
*R. D. Hodges **

*Los argumentos de la agricultura biológica ***

PREFACIO

Este documento se escribió originalmente para la Conferencia Internacional sobre los Fertilizantes Granulares y su Producción, que tuvo lugar los días 14 y 15 de noviembre de 1977. La intención de la British Sulphur Corporation, organizadora de la conferencia, al incluir una ponencia sobre la agricultura biológica, era informar a los delegados sobre esta alternativa a la utilización de los fertilizantes en las prácticas agrícolas; por esta razón invitaron al I. I. B. H. (1) a presentar un artículo.

* El autor agradece el permiso recibido de los siguientes poseedores de derechos de autor, por el uso del siguiente material: A la The Soil Association, Haughley, Suffolk, por la tabla 2, de Matile (1973), y la tabla 3, de Berlin (1974). Al doctor W. Jun, B. V., La Haya, Holanda, por la tabla 4, de Schuphan (1974).

** Wye College (University of London) Ashford, Kent TN25 5AH, Inglaterra. Texto procedente del International Institute of Biological Husbandry, *Review Paper*, Series núm. 1. Ponencia titulada «Who needs inorganic fertilizers anyway? The case for Biological Agriculture», de las Actas de la Conferencia Internacional sobre los Fertilizantes Inorgánicos y su Producción, Londres, 1977; reimpresa y distribuida por la Henry Doubleday Research Association, Convent Lane, Bocking, Braintree, Essex, Inglaterra, con permiso de la British Sulphur Corp. Ltd. Traducido por Alvaro Altes.

(1) *The International Institute of Biological Husbandry Ltd.* es una organización fundada en 1975 para promover el desarrollo científico de la agricultura biológica/orgánica, como alternativa viable a la moderna agricultura ortodoxa.

Durante muchos años, la moderna tecnología agrícola occidental ha dado por sentado que sólo usando considerables aportaciones de fertilizantes podrían producirse las cantidades de alimentos idóneas para la creciente población mundial. Este artículo se escribió con la intención de aunar los hechos demostrativos de que tal suposición es incorrecta y que la agricultura biológica es capaz de competir plenamente con la moderna agricultura ortodoxa. A causa de la limitación de espacio para la ponencia original, no fue posible incluir todos los testimonios disponibles en favor de la agricultura biológica, y lo que se adjuntó fue —en proporción—un esbozo. Por la misma razón no fue posible presentar una relación completamente equilibrada. Al reimprimir la conferencia en su forma original no se han superado ninguna de esas limitaciones, pero se intentará en otra ocasión desarrollar el tema en mucha mayor extensión.

INTRODUCCION

En muchos suelos vírgenes, durante miles de años, se han constituido reservas de fertilidad muy grandes, y cuando esos suelos pasaron al cultivo, esas reservas permitieron al granjero producir grandes cosechas con apenas o sin

Para lograr sus altas cotas de productividad, ésta depende casi totalmente de los fertilizantes y de otras sustancias químicas que consumen grandes cantidades de recursos y energía. Sin embargo, el uso de estos productos puede considerarse en muchos casos ambientalmente nocivo. En cambio, el cultivo biológico es un método agrícola que cuenta principalmente con los procesos naturales y vivos para mantener la fertilidad del suelo y para controlar las plagas y las enfermedades. Basado en los métodos agroganaderos tradicionales, y desarrollado en años recientes por muchos agricultores, este cultivo ha alcanzado un lugar en el que puede competir con la agricultura ortodoxa. Pero para progresar necesita desarrollar una base científica —teórica y para la investigación— que equipare su nivel de credibilidad al de la agricultura ortodoxa.

El Instituto desea atraer especialmente en calidad de miembros a los científicos y agrónomos interesados de todo el mundo, pero está abierto también a todos aquellos que compartan sus propósitos. En resumen son estos: el desarrollo de la ciencia del cultivo biológico y su promoción en todos los países del mundo, de modo que todos los pueblos puedan alimentarse por sí mismos por medio de una agricultura estable, perdurable e independiente, adaptada a las condiciones de cada cual. Para más detalles referentes a inscripciones y a las actividades del Instituto dirigirse a: The Secretary, the I. I. B. H., 9, Station Approach, Needham Market, Ipswich, Suffolk IP6 8AT, Reino Unido. El Instituto es una compañía limitada registrada legalmente en Inglaterra (núm. 1235881), registrada también como sociedad benéfica (núm. 270708).

restitución de nutrientes. Sin embargo, con el tiempo la fertilidad descende, y con ella las cosechas, la estructura se estropea y puede comenzar una erosión grave. Aunque el proceso de la erosión del suelo es natural y continuo, como parte del ciclo geológico, normalmente sólo tiene lugar en proporción muy pequeña. La erosión considerablemente mayor que se da en muchos de los sistemas agrícolas siempre es sintomática de una fertilidad en declive, y las enormes extensiones de suelo gravemente dañado o totalmente destruido —en otro tiempo fértil— que nos han dicho existen por todo el mundo (Jacks & Whyte, 1939) son en gran parte el resultado del fracaso en la renovación de una fertilidad decreciente, combinada con otras prácticas de cultivo inadecuadas. A medida que la fertilidad disminuye, la estructura se debilita y el suelo se vuelve propenso a la erosión.

La fertilidad propia de los suelos vírgenes, y de los cultivados en que se ha mantenido elevada, depende esencialmente de dos factores: primero, del contenido de nutrientes de los componentes minerales del suelo, la mayoría de los cuales son relativamente insolubles y, por tanto, la planta no dispone inmediatamente de ellos; y, en segundo lugar, del contenido de materia orgánica, que también posee una reserva de nutrientes y que mantiene la actividad biótica del suelo. La vida de tales suelos es el factor más importante para el mantenimiento de su fertilidad, a causa de que la actividad de los diversos organismos —aprovisionada por los hidratos de carbono del humus— produce un trasiego constante de nutrientes, que da por resultado el suministro continuo de minerales a la población vegetal. La interacción entre los microorganismos del suelo y los componentes minerales genera también una continua liberación de nutrientes.

La fertilidad aquí descrita puede calificarse de «natural» o «biológica», porque es una función que se ha desarrollado durante cientos de millones de años de evolución en el seno del completo y cíclico organismo que constituyen animales, plantas y microbios, el más complejo de los ecosistemas: el suelo fértil; y también porque es casi completamente dependiente de la actividad biótica del suelo.

Sin embargo, con el advenimiento de la agricultura, el proceso natural del reciclaje de nutrientes en ciclos relativamente cerrados se rompió, al ser retirados estos nutrientes con las cosechas, siendo esencial reemplazar regularmente y de varias formas la fertilidad perdida. Durante los últimos ciento treinta años, los métodos agrícolas occidentales han venido a basar esta reposición más y más en los fertilizantes químicos; es decir, en sustancias fabricadas para proporcionar concentrados de uno o varios de los principales nutrientes vegetales en una forma relativamente soluble y asequible para la planta. La fertilidad producida por la adición de fertilizantes la llamamos aquí «química», por basarse en la absorción radicular directa de los iones químicos simples, saltando, por tanto, los procesos vivos del suelo. Llevado a su extremo lógico, este sistema ha conducido a la técnica del cultivo hidropónico: cultivo con las raíces inmersas en una solución de iones nutritivos, con o sin el sostén proporcionado por una sustancia inerte que sustituye al suelo.

