extensión de dicho llano en 5.597 ha, y nos advierte que la rotación cuatrinal que venimos comentando sólo se daba en el centro del llano.

diano o alto de carbonatos, una baja proporción de materia orgánica, un pH básico y, puntualmente, por la existencia de algunos lugares salinos. También se caracterizan por ser de textura mediana o, como mucho, moderadamente fina, lo que facilita el trabajo agrario en relación a la Plana de Vic.

El modelo de rotación predominante en dichas zonas leridanas era la alternancia de un cultivo cerealícola, preferentemente trigo, con un año de barbecho blanco durante el cual se labraba repetidamente la tierra para eliminar las malas hierbas. Los rendimientos obtenidos en este sistema eran realmente bajos. Sólo se recolectaban unos 900 kg/ha de grano y 1.800 de paja cada dos años. Esto implicaba un nivel de exportación de nitrógeno bastante inferior al que caracterizaba la rotación anterior. Contabilizando extracciones y pérdidas, alcanzaba un valor estimado de 30 kg/ha de N cada dos años (15 kg anuales). La aportación documentada de estiércol era prácticamente testimonial, 3 t/ha durante el año de barbecho. En estas comarcas el estiércol procedía principalmente de los animales de labor más una pequeña porción aportada por el ganado de engorde y los excrementos humanos. Una explotación tipo de estas comarcas acostumbraba a contar con un par de animales de trabajo (bueyes o mulas) que se alimentaban de pastos externos a la zona de cultivo y, con más frecuencia, de la producción de la propia explotación (pajas, legumbres, granos y forrajes). Era bastante común destinar una pequeña parcela de la explotación al cultivo de forrajes. Tanto en los contratos del patrimonio Torelló como en los de la familia Nuix, se fijaba la superficie que se podía estimar a estos usos, que en general no excedía las 0,2 ha, prohibiéndose su ampliación. El estiércol que podía generarse con el ganado mayor ascendía a un máximo de 14 t. A esta cantidad debería añadirse lo aportado por el demás ganado de la explotación —un cerdo y volatería, básicamente—, aunque ello continuaba siendo claramente insuficiente para abonar bianualmente una superficie media de 10-15 ha de tierra camp, extensión representativa de una explotación media de esta comarca. La aportación realizada por el pastoreo de rebaños de ovejas sobre rastros y barbecho, generalmente mediante el arrendamiento de las hierbas a un ganadero, podía introducir algunos cambios en la cifra estimada.

La observación de Loomis sobre el hecho que las aportaciones de nutrientes realizadas por el hombre no cubrieran más que una parte de las extracciones ha tenido poca incidencia en la agronomía en general y en la historia agraria en particular. La inferencia lógica de esta constatación era preguntarse cómo podían mantenerse unos sistemas agrarios con déficit crónicos de nutrientes. La respuesta la avanza el mismo Loomis cuando señala la importancia de los procesos naturales en la reposición de nutrientes.

Cuadro 7		
EXPORTACIONES DE NITRÓGENO (kg/ha)		
	1.º	2.º
Cultivo	Barbecho	Trigo
Grano	-	18,7
Paja	-	11,8
Pérdidas por lixiviación, etc. ⁴⁴	0	0
TOTAL	0	30,5

Cuadro 8		
APORTACIONES DE NITRÓGENO (kg/ha)		
	1.º	2.º
Simiente	Barbecho	Trigo
Fijación simbiótica con leguminosas	?	1
Estiércol	8,9	?
Deposición atmosférica y otros	10	10
TOTAL	18,9	11

En el caso del nitrógeno, la deposición atmosférica, las fijaciones biológicas realizadas sin intervención humana (bacterias libres y plantas leguminosas advenedizas u ocasionales) y otros mecanismos naturales podían ser muy importantes. En la rotación leridana que consideramos, resulta desconcertante la desproporción entre las cantidades extraídas por la cosecha y las aportadas con el estiércol. Esta desproporción sólo podía ser compensada, además de las aportaciones realizadas con la simiente, por la deposición atmosférica, por la fijación simbiótica con leguminosas (cultivos o advenedizas), y por la lenta liberación del nitrógeno contenido en la materia orgánica del suelo. El modelo de rotación es excesivamente esquemático y debería introducir el cultivo ocasional y parcial de leguminosas en algunas

⁴⁴ Dado el bajo contenido de nitrógeno de los suelos de esta zona, el valor de las pérdidas es tan bajo que lo hemos considerado despreciable.

zonas barbechadas, que, como hemos observado anteriormente, ocupaban un espacio superior al que registran las contabilidades y estadísticas agrarias. El margen de error con el que operamos puede distorsionar considerablemente unos valores que sólo pueden tener carácter ilustrativo, no demostrativo. Con todo, pensamos que nuestra propuesta tiene la virtud de forzar a un conocimiento más preciso de los flujos físicos de un sistema agrario determinado, tal como sugiere J. M. Naredo, y sirve para poner de relieve el peso de los flujos naturales de reposición de la fertilidad, especialmente en el contexto de las agriculturas más pobres. Aspectos como el mantenimiento del humus —que favorece la vida bacteriana, mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, limita la lixiviación y permite una mayor retención de agua y nutrientes—, o la fijación realizada por leguminosas adventicias pueden adquirir una significación importante en el marco de agriculturas de bajos rendimientos como la de los llanos leridanos de la Segarra y el Urgell. También la mineralización lenta pero continua de pequeñas cantidades de nitrógeno de la materia orgánica de los suelos permitiría sostener el cultivo en estas zonas, aunque ello supusiera una pérdida del contenido de materia orgánica y, por ende, un empobrecimiento de los suelos.

III

Los apartados anteriores se han centrado en el análisis de los diversos sistemas de fertilización practicados en la agricultura catalana de la segunda mitad del siglo XIX. Se ha observado, asimismo, la existencia de profundas divergencias en su capacidad productiva. A pesar de que algunas comarcas hubieran conseguido situar en un nivel elevado el balance de nutrientes, una opinión generalizada durante dicho período era que el déficit de fertilizantes constituía el principal obstáculo para impulsar mejoras en los rendimientos. El paso de sistemas agrarios cuyo objetivo era el de mantener unos niveles determinados de productividad a otros orientados hacia una elevación y crecimiento continuado colocaba el tema de la fertilización en un primer plano y no sorprende que fuera una constante en la literatura y la publicística agronómica de este período. En este apartado, a partir de la constatación de una gran diversidad de los rendimientos agrícolas, atribuibles en gran medida a las diversas disponibilidades de fertilizantes y de agua, nos proponemos formular algunas preguntas y plantear hipótesis sobre el perfeccionamiento de los sistemas de abonado alcanzados en algunas zonas, así como una cierta identificación de los obstáculos que impidieron su generalización. Concluimos con algunas reflexiones sobre la ruptura tecnológica que representó la introducción de abonos industriales y los problemas interpretativos que plantea el predominio de los abonos fosfatados.

La expresión más clara de la escasez de fertilizantes la constituían los rendimientos agrícolas. En un trabajo reciente hemos reconstruido la evolución de los rendimientos cerealícolas en distintas comarcas catalanas entre 1825 y 1930⁴⁵, y hemos constatado una gran diversidad en sus niveles medios. En gran medida esta diversidad coincide con la distribución geográfica de las disponibilidades de fertilizantes y de los sistemas de fertilización. ¿Cuáles son las causas que explican que en algunas comarcas catalanas la productividad de unos mismos cultivos alcanzara cotas mucho más altas que en otras? ¿Por qué determinadas líneas tecnológicas que permitían aumentar la disponibilidad de fertilizantes sólo se aplicaron en unas comarcas y no en todas? ¿Puede explicarse por el marco de relaciones sociales y económicas que condicionaban la producción? Aunque no debemos minusvalorar la incidencia de las relaciones sociales, los datos disponibles apuntan a otra dirección. Difícilmente la divergencia en el interior de Cataluña puede explicarse por el comportamiento económico de los propietarios u otros agentes sociales⁴⁶.

En un marco de relaciones sociales y económicas determinadas, y con un arsenal restringido de medios técnicos, los factores medioambientales constituyeron el elemento limitante para la difusión de determinados sistemas orgánicos de fertilización. En particular, pensamos que las disponibilidades hídricas ejercieron un papel clave como factor limitante. La escasez de agua no sólo afectaba a los cultivos cerealícolas reduciendo su productividad, sino también las posibilidades de modificar el ciclo de cultivos introduciendo rotaciones con plantas mejorantes debido a la competencia entre cultivos por el aprovechamiento del agua. Además, en la medida que el marco social bloqueaba la ejecución de grandes obras de infraestructura de regadío, imposibles de asumir individualmente, parece que el único medio técnico capaz de atenuar el desfavorable balance hídrico era el barbecho⁴⁷. Fue precisamente en las comarcas con menor precipitación anual donde el barbecho se mantuvo más extensamente a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX⁴⁸.

⁴⁵ Garrabou, Pascual, Pujol y Sagué (1995).

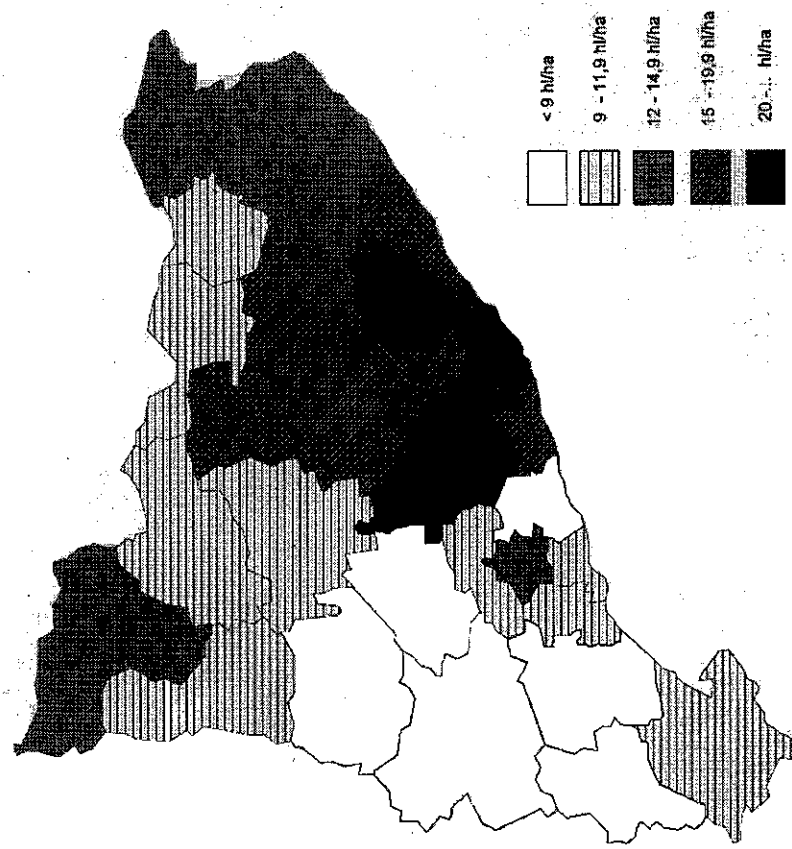
⁴⁶ Por ejemplo, el análisis de la gestión del patrimonio del Marqués de Sentmenat, un mismo propietario con heredades en cada una de las comarcas incluidas en el cuadro 9, nos indica que la respuesta no se encuentra ahí.

⁴⁷ Aunque, según A. Gros, conllevara una disminución del humus.

⁴⁸ Cabría preguntarse cuál era la capacidad real de las tierras en barbecho para acumular agua para cosechas futuras, en el contexto tecnológico de mediados del siglo XIX. En las zonas más pobres, el barbecho también permitía acumular cantidades mínimas, pero significativas, de materia orgánica. También deberíamos preguntarnos cuáles eran las condiciones edáficas y climáticas que permitían al suelo ejercer eficazmente una función de acumulador de reservas hídricas; y hasta qué punto estas condiciones se daban en la Cataluña interior y meridional. Algunos autores discuten la eficacia de esta técnica para mejorar las disponibilidades hídricas en zonas, como la de Cataluña interior, donde la última fase del barbecho coincide con un período seco y caluroso, con altas tasas de evapotranspiración potencial, aunque se debe ser cauto al aplicar conclusiones válidas para la agricultura actual al contexto de

Mapa 2

RENDIMIENTOS MEDIOS DEL TRIGO



Fuente: Junta Consultiva Agronómica, 1891.

Sólo en aquellas zonas con una mejor dotación hídrica, a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX se registraron avances técnicos que implicaban

la centuria anterior. Debemos preguntarnos también hasta qué punto las habituales operaciones de laboreo en el barbecho contribuían a facilitar la penetración del agua en la tierra o, por el contrario, favorecían su evaporación. Y, finalmente, también debemos plantear si hubiera sido posible aclimatar otras variedades de leguminosas más adecuadas a las zonas áridas, como alternativa a los problemas que presentaban las veces o la esparceta.

un aumento de los nutrientes disponibles. En las comarcas húmedas de las provincias de Girona y Barcelona, el barbecho se fue reduciendo y se extendieron nuevas rotaciones que integraban leguminosas, maíz o patatas, con una creciente presencia de leguminosas forrajeras. La leguminosa forrajera que mayor difusión experimentó fue la esparceta (o *trapadella*)⁴⁹, probablemente por su menor requerimiento de agua ante otras especies como la alfalfa.

Cuadro 9

RENDIMIENTOS, ESTIÉRCOL Y PLUVIOSIDAD

	Rendimiento medio trigo (hl/ha)	Disponibilidad teoría máxima de estiércol (t/ha)	Precipitación anual (mm)
Urgell	7-9	0,79	428-435
Segarra	8-9	0,79	462
Vallès	14-16	2,47	629-635
Baix Empordà	12-15	2,93	672
Osona	19-21	4,40	741

El progresivo avance de las leguminosas y los cambios en sus especies debió propiciar un aumento tanto del volumen de materia vegetal como de las cantidades de nitrógeno. Sería lógico esperar, pues, que se hubiera producido un aumento más o menos paralelo de la densidad ganadera. Pero la escasa bondad de los censos ganaderos —y en especial del censo de 1891— no nos permite verificar este punto. En cambio, los datos disponibles sobre rendimientos agrarios de algunas comarcas septentrionales⁵⁰ sí que parecen registrar significativos aumentos en el nivel de rendimientos cerealícolas, probablemente relacionados con los cambios en los sistemas de fertilización.

La ruptura definitiva con la agricultura orgánica tradicional no se produjo hasta principios del nuevo siglo, con la irrupción de los fertilizantes inorgánicos de origen industrial o mineral. Después de un largo período de prueba y ensayo a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX, la consolidación del

⁴⁹ Hacia 1860-70 la esparceta ya había obtenido una amplia difusión en las comarcas del Bergadà y Osona. En el Empordà, a pesar de la temprana aparición de la alfalfa en determinados puntos próximos al litoral (Castelló d'Empúries, Torroella de Montgrí), a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX también se produjo una fuerte expansión de la esparceta.

⁵⁰ Osona y Baix Empordà. Ver Garrabou, Pascual, Pujol y Saguer (1995).

consumo masivo defertilizantes no arrancó hasta los años del cambio de siglo. La utilización de abonos inorgánicos puso fin al estancamiento de los rendimientos agrícolas, extremo que hemos podido observar a través de la contabilidad de las fincas del patrimonio Torrelló, cuyos rendimientos cerealícolas saltan de un nivel de 5,3:1 para el siglo XIX a un nivel de 8,1:1 en la década de 1920⁵¹. También contribuyó a ello la difusión de nuevas variedades.

No queremos finalizar nuestra aportación sin poner de relieve algunos de los interrogantes, aún abiertos, que surgen al analizar las transformaciones en los sistemas de fertilización. La difusión de los fertilizantes industriales y minerales plantea algunas cuestiones relevantes para las cuales no disponemos de respuesta satisfactoria. Los datos históricos nos indican con claridad que en aquellas zonas con menor precipitación, donde anteriormente los niveles de rendimiento agrícola fueron menores, el impacto de los abonos inorgánicos fue bastante espectacular. Las fincas del patrimonio Torrelló situadas en las comarcas leridanas de la Segarra y el Solsonès son una buena muestra de ello. Aunque en determinadas áreas de la Cataluña interior, la difusión de estos fertilizantes coincidió con una notable expansión del cultivo irrigado, en las fincas citadas y también en la mayor parte de la región se mantuvo, sin embargo, el mismo nivel de disponibilidades hídricas. ¿Cómo explicar, entonces, un crecimiento de la producción y de la productividad basado sólo en un aumento de la disponibilidad de algunos nutrientes? ¿Debemos pensar que también se apoyó en una sustitución de las variedades cerealícolas por otras con mayor capacidad para aprovechar los nutrientes y elementos disponibles? Ciertos indicios apuntan en este sentido. Pero, aun así, cabe pensar que este aumento de la producción implicó una mayor absorción de agua. ¿Hasta qué punto esto indica que, de hecho, los sistemas agrarios tradicionales hubieran podido realizar un aprovechamiento más intensivo de los recursos hídricos y, por tanto, hubiera sido posible la sustitución del barbecho por cultivos mejorantes?

Otro aspecto relevante para el cual no disponemos aún de respuesta satisfactoria reside en la naturaleza de los fertilizantes inorgánicos más difundidos. El predominio de los abonos fosfóricos sobre los nitrogenados es inicialmente sorprendente. El 74% de abonos consumidos en Cataluña en 1907-1908, según las estadísticas oficiales eran fosfóricos, y sólo el 16% nitrogenados⁵². Durante las dos décadas siguientes el desequilibrio tendió a reducirse, aunque se mantuvo el predominio del primero (50% fosfóricos y 39% nitrogenados, en 1930-35). Esta preponderancia de los fertilizantes fosfóricos era más acentuada en algunas zonas de la Cataluña húmeda (en 1930-35, representan el 83% de abonos consumidos en la provincia de

⁵¹ Garrabou, Pascual, Pujol y Saguer (1995).

⁵² Los datos sobre consumo y composición de abonos minerales y químicos proceden de Pujol (1988: 326).

Gerona), hecho que nos podría inducir a pensar que el déficit de fósforo era especialmente relevante en aquellas comarcas donde se habían difundido con éxito los sistemas de fertilización con leguminosas, porque éstos podrían haber generado un desequilibrio entre las disponibilidades abundantes y fácilmente reproducibles de nitrógeno, y las de fósforo⁵³. Sin embargo, las elevadas cifras de las provincias de Lérida y Tarragona, no cuadran con esta interpretación. Y, por otro lado, difícilmente puede explicarse por las diferencias de precios existentes entre los distintos tipos de fertilizantes. Las observaciones de Gros (1979) sobre los problemas de fertilización en las zonas áridas y semiáridas quizá puedan aportar elementos que hagan comprensibles y razonables las pautas que siguió en Cataluña la introducción de fertilizantes industriales. Según este autor, en las regiones áridas y semiáridas, «es la pluviosidad la que determina el nivel de las cosechas, en mayor medida que la fertilidad del suelo y la calidad de las técnicas de cultivo utilizadas», y en estas regiones «las dosis de abonos deben ser moderadas y proporcionales a la cantidad de lluvia esperada»⁵⁴. Por regla general, estas tierras acostumbraban a ser pobres o muy pobres en ácido fosfórico y cualquier medida de mejora impone la utilización de abonos fosfatados. Incrementar las dosis de nitrógeno nefasto en condiciones de escasez de agua. En estas condiciones, aumentar las aportaciones de ácido fosfórico para mejorar los resultados de la cosecha resultaría totalmente lógico, ya que los abonos fosfatados activan el desarrollo de las raíces, con lo que penetran más profundamente y pueden aprovechar de forma más eficaz las escasas disponibilidades de agua. Razonar en los términos que nos propone A. Gros permite confirmar que el alza de los rendimientos de los cereales en las regiones áridas de Cataluña fue, en gran medida, el resultado de la introducción de fosfatos que permitieron una utilización más eficaz de los recursos hídricos. Ante estos resultados, también es perfectamente comprensible el predominio de los fosfatos en la primera fase de introducción de los fertilizantes industriales.

En resumen, lo expuesto hasta aquí ha tenido como objetivo fundamental poner en un primer plano un aspecto frecuentemente marginado en el análisis de las sociedades agrarias: los flujos de materiales y, más concretamente, de elementos fertilizantes. Los ejercicios que hemos hecho sobre balances de nutrientes a escala macroeconómica y de parcela creemos que tienen la virtud de mostrar la sostenibilidad a distintos niveles de los sistemas agrarios fundamentales de Cataluña. Al mismo tiempo, estos análisis sirven para poner evidencia las distintas posibilidades de mejorar los sistemas de fertilización, objetivo común de la mayor parte de agricultores desde mediados del siglo XIX. Si en las zonas áridas no se cosecharon grandes resultados, en gran parte fue

⁵³ En un estudio sobre el cultivo del trigo en la provincia de Girona, I. Aguiló (1909) insistió reiteradamente en la carencia de fósforo de los cultivos cerealícolas.

⁵⁴ Gros (1979: 332).

debido a las restricciones que el medio natural imponía, en buena medida insuperables con las tecnologías disponibles por aquellas fechas. El panorama empezó a cambiar a principios del siglo XX, al mejorar la oferta de fertilizantes industriales, más baratos y, sobre todo, con mayores garantías de calidad. Su lenta difusión en buena medida se debió, como hemos explicado, a una mayor exigencia de prácticas, ensayos y pruebas hasta conocer las respuestas y resultados de los nuevos productos fertilizantes en una agricultura en la que los recursos hídricos continuaban siendo un importante factor limitante.

Apéndice: Problemas y métodos para la estimación de las aportaciones realizadas por los principales sistemas de fertilización

El objetivo de este apéndice consiste en poner de relieve los problemas surgidos en un primer intento de evaluación de las aportaciones realizadas a través de los distintos sistemas de fertilización. La idea que subyace en nuestros cálculos es la del equilibrio del balance de nutrientes. Sin embargo, aquí no pretendemos realizar propiamente un balance. Hemos adoptado un enfoque «macro», contemplando grandes unidades territoriales (partidos judiciales) y utilizando los datos estadísticos disponibles para ellas. Los problemas con que nuestra pretensión topa pueden agruparse en dos tipologías: un primer bloque de problemas referidos a la disponibilidad de fuentes documentales y a la naturaleza y calidad de la información contenida en ellas; y en un segundo grupo de problemas referidos a cuestiones de carácter técnico sobre cómo contabilizar los flujos físicos de los sistemas agrarios. Hemos renunciado a un cómputo exhaustivo de todos estos flujos. El lector notará en falta aspectos importantes desde la perspectiva de un balance (por ejemplo, la mineralización de materia orgánica del suelo, las deposiciones atmosféricas o la solubilización del potasio contenido en las rocas); insistimos, sin embargo, que nuestra intención es realizar una primera aproximación más que un balance completo.

1. El punto de partida son los datos sobre producción agraria. A partir de esta información podemos estimar el volumen de nutrientes que era necesario reponer anualmente para el mantenimiento de la actividad agrícola, lo cual nos proporciona un punto de referencia para estimar las aportaciones realizadas por cada uno de los sistemas de fertilización.

Aunque la bondad de las informaciones estadísticas no es la deseada, hemos utilizado los datos del *Avance* de 1888 sobre producción agrícola para valorar a escala de partido judicial la cantidad de nutrientes anualmente extraídos en un cosecha media, considerando sólo los nutrientes principales (nitrógeno, fósforo y potasio) para cada una de las variedades de cereal y leguminosa recogidas por el *Avance*. Aun suponiendo que las cifras sobre producción puedan ser un reflejo creíble de la realidad, esta operación plantea algunos problemas importantes, en especial la determinación del contenido de cada una de las especies vegetales. Las dificultades son múltiples:

– No existe acuerdo en la bibliografía técnica sobre las extracciones realizadas por cada uno de los cultivos.

– En el caso de algunos cultivos marginales (pero que podían tener cierta relevancia en épocas anteriores), ni siquiera se conocen datos sobre sus exigencias nutritivas (Domínguez Vivanco, 1983).

– Los datos siempre se refieren a variedades actuales, sin que sepamos si las distorsiones que esto puede provocar son realmente importantes.

Debemos advertir que, para simplificar los cálculos realizados en esta primera aproximación, sólo hemos considerado como extracciones o exportaciones las correspondientes a la producción de grano, soslayando la cuestión del uso de la paja y otros residuos. (Aunque el supuesto de su completa restitución al suelo no sea real.)

A pesar de los problemas enunciados, hemos realizado una primera estimación, los resultados de la cual los recoge el siguiente cuadro:

Cuadro 1

EXTRACCIÓN ANUAL DE NUTRIENTES (GRANO) A FINALES DEL SIGLO XIX

P. Judicial	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P. Judicial	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Arenys	147.141	38.019	53.389	Balaguer	562.928	111.049	136.609
Barcelona	242.900	65.503	90.549	Cervera	250.935	46.277	60.338
Berga	246.724	55.130	85.430	Lleida	1.014.719	209.701	249.237
Granollers	374.697	99.435	135.790	Seu	46.005	8.762	11.234
Igualada	319.929	73.629	116.645	Solsona	103.016	18.430	24.831
Manresa	487.990	117.683	190.191	Sort	55.301	9.751	13.270
Mataró	40.963	11.547	14.620	Tremp	77.238	16.183	19.111
Sabadell	127.887	32.701	50.885	Viella	14.110	2.395	3.374
S. Feliu	430.780	128.336	165.550				
Tarrasa	54.102	14.079	19.554	Falset	68.960	13.001	18.224
Vic	492.159	106.630	140.290	Gandesa	132.222	24.851	33.804
Vilafra	249.849	61.591	104.822	Montblanc	136.933	26.961	37.208
Vilanova	44.866	12.012	18.850	Reus	51.477	11.100	17.672
				Tarragona	62.110	12.558	20.051
Figueras	176.537	47.801	55.577	Tortosa	163.452	36.630	47.055
Gerona	140.214	36.795	45.940	Valls	100.387	21.636	29.520
La Bisbal	131.706	34.014	43.545	Vendrell	85.493	17.848	25.277
Olot	75.056	20.893	22.488				
Puigcerdá	43.860	11.272	12.236				
S. Coloma	119.047	29.742	35.738				

Fuentes: Los datos sobre producción de cereales y legumbres proceden de JCA, 1891. Los coeficientes sobre extracción de nutrientes por cada 1.000 kg de grano producido proceden de diversas fuentes: Elliot & Stevenson, 1977 (arroz, trigo, avena, centeno y cebada), Domínguez Vivanco, 1983 (maíz, garbanzos, habas, lentejas, judías y vezas), y Bartolini, 1989 (guisantes).

Cuadro 2

EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES (en kg por cada tonelada de grano o heno)

Cultivo	N	P	K	Referencia bibliográfica
Alfalfa (heno)	250-300	60-80	200-250	Domínguez Vivanco
Arroz	13,9	2,5	2,2	Elliot & Stevenson, 1977
Avena	19,5	3,5	4,9	Elliot & Stevenson, 1977
Cebada	18,1	3,3	4,2	Elliot & Stevenson, 1977
Centeno	20,7	2,7	4,8	Elliot & Stevenson, 1977
Esparceta (heno)	150-250	45-60	120-160	Domínguez Vivanco
Garbanzos	40	11	34	Domínguez Vivanco
Guisantes	11	3	3	Bartolini, 1989
Habas	40	11	23	Domínguez Vivanco
Judía	41,7	6	11,4	Elliot & Stevenson, 1977
Lentejas	40	11	34	Domínguez Vivanco
Maíz	16	7	5	Domínguez Vivanco
Trigo	20,8	4,5	5,2	Elliot & Stevenson, 1977
Trigo sarraceno	20,8	4,5	5,2	Sin datos. Ídem que el trigo
Veas	40	11	23	Domínguez Vivanco

2. Obtenidos dichos resultados, el siguiente paso consiste en estimar la fijación de nitrógeno realizado por los cultivos de leguminosas. Aquí vemos a encontrarnos con problemas importantes. Por un lado problemas documentales, en la medida que no disponemos de informaciones fiables sobre el cultivo de leguminosas pratenses hasta bien entrado el siglo XX. Pero también problemas para determinar el nitrógeno fijado por cada una de las especies leguminosas. No está claro, por ejemplo, cuál podía ser la aportación que podían realizar aquellos cultivos leguminosos que eran utilizados para enterrar en verde (aunque presumiblemente la fijación de nitrógeno era inferior ya que eran enterrados antes de que terminara su fase de crecimiento). Los valores de referencia que hemos tomado corresponden a una media de los datos extremos de LaRue & Patterson, y son los siguientes:

**CANTIDAD DE NITRÓGENO FIJADO POR CADA ESPECIE
LEGUMINOSA (kg/ha)**

<i>Cultivo</i>	<i>Según La Rue & Patterson</i>	<i>Coefficiente utilizado para nuestros cálculos</i>
Garbanzos	67-141	107
Guisantes	17-69	43
Habas	121-171	145
Judía	10	10
Vezas	17-154	85

Fuentes: Los datos de LaRue & Patterson han sido extraídos de Stevenson, 1986.

A pesar de la fragilidad de los datos, creemos que —leídos con la debida precaución— pueden proporcionarnos algunas informaciones de interés. En el cuadro 4 se contrastan las cantidades de nitrógeno presumiblemente fijadas por el cultivo de legumbres con la exportación de nitrógeno realizada por el conjunto de cultivos (grano). No debe ser leído como un balance, sino simplemente como una ratio, ya que ni se consideran otras vías de retención del N, ni se valoran las pérdidas por lixiviación o desnitrificación, ni las extracciones realizadas con la paja no se contemplan las cuantiosas pérdidas de nitrógeno, ni tampoco podemos disponer de información sobre la extensión de leguminosas pratenses, las cifras obtenidas son bastante razonables. En términos generales permiten destacar el distinto papel del cultivo de legumbres para la restitución de la fertilidad del suelo según las diferentes áreas, y enfatizar el desequilibrio que presentan las comarcas meridionales e interiores (correspondientes a las provincias de Tarragona y Lleida). En algunas zonas de la Cataluña húmeda, en especial el Partidó Judicial de Vic, el aparente desequilibrio debe explicarse por la existencia de zonas de prados artificiales y naturales de difícil contabilización. Por otro lado, es importante tener en cuenta que estas cifras no reflejan las cantidades de nitrógeno realmente disponibles para la fertilización del suelo, aun- que sí un cierto techo (ampliable en la medida que existieran cultivos de le- guminosas pratenses) sobre la capacidad del sistema agrario para regenerar las exportaciones de dicho elemento.

3. En una apreciación como la que estamos realizando es clave tener en cuenta la importancia de la restitución de elementos a través de la reutilización de parte de la producción en la explotación agraria. No se trata sólo de los residuos (raíces, pajas, hojas...) que permanecen en el campo tras la cosecha, sino de aquellas partes que son utilizadas como cama y alimento

de los animales y que son devueltas al campo en forma de estiércol. Debe tenerse en cuenta que a lo largo de este proceso se producen pérdidas importantes de difícil cuantificación. Esto afecta también a los cálculos previos sobre cantidades de nitrógeno hipotéticamente fijada por las legumbres.

Pero el estiércol animal no sólo procede de la reutilización de determinados productos y subproductos, sino que frecuentemente también permite la importación neta de nutrientes extraídos de los espacios no agrícolas. Cabe tener en cuenta, además, que frecuentemente se añadía al estiércol animal otro tipo de residuos —hojarasca, por ejemplo— sobre cuya composición apenas sabemos nada. Por el momento hemos dejado de lado el problema de la procedencia de los nutrientes aportados a través del estiércol, aunque sería necesario tenerlo en cuenta si se quisiera ajustar el balance de nutrientes, para evitar contabilizaciones por duplicado.

La estimación de las cantidades de estiércol generadas por la cabaña ganadera, así como su composición y calidad, depende de una multiplicidad de factores que mayoritariamente escapan del alcance del historiador: las razas de los animales, su edad, su peso y su dieta alimenticia. Los coeficientes técnicos utilizados por la literatura agronómica generalmente se refieren a las razas ganaderas y los regímenes alimentarios actuales. Su proyección hacia el pasado es harto difícil.

Para una primera prueba hemos utilizado coeficientes procedentes de Diehl & Mateo (1985). Los resultados los recoge el cuadro 5, donde se comparan las cantidades hipotéticamente extraídas por cada cosecha con el contenido máximo de nitrógeno, fósforo y potasio del estiércol generado por el conjunto de la cabaña ganadera. Evidentemente, a la diferencia existente entre unos y otros valores cabría sustraer tanto el importante volumen de estiércol no aprovechado como las pérdidas (especialmente de nitrógeno) registradas durante el almacenamiento y la manipulación de éste. Sin embargo, estas cifras también ponen de relieve la existencia de un margen de maniobra bastante amplio para aumentar la disponibilidad real de nutrientes, en la medida que pequeños avances en el control y estabulación del ganado podían suponer grandes posibilidades de incrementar los fertilizantes.

ESTIMACIÓN DEL NITRÓGENO FIJADO POR CULTIVOS LEGUMINOSOS, EN RELACIÓN CON SU EXTRACCIÓN

	Superficie legumbres	Aportación de N	Exportación total de N	Saldo de N	% aportado
Barcelona					
Arenys	1.207	137.653	147.141	-9.487	94
Barcelona	2.264	195.020	242.900	-47.880	80
Berga	1.946	249.455	246.724	2.731	101
Granollers	2.850	307.607	374.697	-67.090	82
Igualada	3.050	349.550	319.929	29.621	109
Manresa	3.827	510.503	487.990	22.512	105
Marató	287	31.815	40.963	-9.148	78
Sabadell	1.282	149.451	127.887	21.564	117
S. Feliu	2.954	342.838	430.780	-87.943	80
Terrassa	430	50.290	54.102	-3.812	93
Vic	1.456	176.259	492.159	-315.900	36
Vilafranca	2.598	332.503	249.849	82.654	133
Vilanova	713	76.554	44.866	31.688	171
Girona					
Figueres	1.167	163.833	176.537	-12.704	93
Girona	1.322	189.144	140.214	48.931	135
La Bisbal	1.351	187.902	131.706	56.196	143
Olot	?	?	75.056	?	
Puigcerdà	?	?	43.860	?	
S. Coloma	567	76.233	119.047	-42.814	64
Lleida					
Balaguer	1.121	84.873	562.928	-478.055	15
Cervera	118	6.756	250.935	-244.179	3
Lleida	1.950	116.468	1.014.719	-898.251	11
Seu	765	56.474	46.005	10.469	123
Solsona	211	14.350	103.016	-88.666	14
Sort	101	6.858	55.301	-48.443	12
Tremp	87	4.694	77.238	-72.544	6
Viella	8	80	14.110	-14.030	1
Tarragona					
Falset	243	13.162	68.960	-55.798	19
Gandesa	258	15.678	132.222	-116.544	12
Montblanc	424	28.970	136.933	-107.964	21
Reus	561	36.827	51.477	-14.650	72
Tarragona	680	32.349	62.110	-29.761	52
Tortosa	550	38.807	163.452	-124.645	24
Valls	527	33.496	100.387	-66.890	33
Vendrell	412	35.293	85.493	-50.201	41

ESTIMACIÓN DE LOS NUTRIENTES APORTADOS POR LA PRODUCCIÓN POTENCIAL DE ESTIÉRCOL EN RELACIÓN CON LAS EXTRACCIONES REALIZADAS POR LA COSECHA