Durante los últimos treinta años, para los modernos métodos de la agricultura occidental (en este texto se llamarán indistintamente «ortodoxos» o «convencionales») los fertilizantes se han convertido en el medio principal para reponer la fertilidad del suelo. La razón fundamental dada para justificar el uso de los fertilizantes es que se consideran la única vía eficiente y efectiva para restituir los nutrientes extraídos del suelo por las elevadas producciones de la agricultura moderna; que la devolución al suelo de los desechos orgánicos y estiércoles no es suficiente para sustituir la pérdida del sistema —ni en cantidad total ni en variedad de nutrientes—. La intención de este análisis es presentar los argumentos en favor de una alternativa a la agricultura ortodoxa, es decir, la agricultura «biológica» u «orgánica» (ambos términos son equivalentes y se usan indistintamente), método basado en la fertilidad biológica inherente o desarrollable de los suelos, y demostrar que es capaz de ser, por lo menos, tan productivo como el ortodoxo, sin el uso de —o con una mínima aportación— los grandes consumidores de energía y cada vez más caros fertilizantes artificiales; en otras palabras, demostrar que realmente nadie *necesita los fertilizantes inorgánicos de ninguna forma.*

¿QUE ES LA AGRICULTURA BIOLOGICA?

La agricultura biológica es un método de cultivo basado en el principio de que la agricultura es primero y principalmente una ciencia biológica, es decir, biología aplicada. Las plantas y los animales se han desarrollado durante el curso de la evolución de modo que actúan en un marco de leyes biológicas de gran complejidad y a menudo en equilibrio frágil. También funcionan en un marco de complejas relaciones biológicas y ¡quién más que las plantas cuando crecen en un suelo fértil! Por ejemplo, Matile (1973) ha comparado el suelo a un organismo gigante, ante la presencia en un suelo fértil de unas 25 toneladas por hectárea de vida orgánica; esboza las complejas interrelaciones entre las raíces, los organismos de la rizosfera y el suelo que la rodea, y demuestra la dependencia de la vida viva del suelo que tienen las plantas para su buen funcionamiento. Matile dice: «A la luz de nuestro (actualmente fragmentario) conocimiento, el sistema suelo-vegetal constituye un complejo organismo cuyas funciones metabólicas se distribuyen, tanto en los órganos de la planta como en las diferentes poblaciones de organismos del suelo. Los organismos del suelo se revelan como órganos auxiliares de la planta, que sólo en circunstancias excepcionales —como las micorrizas o los nódulos bacterianos de las leguminosas— se unen a la planta de forma visible.» Esta cita resume claramente las complejas relaciones suelo/planta e indica la necesidad de un conocimiento más detallado de cómo funcionan. Los intentos de simplificar un sistema de esta naturaleza —por ejemplo, considerando las plantas aisladas de la vida del suelo, o yendo en contra de sus principios subyacentes— conducen a tensiones dentro del sistema y a problemas subsiguientes.

Aunque todas las prácticas agrícolas interfieren considerablemente con los procesos naturales y son con frecuencia una gran simplificación de los ecosistemas naturales, aún se puede desarrollar un método agrícola fundado en los principios biológicos básicos, que no intente ignorarlos o contravenirlos. Se ha definido (I. I. B. H., 1976) el cultivo biológico del suelo como: «Aquellas técnicas de cuidado y cultivo del suelo que resultan del uso eficaz de la energía solar y de

los procesos biológicos dependientes, para una producción alimentaria continua, gracias a usar únicamente los recursos locales.» Por «local» se entiende un área de recursos geográfica y climáticamente equilibrada —por ejemplo, Gran Bretaña—. He aquí algunas de las ideas básicas en agricultura biológica:

1. Se centra en la construcción de la fertilidad biológica del suelo, de modo que los cultivos tomen los nutrientes que necesitan del continuo trasiego que tiene lugar dentro del suelo. Los nutrientes así producidos se liberan en armonía con las necesidades de las plantas. Cuando las condiciones ambientales son aptas para el crecimiento rápido vegetal, las mismas condiciones favorecen la rápida liberación de nutrientes de la materia orgánica (Donahue *et. al.*, 1971). A causa de esta correlación biológica entre el suelo y la planta, no se presentan jamás al cultivo nutrientes en exceso, los cuales propenden poco a perderse por lavado del suelo. Así pues, el cultivo biológico trabaja para una agricultura perpetua, es decir, que mantiene y mejora la fertilidad del suelo.

2. Las conexiones dentro de los sistemas vivos naturales son casi totalmente cíclicas (Hill y Ramsay, 1976). Aunque por su misma naturaleza la agricultura no pueda ser un círculo cerrado, debe intentar devolver al suelo todos los materiales residuales que pueda, porque son la base para mantener la fertilidad. La agricultura convencional —igual que la vida moderna— se caracteriza por el flujo lineal de nutrientes. Las materias primas se transforman en fertilizadores y se utilizan para producir las cosechas. Estas alimentan a los animales y al hombre, cuyos productos de desecho se quitan de delante por medio de las cloacas u otros sistemas de recogida, de modo que se entierran o queman o pasan a los ríos y, con el tiempo, al mar. También se pierden de modo parecido los nutrientes lavados del suelo o de las basuras de las poblaciones. Sin embargo, la agricultura biológica devuelve al suelo todos los productos de desecho que puede, en la forma de, por ejemplo, estiércoles, compost o acolchados, y añadiendo minerales del subsuelo extraídos por medio de las plantas de raíces profundas de las praderas

temporales. Lo poco de fertilidad que pierda la granja puede devolverse trayendo aguas negras o compost urbano; idealmente, las enormes cantidades de nutrientes y de materia orgánica desperdiciada en estos desechos podrían reciclarse para la agricultura. Reciclando los nutrientes y utilizando los recursos locales, como pueden ser algas marinas y minerales ricos en nutrientes, la agricultura biológica trata de aproximarse al máximo a la autosuficiencia en su propia comarca y depender al mínimo de la energía y las materias primas importadas, como el petróleo, cuya estabilidad de precios y disponibilidad no están garantizadas. [Lockeretz *et al.* (1976) mostraron que la agricultura convencional consume 2,3 veces más energía que la orgánica, y Crouau (1977) calculó que el consumo de energía es 2,5 veces mayor.]

3. Cuando por las pérdidas de nutrientes haga falta usar fertilizantes importados en la granja, estos se aplican generalmente en forma de compuestos relativamente insolubles —como fosfato mineral triturado—, que lentamente desintegran los procesos naturales del suelo. El principio es «alimentar al suelo» y su vida biótica, más que ofrecer a los cultivos grandes cantidades de nutrientes solubles.

4. Hay una correspondencia inseparable entre la salud del suelo y la de los cultivos que en él crecen y de los animales y personas que consumen esos cultivos. Si al suelo se desequilibra de cualquier forma (sea en su contenido, vida biótica o estructura), ello se reflejará en la salud de las plantas y de los animales que de él dependan.

PRODUCTIVIDAD COMPARATIVA DE LA AGRICULTURA BIOLOGICA

La crítica a la agricultura biológica siempre ha considerado que su productividad es relativamente baja cuando se compara con la de la agricultura ortodoxa, y que —de sistematizarse— nunca produciría lo suficiente para satisfacer las constantemente crecientes necesidades de alimento mundial (Gavett, 1975; Kolmer, 1975). Pero cierto número de informes recientes indican que, en general, esta creencia

no tiene fundamento, y que los métodos biológicos pueden producir tanto como los ortodoxos. Con todo, la productividad sólo es un aspecto del éxito agropecuario, pues los aspectos cualitativos de la producción también se han de tener en cuenta. Los cuatro informes principales siguientes han aparecido en los últimos cuatro años.

1. Hace algunos años, el Ministerio de Agricultura holandés constituyó una Comisión para la Investigación de la Agricultura Biológica, que a finales de 1973 emitió un informe provisional (*Commissie Onderzoek Biologische Landbouwmethoden*, 1973). Este informe llegó a la conclusión de que las granjas biológicas generalmente pueden tener una producción por hectárea comparable a la de las granjas ortodoxas, exceptuando la producción lechera, la de ciertas verduras, de patatas y de frutas. Sin embargo, a menudo los granjeros buscaban esta producción algo menor para mejorar la salud y la longevidad de su ganado. Con frecuencia, la calidad exterior del producto era buena, mientras que la calidad interior —como sabor, aroma, menos residuos de pesticidas y contenido de nitratos— era mejor. En la mayoría de los cultivos, el control de las plagas y enfermedades era bueno. La comisión llegó a la conclusión de que la aplicación a gran escala de los métodos agrícolas alternativos en Holanda redundaría en cierta disminución de la producción alimentaria, pero que no sería muy grande.

2. En 1975, el Gobierno francés emitió un informe oficial sobre la agricultura biológica (Dessau & Le Pape, 1975); Bates (1976) lo resumió en su totalidad. Sobre los datos de que disponían, los autores llegaron a la conclusión de que la práctica agropecuaria biológica no necesariamente reduce las cosechas. Las producciones de cereal se encontraron iguales —o, sólo en raros casos, inferiores— a las de las granjas ortodoxas, y las producciones lácticas y de verduras para el mercado, similares a las de sus vecinos ortodoxos. Sólo en dos áreas productivas, la del maíz y la de la fruta, las cosechas eran evidentemente menores que las convencionales.

3. También en 1975, la Unidad de Economía Agraria de la Universidad de Cambridge, bajo los auspicios de la

Soil Association, llevó a cabo una investigación acerca de la productividad y rentabilidad de seis granjas orgánicas británicas durante los años 1973 y 1974. Todas las granjas poseían a la vez ganado vario (incluido lechero) y cultivos. Se estudiaron sobre todo las producciones de leche y cereales, comparándolas con precisión con la de las granjas ortodoxas. Mayall (1977) publicó un resumen de este detallado informe. Llegó a la conclusión de que las granjas orgánicas pueden ser tan eficientes como las convencionales, en términos de producción por superficies o por cabeza de ganado; en otras palabras, tan productivas y rentables como las granjas ortodoxas equivalentes. Hills (1975) publicó algunas de las cifras de esta investigación, acerca de dos granjeros orgánicos expertos; se reproducen en la tabla 1.

Tabla 1

Producciones de trigo, cebada y avena de dos granjas orgánicas, comparadas con la media británica. Hills (1975). Cifras en kg/ha

	Media británica	Granja A	Granja B
Trigo	4.420	4.480	4.830
Cebada	4.041	—	4.070
Avena	3.910	4.860	4.450

4. Lockeretz y sus colegas del Centro de Biología de los Sistemas Naturales de los EE. UU., llevaron a cabo una investigación comparada sobre la productividad y rentabilidad de las cosechas de las granjas orgánicas y convencionales del Corn Belt norteamericano (Lockeretz *et al.*, 1975 y 1976). Emparejaron catorce granjas orgánicas con otras tantas convencionales de tamaño, suelo y cultivos parecidos. Todas con ganado. En cuanto a cultivos principales (maíz y soja), en la temporada de 1974 (L. *et al.*, 1975) las producciones por superficie fueron casi iguales en ambos grupos de granjas. Comparando las ventas obtenidas en el mercado, por superficie cultivada, resultaron un 8 por 100 inferiores las del grupo orgánico respecto a las del grupo convencional, debido a la proporción ligeramente menor de tierra que el primero dedicó a los cultivos mejor pagados; pero la diferencia no era significativa estadísticamente. Sin embargo,

los gastos fueron mayores en el segundo grupo, debido a los costes de aportes como fertilizantes y plaguicidas, de modo que no había apenas diferencia entre el beneficio por superficie cultivada en ambos grupos de granjas. En la temporada de 1975 (L. *et. al.*, 1976), el tiempo mejor elevó la producción de las granjas convencionales en comparación con las orgánicas, de modo que la diferencia de producción fue del 10 por 100. Sin embargo, el beneficio final, tras descontar todos los gastos, fue idéntico en ambos tipos de granjas.

Además de estos detallados informes, han aparecido en la bibliografía otras referencias más breves, pero no menos importantes, sobre la productividad de las granjas biológicas. Estos son tres de ellos:

5. Matile (1976), comparando una granja biodinámica suiza con once granjas convencionales, mostró que en la primera las vacas lecheras podían producir bien por encima de la media con muy poco gasto en forraje suplementario y con sólo una superficie de terreno por vaca normal (ver tabla 2). Estas vacas producían también mayor número de lactancias a pesar de su mayor productividad.

Tabla 2

Comparación de la producción lechera entre una granja biodinámica suiza en este método desde 1948) y once granjas convencionales equivalentes. Matile (1973).

	Granja b. d.	Once granjas convencionales		
		Media	Máx.	Mín.
Producción lechera por vaca (kg)	4.000	3.600	4.300	3.100
Superficie en áreas (100 m ²) por animal adulto.	54	60	60	52
Compras de NPK (francos por ha.)	0	80	148	45
Compras de forraje (francos por animal adulto).	90	94	136	129
Semanas entre partos	54	57	59	62
Cifras de 1970:				
Producción lechera (kg.) media de 12 vacas ..	4.188			
Producción de la mejor vaca	5.182			
Edad media de las vacas (en años)	12			

6. Berlin (1974) cita otro caso suizo refiriéndose a la Cooperativa de Agricultores Orgánicos del doctor Müller, de Grosshochstetten. Las cifras —indicadas en la tabla 3—

muestran que las granjas orgánicas no sólo han mejorado su productividad y rentabilidad considerablemente desde que pasaron del método convencional al biológico, sino que además —cuando las cifras se tomaron— producían más que las granjas ortodoxas de la región.

Tabla 3

Productividad y rentabilidad de la Cooperativa de Agricultores Orgánicos antes y después de la conversión a los métodos orgánicos. Berlín (1974)

Producto	Granjas de los miembros	Producción media de granjas no orgánicas regionales	
	1953 (antes de la conversión)	1961 (después de la conversión)	Diferencia
Zanahoria (Tm/ha.)	50-55	35-40	
Remolacha (Tm/ha.)	60	35-40	
Leche por lactación (litros/ha.)	4.000-5.000	3.500-4.000	
Leche por vaca y año (litros)	3.355	4.678	+ 39 %
Número de vacas lecheras en la misma superficie (total de 100 ha.)	89	122	+ 37 %
Leche total (litros)	323.320	601.063	+ 86 %
Rentabilidad (francos)			
Total de ventas	249.090	401.337	+ 61 %
Total de gastos	70.960	53.882	- 24 %
Beneficio	178.130	347.455	+ 95 %

7. Un informe de Canadá (Grussendorf, 1969) describe la excepcional productividad de una granja biodinámica: en 1969 produjo 90 m³/ha. (75 Tm/ha.) de patatas, y 4,5 m³/ha. de trigo de alta calidad. Las cosechas medias en Canadá por aquel tiempo eran de 15 y 2 m³/ha., respectivamente.

Aunque hay algunas discrepancias entre estas relaciones —por ejemplo, el informe holandés indica un rendimiento relativamente pobre en la producción láctea orgánica, que otros no confirman—, en general describen una producción tan buena (y a veces mayor) que la competencia convencional. La rentabilidad orgánica también es comparable, pues aunque algunos costos sean mayores —como los del trabajo—, otros son mínimos o inexistentes —fertilizantes, plaguicidas y, frecuentemente, grandes cantidades de piensos concentrados y semillas, que los granjeros orgánicos no ne-

cesitan al producir a menudo mucho de su forraje y del grano para sus siembras—. Sin embargo, hay muchas diferencias entre los dos métodos, lo cual crea dificultades si se les quiere comparar con rigor. Por ejemplo, con frecuencia puede parecer que el cultivo orgánico produce menos trigo, pero es porque se prefiere cultivar las variedades menos productivas, aunque de mayor contenido proteico, idóneas para la panificación (Hills, 1975), pues hay gran demanda de trigos cultivados orgánicamente; es obvio que la productividad sería mayor de usarse otras variedades. Asimismo, se han seleccionado modernamente muchas variedades en vista a que respondan bien a aportaciones altas de fertilizantes nitrogenados, lo cual no se da en una granja orgánica.