	Extracción total de nutrientes por cosecha			Contenido del estiércol			Diferencia		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Arenys	188.103	158.688	161.761	276.095	122.766	286.322	87.992	-35.922	124.561
Barcelona	242.900	65.503	90.549	214.079	99.074	207.196	-28.821	33.571	116.647
Berga	246.724	55.130	85.430	244.786	99.269	246.823	-1.928	44.139	161.393
Granollers	374.697	99.435	135.790	248.037	106.273	254.529	-126.661	6.838	118.740
Igualada	319.929	73.629	116.645	104.589	44.820	98.657	-215.339	-28.810	-17.989
Manresa	487.990	117.683	190.191	135.298	58.652	134.576	-352.692	-59.031	-55.615
S. Feliu	430.780	128.336	165.550	170.105	71.201	161.336	-260.675	-57.135	-4.214
Terrassa	181.989	86.802	104.986	122.063	52.263	124.190	-59.926	-34.539	19.204
Vic	492.159	106.630	140.290	395.664	166.605	397.180	-96.495	59.975	256.890
Vilafranca	249.849	61.591	104.822	100.192	43.900	96.032	-149.657	-17.691	-8.790
Vilanova	44.866	12.012	18.850	64.019	26.704	59.635	19.152	14.692	40.786
Figueres	176.537	47.801	55.577	661.580	274.238	678.214	485.043	226.437	622.637
Girona	140.214	36.795	45.940	599.434	266.077	636.937	459.211	229.281	590.998
La Bisbal	131.706	34.014	43.545	337.500	150.432	349.449	205.794	116.418	305.904
Olot	75.056	20.893	22.488	453.052	180.497	472.379	377.996	159.604	449.891
Puigcerdà	43.860	11.272	12.236	738.816	291.264	731.720	694.956	279.992	719.484
S. Coloma	119.047	29.742	35.738	390.956	174.786	427.879	271.909	145.044	392.141
Balaguer	562.928	111.049	136.609	532.264	241.388	520.257	-30.664	130.339	383.649
Cervera	250.935	46.277	60.338	265.382	121.046	249.855	14.447	74.769	189.518
Lleida	1.014.719	209.701	249.237	552.889	251.805	515.515	-461.830	42.105	266.278
Seu	46.005	8.762	11.234	632.959	254.397	636.920	586.955	245.635	625.686
Solsona	103.016	18.430	24.831	314.635	131.532	314.521	211.619	113.102	289.690
Sort	55.301	9.751	13.270	810.138	317.144	789.670	754.837	307.393	776.399
Tremp	77.238	16.183	19.111	570.318	225.775	550.186	493.079	209.592	531.075
Viella	14.110	2.395	3.374	423.469	168.293	426.278	409.359	165.897	422.904
Falset	68.960	13.001	18.224	203.776	84.511	190.465	134.816	71.510	172.241
Gandesa	132.222	24.851	33.804	255.401	108.016	232.508	123.180	83.165	198.704
Montblanc	136.933	26.961	37.208	223.352	87.516	200.024	86.419	60.555	162.816
Reus	51.477	11.100	17.672	125.189	55.964	116.414	73.712	44.864	98.742
Tarragona	62.110	12.558	20.051	88.229	37.982	82.388	26.119	25.424	62.337
Tortosa	163.452	36.630	47.055	432.729	176.864	398.372	269.276	140.234	351.317
Valls	100.387	21.636	29.520	99.843	43.809	94.871	-543	22.173	65.351
Vendrell	85.493	17.848	25.277	116.695	48.761	108.399	31.202	30.913	83.122

Fuentes documentales

- Archivo de la Sociedad Económica Barcelonesa de Amigos del País, Caja 14, n.º 1, *Estado que manifiesta los gravámenes para el cultivo de una cuartera de tierra de segunda calidad en la parroquia de la ciudad de Vich...*, 1838.
- Archivo de la Sociedad Económica Barcelonesa de Amigos del País, Trabajos presentados, Caja 12, *Estudio agrícola del llano de Vich. Memoria escrita para optar al premio ofrecido por la Sociedad Económica Barcelonesa de Amigos del País en su programa del presente año 1872*.
- Archivo de la Sociedad Económica Barcelonesa de Amigos del País, Trabajos presentados, Caja 12, *Estudio agrícola de la comarca del Vallés. Partido judicial de Granollers correspondiente a la provincia de Barcelona. Año 1874*.
- Archivo Ministerio de Agricultura, leg. 250, Servicio Agronómico Nacional, Provincia de Lleida, 1885.
- Archivo Ministerio de Agricultura, leg. 259, Servicio Agronómico Nacional, Provincia de Lleida, *Estado detallado de los gastos y productos anuales de los cultivos principales de esta provincia*, 1888.
- Archivo Patrimonial de la familia Coll.
- Archivo Patrimonial de la familia Torelló, 1840-1930.
- Arxiu de la Corona d'Aragó (ACA), fondo Sentmenat, Doc. Contemporánea, legs. 30-33, 34-39.
- Arxiu Històric de Cervera, *Llibres de treballs*, de J. Jové (1884-1906), documentación sin clasificar.
- Arxiu Històric de Cervera, Patrimoni Nuix, documentación sin clasificar.
- Arxiu Històric de Sabadell, *Cartilla evaluatoria de la riqueza inmueble y pecuaria*, 1887.
- Arxiu Municipal de Balaguer, *Cuenta de los productos y gastos de cada hectárea de tierra según sus utilidades y cultivos y las circunstancias particulares de los mismos y de cada cabeza de ganado según sus clases, formada para que sirva de justificante a las propuestas de tipos medios*, 1884.
- Libre de Miguel Solà de Fontanet*, fondo personal R. Garrabou.

Bibliografía

- AGUILÓ CORTÉS, I. (1909): *Mejoras en el cultivo del trigo*, Diputación provincial, Girona.
- AUBERT, C. (1980): *Les engrais verts. Un moyen naturel et économique pour améliorer la fertilité des sols*, Document Technique A.C.A.B., París.
- BARBAZA, Y. (1988): *El paisatge humà de la Costa Brava*, Edicions 62, Barcelona.

- BARTOLINI, C. (1989): *La fertilidad de los suelos*, Mundi-prensa, Madrid.
- CATLLA, M. (1904): «Memoria de - sobre'l cultiu de les anomenades tardanies. Congrés agrícola català celebrat a Manresa durant els dies 7-8-9 de juny de 1903», *L'Art del Pagès*, pp. 25-26.
- CHORLEY, G. P. H. (1981): «The agricultural revolution in Northern Europe, 1750-1880: Nitrogen, legumes, and crop productivity», *Economic History Review*, pp. 71-93.
- CONGOST, R. (1990): *Els propietaris i els altres. La regió de Girona, 1768-1862*, Eumo, Vic.
- DIEHL, R., y MATEO BOX, M. J. (1985): *Fitotècnia general*, Mundi-prensa, Madrid.
- DOMÍNGUEZ VIVANCOS, A. (1984): *Tratado de fertilización*, Mundi-prensa, Madrid.
- ELLIOT, F., y STEVENSON, F. J. (ed.) (1977): *Soils for Management of Organic Wastes and Waste Waters*, Madison, Wisconsin.
- FLORES DE LEMUS, A. (1976): «Sobre una direcció fundamental de la producció rural espanyola», *Hacienda Pública Española*, núms. 42-43, pp. 421-465.
- GARRABOU, R.; PASCUAL, P.; PUJOL, J., y SAGUER, E. (1995): «Potencialidad productiva y rendimientos cerealícolas en la agricultura catalana contemporánea (1820-1935)», *Noticiario de Historia Agraria*, en prensa.
- GROS, A. (1979): *Engrais. Guide pratique de la fertilisation*, La Maison Rustique, París.
- GUERRERO, A. (1987): *Cultivos herbáceos extensivos*, Mundi-Prensa, Madrid, 4.ª edición.
- Junta Consultiva Agronómica (1891): *Avance estadístico sobre el cultivo cereal y de leguminosas asociadas en España*, Tip. de L. Peant e hijos, Madrid.
- Junta General de Estadística (1868): *Censo de la ganadería de España según el recuento verificado en 24 de septiembre de 1865*, Imp. de Julián de la Peña, Madrid.
- LOOMIS, R. S. (1978): «Ecological dimensions of medieval agrarian systems: an ecologist responds», *Agricultural History*, vol. 52, n.º 4, pp. 478-487.
- MOULE, C. (1980): *Céreales*, La Maison Rustique, París.
- NAREDO, J. M. (1994): «Sobre la reposición natural y artificial de agua y de nutrientes en los sistemas agrarios y las dificultades que comporta su medición y seguimiento (Posibilidades y limitaciones de una historia cuantitativa de los sistemas agrarios)», Ponencia del Seminario *Círculos de nutrientes y balances hídricos en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, Valsain, mecanoscrito.
- PASCUAL, B., y NOGUERA, V. (1987): *Fitotecnica general. Fertilización*, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

- PUJOL I ANDREU, J. (1988): *Les transformacions del sector agrari català entre la crisi finisecular y la guerra civil*, Bellaterra, UAB, Tesis Doctoral.
- RUSSELL, W. E. (ed.) (1973): *Soils Conditions and Plant Growth*, Tenth, Londres y Nueva York.
- SAGUER HOM, E. (1994): «L'agricultura baixempordanesa a mitjan segle XIX: producció agrària i usos del sòl», *Estudi General*, n.º 13, pp. 201-231.
- SALA, F. (1851): «Calendario Agrícola», *La Granja*.
- SALARICH, J. (1857): *El llano de Vich*, Barcelona.
- SALARICH, J. (1877): *El cultivo eterno. Memoria presentada por el Círculo literario de Vich*, Vic.
- SHIEL, R. S. (1991): «Improving soil productivity in pre-fertiliser era, en Campbell, B. M. S., y Overton, M. (eds.), *Land, labour and livestock. Historical studies in european agricultural productivity*, Manchester University Press, Manchester y Nueva York.
- TORTOSA Y PINCÓN, M. (1889): *Nociones de agricultura*, Imprenta de Pedro Ortega, Barcelona.
- URBANO TERRÓN, P. (1989): *Tratado de fitotecnia general*, Mundi-prensa, Madrid.
- WRIGLEY, E. A. (1993): *Cambio, continuidad y azar. Carácter de la Revolución industrial inglesa*, Crítica, Barcelona.

DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA TRADICIONAL A LA AGRICULTURA INDUSTRIAL: ¿UNA NECESIDAD ECOLÓGICA? SANTA FE, 1750-1904

Manuel González de Molina
Universidad de Granada

Yann Pouliquen
Universidad de Córdoba

Este trabajo que presentamos forma parte de una investigación más amplia que en la actualidad realizamos sobre uno de los agroecosistemas más degradados de Andalucía, la Vega de Granada y en concreto Santa Fe. La erosión de una parte muy importante de su territorio, la reducción alarmante de la biodiversidad agrícola, pero sobre todo la escasez y contaminación del agua, motivada por la sobreexplotación del acuífero y por la utilización de fertilizantes químicos, constituyen las manifestaciones más relevantes de una crisis ambiental que está degradando el potencial productivo de una de las zonas más fértiles de Andalucía. Las causas de tal situación no pueden explicitarse más que históricamente si se adopta una perspectiva agroecológica. Ello nos ha llevado a reconstruir, entre otras muchas cosas, los sistemas tradicionales de fertilización y a buscar los factores explicativos del paso de la fertilización orgánica a la fertilización química, punto de partida del fenómeno observable hoy de contaminación del acuífero por nitratos.

Por tanto, esta comunicación se centrará exclusivamente en estos dos últimos aspectos, intentando plantear todos aquellos problemas, tanto desde el punto de vista de las fuentes como de sus tratamiento metodológico, que nos han surgido mientras realizábamos esta tarea. También plantearemos los primeros resultados derivados de nuestra investigación, que deben considerarse sólo como hipótesis que habrá que verificar en un análisis mucho más refinado de los datos disponibles. A nuestro entender, es necesario utilizar una escala de análisis amplia cuando se trata de esclarecer las causas de la difusión y aplicación masiva de fertilizantes químicos. Por ello, dentro del marco agroecológico contemplamos una dimensión extensa, dejando en segundo plano el análisis en finca.

En efecto, nuestro punto de partida ha sido el siguiente: la generalización del mercado como asignador de recursos habría provocado la conversión de éstos —y de la tierra— en mercancías y, al mismo tiempo, habría cambiado los motivos de la práctica de los agricultores: la lógica de la subsistencia habría sido sustituida por la lógica del beneficio. Desde esta perspectiva, el agroecosistema santafesino habría sido sistemáticamente reorganizado para intensificar la producción de alimentos y con ellos la acumulación individual de riqueza. Esta reorganización sería la causante de la rotura del equilibrio existente entre los diversos usos alternativos integrados del suelo, que habría conducido a un fenómeno de escasez relativa de fertilizantes orgánicos que —vía precios, por ejemplo— habría estimulado su sustitución por los abonos químicos. Del mismo modo, la intensificación productiva, mediante la práctica de rotaciones cada vez más cortas, habría generado déficits de nutrientes más fáciles de satisfacer con abonos químicos que con un estiércol cada vez más escaso.

Por decirlo en términos más generales: la hipótesis principal que pretendemos verificar insiste en que la expansión de la actividad agrícola habría chocado con las necesidades de suelo imprescindibles para proporcionar combustibles, piensos y abonos, es decir, para satisfacer las propias demandas de la agricultura. Esa contradicción habría creado un contexto favorable a la expansión de las tecnologías ahorradoras de tierra como los fertilizantes químicos, las primeras disponibles. La contradicción entre aprovechamiento agrícola por un lado y forestal y pecuario por otro, habrían generado un fenómeno de *escasez relativa* de fertilizantes orgánicos, ya fuera para proveer la demanda de un agricultura en expansión o para permitir que dicha expansión se realizara. Tratamos, pues, de subrayar la importancia de los factores ambientales, relacionados estrechamente con los socioeconómicos, en la introducción y posterior difusión de los fertilizantes químicos.

Hemos intentado verificar esta hipótesis caracterizando en primer lugar la agricultura tradicional de Santa Fe, cuando aun era una agricultura orgánica, su racionalidad interna y su grado de sostenibilidad, es decir, si contenía o no algún factor de desequilibrio interno. Posteriormente hemos intentado evaluar el impacto de la Revolución Liberal sobre el agroecosistema santafesino, caracterizando la agricultura de la segunda mitad del siglo XIX con idénticos parámetros. Finalmente hemos intentado singularizar los principales factores explicativos del paso de la fertilización orgánica a la química, fenómeno este que se tuvo lugar en la década de los años 80 de la pasada centuria.

1. Introducción al medio biótico y abiótico

Santa Fe está situado en la depresión conocida como «Vega de Granada», que está limitada al Norte por la Sierra Subbética y al Sur por la

Sierra Bética, y constituye una área de morfología bastante plana de aproximadamente 22 Km de longitud por 8 Km de anchura, evolucionando entre 530 y 760 metros de altitud. La característica más destacable de la zona viene dada por la presencia de un acuífero detrítico del cuaternario que determina en mayor medida el tipo de uso de la tierra asociada. Los suelos de la Vega son, de forma general, entisoles muy recientes, poco evolucionados y muy profundos (A. Castillo Martín, 1986, 65). En el caso concreto de Santa Fe, los suelos suelen ser francos o franco-limosos, con un pH ligeramente superior a 8. De forma general, el contenido en materia orgánica es bajo (generalmente cercano al 1%); los contenidos en fósforo y potasio varían bastante entre las diferentes parcelas; globalmente, ambos tienden a presentar niveles normales, con tendencia a ser límites¹. Estas tierras no presentan niveles de salinidad extremos, aunque existe un riesgo de salinización alto debido a las aguas empleadas para el riego (C3-S1 en la clasificación Riverside).

Cuadro 1.1

PROBABILIDAD DE QUE LA MEDIA DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS SUPERE LOS 30°C (en %)

Estación	may	jun	jul	ago	sep	oct
Atarfe	6,3	52,0	99,9	100	51,6	1,3
Base Aérea		68,0	98,0	100	27,0	
La Cartuja		67,0	100,0	100	32,6	

Fuente: Atlas Agroclimático de España.

Para un mínimo acercamiento al clima hemos utilizado los datos del Atlas Agroclimático de España (1986). La situación en latitud y longitud, así como el hecho de que la Vega esté rodeada de montañas son responsables de la existencia de una gran amplitud térmica, que se traduce en altas temperaturas en verano y en un alto riesgo de heladas, lo que se puede apreciar en los cuadros 1.1 y 1.2, respectivamente. En definitiva, las temperaturas se caracterizan por: a) alto riesgo de heladas hasta abril incluido; b) un invierno largo y frío; c) un verano largo y caluroso; y d) escasa duración de las estaciones intermedias.

¹ Los datos que permiten tales conclusiones, en todo caso muy imprecisas, proceden del Laboratorio Agrario Regional.

Cuadro 1.2

PROBABILIDAD DE QUE LA MEDIA DE LAS TEMPERATURAS
MÍNIMAS REBASE LOS 0°C (en %)

Estación	ene	feb	mar	...	nov	dic
Atarfe	45,5	15,9	1,3	...	11,1	38,6
Base Aérea	18,9	9,2	...	...	...	9,5
La Cartuja	8,4	6,0	...	...	...	1,3

Fuente: Atlas Agroclimático de España.

Cuadro 1.3

CLASIFICACIÓN DE PAPADAKIS PARA SANTA FE

Tipo de invierno	Tipo de verano	Régimen de humedad
Av	G/O	Me

Fuente: Atlas Agroclimático de España.

Por otro lado, los datos del Atlas Agroclimático de España establecen una precipitación media en torno a los 390 litros, que se distribuye mayoritariamente entre noviembre y abril, sumando más del 70% de las precipitaciones. Existe sin embargo una gran variabilidad interanual, que se pone de manifiesto en la frecuencia con que se suceden los años de sequía, cuestión esta común al conjunto de Andalucía. De acuerdo con la síntesis que ofrece la clasificación agroclimática de Papadakis, Santa Fe se definiría por las características recogidas en el cuadro 1.3, que alude a la combinación de las influencias continentales y atlánticas.

Desde el punto de vista sociodemográfico, el agroecosistema ha sufrido a lo largo del los últimos doscientos cincuenta años un continuado proceso de intensificación productiva, cuyos dos vectores fundamentales han sido: por un lado, la constante expansión de la actividad agrícola a costa de otros usos del suelo, y por otro la reconversión de los secanos y las tierras insuficientemente regadas en explotaciones de regadío. El cuadro 1.4 muestra la evolución de los distintos usos del suelo. Como consecuencia de ello, los rendimientos por unidad de superficie no han dejado de crecer, gracias no sólo a la utilización del agua y fertilizantes, sino también a la introduc-

Cuadro 1.4

EVOLUCIÓN DE LOS USOS DEL SUELO 1752-1991 (en hectáreas)

Uso	1752	%	1856	%	1904	%	1991	%
Riego Constante	288	7,5	1.204	31,2	1.333	34,5	2.591	67,1
Riego Eventual	1.281	33,2	534	13,8	464	12,0	-	-
Secano	1.128	29,2	1.225	31,7	1.239	32,1	691	17,9
Sup. Cultivada	2.697	69,9	2.963	76,8	3.036	78,6	3.282	85,0
Dehesa/pastos	360	9,3	166	4,3	93	2,4	-	-
Pinar	-	-	-	-	-	-	210	5,4
S.A.U.	3.057	79,2	3.129	81,1	3.129	81,1	3.492	90,5
Uso urbano	*	*	*	*	*	*	149	3,8
Superf. Total	3.860	100,0	3.860	100,0	3.860	100,0	3.860	100,0

* Los datos correspondientes al uso urbano se incluyen dentro de «otros».