Estos informes son representativos de miles de granjas orgánicas de todo el mundo, que les va bien a pesar de tener que trabajar en gran parte dentro de las estructuras de la agricultura ortodoxa. Hills (1975), por ejemplo, calculó que hay unas 250 granjas orgánicas en el Reino Unido, varios miles en Europa —alrededor del 1 por 100 de los agricultores franceses son orgánicos (I. F. O. A. M., 1977)— y unos 12.000 en EE. UU. Muchos de estos granjeros, en particular en Francia, Alemania, Suiza y EE. UU., se han constituido por sí mismos en cooperativas o en grupos similares. Un ejemplo de tal cooperativa en Gran Bretaña es la Organic Farmers & Growers Ltd. (9, Station Approach, Needham-Market, Ipswich, Suffolk IP6 8AT) que se formó en marzo de 1975 y ahora tiene 64 miembros, de los cuales sólo el 29 por 100 eran ya «orgánicos» al constituirse; el 71 por 100 restante se unió para beneficiarse de la ayuda cooperativa mientras se cambiaban al método biológico. Así pues, parece haber un número pequeño, pero creciente, de granjeros británicos que viendo las ventajas de la agricultura y ganadería orgánicas, están decididos a dejar la convencional.

ASPECTOS CUALITATIVOS DEL CULTIVO BIOLOGICO

En la sección anterior se compara cuantitativamente la agricultura biológica con la convencional, revisando aspec-

tos como los de la producción y la rentabilidad. En esta sección se intentará considerar las diferencias cualitativas. El movimiento orgánico ha dado por sentado durante mucho tiempo que, normalmente, sus métodos biológicos producen cosechas con ciertas ventajas cualitativas sobre las cosechas ortodoxas. Aunque el granjero biológico se sienta interiormente satisfecho de que ciertas prácticas hayan beneficiado sus cultivos y ganadería completa y constantemente durante un determinado número de años, los hechos claros que apoyasen tales aseveraciones no eran fácilmente asequibles, y por ello las clases dirigentes agrícolas, en general, han rechazado como posible la posesión de alguna ventaja cualitativa por parte de los productos biológicos (Allison, 1973; Deutsch, 1974; Food & Nutrition Board, 1976). Sin embargo, los datos de que disponemos indican que la posibilidad de diferencias cualitativas significativas es muy digna de ser investigada.

En cierto número de ocasiones se ha demostrado que el ganado requiere hasta el 15 por 100 menos de alimentos producidos biológicamente en comparación con los producidos de forma convencional, y que a pesar de ello con frecuencia produce más (Greenwell, 1939; Matile, 1973; Balfour, 1975). En el experimento Haughley (Balfour, 1975), por ejemplo, el rebaño de vacas orgánico produjo de forma continua más leche y con una ración menor de piensos que el rebaño criado en la sección mixta (tratada a la vez con fertilizantes químicos y estiércol); de la misma manera, el gallinero orgánico necesitó menos alimento por docena de huevos que el mixto. Las razones que expliquen tales resultados son dos, por lo menos: en primer lugar, las diferencias en el contenido de materia seca, y, en segundo lugar, las diferencias en el contenido de nutrientes.

1. El contenido de materia seca. El experimento Haughley daba cuenta de que los pastos orgánicos producían piensos con un contenido en materia seca que a veces alcanzaba de promedio un 40 por 100 más que el procedente de los pastos fertilizados (praderas temporales de primer año, en mayo de 1963); también los pastos orgánicos promediaban un 7 por 100 menos de humedad que los de ferti-

lización mixta o, a la inversa, un aumento del 24 por 100 en materia seca (verano de 1963). Brenner (1973) aporta cifras indicativas de que la producción orgánica contiene de un 27 a 33 por 100 más de materia seca que la producción convencional; es decir, casi un tercio más. Schuphan (1974), en un detallado experimento comparativo entre hortalizas cultivadas convencional y biológicamente, encontró que la producción en las últimas fue —en valor medio— un 24 por 100 menor, pero que el contenido en materia seca alcanzaba un 23 por 100 más que en las hortalizas producidas convencionalmente. Estas cifras indican que en muchos cultivos la productividad mayor atribuida a los métodos convencionales puede ser en gran parte resultado de la fertilidad nitrogenada, que produce un crecimiento exuberante y, por tanto, un mayor contenido de agua. Los menores contenidos en humedad significan con frecuencia, para el producto orgánico, que se almacena mejor y pierde menos humedad y calidad durante el almacenado. Howard (1945) describe las cualidades de conservación excelentes de los tomates cultivados orgánicamente en las duras condiciones climáticas que encontró en la India. De igual forma, Brenner (1973) cita notables diferencias en las pérdidas de agua durante el almacenamiento prolongado del apio (de 3 a 5 por 100 en el orgánico y de 20 a 25 por 100 en el convencional), y Stoll (1969) describe cómo grandes cantidades de fertilizante (nitrógeno sobre todo) producen elevados contenidos de agua en la fruta, acarreando problemas de calidad y de almacenamiento.

2. Diferencias en el contenido de nutrientes. Los trece elementos minerales necesarios para el crecimiento y desarrollo normal de las plantas interactúan entre sí en el seno del suelo, y la variación importante de la concentración de uno o más de ellos —como ocurre al aplicar fertilizantes inorgánicos— influirá la disponibilidad de otros elementos para la planta (McSheehy, 1971). Puede haber un aumento o una reducción en la disponibilidad de estos elementos por parte de las plantas en profundidad (lavado) de minerales del suelo (Cooke, 1965; Voisin, 1965). Mulder (1953) presentó un esquema simplificado de las interacciones, tanto estimulantes como antagonistas, que pueden darse entre los

elementos presentes en el suelo; y Voisin (1965) ha tratado cierto número de las más importantes de estas interacciones.

Hay muchos informes indicando que las cantidades de fertilizantes que necesita la agricultura convencional perturban el equilibrio de los elementos del suelo, resultando las plantas que crecen en ese suelo con un contenido en nutrientes desequilibrado, y también a veces afectando la salud o la productividad de los animales que se alimentan de esos cultivos. Tales perturbaciones pueden causarlas, sobre todo, aplicaciones imprudentes de nitrato, de fosfato o de potasio libres, sea en forma de fertilizantes inorgánicos o de cantidades excesivas de purines o estiércoles brutos. He aquí algunos ejemplos de estas perturbaciones:

a) *Fruta*. Un aporte de fertilizante nitrogenado excesivo puede producir una deficiencia de calcio, tanto en los árboles frutales como en la fruta (Stoll, 1969 y 1973). Los defectos como el *cork spot* y el *bitter pit* del manzano (Shear y Faust, 1975), así como otros defectos y podredumbres (Stoll, 1969), están relacionados directamente con la deficiencia en calcio atribuible al exceso de nitrógeno. La deficiencia de magnesio en el manzano se ha adscrito a la aplicación de fertilizante potásico durante un período de tres años (Boynton y Burrell, 1944).

b) *Hortalizas*. Schuphan (1974) indicó considerables diferencias en minerales y otros nutrientes entre cultivos orgánicos y convencionales, en un extenso estudio comparativo de doce años con estiércol de establo, compost y fertilizante inorgánico (ver tabla 4). Generalmente había más sustancias valiosas desde el punto de vista nutritivo, y menos sustancias indeseables, en la producción orgánica con referencia a la convencional. Otros estudios de Schuphan (1958) mostraron que aunque las producciones de coles continuaran aumentando con aportaciones crecientes de fertilizante nitrogenado, más allá de cierto óptimo de aplicación de fertilizante, el valor biológico de la proteína vegetal disminuye ininterrumpidamente.

c) *Pastos*. Kemp (1971) ha mostrado que fertilizar los pastos con potasio y nitrógeno tiene un efecto considerable

Tabla 4

Efectos de los abonados orgánicos en la concentración de sustancias nutricionalmente deseables (A) e indeseables (B) en hortalizas, en comparación con fertilizantes nitrogenados (NPK = 100). Schuphan (1974)

A	Porcentaje	B	Porcentaje
Materia seca	+23	Nitratos	-93
Proteína relativa	+18	Aminoácidos libres	-42
Acido ascórbico	+28	Sodio	-12
Total de azúcares	+19		
Metionina *	+23		
Minerales K	+18	* Evaluado sólo en patata y espinaca.	
Ca	+10	** Evaluado sólo en espinaca.	
P	+13		
Fe **	+77		
Mg	± 0		

en el potasio, sodio, calcio y magnesio del pasto. El nivel de potasio de las hierbas es siempre alto, pero los contenidos de sodio, calcio y magnesio en muchos casos son tan bajos que producen carencias en el ganado que lo pasta.

d) *Otros efectos.* Voisin (1965) citó ejemplos de cómo el fertilizante nitrogenado puede disminuir el cobre asequible para las plantas, cómo el fósforo al zinc, el calcio al manganeso, y cómo el potasio disminuye el sodio, calcio, magnesio y boro asequibles.