Fuente: Para 1752 el Catastro de Ensenada; para 1856, el Amillaramiento de la Riqueza Rústica y Pecuaria de ese año; para 1904, la «Contestación al cuestionario agrícola remitido por el Gobernador Civil» (A.M.S. Caja 391, doc. 1); y para 1991, los datos corregidos de la Cámara Agraria de Santa Fe.

ción de nuevas rotaciones de cultivo más productivas, aunque menos eficientes desde el punto de vista ecológico. Como veremos dentro de un momento, primero fue la especialización del agroecosistema en la producción de lino y cáñamo, después de la remolacha, después del tabaco, todo ello acompañado de la permanencia a través de la historia del cultivo del trigo y de las hortalizas.

Gracias a ello, la población humana se ha podido multiplicar por cinco a lo largo de los dos últimos siglos y medio, con unas consecuencias que podemos calificar de negativas desde el punto de vista de la sostenibilidad. Hasta los inicios, a comienzos del siglo XX, de la transición hacia el ciclo demográfico moderno, la dinámica de la población fue cortada periódicamente por fuertes epidemias y ralentizada por una considerable mortalidad infantil. La manipulación del 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 diezmaron: los gérmenes patógenos que se cebaban especialmente en los niños y que periódicamente provocaban gran mortandad entre la población. Cuando las mejoras en la medicina consiguieron su control, el crecimiento humano no encontró más

obstáculo que la propia voluntad de autocontrol. En otras palabras, cada vez que por diversas razones la capacidad de sustentación se vio incrementada por transformaciones institucionales y tecnológicas (*agriculturización*, nuevas rotaciones, introducción de la fertilización química, mecanización, etc.), la población pudo crecer y aumentar su consumo exosomático.

A pesar de ello la dinámica social del agroecosistema se ha caracterizado por su constante falta de equidad en la distribución de la renta agraria. A lo largo de el tiempo se ha mantenido una estructura de la propiedad, que las reformas liberales no consiguieron sino reforzar, donde el rasgo más sobresaliente ha sido la coexistencia de un puñado de grandes propietarios con un numeroso grupo de pequeños al borde de la subsistencia. Los grandes han formado parte, incluso, de la burguesía agraria granadina desde mediados del siglo XIX. La apropiación privada de la tierra no ha impedido, sin embargo, el acceso de un segmento muy importante de la población al cultivo directo de la tierra, ya sea en arrendamiento o, más recientemente, en aparcería. En esto Santa Fe se aleja de las pautas comunes a la Andalucía latifundista.

Conforme fueron aumentando los rendimientos, las explotaciones han ido fragmentándose para dar cabida a labradores con fincas cada vez más pequeñas y, por tanto, cada vez más numerosos. A ello debe añadirse la alta demanda de mano de obra que la naturaleza de los cultivos y la dificultad para mecanizar las labores han procurado. Un número de jornales entre 200 y 240 por año marca la diferencia entre este y otros sistemas agrarios de Andalucía a lo largo de sus historias. No debe extrañar que la conflictividad social haya sido mínima, a pesar de tener siempre un número muy importante de asalariados del campo entre su estructura social, y cuando el conflicto ha sido inevitable, la negociación ha primado sobre la protesta. En todo caso, la desequilibrada distribución de los recursos, principalmente de la tierra, ha constituido siempre un factor de inestabilidad potencial del agroecosistema. Tanto la acumulación de recursos, que ha sido el objetivo de la burguesía agraria, como la búsqueda de la supervivencia por parte de los campesinos, han sido las motivaciones fundamentales que, en un contexto de economía de mercado, han impulsado las transformaciones agrarias y la degradación ambiental.

2. La agricultura orgánica tradicional a mediados del siglo XVIII

Para caracterizar el estado del agroecosistema en el punto de partida hemos tomado como base la documentación histórica proporcionada por el Catastro del Marqués de la Ensenada y los inventarios *postmortem* de varios propietarios y labradores de la zona. Su utilización resulta especialmente idónea por referirse al período inmediatamente anterior a la llama-

da «Primera Revolución Agrícola» de la Vega granadina (M. Ocaña, 1974). Por ella hemos sabido que Santa Fe contaba entonces con una población de 2384 habitantes ocupada principalmente en la producción agrícola. A dicha actividad dedicaba el 70% de la superficie del término municipal. El resto se repartía entre el casco urbano, una dehesa boyal para el pasto del ganado y unos terrenos baldíos en las riveras del Genil y sobre todo de El Salado, parte de los cuales se anegaban por las frecuentes avenidas.

De los cálculos que hemos hecho sobre la distribución de los usos del suelo se desprende un cierto equilibrio. En efecto, la producción intensiva² ocupaba el 10,7% de la superficie agrícola en régimen de riego constante a partir del sistema hidráulico diseñado por los musulmanes con escasas modificaciones. El cultivo era anual, sin ningún tipo de descanso en el que, sin embargo, no eran frecuentes todavía los segundos frutos. A pesar de la relativa disponibilidad de agua, se practicaba una rotación de cultivos que pretendía optimizar el uso de los factores de producción. Dicha rotación venía a ser la siguiente:

Habas-trigo (2.^a cosecha de mijo)-lino-trigo

o

Melones (2.^a cosecha de mijo)-trigo-trigo-lino.

Aunque las habas cumplían un función fertilizadora indispensable —al contrario de su escaso rendimiento económico— al fijar nitrógeno, la ausencia del barbecho obligaba a fertilizar estas tierras con estiércol. El estiércolado se solía hacer calculando por partes iguales la cantidad que cada fruto consumía en los cuatro años de rotación. Se comenzaba normalmente estercolando con una dosis media de 3 carros con el primer fruto que solía ser de habas o melones y no se volvía a estercolar hasta el inicio del ciclo siguiente.

La producción «semiintensiva» ocupaba a su vez el 46,26% y correspondía a tierras que podían regarse sólo eventualmente. Los cultivos principales eran la viña, el olivar y sobre todo el trigo, labrado en régimen de año y vez con barbecho blanco. Según Benito Ventué (1885, 193), el «riego eventual» calificaba aquellas tierras a las que no alcanzaba el agua más que en determinados momentos del año. Durante el verano no recibía agua alguna y sólo podían regarse en primavera y otoño. Ello determinaba que no pudieran sembrarse segundos frutos ni cultivos veraniegos como el lino o el cáñamo, que componían la rotación tradicional. Estas tierras eran adecuadas

² Consideraremos como producción «intensiva» la que se daba sobre terrenos cultivados año tras año sin descanso y con la posibilidad de obtener segundos frutos anuales; ello era posible gracias a que podían regarse sin problemas, especialmente en el verano, cuando más se necesitaba el agua en un clima tan seco como el de la Vega de Granada.

das, por tanto, para la viña y el olivar y para los cereales de invierno, que al no poderse repetir año tras año determinaban su cultivo en régimen de año y vez. Más que del agua en sí, el paso de estas tierras a riego constante dependió en un primer momento de la acometida de obras de canalización de las aguas superficiales y de los alumbramientos naturales, en los que un ayuntamiento muy endeudado debía cooperar con labradores y propietarios³. En las tierras donde la eventualidad era mayor, las más alejadas de las acequias de riego, se establecía una rotación de 2/3 de trigo 1/3 de habas con un año de descanso.

Finalmente, la producción extensiva, correspondiente a las tierras que no podían regarse por encontrarse a mayor altitud, se dedicaban mayoritariamente al cultivo de cebada para forraje de los animales de labor en régimen de rotación al tercio, es decir: cebada-erial-barbecho blanco. Idéntica función cumplía la dehesa, compuesta de 360 hectáreas de pasto en la zona más alta del pueblo. Se solía aprovechar por los vecinos por igual, sirviendo de complemento a la alimentación del ganado doméstico, de labor y renta, durante el invierno. En el verano, la derrota de mieses hacía posible el pastoreo en las tierras de labor.

Por otro lado, tal y como demuestra la tabla 2.1, el nivel de mercantilización de los factores principales de la producción era realmente bajo y, contrariamente, el nivel de autosuficiencia alto, incluso de autosuficiencia alimentaria. En el nivel de finca no podía darse dicha autosuficiencia, pero existía un alto grado de reutilización de productos y subproductos, ya fuera como semillas, forrajes o fertilizantes; indudablemente las posibilidades aumentaban conforme aumentaba el tamaño de las explotaciones, dado que los grandes labradores disponían de ganado propio y de parcelas de secano para cereales-pienso con que alimentarlos, de tal manera que el estiércol utilizado era producido en el interior de la explotación.

La mayor dependencia de las pequeñas explotaciones de los intercambios locales —fuesen o no mercantilizados, que eso es imposible conocer por ahora dada la carencia de fuentes— en cuanto a los factores de producción (yuntas, estiércol, aperos) se compensaba con un mayor nivel de autoconsumo de la producción y de autoempleo de la mano de obra familiar. En cambio, los grandes labradores se veían obligados a romper su autosuficiencia productiva por la necesidad de vender, ya fuera en Santa Fe o en Granada, gran parte de su producción y por la necesidad de recurrir puntualmente a grandes cantidades de mano de obra.

³ Por ejemplo, a comienzos de la década de los noventa del siglo pasado se construyó el «Canal de Isabel la Católica» que llevaría las aguas procedentes del alumbramiento natural del mismo nombre. Los gastos de construcción fueron sufragados entre la corporación municipal y los labradores. Vid A.P.N. Escribanía de D. Francisco Cerezo Requena. Año de 1984, Tomo único, folios 962 y ss.

Tabla 2.1

GRADO DE MERCANTILIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN. 1752

Componentes	Pequeñas Explotaciones	Medianas Explotaciones	Grandes Explotaciones	Comunidad
Semillas	Finca	Finca	Finca/pósito	Local
Animales de labor	Mercado local	Finca/merc. local	Finca	Local
Animales de renta	-	Dehesa/rastrojos	Dehesa/rastrojos	Local
Animales domésticos	Casa	Casa	Casa	Local
Mano de obra	Familiar	Familiar/merc. local	Merc. local/exterior	Local/exterior
Estiércol	Casa/merc. local	Casa/merc. local	Finca/casa	Local
Agua	Finca	Finca	Finca	Local
Aperos	Mercado local	Mercado local	Mercado local	Local
Alimentación	Finca/merc. local	Finca/merc. local	Merc. local/exterior	Local/exterior
Forrajes y piensos	Finca/dehesa	Finca/dehesa	Finca/dehesa	Local
Cosecha (destino)	Autocons/merc. local	Mercado local	Merc. local/exterior	Local/exterior

Fuente: Análisis cualitativo de las fuentes (Inventarios Postmortem y Catastro del Marqués de Ensenada).

Como puede verse también en la tabla 2.1, el grado de dependencia y mercantilización de la comunidad era realmente bajo, dado que la mayor parte de los flujos físicos y monetarios circulaban por el interior de la propia comunidad. Sólo en tres de los 11 parámetros considerados existía cierto intercambio monetario con el exterior que, además, resultaba lógico habida cuenta de que Santa Fe por su alta fertilidad resultaba excedentario en plantas industriales (lino y en menor medida cáñamo) y trigo. El flujo de alimentación proveniente del exterior era producto de la lógica diversificación alimentaria en carne y pescado, dado que el consumo local de cereales, vino y aceite era cubierto con la producción local un año con otro.

Sin embargo, Santa Fe era ya entonces deficitaria en mano de obra, dado el carácter intensivo de una parte de su agricultura, especialmente en el cultivo de plantas industriales muy exigentes en trabajo. Era el único factor de la producción que estaba en parte mercantilizado. Los cálculos realizados para 1752 y que aquí no merece la pena detallar, arrojan un resultado bastante claro al respecto: sin contar más que con los jornales empleados en cada cultivo (excluimos de aquí los trabajos dedicados a reparación y mantenimiento de la red de acequias, producción de estiércol, leño, etc.), la oferta de trabajo alcanzaba para emplear a 666 personas durante 180 días/año con un salario medio de 3 rs (que según el Catastro de Ensenada y los inventarios postmortem constituía el salario medio usual). Ahora bien,

en 1752 Santa Fe disponía de unos 585 activos agrarios (M. Martínez Martín, 1995), siendo incapaz de satisfacer completamente la oferta de mano de obra; debía importarla de los pueblos cercanos para los momentos punta de las labores de siembra y recolección. Ello debió limitar también las posibilidades de una mayor intensificación productiva.

De hecho, como ha demostrado la tesis doctoral de David Martínez (1994), la escasez relativa de mano de obra se tradujo en estrategias por parte de los grandes labradores para asegurarse la necesaria: desde relaciones de patronazgo y clientelismo hasta la generalización y persistencia que tuvo el arrendamiento y que de seguro contribuyó a mantener un gran número de pequeños campesinos en Santa Fe. Esta afirmación es producto de la constatación de la falta de dinamismo de la población prácticamente hasta comienzos del siglo XX, dando lugar periódicamente a la recepción de inmigrantes. Esta falta de dinamismo explica, incluso, que la ampliación de la superficie cultivada y de los regadíos no fuera más rápida.

¿Pero, cuál era el grado de sustentabilidad de este tipo de organización de la actividad agraria? En principio parece que alto, dado que, desde el punto de vista ambiental, existía un cierto equilibrio entre los diversos usos agrarios del suelo⁴, que hacía posible que cada trozo de tierra, dedicándose a un aprovechamiento específico, pudiera satisfacer las necesidades generadas por los otros. Téngase en cuenta que la economía santafesina de entonces era una economía «orgánica», que necesitaba por tanto cantidades determinadas de suelo para que las plantas pudieran actuar como convertidores de la energía primaria fundamental, la solar. El crecimiento del potencial productivo dependía en este tipo de economías del equilibrio entre los distintos usos y, por tanto, de la tierra disponible. Hasta la llegada de tecnologías ahorradoras de tierra, en primer lugar los abonos químicos, no comenzó la *emancipación* de la producción agraria de la *tiranía del territorio*.

2.1. Metodología

Para verificarlo, hemos intentado valorar la capacidad del agroecosistema para reponer los nutrientes exportados con la cosecha. Para nosotros, un sistema agrario sustentable es aquel que mantiene un ciclo de nutrientes balanceado. Evidentemente, esta no constituye la única variable que define la sustentabilidad, pero quizá es la más importante. Por tanto, desde nuestra

⁴ No hemos tenido en cuenta aquí las necesidades de leña para combustible y madera para construcción y aperos puesto que carecemos de datos precisos: no obstante, la temprana presencia del chopo en la riveras (cuyo aprovechamiento era municipal y comunal y cuyo uso cumplía más la función hidráulica de regular el cauce del Genil que producir madera) y del olivar en la tierras de riego eventual proporcionaban grandes cantidades de leña.

perspectiva histórica, lo fundamental no ha sido tanto el valor absoluto entre aportaciones y pérdidas como *la razón entre ambas en su dimensión evolutiva*. La ecuación básica en la que nos hemos basado ha sido: aportaciones = exportaciones. Pero antes de entrar en el balance, veamos cómo hemos revalorizado los cálculos y cuáles han sido los pasos dados. El elemento del que hemos partido ha sido del subsistema compuesto por el conjunto de los suelos cultivados de regadío, que como hemos visto constituye el centro de toda la actividad agraria. En este subsistema, las aportaciones de nutrientes provienen de: a) las enmiendas orgánicas; b) los residuos de cosecha; c) de la meteorización de la roca madre; d) de la mineralización de la materia orgánica; e) de la fijación simbiótica del N₂ por *Rhizobium*; f) de la fijación libre de N₂; y g) de las aguas de riego. Y las pérdidas de nutrientes se producen principalmente por: a) volatilización; b) lavado y erosión; c) reorganización y retrogradación; y d) por el consumo de los cultivos.

La medición de cada uno de estos elementos constituye una tarea fundamental para verificar los términos de la citada ecuación. Desgraciadamente, muchas de las variables no se conocen lo suficiente como para conseguir una medición exacta. Hemos optado entonces por simplificar el sistema. En primer lugar, hemos despreciado la aportación por meteorización y erosión de zonas más altas, dado que su valor es sin duda muy bajo en comparación a las demás aportaciones. En segundo lugar y dadas las dificultades de encontrar los valores adecuados, hemos preferido restar al consumo de los cultivos los residuos de cosecha, quedando un factor que representa las exportaciones netas de los cultivos (granos, pajas...) y que es el que contemplaremos.

A pesar de estas simplificaciones la ecuación sigue siendo compleja. Una posibilidad metodológica consiste en atribuirle *a priori* unos valores a las variables. Sin embargo, creemos que este procedimiento puede dificultar el estudio más que facilitarlo. Por ello, comparemos en primer lugar las aportaciones por estiércol y leguminosas con las extracciones de los cultivos; el resultado de esta comparación se matiza posteriormente por los demás elementos. Dado que esta ha sido nuestra opción metodológica, el estudio del agroecosistema en su conjunto requiere 3 etapas. La primera consiste en determinar las extracciones totales de nutrientes para las rotaciones características de cada época. Posteriormente, se calcula el volumen del estiércol necesario para suplir esas necesidades, y se estima la capacidad de la cabaña ganadera para producir ese volumen. Para completar este estudio, es preciso pasar por una tercera fase que consiste en valorar si la producción de alimento del agroecosistema permite mantener dicha cabaña.

Para no complicar sobremanera el estudio, nos hemos limitado a examinar los flujos de nitrógeno, fósforo y potasio (en adelante N, P y K). Pero antes de iniciar el desarrollo práctico de los cálculos, es fundamental presentar los datos básicos que hemos utilizado para ello.

a) Extracción de nutrientes

El cuadro 2.1 muestra las valoraciones realizadas por varios autores respecto a las extracciones de los cultivos comprendidos en la rotaciones predominantes hasta comienzos del siglo XX.

Cuadro 2.1

EXTRACCIONES DE LOS CULTIVOS

Cultivo	N ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	Nota	Fuente
Trigo	28	14	26	UF/t grano	1
	24	12,5	17	Kg/t grano	2
	24-30	9-15	20-35	Kg/t grano	3
Remolacha	42	15	58	Kg/10 t raíz	4
	42	17,8	87,86	Kg/10 t raíz	5
Lino	30-60	50-75	50-75	recomendaciones	6
	30	100	180	recomendaciones	7
	15-30	25-50	25-90	Kg/t fibra	8
Cáñamo	150	100-125	100	recomendaciones	9
	110	40	85	necesidades	10
Habas	60	17	45	Kg/t grano	11
	62,5	17,5	40	Kg/t grano	12
	60	17	45,5	Kg/t grano	13

Fuente: 1. A. Guerrero (1987, 79); 2. Laboux et al., citado en L. López Bellido (1991, 222); 3. Varios autores citados en L. López Bellido (1991, 141); 4. A. Guerrero (1987, 273); 5. Prats, citado en J. V. Maroto Borrego (1989); 6. A. Guerrero (1987, 516); 7. A. Gros (1992, 307); 8. Institute Technique Agricole du lin (1993); 9. A. Guerrero (1977, 226); 10. Ibidem; 11. A. Guerrero (1987, 550); 12. Moule, citado en J. V. Maroto Borrego (1989, 535); 13. A. Guerrero (1983, 137).

Dado el amplio rango de variación de los valores recogidos para un mismo cultivo, hemos decidido hacer nuestros cálculos tomando en cuenta los dos valores extremos, que son los recogidos en el cuadro 2.2.

La fijación de N₂ por la habas se valora, según las fuentes bibliográficas, entre 59 y más de 200kg/ha. Utilizaremos aquí un valor mínimo de 100 kg/ha de N₂ fijado y un máximo de 130.

Cuadro 2.2

VALORES MÁXIMOS (M) Y MÍNIMOS (m) DE EXTRACCIONES DE LOS CULTIVOS

Cultivo	N ₂		P ₂ O ₅		K ₂ O		Nota
	m	M	m	M	m	M	
Trigo	24	30	9	15	17	35	Kg/t de grano
Remola.	42	42	15	18	58	88	Kg/10 t raíz
Lino	15	30	25	50	25	90	Kg/t de fibra
Habas	60	62	17	17	40	45	Kg/t de grano
Cáñamo	110	110	40	125	85	100	Kg/t de fibra

b) Volumen de estiércol

El conocimiento de la composición del estiércol, en especial su contenido en N, P y K, resulta fundamental para nuestro estudio. El cuadro 2.3 recoge este dato según diversas fuentes bibliográficas. Al igual que en el caso de las extracciones, los datos son muy aproximativos. En cualquier caso podemos llegar a un conocimiento muy exacto sobre el estiércol, dado que desconocemos casi por completo su manejo³.

Puesto que las rotaciones que vamos a analizar se cultivan en terrenos de regadío, las aportaciones de nutrientes que valoramos procedían de un estiércol especialmente conservado para ello. Por esta razón, no hemos considerado el estiércol de oveja y de cabra, habida cuenta que la mayoría se repartía durante el pastoreo. En cambio, los bueyes, las mulas y los cerdos se criaban en cuadra, y la mayor parte de sus deyecciones podían utilizarse para un estercolado dirigido. Por otra parte, desconocemos por completo la producción de aves de corral, y de gallinaza. En consecuencia, hemos decidido considerar para nuestros cálculos un « estiércol medio » compuesto de estiércol caballar, porcino y bovino. El cuadro 2.4 recoge las composiciones de esos estiércoles que finalmente aceptamos.

En una memoria agronómica de mediados de los años ochenta del siglo pasado (B. Ventué, 1885) pudimos encontrar una valoración para la época del estiércol producido por cada tipo de animales. Comparando estos datos con los datos actuales (cuadro 2.5) hemos optado por aceptar los primeros

³ No podemos valorar con exactitud la relación C/N, ni el volumen de las pérdidas por el propio manejo, etcétera.

Cuadro 2.3

CONTENIDO DE N, P, K DE VARIOS ESTIÉRCOLES SEGÚN DIVERSAS FUENTES (en %)

Tipo	N ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	Fuente	Nota
Vacuno	0,55	0,25	0,54	1	% MF-esti. normal
	0,5	0,24	0,62	1	% MF-esti. fluido
	0,6	0,3	0,7	2	% MF-esti. hecho
	0,5	0,2	0,5	2	% MF-esti. fresco
	1,14-2,99	0,27-1	0,75-2	3	% MS
	0,3-0,6	0,1-0,3	0,3-0,7	4	
	0,34	0,28	0,53	5	% MF
	4,5	2,3-3	3	1	% MF
	0,6	0,6	0,4	2	% MF-esti. hecho
	0,6	0,4	0,3	2	% MF-esti. fresco
Porcino	1,92-3,98	0,52-2,02	0,31-1,60	3	% MS
	0,4-0,6	0,2-0,6	0,4-0,6	4	
	0,45	0,19	0,6	5	% MF
	0,5-0,7	0,2-0,3	0,7	4	
Caballar	0,58	0,28	0,53	5	% MF
	0,4-0,8	0,16-0,3	0,5-0,7	5	% MF
Indiferenciado	0,4	0,25	0,55	6	

Fuente: 1. Anónimo (MAPA); 2. N. Lampkin (1990, 87); 3. J. F. Parr, D. Colaccio (1987); 4. C. Castille (1986); 5. P. Urbano Terron (1989); 6. A. Gros, A. Domínguez Vivancos (1992).

Cuadro 2.4

CONTENIDOS DEL ESTIÉRCOL EN N, P, K (en %)

	N ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O
Caballar	0,6	0,3	0,6
Bovino	0,5	0,25	0,5
Porcino	0,45	0,4	0,5

Cuadro 2.5

PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL EN KGS. SEGÚN DIVERSAS FUENTES

Ganado	1	2	3	4
Mulo	5.625			
Caballo	6.375			6.000-7.500
Asno	4.125			
Potro	3.187			
Buey	9.325	8.000-19.425	6.935-10.220	
Vaca			11.500-19.500	14.000-16.000
Cerdo	900	1.095-4.380	730-5.475	900-1.400

Fuente: 1. B. Ventué (1885, 92; 2. Anónimo (MAPA); 3. N. Lampkin (1990, 87); 4. P. Urbano Terron (1989).

como base. A Tenor de la composición de la cabaña ganadera de Santa Fe durante el siglo pasado, se puede deducir que el estiércol medio utilizado tenía un 47% de estiércol caballar, un 30% de bovino y un 23% de porcino. La composición del estiércol medio debió ser pues: 0,54% N₂; 0,31% P₂O₅; 0,55% K₂O (sobre materia fresca).

c) Aportación del estiércol a los cultivos

Las fuentes históricas consultadas expresan la cantidad de estiércol aportada a los cultivos en *carros por marjal* y no en kilogramos por hectárea. Ello nos ha obligado a calcular el peso del carro, puesto que ninguna de las fuentes ofrece datos para la conversión. Ante la imposibilidad de definirlo con exactitud, hemos optado por definir un peso máximo y un peso mínimo. A tal efecto, hemos utilizado cuatro vías distintas. En primer lugar, las fuentes orales consultadas situaban el peso del carro en torno a 800-1.000 kg. Si tenemos en cuenta que los carros eran arrastrados por una pareja de bueyes o de mulos, esta valoración parece exagerada. En segundo lugar, disponemos de la estimación que realizara Benito Ventué (1885, 82) a finales del siglo pasado y que fijaba el peso del carro en torno a 600 kg.

En tercer lugar, hemos realizado una estimación por nuestra cuenta a partir de la cubicación de un carro de los que se utilizaban entonces y que hemos podido localizar en Santa Fe. El resultado arroja una cabida, colmo incluido, entre 1 y 1,5 m³. Carecemos de fuentes bibliográficas para averiguar la masa volúmica de estiércol de buey o mulo en las condiciones de manejo de Andalucía. Los datos con que contamos proceden en general de

regiones más húmedas, por lo que hemos considerado que la masa volúmica debió ser menor (menos humedad y menos cama). Sobre la base de la información aportada por Urbano Terrón (1989), hemos llegado a una cifra de 450 g/l como la más probable. En consecuencia, el carro podía contener entre 450 y 675 kg de estiércol.

La cuarta vía ha sido semejante. El *Reglamento de Mejoras*, especie de convenio entre arrendadores y arrendatarios que regulaba los contratos y las indemnizaciones al vencimiento de estos, ofrece información precisa sobre el contenido de cada carro de estiércol, medido en *espuestas*: cada carro contenía unas treinta. Una vez localizada una de ellas, procedimos a su ubicación, que arrojó un valor en torno a los 40 litros, lo que supondría un volumen de estiércol por carro de 1,2 m³, correspondientes a 540 kg de estiércol. En vista de los resultados obtenidos por las tres últimas vías, bastante semejantes, hemos establecido un peso mínimo de 500 kg por carro y otro máximo de 600 kg.

Hemos trabajado, pues, con estimaciones máximas y mínimas a la hora de confeccionar los balances definitivos. Con el fin de profundizar en la discusión, decidimos contemplar las diferencias entre las extracciones mínimas y las aportaciones máximas, por un lado, y entre las extracciones máximas y las aportaciones mínimas, por otro lado. Con ello, hemos obtenido dos tipos de resultados: uno que maximiza el balance final y otro que lo minimiza.

2.2. Balance de nutrientes

Como vimos más arriba, la rotación dominante en 1750 era: habas-trigo-lino-trigo. Según las respuestas generales del Catastro de Ensenada y los inventarios postmortem consultados, el rendimiento medio de estos cultivos era el siguiente: el trigo producía unos 24 hl/ha, las habas 23 y el lino alcanzaba unas 24 arrobas por hectárea. Si los convertimos a unidades del sistema internacional⁶, los rendimientos serían los siguientes:

- trigo: 1,8 t/ha.
- habas: 1,8 t/ha.
- lino: 0,3 t/ha.

Si tenemos en cuenta, además, que la dosis media de estiércol aplicada al comienzo de la rotación ascendía a 3 carros, es decir 35.100 kg/ha. de

⁶ Para ello hemos utilizado las siguientes unidades de conversión:
1 hl de trigo = 76 kg.
1 hl de habas = 80 kg.
1 arroba de lino = 12,56 kg.

aportación máxima y 29.500 kg/ha. de aportación mínima, el balance sería el expresado en el cuadro 2.6. Como puede apreciarse, la cantidad de N₂ aportada superaba aparentemente las necesidades de la rotación. No obstante y para ser exactos, deberíamos haber supuesto que el estiércol se descompone de forma logarítmica, liberando el primer año la mitad de los nutrientes. De haber tenido información acerca del rendimiento diferencial de los cultivos según el lugar en la rotación, podríamos haber afinado más el balance. Pero dado que no tenemos tales datos, hemos supuesto en los cálculos que el estiércol libera los nutrientes de forma constante a lo largo de toda la rotación. En todo caso, si a los resultados añadimos el aporte proporcionado por las aguas residuales de Granada-capital, utilizadas para riego, y por fijación libre, llegaremos a la conclusión de que debió existir un excedente muy importante de N₂.

Cuadro 2.6

BALANCE DE NUTRIENTES PARA LA ROTACIÓN DE 1750

Exportación	N ₂	Estimación mínima			Estimación máxima		
		P	K	N	P	K	N
Trigo	86	32	62	108	54	54	126
Habas	108	31	72	112	31	31	81
Lino	4	7	7	9	15	15	27
Aportación		Estimación máxima			Estimación mínima		
Fijación	130	0	0	100	0	0	0
Esti. 600 kg	190	109	193	190	109	109	193
Esti. 500 kg	158	91	161	158	91	91	161
Balance		Maximizado			Minimizado		
Esti. 600 kg	122	39	52	61	9	9	-47
Esti. 500 kg	90	21	20	29	-9	-9	-73

Fuente: Elaboración propia.

Esto no tiene por qué significar que se produjera un lavado importante. Por una parte, la siembra del trigo a finales de otoño permitía un cierto control, puesto que las épocas de más lluvia siguen a las épocas de mayor consumo de N₂ por el cultivo. En el tercer año de la rotación, el lavado tam-

poco debía ser muy importante: existía una población de malas hierbas que podían utilizar el N_2 , dado que disponían también de los demás elementos nutritivos. Con esta práctica se alcanzaban dos objetivos: asegurar el reciclaje del N_2 y cortar el ciclo de las malas hierbas de germinación otoñal que podían competir con el trigo. En definitiva, el cálculo realizado —desde luego bastante aproximativo— sugiere varias conclusiones: en primer lugar, que la disponibilidad de macronutrientes no parecía constituir un factor limitante para esta rotación, tal y como estaba diseñada; en segundo lugar que, al contrario de lo que suele mantener la historiografía para los sistemas agrarios tradicionales, el N_2 era más limitante que el P_2O_5 y el K_2O ; y finalmente, que la rotación permitía un manejo de las malas hierbas que hacía posible la conservación de los nutrientes en el agroecosistema.

¿Pero, de dónde provenían los nutrientes aportados? En este período de tiempo que estudiamos, es decir, a mediados del siglo XVIII provenían en su integridad del propio agroecosistema, que de esa manera permanecía balanceado. Para verificarlo hemos calculado las necesidades totales de estiércol por año: hemos multiplicado las 288 has. de riego constante que existían y donde se practicaba esta rotación, por la dosis media aplicada según el peso mínimo y máximo de cada carro; todo ello dividido por los cuatro años de duración de la alternancia de cultivos. Así hemos obtenido las siguientes necesidades de estiércol:

Máximo: 2.462.400 kg
Mínimo: 2.052.000 kg

En el cuadro 2.7 hemos calculado la producción anual de estiércol de la cabaña ganadera de Santa Fe en 1752 de dos maneras: una, considerando el estiércol producido por la cabaña de acuerdo con las estimaciones que hiciera en 1885 el propio Benito Ventués de la producción anual por cada tipo de cabeza de ganado; y otra, descontando el estiércol producido por cabras y ovejas en razón de su estancia en rastrojeras y pastos de la dehesa y barbecheras la mayor parte del día. En el primer caso, la carga ganadera de la comunidad proporcionaría unos 5.450 carros (entre 2.725 y 3.270 Tm), un tercio más de las necesidades. En el segundo, quizá más probable por la fecha, el resultado sería de 4.548 carros (entre 2.274 y 2.728 Tm), un 10% superior a las necesidades. Quiere ello decir que la cabaña ganadera producía lo suficiente, incluso con cierto exceso, para subvenir a las necesidades de abono orgánico para el cultivo intensivo. Existía, pues, un cierto margen para la expansión de la superficie regada de manera constante, ya que el estiércol no parecía constituir un factor limitante.

La suficiencia de estiércol se puede comprobar indirectamente a través del precio de cada carro. En los años inmediatamente anteriores (1748-1752) al Catastro de Ensenada, el carro de estiércol costaba 5 reales por término medio, en tanto que el porte sólo lo encarecía en un real más. En re-

CARGA GANADERA Y PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL. 1752

N.º cabezas	N.º unidades	Estiércol (kg/cabeza)	Estiércol total (kg)
Mular	51	5.625	286.875
Caballar	114	6.375	726.750
Asnal	25	4.125	103.125
Potros	4	3.187*	12.748
Vacuno	79	9.325	736.675
Ovino	1.413	300	423.900
Caprino	298	375	111.750
Cerda	625	900	562.500
	2.609	—	3.270— .323

* Se ha calculado la mitad de lo producido por una cabeza de ganado caballar adulta.

Fuente: El n.º de cabezas se ha extraído del resumen de las respuestas particulares del Catastro del Marqués de Ensenada; la producción por cabeza lo ha sido de la tabla de equivalencia que para 1885 estableció Benito Ventués, pp. 92 y ss.

lación a otros, el estiércol representaba un coste menor cuyo precio en realidad no contenía renta de escasez ninguna —cosa que ocurriría más adelante— y estaba formado fundamentalmente por el coste derivado del cuidado y alimentación del ganado y por el coste de confección (volteo) y carga. El escaso precio del transporte sugiere además que las distancias recorridas para su adquisición o carga no eran muy grandes. Los inventarios postmortem hablan de dos localizaciones lógicas de los estercoleros: en primer lugar en los corrales de muchas de las casas del casco urbano, recogido y transportado por un personal especializado y llamado «bolicheros»; y en segundo lugar en las cuadras de las medianas y, sobre todo, grandes explotaciones, situados en los secanos para no ocupar tierra de riego y para estar más cerca de los rastrojos y de la producción de cebada.

Ahora bien, el mantenimiento de la cabaña ganadera, indispensable tanto para el aporte de nutrientes como para la prestación de trabajo animal, obligaba a mantener una gran cantidad de tierra dedicada a la producción de forrajes y pastos. No hemos podido realizar un cálculo preciso de la cantidad de tierra necesaria por carecer de detalles suficientes sobre el desglose de alimentación animal, tanto de bueyes como de ganado caballar. Desconocemos también la capacidad de pastoreo de la dehesa y las cantidades necesarias para la alimentación de cabras y ovejas, puestos que no

existe noticia alguna al respecto. No obstante se puede hacer un cálculo aproximativo teniendo en cuenta sólo el ganado de labor.

Cuadro 2.8			
NECESIDADES DE PIENSO Y FORRAJE DEL GANADO DE LABOR. 1752			
Tipo de ganado	Kg de cebada Año/cabeza	N.º cabezas	Total necesidades (en kg)
Mular	1.200	51	61.200
Caballar	1.200	114	136.800
Asnal	1.200	25	30.000
Potros	600	4	2.400
Vacuno	960	79	75.840
Total	-	273	306.240

Fuente: El n.º de cabezas se ha extraído del resumen de las respuestas particulares del Catastro del Marqués de Ensenada. Las necesidades en kg de cebada o equivalentes se han sacado de la Carrilla Evaluatoria correspondiente a 1887.

Según la Carrilla Evaluatoria de 1887, el ganado mular (que aquí así- milamos a caballos y asnos) necesitaba unas 37,5 fanegas (1.200 kg) de ce- bada al año o equivalente en otro tipo de granos y pajas. Unas 30 fanegas (960 kg) necesitaría cada cabeza de ganado bovino durante todo un año o equivalente. Consideramos este consumo como similar al de 1750 por no advertir en las fuentes un cambio en la raza considerada. Teniendo en cuen- ta todo ello y que el rendimiento medio de las tierras de secano –las espe- cíficamente dedicadas al cultivo de cebada para forraje– era, según el Catastro, de 5 fanegas de cebada por cada fanega de tierra (336 kg de ce- bada por hectárea), llegamos a la conclusión de que las 1.128 hectáreas pro- ducían unos 126.336 kg de cebada, teniendo en cuenta que cada año sólo producía una de las tres hojas en que se dividía el secano por estar cultiva- do al tercio.