Por tanto, es de prever que en los métodos convencionales cualquier exceso de iones solubles —como ocurrirá al aplicar fertilizantes— puede causar un desequilibrio en los elementos que están en el suelo, y que ello se refleje en la composición del cultivo. También hay algunos testimonios de que estos desequilibrios pueden afectar a los animales que se alimentan de esos cultivos. Un ejemplo interesante de tales efectos es el caso de la tetania de la hierba del ganado que pasta. Aunque hay muchos factores que pueden contribuir a producir la tetania de la hierba, la causa primaria de la enfermedad es un nivel bajo de magnesio en el forraje, y altos de nitrógeno y fósforo como coadyuvantes (Grunes *et al.*, 1970). La tetania (de la hierba) hipomagnésica suele darse con más frecuencia en pastos fuertemente fertilizados (Payne, 1970), particularmente en pasto temprano que ha

sido estimulado con fuertes aplicaciones de fertilizante. Se ha visto que la fertilización con nitrógeno solo (Bartlett *et al.*, 1954), o con nitrógeno y potasio combinados (Smyth *et al.*, 1958), produce un rápido descenso de los niveles de magnesio sérico, seguido de síntomas de tetania en una gran proporción del ganado pastante. En la tabla 5 se muestran los efectos de aumentar los niveles de fertilización potásica sobre el contenido mineral del pasto, y en la tabla 6, los efectos de aportaciones ligeras y fuertes de fertilizante potásico sobre el magnesio sérico del ganado pastante. Stuedemann *et al.*, (1975) han examinado los efectos de la fertilización nitrogenada elevada (gallinaza) y media (nitrato amónico) de pastos en el subsiguiente rendimiento del ganado.

Tabla 5

Efectos del aumento de los niveles de fertilización potásica en el contenido mineral del pasto. McNaught, 1959

Cloruro potásico aplicado (kg/ha.)	% de materia seca en el dactilo (<i>D. glomerata</i>)		
	Sodio	Calcio	Magnesio
0	0,91	0,52	0,22
63	0,70	0,49	0,23
127	0,16	0,34	0,16
254	0,11	0,35	0,17
508	0,04	0,33	0,17

Tabla 6

Efectos de aportaciones ligeras y fuertes de fertilizantes potásicos en los pastos y en los niveles magnésicos séricos de las vacas que los pastan. Kemp (1958 y 1960)

Aportación de fertilizante potásico	Potasio	% de materia seca de las plantas	
		Magnesio	Sodio
A. Ligera	2,33	0,16	0,13
B. Fuerte	3,59	0,13	0,07

Aportación de fertilizante potásico	Niveles medios de magnesio en el suero de las vacas en mg/100 ml.		
	justo antes de salir a pastar (23 abril 1957)	pastando (25 abril)	pastando (3 mayo)
A. Ligera	2,52	2,38	2,18
B. Fuerte	2,40	1,74	0,58

Nota: Algunas vacas sufrieron tetania en el grupo B de pastos, mientras que no hubo ningún caso en el grupo A.

La tetania de la hierba fue un problema a ambas tasas de fertilización, y los niveles de magnesio en el suero sanguíneo de las vacas pastantes reflejaban en general la tetanogenicidad de un pasto dado. También demostraron que la incidencia de la necrosis del intestino grueso estaba directamente relacionada con el aumento de los niveles de fertilización nitrogenada.

Estos estudios demuestran la relación entre los altos niveles de —sobre todo— fertilizantes nitrogenados y potásicos, el equilibrio mineral del suelo, el equilibrio mineral perturbado de la hierba que crece en ese suelo y el metabolismo mineral perturbado del ganado que se alimenta en ese pasto (Voisin, 1963). Aunque no parece haber cifras comparativas sobre equilibrios similares en los métodos biológicos, tales métodos no producen normalmente altos niveles de nutrientes en el suelo, rápidamente aprovechables por las plantas, que darían lugar a desequilibrios minerales en cultivos y ganado. En lugar de eso producen un lento, pero continuo flujo de nutrientes en el suelo, que no se desequilibra fácilmente. Es interesante apuntar que Payne (1970) hace constar que algunas plantas y tréboles, en prados mixtos, se dice que reducen la tetanogenia del pasto. Parece que estas plantas —que a menudo poseen raíces profundas— no se ven afectadas por las concentraciones de fertilizante del suelo más superficial, y pueden mantener su equilibrio mineral correcto. Las praderas temporales mixtas, con muchas especies de raíces profundas que pueden extraer minerales del subsuelo, son una de las piedras angulares de la ganadería biológica eficaz. El ganado buscará alimentarse de las plantas que le proporcionen una dieta equilibrada, si se le deja (Gilbert, 1957; Albrecht, 1958), selectividad posible en una pradera temporal mixta. Pero en los métodos ganaderos convencionales los pastos consisten con frecuencia en una especie única de gramínea, como raygras, que ha sido fuertemente fertilizada, y el ganado no tiene otra alternativa que utilizarla, sea o no deficiente en minerales.

Aunque acerca de la tetania de la hierba no es posible hacer paralelismos exactos entre los métodos convencionales y los biológicos, los estudios de Aehnelt y Hahn (1973)

han comparado, sobre la fertilidad de los animales, los efectos del pienso fertilizado según uno y otro método. En un grupo de toros reservados para inseminación artificial, el uso del pienso procedente de tierra en la que se pusieron cantidades mayores de fertilizantes produjo un drástico descenso en la calidad del semen durante un período de tres años. Al sustituir el pienso por otro cultivado menos intensivamente, se recobró algo de fertilidad. En otro cotejo, los toros alimentados durante el verano en pastos estercolados tenían un semen de calidad casi doble respecto a la de los toros alimentados en pastos fertilizados intensivamente. También, la cantidad de toros eliminados por poco fértiles fue mayor en el segundo grupo. En experimentos llevados a cabo en grupos de conejas, Aehnelt y Hann (1973) demostraron que la fertilidad se veía perjudicada considerablemente en aquellos animales alimentados con heno u hortalizas cultivadas intensivamente (fertilizadas añadiendo o no abono líquido y estiércol), en comparación con aquéllas alimentadas con comida producida de forma menos intensiva (con compost, estiércol, o ninguno de ellos). Otro estudio correlacionando la fertilidad con las cantidades de fertilizantes aplicadas (Stables y Bounds, 1969) demostró que la fertilidad en los rebaños de vacas tendía a disminuir con niveles más altos de fertilizante nitrogenado aplicado a los pastos, particularmente cuando las cantidades eran superiores a 100 unidades de nitrógeno. En el experimento Haughley, Balfour (1975) describió al rebaño orgánico como poseedor de mejor historial reproductivo que el rebaño alimentado en la zona de fertilización mixta.