Según muestra el cuadro 2.8, las necesidades del ganado de labor se ci- fraban en más de 300 toneladas de cebada o similares. Es decir, el secano re- sultaba insuficiente para alimentar a la citada cabaña de labor. Ello obligaba a sembrar cebada en las tierras irrigadas (unas 52,5 ha en 1752 según el Apeo de Marjales) y a incluir en las rotaciones de dichas tierras plantas forrajeras o cereales-pienso como las habas, el mijo y el maíz (unas 94 ha), restringiendo,

Cuadro 2.9

CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE CEREALES-PIENSO PARA 1754

Cultivo	Has sembradas	Rend. kg/ha	Total
Cebada (secano)	376,0	336	126.336
Cebada (riego)	52,2	912	47.606
Habas	67,7	1.661	112.450
Maíz	6,3	1.577	9.935
Mijo	20,1	1.577	31.698
Total	522,3		328.025

Nota: La cifra correspondiente a la superficie de cebada sembrada en el secano es producto de la división por tres de la superficie de secano que según el Catastro existía realmente.
Fuente: Apeo de Marjales de 1754 y Respuestas Generales del Catastro del Marqués de la Ensenada.

pues, aquella parte de la superficie dedicada a producir trigo panificable o plantas industriales de más fácil y remuneradora salida en el mercado. Sumando lo producido por cada superficie considerada obtendríamos una cantidad similar a las necesidades; téngase en cuenta que no hemos contabi- lizado la paja de los cultivos cerealcolas que se daba a los animales de labor mezclada con la cebada. En definitiva, parecía existir también un equilibrio entre el espacio forrajero y alimentario, aunque a costa de una ocupación muy importante del suelo. La abundancia relativa de estiércol hubiese per- mitido una expansión, modesta ciertamente, de la producción intensiva; pero ello hubiera sido a costa de una reducción de la superficie dedicada a la pro- ducción de alimento para los animales que hubiese, teóricamente, reducido la cabaña de ganado y consiguientemente el estiércol disponible. Podemos considerar la situación del agroecosistema en 1750 como la de un balance equilibrado entre las distintas necesidades que demandaba la producción agrícola y pecuaria; los usos distintos del territorio estaban perfectamente in- tegrados y dimensionados para satisfacer, de manera autosuficiente, las nece- sidades alimentarias tanto de los habitantes como de la cabaña ganadera de Santa Fe. El estiércol y las necesidades de tierra para forrajes limitaban, pues, la intensificación del cultivo. Cualquier incremento importante de la super- ficie regada en régimen intensivo, significaría la rotura del balance y de la in- tegración de los distintos usos del suelo, y lo que es más importante, sólo po- dría realizarse a costa del subsidio exterior de nutrientes, ya fuera en forma de estiércoles o de alimento para el ganado, lo que obligaría a recurrir más al mercado y mercantilizar en parte el proceso de trabajo agrícola.

En todo caso, el gráfico 1 permite visualizar claramente el carácter cerrado de la mayoría de los flujos, la autosuficiencia energética y de materiales prácticamente completa del agroecosistema y su escasa dependencia de la sociedad exterior a la que sobre todo transfería su excedente. No obstante, en su organización socioeconómica se advertían ya una participación significativa en las relaciones de mercado tanto para vender los excedentes como para contratar la mano de obra que faltaba. Esta sensibilidad a los requerimientos del mercado acabaría trastocando más tarde la sostenibilidad del agroecosistema.

3. El triunfo de la actividad agrícola

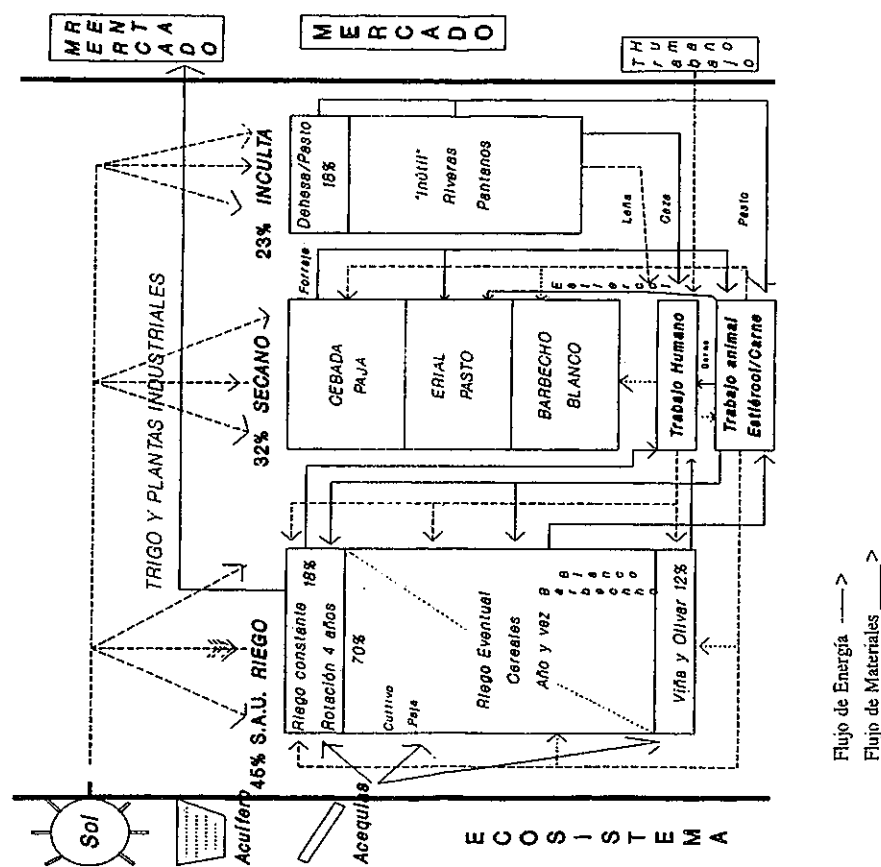
Superada la crisis de origen epidémico que afectó a Santa Fe durante los años treinta del siglo XIX y recuperado también el crecimiento de los prados agrícolas tras la depresión postnapoleónica, comenzó una nueva expansión de la actividad agrícola que transformó definitivamente el equilibrio agrosilvopastoril existente. El régimen de amortización en sus diversas variantes había impedido hasta entonces el cambio de uso de muchas de las tierras de Santa Fe y, por tanto, había limitado también —junto a los factores ambientales citados en el epígrafe anterior— la citada expansión. De la misma manera, la asignación principalmente jurídico-política de una buena porción de bienes y servicios y las fuertes restricciones impuestas por el régimen feudal a la generalización del mercado mantuvieron más o menos estable la producción agrícola. Sin embargo, la Revolución Liberal eliminó todas las «trabas» e hizo posible la definitiva expansión de ésta. Pero no sólo eso, provocó también que el mercado se constituyera como relación social dominante y subordinante. En otros términos, provocó la mercantilización de la tierra y de los demás recursos naturales.

Medidas como la Desvinculación y la Desamortización contribuyeron, además, a modificar la estructura de la propiedad y ensancharon el mercado de tierras. Los grandes propietarios de antaño (la nobleza, el clero regular y secular, el ayuntamiento, grandes propietarios forasteros y algunos locales) fueron sustituidos en el disfrute de la propiedad por un grupo significativo de labradores-arrendatarios que acabaron configurando una parte sustantiva de la burguesía granadina (D. Martínez López, 1994). Al mismo tiempo, un grupo numeroso de pequeños arrendatarios pudieron también acceder a la propiedad y en mayor medida a nuevas tierras en arrendamiento que de esa manera se pudieron cultivar más intensivamente (M. Martínez Martín, 1995).

Por otro lado, la ley de cerramientos facilitó la entrada en el mercado de buena parte de los pastos y rastrojos que en adelante se venderían, cuando antes habían sido de aprovechamiento comunal; la rotura del sistema in-

Gráfico 1

AGROECOSISTEMA 1752



regrado agroganadero comenzaba a consumirse. La protección del mercado interior para los granos a partir de 1820 favoreció la rápida recuperación del precio del trigo y de su crecimiento constante. Si tenemos en cuenta que la tierra estaba ya en buena medida en manos de gentes que pretendían cultivar la tierra para vender sus frutos y no para consumirlos —excepción hecha de los pequeños labradores—, comprenderemos la sostenida expansión que tuvo la producción triguera durante las décadas siguientes.

La superficie agrícola creció a costa de los baldíos y demás tierras no cultivadas; el trigo comenzó a entrar en los secanos y la cebada a retirarse de estos y de los regadíos. Hasta entonces, los contratos de arrendamiento habían establecido restricciones al cambio de uso y sobre todo de cultivo. Pero cuando los labradores compraron las fincas que habían estado labrando, sobre todo los secanos, se sintieron más inclinados a producir trigo, de gran rendimiento en el mercado, que cebada para forraje.

Veámoslo en datos. Los que vamos a aportar se refieren a mediados del siglo XIX, concretamente a 1856, cuando las medidas agrarias de la Revolución Liberal se habían aplicado en su práctica totalidad. La población había conseguido duplicarse en relación a 1752, gracias al proceso inmigratorio de los años 30 primero y al crecimiento natural de la población residente después. La mayor disponibilidad de mano de obra, la abundancia relativa de agua y las condiciones favorables del mercado, hicieron posible el crecimiento de hasta un 10% de las tierras cultivadas (2.963 ha, 76,8% de la superficie total) a costa de las tierras incultas, de las ganadas al arroyo del Salado y a la desecación de las tierras pantanosas cercanas al cortijo de El Jau; la dedicación de la nueva cultura fue hacia la producción de cereal-forraje en secano (cebada) y regadío. Pero la transformación más importante consistió en la conversión de las tierras regadas eventualmente en tierras de riego constante. En conjunto la densidad de habitantes por hectárea no llegó a duplicarse (1,64 hab/ha), mientras que la capacidad de sustentación del agroecosistema santafesino se duplicó con creces gracias a esas transformaciones. A primera vista el crecimiento fue intensivo, motivado por un aumento del volumen de la producción muy importante; sin embargo, como veremos, no se vio acompañado con un aumento proporcional de la productividad. De hecho, ni el utillaje ni los procesos de trabajo mismos sufrieron durante estos cien años grandes transformaciones.

La producción intensiva (riego constante) pasó de ocupar el 10% al 40,6% de la superficie cultivada. Pero la intensificación no paró aquí: se produjo una nueva rotación en base a la alternancia de seis cultivos anuales: habas, cáñamo, trigo, lino y trigo. Paralelamente, se había expandido el cultivo de hortalizas fuera de las rotaciones, eran frecuentes los segundos frutos y había hecho su aparición la patata. En muchas ocasiones la rotación quedaba rota con la aplicación de una cantidad mayor de estiércol y la repetición del cultivo.

No obstante, y a pesar de aumentar en dos años la rotación, el número de carros por marjal se duplicó, situándose en 6 (entre 3.000 y 3.600 kg), teóricamente uno por cada fruto. El estercolado por hectárea se elevaba, pues, a una cantidad entre 58.500 y 70.200 kg. Desde un punto de vista agronómico, la nueva rotación significaba algunos cambios. La pérdida por lavado en el primer invierno podía ser bastante más importante que en la anterior, aún teniendo una cobertura de MH. No se entiende entonces por qué el esquema rotacional no era: habas-trigo-cáñamo-trigo-lino-trigo. La explicación más convincente es que la sucesión estuviese diseñada sobre todo para controlar las malas hierbas. En efecto, en la rotación lógica que hemos propuesto, se siembran seguidamente tres cultivos de invierno, lo que aumentaría sobremanera la competencia de las malas hierbas. Claro está, esta hipótesis sólo es válida si, como ocurrió realmente, se deseaba incluir un tercer trigo. En otras palabras, aunque la rotación que se implementaba podía significar un mayor lavado, constituía una necesidad para asegurar una adecuada protección del trigo frente a las malas hierbas. La rotación estaba pensada, pues, para producir ante todo trigo, que proporcionaba los rendimientos monetarios comparativamente mayores en esa fecha. El lino y el cáñamo ocupaban la función de plantas de escarda. El aumento en los rendimientos del trigo, experimentado con el cambio de rotación, nos confirmaría la validez de nuestra hipótesis en cuanto al control de las malas hierbas. Efectivamente, los rendimientos medios de los años centrales del siglo XIX eran los siguientes:

Trigo: 2,3 t/ha.

Lino : 0,4 t/ha.

Habas: 1,8 t/ha.

Cáñamo: 0,9 t/ha.

La extracción de conclusiones del balance de nutrientes que hemos realizado en el cuadro 3.1, resulta más complicada con respecto al balance anterior. Ello por la importante variabilidad existente entre los valores mínimos y máximos. No obstante cabe señalar el parecido de los valores excesivos de N_2 respecto a la época anterior. En este sentido, podría decirse que esta rotación reducía el exceso de N_2 , ya que hablamos de una rotación más larga que la anterior. Sin embargo, si nos fijamos en los valores calculados con necesidades máximas, vemos que este excedente de N_2 no podía ser absorbido por las malas hierbas al haber un claro déficit de P_2O_5 y K_2O . Por lo tanto, habría un cierto lavado de N_2 . Esta hipótesis se mantiene incluso si aceptamos que los datos de extracción de lino están infravalorados. Puede suponerse que para esta rotación el N_2 constituía un factor limitante no porque faltara en cantidad absoluta, sino porque se podía perder una cantidad importante por lavado. Una segunda hipótesis basada en la valoración de extracciones máximas, sería que con esta rotación se estaba degradando la fertilidad del suelo.

BALANCE DE NUTRIENTES PARA LA ROTACIÓN DE 1856

Exportación	Estimación mínima			Estimación máxima		
	N	P	K	N	P	K
Trigo	166	62	117	207	104	242
Habas	108	31	72	112	31	81
Lino	6	10	10	12	20	36
Cáñamo	99	36	76	99	113	90
Aportación	Estimación máxima			Estimación mínima		
Fijación	130	0	0	100	0	0
Esti. 600 kg	389	223	396	389	223	396
Esti. 500 kg	316	181	322	316	181	322
Balance	Maximizado			Minimizado		
Esti. 600 kg	140	84	121	59	-45	-53
Esti. 500 kg	67	42	47	-14	-87	-127

Fuente: Elaboración propia.

Acabamos de ver que la aplicación media de estiércol por hectárea se había duplicado con la nueva rotación. Además, el número de hectáreas en la que se practicaba había pasado de 288 a 1.204. Un cálculo de las necesidades totales de fertilizante para la producción intensiva las situaría entre 11.438 y 13.725 Tm/año, según que peso le demos al carro. El Amillaramiento de 1856 no ofrece datos más que aproximativos del total de la carga ganadera, siendo significativo que no ofrezca ningunos sobre la existencia de cerdos y otros animales domésticos. Parece obvio que, probablemente por motivos fiscales, la cabaña ganadera estaba infravalorada. Teniendo en cuenta sólo los animales de labor y renta, sin contar por tanto los de granjería, resultarían unos 4.164 carros, menos de lo que se producía en 1752; es decir, arrojaría un déficit de fertilizante de gran magnitud.

Hemos intentado corregir esta carencia de datos intentando estimar la producción media anual por corral de casa con ganado, prácticamente todas. Por información oral sabemos que cada casa podía producir anualmente el estiércol correspondiente a 2 ó 3 carros. Si tenemos en cuenta que a la altura de 1856 existían en Santa Fe un total de 1.126 viviendas y, suponiendo —lo que es mucho suponer— que todas produjeran un mínimo de

CARGA GANADERA Y PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL EN 1856

Cabezas	N.º	Estiércol (kg/cabeza)	Estiércol total (kg)
Mular	126	5.625	708.750
Caballar	121	6.375	771.375
Asnal	16	4.125	66.000
Potros	20	3.187*	63.740
Vacuno	82	9.325	764.650
Ovino	350	300	105.000
Caprino	50	375	18.750
Cerda	—	900	—
Total	765	—	2.498.265

* Se ha calculado la mitad de lo producido por una cabeza de ganado caballar adulta.

Fuente: El n.º de cabezas se ha extraído del Amillaramiento correspondiente a 1856; la producción por cabeza de Benito Ventué, p. 92.

2 carros, se obtendría un total de 2.252 carros y un máximo de 3.378, que sumados a lo 4.164 producidos por el ganado de labor y renta arrojarían un total de 7.542 carros; es decir, un total comprendido entre las 3.771 y las 4.525 Tm de estiércol, lo que arroja un déficit muy importante que seguramente debía de traerse de los lugares circundantes.

En definitiva y a pesar del grueso de los cálculos, la conclusión es clara: la producción de estiércol de Santa Fe era a todas luces insuficiente para satisfacer las necesidades de fertilizante orgánico que había provocado el crecimiento de la producción intensiva en regadío. Este fenómeno de escasez tuvo su obvia repercusión en el precio. El «Reglamento de Mejoras» de 1851 establecía el precio de cada carro en 16 reales sin transporte; sin embargo, por los inventarios postmortem sabemos que el precio real que pagaba el labrador ascendía a 22 reales e incluso a 24; el transporte representaba ya una parte apreciable de precio final, habida cuenta de que la distancia a donde había que ir a buscarlo era cada vez mayor. La escasez de estiércol se convirtió en un agente de la mercantilización del proceso productivo, de la integración mercantil de Santa Fe y de la apertura de nuevos mercados.

¿Por qué Santa Fe no poseía entonces más ganado? Como hemos visto, la cabaña ganadera había disminuido en su conjunto respecto de 1752, si bien el ganado de labor había aumentado de manera paralela a la intensifi-

cación registrada por la actividad agrícola. Fue el ganado de renta el que disminuyó drásticamente, pasando de las 1.711 cabezas entre ovejas y cabras en 1752 a 675 en 1856, dos veces y media menos. Este tipo de ganadería casi se hundió, quizá por dos fenómenos relacionados: la desaparición de la derrota de mieses y del cerramiento de las fincas, obligando a los ganados a pastar en la dehesa o a comprar los rastrojos en el verano, y la competencia con los ganados de labor por el usufructo de pajas y rastrojos.

En efecto, el número de cabezas de ganado de labor aumentó de 273 a mediados del *xviii* a 365 en 1856, es decir, aumentaron en un 34% aproximadamente. Aumentó también la demanda de cebada y demás forrajes. Estimando las necesidades de la misma manera que hicimos para 1752, cifraríamos en 406.320 kg de cebada (12.697,5 fanegas) la cantidad imprescindible para mantener el ganado de labor. Traducida esta cifra en tierra vendría a significar unas 694 hectáreas de secano cultivadas de cebada.

Cuadro 3.3

NECESIDADES DE PIENSO Y FORRAJE DEL GANADO DE LABOR EN 1856

Ganado	kg de cebada por cabeza/año	N.º cabezas	Total (kg/año)
Mular	1.200	126	151.200
Caballar	1.200	121	145.200
Asnal	1.200	16	19.200
Potros	600	20	12.000
Vacuno	960	82	78.720
Total	—	365	406.320

Fuente: El n.º de cabezas se ha obtenido del Amillaramiento de 1856. Las necesidades en kg de cebada o equivalentes se han sacado de la Cartilla Evaluatoria correspondiente a 1887.

Sin embargo, este cereal había desaparecido casi totalmente de los rebaños. Sabemos además por varias estadísticas municipales de los años 50 y 60 que el trigo ocupaba al menos 100 ha (o sea, 300 ha) de las 1.225 de secano y comenzaba a desplazar con fuerza a la cebada en base a su mayor rendimiento monetario. El trigo proporcionaba, efectivamente, un rendimiento inferior a la cebada en el secano (poco más de la mitad), pero en compensación se vendía al doble, ofreciendo un margen bruto mayor. Quedaban sólo 300 ha anuales para la producción de cebada. Se explica así que Santa Fe comenzara a ser deficitaria en este cereal-pienso.

La alimentación animal debía ser complementada necesariamente con otros forrajes. Las únicas que podían proporcionar alimento en abundancia eran las habas, cultivo que ocupaba anualmente unas 200 ha y producía unas 360 toneladas; pero son bien conocidas las limitaciones que tenían como alimento sobre todo del ganado de labor. En definitiva, las habas sólo podían paliar el déficit alimentario. De hecho, todas las estadísticas consultadas entre 1850 y 1880 coinciden en señalar que debía importarse cebada. Ello tuvo que limitar fuertemente el número de cabezas al estrictamente indispensable para las labores del campo, limitando a su vez la posibilidad de producir más estiércol y obligando a importarlo de las zonas limítrofes. Apareció entonces el guano para complementar las aplicaciones de fertilizantes en los terrenos dedicados al cultivo de hortalizas, donde su uso era más intensivo. Se avanzaba así en la creación e integración de mercados.

En ese contexto, la estrategia seguida por los grandes labradores y propietarios fue hacerse con una parcela de secano para sembrar cebada y alimentar una cabaña propia. Los pequeños no tuvieron sin embargo esa posibilidad y se vieron obligados a depender del mercado local y comarcal. No obstante el rendimiento por hectárea pasó de 24 a 31 hectólitros (de 1,8 a 2,3 Tm/ha) de trigo en las zonas de riego constante, es decir, aumentó en un 30% aproximadamente; pero empleando el doble de estiércol para una rotación de 6 años, lo que implicaba un aumento de la aplicación de fertilizante orgánico de un 33% en cada año de la rotación, suponiendo una liberación de nutrientes por igual a lo largo de toda la rotación. De esa manera, el índice de eficiencia en los rendimientos por unidad de fertilizante pasó del 21,9 a 22,8 para el caso del trigo, un incremento en realidad poco apreciable.

La producción intensiva creció a costa de la semiintensiva tal y como era de esperar, quedando reducida al 18%. Algunas explotaciones de este tipo comenzaban, sin embargo, a semillar ya los barbechos. Finalmente, la producción extensiva, el secano, sufría un ligero ascenso (41,34%) gracias como vimos a las tierras baldías. En conjunto, el valor de la producción aumentó de manera espectacular gracias a varios factores: el aumento de los rendimientos, el cambio en los cultivos, y el buen precio de mercado alcanzado por estos. En efecto, el valor de la producción se multiplicó por 6,25 entre 1752 y 1856 a precios corrientes.

Para evitar esta distorsión hemos procedido a calcular dicho incremento en reales constantes, utilizando como deflactor el precio del trigo, no sólo por ser el producto alimenticio básico y, por tanto, de indicador de la evolución del resto de los precios, sino también porque la mayor parte de la producción santafesina estaba compuesta por este cereal y su valor, en términos absolutos, era de los mayores. Como muestra la cuadro 2.2, el crecimiento real experimentado por la producción fue de un 272%, casi se triplicó. Ahora bien, si como hemos visto los rendimientos aumentaron por

INDICADORES DEL CAMBIO AGRARIO ENTRE 1752 Y 1856

	1752	1856	Incremento 1752-1856	Incremento rs. constantes
Población	2.384 hb	4.866 hb	204	-
Pobl. activa agraria	550 hb	1.414 hb	257	-
Superficie cultivada	2.769 hs	2.963 hs	107	-
Precio de Fg. trigo	20 rs	46 rs	230	-
Valor P. Bruto	516.255 rs	3.230.816 rs	625	272
P. Bruto/Habitante	216 rs	663 rs	307	133
P. Bruto/Hectárea	186 rs	1.090 rs	585	254

Fuente: Catastro de Ensenada, Amillaramiento de 1856, Carrilla Evaluatoria de 1859 y Padrón Vecinal de 1856.

término medio sólo un 30%, ello quiere decir que el aumento de la producción bruta se consiguió sobre todo gracias a la intensificación de las superficies ya cultivadas (cambio de riego eventual a constante) y no a una sustancial mejora en los sistemas de explotación. El incremento de un 250% experimentado por el valor de la producción bruta por hectárea esconde este hecho fundamental.

Desconocemos por ahora las innovaciones habidas en los aperos de labranza, pero intuimos que las razones de ese incremento del 30% en los rendimientos tuvo que ver fundamentalmente con tres factores: una aplicación mayor de fertilizante orgánico, la introducción de una rotación más óptima desde el punto de vista productivo y la sustitución parcial de los bueyes por ganado mular (su número se multiplicó por 2,5 mientras el número de bueyes permaneció estable).

Ahora bien, el incremento de la producción fue compensado con un incremento de la población y especialmente de la población activa agraria, con lo que el aumento de los rendimientos no dio lugar a un incremento paralelo de la productividad, en todo caso mínimo. Ello quiere decir que la agricultura de Santa Fe siguió siendo una agricultura productiva en base a una masiva utilización de la mano de obra, condicionada por tanto a los avatares de su evolución demográfica. Bien es verdad que, desde el punto de vista de los niveles de vida y de la capacidad de compra de sus habitantes, experimentó una sensible mejora evidenciada en el aumento en un tercio del producto bruto por habitante, desgraciadamente mal distribuido (la estructura de la propiedad y de las explotaciones era bastante desigual).

Esa dependencia de la agricultura respecto a la dinámica de la población se evidenció, a pesar de que el número de habitantes se duplicó entre 1752 y 1851, en la continuidad del pequeño desequilibrio existente entre oferta y demanda de mano de obra. La oferta de mano de obra en su conjunto daba para emplear a unas 1.460 personas al año a un promedio de 200 días de trabajo, en tanto el número de activos agrarios en la misma fecha (1856) no sobrepasaba los 1.250 individuos. La oferta de trabajo estuvo, pues, por encima del crecimiento de la población y fue el ritmo de este el que limitó también el crecimiento agrario experimentado por Santa Fe durante los cien años comprendidos entre 1752 y 1856.

En definitiva, Santa Fe estaba aún inmersa en una economía orgánica a mediados de siglo, donde la mano de obra resultaba, junto con el estiércol y el agua, la condición indispensable para la intensificación agrícola. La productividad del trabajo podía aumentar pero sólo en magnitudes relativamente pequeñas puesto que la dotación de tierra, de la que dependía la energía primaria, estaba limitada por naturaleza. Hasta la difusión de los abonos químicos sobre todo, la productividad no comenzó a crecer con fuerza. No resulta extraño, pues, que el aumento de la productividad durante la mayor parte del siglo XIX fuera bastante modesto.

Tabla 3.1

GRADO DE MERCANTILIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN. 1856

Componentes	Pequeñas Explotaciones	Medianas Explotaciones	Grandes Explotaciones	Comunidad
Semillas	Finca	Finca	Finca/pósito	Local
Animales de labor	Mercado local	Finca/merc. local	Finca	Local
Animales de renta	-	Dehesa/merc. local	Dehesa/merc. local	Local
Animales domésticos	Casa	Casa	Casa	Local
Mano de obra	Familiar	Familiar/merc. local	Merc. local/exterior	Local/exterior
Estiércol	Casa/merc. local/ext.	Casa/merc. local/ext.	Finca/casa	Local/exterior
Agua	Finca	Finca	Finca	Local
Aperos	Mercado local	Mercado local	Mercado local	Local
Alimentación	Finca/merc. local	Finca/merc. local	Merc. local/exterior	Local/exterior
Forrajes y pienso	Finca/dehesa/merc.	Finca/dehesa/merc.	Finca/dehesa/merc.	Local/exterior
Cosecha (destino)	Autoconsumo/merc. local	Mercado local	Merc. local/exterior	Local/exterior

Fuente: Análisis cualitativo de las fuentes analizadas (Inventarios Postmortem y Amillaramiento de 1856).

La agricultura santafesina de mediados del XIX ya no se podía considerar sostenible. Era una agricultura que había perdido su autosuficiencia y que dependía del mercado exterior para proveerse de factores tan importantes como mano de obra, estiércol y forrajes. Si comparamos la tabla 2.1 con la 3.1, que recoge el grado de mercantilización de la producción en 1752 y 1856, observamos que en la primera fecha sólo en tres de los once parámetros considerados existía contacto o intercambio con el mercado exterior a la comunidad, a mediados del XIX eran ya cinco los parámetros en los que no era posible la autosuficiencia local y se imponía el recurso al mercado. La dependencia respecto de éste se había acentuado de manera imponente, máxime si tenemos en cuenta que el aporte exterior de energía y nutrientes resultaba ya imprescindible para la continuidad de la producción agraria.

El proceso de «agricolización» y el correspondiente fomento del trigo y las plantas industriales habían provocado un descenso de la producción forrajera y un parón en el crecimiento de la cabaña ganadera y, por ende, del estiércol. Como puede observarse en el gráfico 2, que trata de mostrar los flujos de la comunidad a mediados del siglo XIX, la integración agro-silvo-pastoril del siglo anterior se había roto y el agroecosistema evidenciaba ya un fuerte desequilibrio y una tendencia a la desestructuración de los flujos que es característica de la agricultura actual. El ciclo de nutrientes había perdido su vocación local para ampliarse, al menos, al conjunto de la Vega y comarcas circundantes.

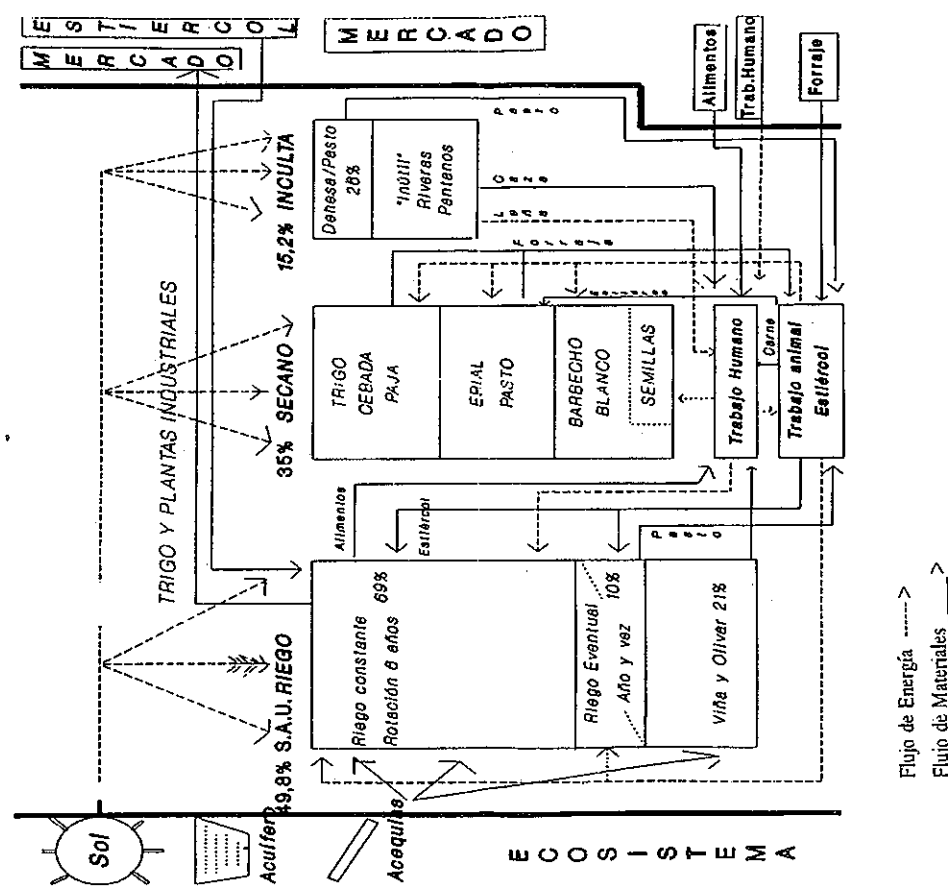
4. La remolacha azucarera y la crisis de la economía orgánica

Ya hemos dicho que en los años sesenta el déficit de estiércol facilitó la importación de guano peruano a través de los puertos de Valencia y Málaga. Pero desconocemos más detalles sobre el particular. Lo que sí es seguro es que la generalización del uso de fertilizantes químicos tuvo lugar inmediatamente después de la extensión del cultivo de la remolacha. Es decir, la introducción de abonos químicos acompañó a la expansión de la remolacha. Nuestra tesis es que la mencionada expansión remolachera fue posible gracias a este insumo no orgánico. Por tanto, interesa conocer cómo y por qué se introdujo este nuevo cultivo en la Vega de Granada.

La crisis agraria finisecular tuvo en Santa Fe una fuerte incidencia, que actuó como un poderoso estimulante del cambio en los cultivos, especialmente a la introducción de la remolacha para la que existía unas condiciones favorables de mercado. El cuadro 4.1 muestra el descenso experimentado por el precio del trigo, mucho más acusado en el caso de la cebada. No obstante, si tenemos en cuenta la relación coste-beneficio entre la rotación tradicional y la remolacha veremos cómo durante los primeros años de su

Gráfico 2

AGROECOSISTEMA 1856



introducción (1882-1891), la remolacha resultó sólo un buen sustituto del lino en la rotación de 6 años, que producía menos de 50 ptas. de beneficio por hectárea; en tanto la remolacha producía 88,95 ptas. En todo caso, el trigo y el cáñamo seguían produciendo mucho más.

Cuadro 4.1

PRECIO MEDIO ANUAL DE LOS CEREALES. 1870-1886-7

Año	Trigo (ptas/hl)	Cebada (ptas/hl)
1870	28,98	11,22
1871	24,78	12,37
1872	20,18	11,95
1873	17,40	11,29
1874	22,39	14,34
1875	21,42	12,79
1876	21,93	10,97
1877-78	23,84	11,35
1878-79	27,52	14,70
1879-80	26,31	11,49
1880-81	22,57	10,50
1881-82	26,36	13,23
1882-83	31,51	17,71
1883-84	24,08	12,10
1884-85	21,94	10,05
1885-86	21,94	10,95
1886-87	20,27	14,21

Fuente: Amillaramiento de 1887 y «Estado de los precios medios de los frutos...», A.M. Santa Fe, Caja 298, doc. s/n.

Ello determinó seguramente que la expansión experimentada por este cultivo fuese tan lenta durante los primeros 10 años en toda la Vega (M. Martín Rodríguez, 1982, 298). Pero cuando como consecuencia de la escasez de materia prima de las azucareras y del aumento de peso de las plantas, los beneficios subieron hasta las 287,65 ptas/ha, la remolacha creció rápidamente y sustituyó a la vieja rotación (que ofrecía un rendimiento medio de 123 ptas/ha) por una nueva mucho más corta. Esto no sucedería hasta la campaña 1890-91. Fueron, pues, razones de mercado las que impulsaron el llamado «boom azucarero» y la llamada «Segunda Revolución Agrícola» de la Vega.

Cuadro 4.2

PRINCIPALES PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN SANTA FE. 1751-1867

Cultivo	1851		1855		1862		1867	
	Produc. (hl)	Precio (ptas.)	Produc. (hl)	Precio (ptas.)	Produc. (hl)	Precio (ptas.)	Produc. (hl)	Precio (ptas.)
Trigo	21.000	18	21.500	18	21.800	21	22.000	26
Cebada	2.100	11	2.150	11	2.000	11	2.200	13
Maíz	1.500	16	1.600	13	1.550	15	1.500	19
Patatas	72.000	0,09	120.000	0,06	192.000	0,12	300.000	0,15
Vino	690	21	660	21	740	21	820	20
Aceite	630	80	440	78	540	78	500	85

Fuente: Estadística de la producción agrícola en los años 1851-1867. A. M. Santa Fe, Caja 297, doc. 4.

Paralelamente al crecimiento relativo del beneficio de la remolacha frente a los cultivos anteriores, es probable que la extensión del cultivo esté también relacionada con la estructura local de la propiedad. La implicación de los grandes propietarios en el capital de las industrias de transformación constituyó seguramente un factor de fomento del cultivo, bien sea directamente mediante el cambio en la rotación de las grandes explotaciones, bien sea indirectamente a través de la presión ejercida sobre los términos del arrendamiento.

Tanto por el nuevo manejo de las sucesiones expresado por el paso a una rotación de tres años, como por las características agronómicas del cultivo, la remolacha significó un aumento de las necesidades de nutrientes. La nueva rotación (habas-remolacha-trigo o patata) acortaba a la mitad la anterior y, además, aumentaba la dosis de estiércol empleado. La aplicación media anual se colocó entre 39 y 46.800 kg por hectárea (entre 13 y 15.600 kg/ha/año). Es más, en muchos casos la alta rentabilidad de la remolacha estimuló a los agricultores a romper las rotaciones, intensificando las aplicaciones para hacer viable el cultivo. Téngase en cuenta, además, que la remolacha era más exigente en nutrientes que los otros dos cultivos. Incluso los contratos de arrendamiento consideraban que la remolacha consumía 2 carros por marjal (entre 19 y 22.800 kg/ha)⁷, al contrario que las habas y el trigo que consumían uno.

⁷ Vid. escritura de arrendamiento otorgada por la duquesa de Abrantes a Juan Miguel Tabasco Romero. Archivo de Protocolos Notariales. Escribanía de Francisco Cerezo. 1894. Tomo único, pp. 962 y ss.