A veces parecen surgir anomalías al considerar las diferencias cualitativas entre los métodos convencionales y los biológicos. En algunos casos puede haber diferencias diáfanas en el contenido de nutrientes entre los cultivos de un método u otro (Schuphan, 1974); en otros pocos casos —raros— puede no haber diferencias consistentes (Balfour, 1975; Aehnelt y Hahn, 1973). Sin embargo, las anomalías que parecen surgir al comparar los resultados de los análisis del pienso no invalidan necesariamente las ventajas cualitativas de la agroganadería biológica. Sólo acentúan la necesidad de basar las comparaciones, en primer lugar, en análisis

biológicos, utilizando animales como ratas o conejos (Aehnelt y Hahn, 1973; Williams *et al.*, 1973), y sólo secundariamente en pruebas analíticas.

Una de las ventajas cualitativas que reclama el cultivo biológico es que hay menos enfermedades y problemas metabólicos en el cultivo y la cría, sin el uso masivo de fertilizantes. Muchos autores han dado numerosos ejemplos que demuestran esta afirmación; por ejemplo, MacCarrison (1926), Howard (1945), Sykes (1945), Balfour (1971 y 1975), Reynolds (1974), Shewell-Cooper (1975), Bower (1977). Sin embargo, los críticos de la agricultura orgánica como Allison (1973), consideraron esos ejemplos sin valor manifiesto, sobre todo porque generalmente no son experimentos controlados. Aunque puede aceptarse que tomados individualmente la mayoría de estos ejemplos sólo se pueden considerar como datos anecdóticos, cuando se toman juntos tienden a apoyarse unos a otros y así se vuelven más valiosos como prueba. Por ejemplo, en agricultura convencional, la brucelosis se considera una enfermedad grave e incurable que se trata entresacando los animales contagiados. Sin embargo, cierto número de autores considera que la brucelosis es una infección relativamente inocua que sólo adquiere proporciones graves en animales que sufren desequilibrios nutricios, es decir, que es esencialmente una enfermedad carencial (Howard, 1945; Sykes, 1945; Balfour, 1958; Albrecht, 1958; Voisin, 1959; Blake, 1967; Quiquandon, 1977). Sykes (1945), Balfour (1954) y Quiquandon (1977) han dado cuenta del tratamiento y curación de la enfermedad por medio del uso de una terapia alimentaria. Esos informes reunidos indican que hay razón para investigar en torno a la brucelosis.

Se ha demostrado antes que el uso de fertilizantes inorgánicos puede trastornar el equilibrio mineral de los suelos, plantas y animales. Si como Baker y Cook (1974) indican, la aparición de la enfermedad de las plantas señala que se ha perdido algún aspecto del equilibrio biológico, entonces ello puede explicar los bajos niveles de enfermedad que dicen tener los métodos orgánicos.

LA FERTILIDAD BIOLOGICA DEL SUELO

La agricultura biológica se basa en gran parte en la devolución al suelo de la materia orgánica para construir y mantener un alto nivel de fertilidad. [El término materia orgánica del suelo se usará preferentemente al de humus, pues éste se refiere a los productos de la descomposición avanzada de la materia orgánica, y no abarca los residuos recientes o parcialmente descompuestos (Kononova, 1975)]. La fertilidad del suelo no consiste sólo en la disponibilidad de elementos nutritivos por parte de las raíces: tiene que ver mucho con la actividad biológica y la estructura física. El que las plantas dispongan de los nutrientes solubles sólo es el resultado final de un conjunto de procesos enormemente complejos, físicos, químicos y biológicos, en los que la materia orgánica del suelo tiene un papel fundamental. La importancia de la materia orgánica en la fertilidad del suelo y la actividad biológica consiguiente pueden resumirse así:

1. Aspectos físicos

La materia orgánica modifica el color, la textura, la estructura, la capacidad de retención de agua y la aireación del suelo (Waksman, 1936), y es el factor más importante para la constitución de un suelo bien estructurado. El M. A. F. F. (1976) ha descrito de la siguiente manera las mejoras en las condiciones físicas del suelo que producen las aplicaciones regulares de materia orgánica:

a) «Es más rápido y más fácil trabajar el suelo en las labores del cultivo.» La mayor cantidad de materia orgánica aumenta la posibilidad de cultivar el suelo sin dañarlo, en condiciones ambientales adversas (Agricultural Advisory Council, 1970); también cultivar los suelos de las granjas biológicas consume normalmente menos tiempo y energía (Crouau, 1977),

b) «Mejora la regulación del suministro de nutrientes a las plantas; con frecuencia se liberan más lentamente para un período de tiempo determinado, y se retienen mejor los fácilmente lavables durante el invierno.»

c) «Mejora la estructura de los suelos, permitiendo que las raíces se extiendan más, aumentando la capacidad de retención del agua y la resistencia a los efectos adversos de la maquinaria pesada; da mejor cohesión al suelo arenoso grueso y mejor agregación al suelo finamente particulado, a los que ayuda regulando su drenaje y aireación.» La fertilidad y la productividad de un suelo están muy ligadas a propiedades como la estructura, aireación, capacidad de retención de agua, drenaje, etc. Donde los niveles de materia orgánica descenden del 3 por 100, sobre todo en suelos frágiles, la estructura del suelo se puede deteriorar, la aireación reducirse y las cosechas decrecer (Agricultural Advisory Council, 1970). También, en tales suelos, se favorecen los efectos dañinos de la maquinaria pesada sobre la estructura. Citando a Ross (1963): «... el factor del que —más que de cualquier otro— depende la propia estabilidad del suelo es su contenido húmico».

d) «Los suelos con un contenido elevado de materia orgánica son más oscuros, lo cual permite una mayor absorción de la energía radiante, que proporciona un suelo más caliente; la actividad microbiana se ve favorecida, al proporcionarle más energía en forma de hidratos de carbono.» La materia orgánica es el combustible del «motor biológico» (Holmes y Cotter, 1976), del que dependen muchos procesos importantes del suelo.

e) «Aumenta el efecto amortiguador de los enormes excesos de nutrientes minerales y de los efectos dañinos de iones como el cloro y de sustancias tóxicas.

f) «Aumenta el suministro de microelementos.» Cooke (1976) sugirió que bastan los microelementos y el magnesio de una única aplicación de estiércol de corral, para reponer los retirados en cinco años de cultivo. De no reponerse el calcio, el magnesio y los microelementos, al usar fertilizantes completos, se puede llegar a estados deficitarios en esos elementos (Agricultural Advisory Council, 1970).

g) «El efecto tóxico de los metales pesados sobre los cultivos es menos pronunciado en los suelos que poseen más materia orgánica.»

2. Aspectos químicos y biológicos

a) Hay considerable cantidad de nutrientes vegetales, sobre todo el fósforo, el potasio y los microelementos, que están presentes en la fracción mineral del suelo en forma relativamente inasequible. De la misma manera, el suelo fértil tiene considerables reservas de nutrientes acumulados en la materia orgánica del suelo; para elementos como el nitrógeno y el fósforo, las cantidades pueden ser del orden de toneladas por hectárea (Kononova, 1966).

b) En un suelo muy fértil, la intensa actividad biológica vuelve más asequibles estas fuentes. Sustancias como el ácido carbónico, los ácidos húmicos y otros compuestos de la materia orgánica son capaces de atacar y disolver los minerales; también, varios tipos de microorganismos son capaces de volver asequible el potasio, el fósforo, etc., de los minerales del suelo (Kononova, 1966).

c) Además de las cantidades de nitrógeno de la materia orgánica, la aptitud para fijar el nitrógeno atmosférico está ampliamente difundida entre los microorganismos del suelo (Allison, 1973) y, por tanto, se estimulará la fijación en suelos donde haya considerable actividad biótica.

d) En un suelo orgánico, la interacción entre la población viva y los residuos vegetales y animales produce numerosos compuestos que tienen actividad biológica; la mayoría de ellos, tales como sustancias del crecimiento, vitaminas y antibióticos, tienen efectos benéficos sobre los procesos metabólicos y bioquímicos de los cultivos (Kononova, 1966) y su utilización por las plantas puede explicar la mejor resistencia a la enfermedad que poseen las cosechas cultivadas biológicamente.

Todos estos procesos, junto con la restitución intencional de la fertilidad y de los nutrientes por medio de todas las fuentes de materia orgánica disponibles, ayudan a la constitución de un suelo orgánico estable, de un sistema equilibrado y altamente productivo.

Considerando el extenso debate sobre los efectos de la materia orgánica en la estructura del suelo, etc., que tratan

Waksman (1936) Kononova (1966), Agricultural Advisory Council (1970), Allison (1973) y el M. A. F. F. (1976), parece extraño leer en una publicación reciente (Cooke, 1976): «Se cree que el estiércol de corral y otros estiércoles orgánicos benefician la estructura del suelo de modo que mejoran el crecimiento de los cultivos. Sin embargo, hay relativamente pocos datos de que lo hagan; la mayoría de los experimentos muestran claramente que el valor de los estiércoles residen en los nutrientes que aportan, mientras que permanecen inciertos los efectos «extra» de la aplicación de la materia orgánica.» Según Waksman (1936), citando a Lipman y Blair (1913), desde hace mucho tiempo se conoce el hecho de que aplicaciones ligeras de estiércol de establo ejercen un efecto mucho más favorable sobre el crecimiento del que puede deducirse de su contenido en nutrientes. Ross (1963) considera que «... es ilógico valorar las fuentes de humus basándose en su contenido de nutrientes minerales, o “compararlas” con los fertilizantes comerciales, según su eficacia para mejorar las cosechas». Una de las críticas del cultivo biológico contra la agricultura convencional es que ésta frecuentemente trata de reducir las observaciones a simples tablas de cifras, olvidando por el camino las complejidades y conexiones del sistema vivo que se está investigando.

Sin embargo, a causa de la importancia que se da a esas tablas, se intenta mostrar que el cultivo biológico dispone de suficientes nutrientes siempre y cuando se usen correctamente todos los estiércoles, desperdicios, etc., que se puedan conseguir. Al evaluar la producción de estiércol de animal, se ha visto que esas fuentes proporcionan cantidades de nutrientes muy grandes. Por ejemplo, Yeck *et al.* (1975) calcularon la producción de estiércol en EE. UU. en 5.000 millones de toneladas anuales. En el Reino Unido, los datos (Powell, 1971; Holmes y Cotter, 1976) de la producción de estiércol en granja sobrepasan ampliamente los 120 millones de toneladas por año, haciendo 17 toneladas por hectárea sobre el total de tierras de cultivo británicas (Holmes y Cotter, 1976). Según las evaluaciones más recientes (Holmes, 1977; Raymond, 1977) el total alcanza casi los 190 millones de toneladas por año. Esta cifra proporcionaría unos 1,28 millones de toneladas de nitrógeno, 312.000 to-

neladas de fósforo y 859.000 toneladas de potasio (Holmes, 1977). Calculando en base a un contenido en nutrientes similar al del estiércol de establo (una valoración baja), la cantidad de nutrientes que proporcionan 17 toneladas por hectárea será, aproximadamente, 105 kg. de N, 55 kg. de P_2O_5 y 122 Kg. de K_2O por hectárea. Aún mayores cantidades de nutrientes podrían devolverse al suelo si todas las aguas negras y basuras urbanas se utilizasen convenientemente descompuestas (Van Vuren, 1949; Wylie, 1955; Goetas, 1956). El M. A. F. F. (1976) para las basuras urbanas descompuestas, da un análisis medio de 0,5 % de N, 0,25 % de P_2O_5 y 0,10 % de K_2O . Stickelberger (1977) calcula para Suiza que de usarse los residuos sólidos y parte de las aguas negras, la producción anual per cápita de compost sería de 100 Kg. Extrapolado esto al Reino Unido, se producirían unos 5,5 millones de toneladas de compost, con un contenido en nutrientes de unas 28.000 toneladas de N, 14.000 de P_2O_5 y 5.600 de K_2O al año. Sin embargo, si se utilizasen adecuadamente estas fuentes, se podría disponer de cantidades mucho mayores de nutrientes. Aunque las reservas *totales* de N, P y K varían en muchos suelos británicos, generalmente son muy grandes (Jenks, 1959; Milton, 1974), y en el subsuelo hay reservas mucho mayores de P, K y microelementos para que las extraiga el agricultor. Si se piensa que, por ejemplo una cosecha de trigo de cinco toneladas por hectárea extrae del suelo aproximadamente 41, 4 y 41 Kg. de N, P y K, respectivamente (Milton, 1974), no sorprende que usando todas estas fuentes de nutrientes, el agricultor biológico sea capaz de producir buenas cosechas al tiempo que mantiene la fertilidad del suelo.

CONCLUSION

Aquí sólo hemos podido esbozar los argumentos de la agricultura biológica u orgánica. Disponiendo de más espacio, muchos de los temas tratados pueden examinarse y razonarse con mayor detalle, ofreciendo una argumentación más convincente. Sin embargo, consideramos aportados suficientes testimonios para mostrar, no sólo que la agricultu-

ra biológica es capaz de competir con la ortodoxa en último término —es decir, en base a la producción y a la rentabilidad— sino que además en términos cualitativos tiene mucho que ofrecer, mientras que la ortodoxa no. El método biológico se basa muy poco en los productos químicos agrícolas, concentrados de energía y contaminantes cuyas principales materias primas, el petróleo y el gas natural, son recursos evidentemente finitos.

Si se demuestra que la agricultura orgánica puede producir tantos alimentos como la ortodoxa, entonces cae por su base el principal argumento en favor de los fertilizantes —que sin ellos escasearían los alimentos en el mundo— y, por consiguiente, se vuelve esencial la realización de un examen objetivo de los méritos y deméritos de ambos métodos. Tal examen comparativo sólo se puede realizar partiendo de un extenso programa de investigación, pero los organismos oficiales o semioficiales no han realizado ningún intento formal para considerar un programa de esa naturaleza. Los recientes informes de los gobiernos holandés y francés —bien venidos sean— sólo son investigaciones preliminares. La posición que ha alcanzado la agricultura biológica —en aparente igualdad con la convencional— la ha logrado sin el fuerte apoyo en investigación y desarrollo con que ha contado la convencional en años recientes. Para llevar la ciencia agrícola ortodoxa al presente nivel de desarrollo, los organismos estatales, universidades y sociedades anónimas de todo el mundo occidental se han venido gastando en estos últimos treinta años enormes sumas de dinero en investigación y desarrollo. Uno se pregunta a qué nivel de eficacia estaría la agricultura biológica cuando sólo ha dispuesto de una parte muy pequeña de esos recursos en ese mismo período de tiempo. Lockeretz *et al.* (1976) comentan la importancia de más investigación en esta área.

Por último, ¿puede pensarse que se producirán suficientes fertilizantes que hagan posible una dieta adecuada para toda la población presente y futura del mundo, o que la mayoría de esta población —en los países en desarrollo— podrá permitirse comprar suficiente fertilizante para satisfacer sus necesidades? Puesto que los principios que sustentan

a la agricultura biológica son esencialmente los mismos en los que se basan la mayoría de los métodos campesinos, ¿no es más realista desarrollar un método de cultivo biológico autosuficiente en los países en desarrollo, que tratar de imponerles nuestra avanzada tecnología occidental? Para asegurar permanentemente la necesidad más importante: la alimentaria, la humanidad necesita desarrollar una agricultura autosuficiente basada en ciclos y procesos naturales renovables indefinidamente y no depender de la agricultura convencional presente, de ciclos abiertos y gran consumidora de recursos y de energía.