Desde el punto de vista de la lucha contra la pérdida de nutrientes por lavado, esta rotación era más eficiente, pero, en contrapartida, era muy posible que dificultase parcialmente el control de las malas hierbas de germinación otoñal-invernal. La aportación de N_2 en dos momentos (estiércol y leguminosa) podía favorecer ampliamente por un lado, el poder competidor del segundo trigo, y, por otro, la disponibilidad general del N_2 . No hemos encontrado dato alguno que no haga pensar en un incremento de los rendimientos para el trigo y las habas, por los que vamos a considerar los mismos que a mediados del siglo XIX. Las fuentes consultadas coinciden en dar un rendimiento de 400 Qm por hectárea. En definitiva, los rendimientos utilizados han sido los siguientes:

Remolacha, 40 t/ha.
 Habas, 1,8 t/ha.
 Trigo, 2,3 t/ha.

De acuerdo con estos datos hemos procedido a efectuar el correspondiente balance de nutrientes, que se expresa en el cuadro 4.3. Como puede apreciarse, la rotación significaba un cambio muy importante. Aunque contemplamos un rendimiento de remolacha relativamente alto, los resultados ponen de manifiesto la existencia de déficits de nutrientes, en contraste con los balances de rotaciones anteriores. Dado que probablemente las pérdidas de N_2 por lavado eran más bajas que en las demás rotaciones y que la concentración de N_2 en las aguas de Granada era seguramente mayor como consecuencia del aumento de la población, podemos suponer con bastante seguridad que el balance de N_2 se encontraba más o menos equilibrado. No obstante, el P_2O_5 no parece, según el balance, que tuviese la importancia que los agrónomos de la época le daban (B. Ventué, 1885; M. Martín Rodríguez, 1982) como factor limitante. Para esta rotación, el N_2 y el P_2O_5 podían limitar el incremento del rendimiento en proporciones parecidas.

Lo más destacable del balance es, sin embargo, la falta de K_2O que desvela. Esta rotación, era consumidora neta de las reservas de K_2O del suelo, lo que explica sin lugar a duda la crisis que sufrió este cultivo durante los años veinte (J. J. Jiménez Blanco, 1986). Para cubrir esas carencias tanto en P_2O_5 , como en K_2O con abonos orgánicos hubiera hecho falta duplicar, como mínimo, las aportaciones de estiércol, provocando un incremento de los costes imposible también de asumir. El balance entre la cabaña ganadera y las necesidades de fertilizantes para mantener la rotación y entre la cabaña y la producción forrajera lo demuestran. Por otra parte, dicho aumento del estercolado hubiera supuesto un exceso de N_2 muy superior al de las rotaciones precedentes. Dentro de un manejo orgánico, esta rotación necesitaba la inclusión de cultivos más exigentes en N_2 , como el trigo por ejemplo. El hecho de que no se cultivase otro trigo en la rotación, muestra claramente que su interés comercial había descendido en relación a la remolacha.

BALANCE DE NUTRIENTES PARA LA ROTACIÓN DE 1904

Exportación	Estimación mínima			Estimación máxima		
	N	P	K	N	P	K
Trigo	110	41	78	138	69	161
Habas	108	31	72	112	31	81
Remolacha	168	60	232	162	72	352
Aportación	Estimación máxima			Estimación mínima		
Fijación	130	0	0	100	0	0
Esti. 600 kg	252	145	257	252	145	257
Esti. 500 kg	316	121	214	211	121	214
Balance	Maximizado			Minimizado		
Esti. 600 kg	-4	13	-125	-60	-27	-337
Esti. 500 kg	-45	-11	-168	-101	-51	-380

Fuente: Elaboración propia.

La introducción de la remolacha fue acompañada con una nueva intensificación del uso agrícola del suelo. El regadío constante aumentó un 10% su dotación superficial a costa del riego eventual, lo que llegó a generar una carencia muy importante de mano de obra (en 1887 al menos el 20% de los jornaleros venían de fuera del término). De esa manera, la producción intensiva significaba ya más de un tercio del territorio total del municipio. De acuerdo con este dato y sabiendo que en esa superficie intensiva de 1.333 ha se practicaba mayoritariamente la antes citada rotación, podemos concluir en que las necesidades de estiércol —para subvenir a una producción que generaba, no lo olvidemos, un importante déficit de P_2O_5 y de K_2O — para el conjunto ascendían a una cantidad situada entre 16.885 y 20.261 Tm/año. El cuadro 4.4 recoge la producción de estiércol estimada de acuerdo con la cabaña ganadera en 1904.

Parece evidente que la falta de estiércol y la insuficiencia nutritiva de este para hacer frente a la especialización de cultivos y simplificación de las rotaciones facilitaron la introducción de los fertilizantes químicos. Según el «Cuestionario agrícola» de 1904, Santa Fe debía importar en ese año casi mil toneladas (937 Tm) de fertilizantes químicos provenientes de Barcelona y Valencia. Con ello, el carácter comarcal y renovable del ciclo de nutrien-

CARGA GANADERA Y PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL EN 1904

Cabezas	N.º	Estiércol (kg/cabeza)	Estiércol total (kg)
Mular	150	5.625	843.750
Caballar	83	6.375	529.125
Asnal	23	4.125	94.875
Vacuno	101	9.325	941.825
Ovino	1.000	300	300.000
Caprino	51	375	19.125
Cerda	200	900	180.000
Total	1.608	—	2.908.700

Fuente: El n.º de cabezas se ha extraído de la «contestación al cuestionario agrícola» de 1904; la producción por cabeza de Benito Venué, p. 92.

tes se veía sustituido por otro ciclo ya nacional, e incluso internacional, que consumía energía y nutrientes de fuentes no renovables. Santa Fe se integraba en un nuevo mercado de amplio radio, el de factores de producción. Pero el desequilibrio no sólo era cuestión de producción de estiércol. Esa condición principal había sido perdida por el ganado, al que sólo se le apreciaba por su intervención en las labores del campo. A pesar de que la producción intensiva aumentó, disminuyó ligeramente el número de cabezas de ganado de trabajo. El cuadro 4.5 recoge su número y calcula sus necesidades de alimentación.

La nueva rotación tenía la ventaja de aumentar la disponibilidad de forraje para los animales, puesto que éstos se comían los restos de la remolacha. Pero con tales residuos se alimentaba sólo en parte a los bueyes. Aun descontando la alimentación vacuna, se necesitaban todavía cerca de 300 toneladas de cebada. La concentración de esfuerzos en el cultivo intensivo y los bajos precios de los cereales determinaron cierto abandono de una porción significativa de las tierras de secano (de las 1225 has. de 1856 a 851 en 1904). La cantidad de forrajes disponibles disminuyó y se acentuó el desequilibrio con las necesidades del ganado de labor. El «cuestionario agrícola» de 1904, ya citado, estimaba en 259 Tm la producción de piensos y forrajes (cebada, maíz y yeros principalmente), lo que obligaba a importar la cantidad restante de Granada.

En definitiva, la introducción de la remolacha acrecentó el déficit de estiércol producido en el agroecosistema santafesino. Entre 1750 y 1885, el

NECESIDADES DE PIENSO Y FORRAJE DEL GANADO DE LABOR EN 1904

Ganado	kg de cebada por cabeza/año	N.º cabezas	Total (kg/año)
Mular	1.200	150	180.000
Caballar	1.200	83	99.600
Asnal	1.200	23	27.600
Potros	600	—	—
Vacuno	960	101	96.960
Total	—	357	395.160

Fuente: El n.º de cabezas se ha obtenido del citado «cuestionario agrícola» de 1904. Las necesidades en kg de cebada o equivalentes se han sacado de la Cartilla Evaluatoria correspondiente a 1887.

trigo se multiplicó por 2,5 su precio, en tanto el carro de estiércol se multiplicó por cinco y su transporte por dos. En esas condiciones la sustitución por abono químico comenzaba a ser no sólo agrónomicamente sino económicamente aconsejable. No obstante, la escasez de estiércol no afectó de la misma manera a las grandes explotaciones y a las pequeñas. Los grandes propietarios podían disponer de una cantidad de estiércol mucho mayor que los pequeños. A pesar de ello, el desequilibrio en fósforo característico del estiércol obligaba en teoría a aumentar en un 40% las dosis de estiércol necesario para obtener los rendimientos de aquella época. Por lo tanto, resultaba más interesante para las grandes explotaciones complementar la alimentación del suelo por una aportación fosfatada. Obviamente, las pequeñas explotaciones no disponían del estiércol suficiente para una buena fertilización, y tenían que emplear dosis de fertilizantes exógenos mayores para obtener los rendimientos exigidos por las fábricas. En cualquier caso, el diferencial de precio pagado a los pequeños productores y a los grandes, fruto de la participación de éstos en el capital de las fábricas, obligaba a los pequeños a tener una productividad mínima que valoramos en unas 25 Tm/ha, por debajo de la cual no se generaba beneficio. Dicha producción por hectárea no se podía pensar, para las pequeñas explotaciones, sin el uso de fertilizantes.

Es preciso señalar finalmente que la organización de la producción de remolacha en torno a contratos constituyó un factor de generalización del uso de abonos. El propio asesoramiento técnico ofrecido a los productores fomentó esta práctica con tal de aumentar los rendimientos, al mismo tiem-

po que las fábricas ofrecían ayudas financieras para la compra de los abonos, bajo la forma de «vales» pagados a la entrega de la producción. En definitiva, la introducción de la remolacha y el inicio del uso de los abonos exógenos fueron dos procesos indisolubles. Tan indisolubles como los factores socioeconómicos y ecológicos en el desencadenamiento de la crisis de la agricultura orgánica y su progresiva sustitución por la industrial.

5. Conclusiones

De los resultados del trabajo es posible extraer algunas conclusiones de interés. En primer lugar, la dependencia territorial de la agricultura en una economía agraria de tipo orgánico tradicional, cuya principal fuente de energía es la solar. El crecimiento agrario está limitado, en ese contexto, sobre todo por las disponibilidades de tierra. La única posibilidad de incrementar la producción se encuentra en la mejora de los rendimientos por unidad de superficie, ahorrando de esa manera territorio. Por ello se suele decir que el agua y los fertilizantes orgánicos constituían los factores limitantes principales de la agricultura decimonónica. Cualquier vía extensiva de crecimiento, en un contexto que no fuese el de abundancia de tierra, tenía que conducir a desequilibrios muy importantes en el funcionamiento del sistema. Ambas cosas sucedieron en Santa Fe.

La segunda conclusión significativa que cabe destacar se refiere a la virtualidad de los cambios institucionales sobre las condiciones ambientales de la agricultura de entonces y, por tanto, sobre las posibilidades del crecimiento agrario. Las medidas que acompañaron a la Revolución Liberal, al acen- tuar las presiones del mercado en favor de los productos agrarios, provocaron la ruptura del funcionamiento integrado agrosilvopastoril del sistema y fomentaron un desarrollo agrario desequilibrado que priorizó el uso agrícola sobre los demás (*agricolización*). Ello se convertiría, al mismo tiempo, en un poderoso factor de integración de la producción agraria en el mercado.

En efecto, la rotura del equilibrio entre los distintos usos del suelo tuvo dos consecuencias significativas: por un lado, provocó un déficit de nutrientes (estiércol y cebada sobre todo) que tuvo que ser remediado mediante importaciones. Los flujos de nutrientes, que hasta entonces circulaban por el interior de la comunidad, tuvieron que ampliarse geográficamente, terminando con su carácter cerrado⁸. Por otro, la búsqueda de los

⁸ Se puede objetar que las fuentes de nitrógeno se podían complementar con el cultivo de leguminosas. Aparte de que sólo podían aportar nitrógeno y consumían gran cantidad de potasio, no podía incrementarse su cultivo en el regadío por estar ya presentes en las rotaciones. La repetición demasiado frecuente de las leguminosas no es sostenible a largo plazo por razones de patología (hongos del suelo, jopo, etc.). La repetición de las habas cada tres años, como en el caso de la última rotación que estudiamos, representa el ciclo más intensivo de cultivo de leguminosas.

nutrientes necesarios se hizo a través del mercado exterior, con lo cual la comunidad se integraba en una dinámica mercantil que excedía a su control. Este recurso al mercado exterior tenía la virtud de ensanchar su ámbito de acción: no sólo se creaban nuevos mercados (de factores), sino que se mercantilizaba por primera vez una parte vital del mismo proceso de producción que, de esa manera, pasaba a depender de avatares y fluctuaciones externos. Reivindicamos, pues, el papel de los condicionamientos ambientales —factores endógenos, al fin y al cabo— en la creciente inmersión de la economía agraria santafesina en el mercado. Las transformaciones liberales dieron lugar a un tipo de economía agraria desequilibrada (parecido a lo que Wrigley llamó *economía orgánica avanzada*) que se veía obligada a funcionar con flujos de nutrientes de radio cada vez más amplio y empujada a la especialización productiva para poder competir en el mercado.

La tercera y última conclusión que cabe sacar de este trabajo se refiere a la sustitución de la agricultura orgánica tradicional por otra de carácter industrial, consumidora de energía y materiales no renovables. La profundización de los desequilibrios de la economía orgánica avanzada o tardía, aún dependiente de las disponibilidades de tierra, convirtieron en acuciante la búsqueda de sustitutos del suelo o de sus productos. La expansión de las plantas industriales y del trigo provocó la *importación de suelo* en forma de estiércol y cebada en un primer momento. Pero el crecimiento de la superficie agrícola y su intensificación productiva, incrementaron el déficit de energía y nutrientes en tal medida que no pudo ser cubierto con el recurso al mercado circundante y a las tierras propias. Los costes de producción tendieron a subir, pues, como consecuencia de la escasez de tierra y la lejanía de los mercados de origen. Ello aceleró la introducción de tecnologías ahorradoras de tierra, explicando sí la rápida expansión de los fertilizantes químicos por la Vega de Granada. Conforme fue aumentando el subsidio exterior de nutrientes, la producción agraria santafesina pudo *emanciparse* cada vez más de los límites impuestos por su dotación territorial.

Ahora bien, no creemos que esta fuese la única vía que siguieron las agriculturas españolas a la hora de acceder a la agricultura industrial. La que se deriva de nuestro trabajo es sólo una de las vías posibles. No obstante, creemos que este proceso de sustitución tuvo lugar en un contexto de fuertes restricciones ambientales que generaron un fenómeno más o menos real de escasez de nutrientes y aceleraron la búsqueda de tecnologías ahorradoras de suelo. El caso de Galicia —que puede verse en este mismo volumen, estudiado por Jesús Balboa y Lorenzo Fernández Prieto— puede resultar paradigmático al respecto. Allí existía suficiencia e incluso exceso de ganado y de estiércol; sin embargo, la fertilización química se extendió en fechas tardías a la Vega de Granada.

Campañas de propaganda, precios competitivos, etc., se proponen como factores explicativos principales de la difusión de los químicos por los

campos gallegos. De hecho, allí ocurrió el fenómeno inverso al que hemos visto: los abonos químicos facilitaron la rotura del equilibrio y de la integración agrosilvopastoril. Hasta entonces existían fuertes requerimientos en tierra para la producción de pasto y tojo necesarios para la agricultura, de manera que el cultivo no se podía expandir mediante roturaciones. La fuerte y temprana emigración gallega tuvo seguramente que ver con la estabilidad de este tipo de economía orgánica tardía. La presión demográfica y los recursos económicos de los retornados permitieron la utilización de químicos para ahorrar suelo y poder meter en cultivo terrenos de pasto y monte. Por tanto, en Galicia también existía *escasez* de fertilizantes para atender a la demanda que podían generar las roturaciones. Obviamente, las nuevas necesidades de nutrientes no podían satisfacerse con un monte en clara regresión. En definitiva, la interpretación tradicional que explica la introducción de fertilizantes químicos por motivaciones estrictamente económicas debe ser revisada para dar también cabida a los factores ambientales.

Bibliografía

- CASTILLE, C. (1986): *La fertilisation en maraichage biologique*, Opprebais, CARAB.
- CASTILLO MARTÍN, A. (1986): *Estudio hidroquímico del acuífero de la Vega de Granada*, Granada, Universidad de Granada, pp. 65 y ss.
- CUBERO, J. J., y MORENO, M. T. (1983): *Leguminosas de grano*, Madrid, Mundi Prensa.
- GROS, A., y DOMÍNGUEZ VIVANCOS, A. (1992): *Abonos. Guía práctica de la fertilización*, Madrid, Mundi Prensa.
- GUERRERO, A. (1987): *Cultivos herbáceos extensivos*, Madrid, Mundi Prensa.
- Institute Technique Agricole du Lin (1993): *La culture du lin fibre*, Paris, ITAL.
- JIMÉNEZ BLANCO, J. I. (1986): *La producción agraria de Andalucía Oriental, 1874-1914*, Madrid, Editorial de la Universidad Complutense de Madrid.
- LAMPKIN, N. (1990): *Organic Farming*, Ipswich, Farming Press.
- LÓPEZ BELLIDO, L. (1991): *Cultivos herbáceos. I. Cereales*, Madrid, Mundi Prensa.
- MAROTO, J. V. (1989): *Horticultura herbácea especial*, Madrid, Mundi Prensa.
- Ministerio de Agricultura (1986): *Atlas Agroclimático de España*, Madrid, MAPA.
- MARTÍNEZ LÓPEZ, D. (1994): *Estrategias familiares en los procesos de formación de la burguesía agraria andaluza: el caso de Santa Fe*, Tesis doctoral inédita, Universidad de Granada.

MARTÍNEZ MARTÍN, M. (1995): *Revolución Liberal y cambio agrario en la Alta Andalucía*, Granada, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.

MARTÍN RODRÍGUEZ, M. (1982): *Azúcar y descolonización. Origen y desenlace de una crisis agraria en la Vega de Granada. El «Ingenio San Juan», 1882-1904*, Granada, Universidad de Granada y Diputación Provincial.

OCAÑA OCAÑA, M. (1974): *La Vega de Granada*, Granada: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.

PARR, J. F., y COLACCIO, D. (1987): «Organic Material as Alternative nutrient sources», en HELSEL, Z. R., *Energy in Plant Nutrition and Pest Control*, Amsterdam, Elsevier Science Publishers.

URBANO TERRÓN, P. (1989): *Tratado de fitotecnía general*, Madrid, Mundi Prensa.

VENTUE, B. (1885): *Estudio sobre el cambio y mejoramiento del cultivo en la Vega y demás territorio de la provincia de Granada*, Granada, Imprenta de I. Ventura y Sabatel.