BIBLIOGRAFIA

- AEHNELT, E., y HAHN, J.: *Tierarztliche Umschau*, núm. 4, 1973, 1-16.
 AGRICULTURAL ADVISORY COUNCIL: *Modern Farming and the Soil*, Londres, H. M. S. O., 1970.
 ALBRECHT, W. A.: *Soil Fertility and Animal Health*, Fred Hahne Printing Co., Webster City, Iowa, 1958.
 ALLISON, F. E.: «Soil Organic Matter and its Role in Crop Production», *Developments in Soil Science*, núm. 3, Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, 1973.
 BAKER, K. F., y COOK, R. J.: *Biological Control of Plant Pathogens*, Freeman, San Francisco, 1974.
 BALFOUR, E. B.: *J. Soil Assoc.*, 1954, 8, núm. 2, 49-65.
 BALFOUR, E. B.: *Proceedings of the 1st McCarrison Society Conference*, Tekels Park, junio 1971.
 BALFOUR, E. B.: *The Living Soil and the Haughley Experiment* (2nd edition), Faber & Faber, Londres, 1975.
 BARTLETT, S.; BROWN, B. B.; FOOT, A. S.; ROWLAND, S. J.; ALLCROFT, R., y PARR, W. H.: *Brit. Bet. J.*, 1954, 110, 3.
 BATES, A.: *Soil Assoc. Quart. Rev.*, 1976, 2, núm. 2, 1-3.
 BERLIN, P.: *Soil Assoc. J.*, 1974, 2, núm. 6, 1-3.
 BLAKE, M.: *Concentrated Incomplete Fertilizers*, Crosby Lockwood, Londres, 1967.
 BOWER, A.: *Soil Assoc. Quart. Rev.*, 1977, 3, núm. 1, 10-13.
 BOYNTON, D., y BURRELL, A. B.: *Soil Sci.*, 1944, 58, 441-454.
 BRENNER, P. (1973): Citado por Berlin (1974).
 COMMISSIE ONDERZOEK BIOLOGISCHE LANDBOUWMETHODEN: *Alternatieve Landbouw* (Alternative Farming), Interimrapport, noviembre 1973, Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie, Wageningen, Holanda.
 COOKE, G. W. (1965): Prologando a Voisin (1965).
 COOKE, G. W.: «The roles of organic manures and legumes in crop pro-

- duction.» En *Energy Use and British Agriculture*, ed. D. M. Bather y H. I. Day, Reading University Agricultural Club, 1976.
- CRODAU, M.: «Comparative Study of Energy Consumption in Biological and Conventional Agriculture», *I. F. O. A. M. Bulletin*, número 20, 1977, pág. 4.
- DESSAU, J., y LE PAPE, Y.: *L'Agriculture Biologique. Critique Technologique et Systeme Social*, Institute de Recherche Economique et de Planification, Universite des Sciences Sociales de Grenoble, 1975.
- DEUTSCHE, R.: *Nutrition Rev.*, 1974, 32, núm. 1, 48-56.
- DONAHUE, R. L.; SHICKLUNA, J. C., y ROBERTSON, L. S.: *Soils*, Prentice-Hall, New York, 1971.
- Foot & Nutrition Board: *Nutrition Reviews*, 1976, 34, núm. 10, 316-317.
- GAVET, E. E.: *Farm Index*, 1975, 13, núm. 8, 10-13, Citado por Hill y Ramsay (1976).
- GILBERT, F. A.: *Mineral Nutrition and the Balance of Life*, University of Oklahoma Press, 1957.
- GOTAAS, H. B.: *Composting*, O. M. S., Génova, 1956.
- GREENWELL, Sir B. (1939): Citado por Howard (1945).
- GRUNES, D. L.; STOUT, P. R., y BROWNELL, J. R.: *Adv. Agron.*, 1970, 22, 331-374.
- GRUSSENDORF, O. W.: *Land Bulletin*, 1969, 146, 1, Citado por Hill y Ramsay (1965).
- HILL, S. B., y RAMSAY, J. A.: «Limitations of the energy approach in defining priorities in agriculture». En *Energy and Agriculture*, conferencia organizada por el Centre for the Biology of Natural Systems, Washington Univ., St. Louis, Mo., junio 1976.
- HILLS, L. D.: *Development Forum*, mayo 1975, 6-7.
- HOLMES, N. (1977): Comunicación personal.
- HOLMES, N., y COTTER, J.: «Who needs Nature?». En *Environment and the Industrial Society*, ed. N. Holmes, Hodder and Stoughton, Londres, 1976.
- HOWARD, Sir A.: *Farming and Gardening for Health or Disease*, Faber, Londres, 1945.
- INTERNATIONAL FEDERATION OF ORGANIC AGRICULTURE MOVEMENTS (I. F. O. A. M.): *Bulletin*, núm. 20, 1977, pág. 3.
- The Raison d'Etre, Philosophy and Purpose of the International Institute of Biological Husbandry*, I. I. B. H. Ltd., Stowmarket, Suffolk, 1976.
- JACKS, G. V., y WHYTE, R. O.: *The Rape of the Earth*, Faber & Faber, Londres, 1939.
- JENKS, J.: *The Stuff Man's Made Of*, Faber & Faber, Londres, 1959.
- KEMP, A. (1958): Citado por Voisin (1965).
- KEMP, A. (1960): Citado por Voisin (1965).
- KEMP, A.: «The effects of K and N dressing on the mineral supply of grazing animals.» En *Potassium and Systems of Grassland Farming*, págs. 1-14. Proc. 1st Colloq. Potass. Inst. Ltd., Henley-on-Thames, 1971.

- KOLMER, L.: *Ag. World*, 1975, 1 (11), 17.
- KONONOVA, M. M.: *Soil Organic Matter*, 2.^a edición inglesa. Pergamon Press, Oxford, 1966.
- KONONOVA, M. M.: «Humus of virgin and cultivated soils.» En *Soil Components*, vol. 1, ed. J. E. Kieseeking Springer-Verlag, Berlín, 1975.
- LIPMAN, J. G., y BLAIR, A. W.: «Field experiments on the availability of nitrogenous fertilizers.» *N. J. Agr. Exp. Sta. Bull.*, 1913, 260.
- LOCKERETZ, W.; KEPPLER, R.; COMMONER, B.; GERTLER, M.; FAST, S.; O'LEARY, D., y BLOBAUM, R.: *A comparison of the production, economic returns and energy intensiveness of corn belt farms that do and do not use inorganic fertilizers and pesticides*. Report CBNS - AE - 4, 62 págs. Center for the Biology of Natural Systems, Washington Univ., St. Louis, Mo., 1975.
- LOCKERETZ, W.; KEPPLER, R.; COMMONER, B.; GERTLER, M.; FAST, S., y O'LEARY, D.: *Organic and conventional crop production in the corn belt: a comparison of economic performance and energy use for selected farms*. Report CBNS - AE - 7, 42 págs. Center for the Biology of Natural Systems, Washington Univ., St. Louis, Mo., 1976.
- Organic Manures*. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Bulletin, No. 210, Londres, H. M. S. O., 1976.
- MATILE, P.: «Environmental Problems and Agriculture.» *Wasser u Abwasser*, julio 1973, supplement. Citado en *Soil Assoc., J.*, 1, número 8, 5-8.
- MAYALL, S., *Soil Assoc. Quart. Rev.*, 1977, 3, núm. 1, 5-8.
- MCCARRISON, R.: *J. Ind. Med. Res.*, 1926, 14, 351.
- MCNAUGHT (1959): Citado por Voisin (1965).
- MCSHEEHY, T. W. (1971): «Is there a correlation between the health of a population and the method of husbandry used to produce its food?» En *Just Consequences*, ed. R. Waller, págs. 151-163. Charles Knight, Londres, 1971.
- MILTON, R. F.: «The soil and its minerals.» En *Alternative Agriculture. Organic Farming*, The Soil Association, Haugheley, Suffolk, 1974.
- MULDER, D. (1953): Citado por McSheehy (1971).
- PAYNE, J. M.: *Int. Rev. Exp. Pathol.*, 1970, 9, 191-232.
- POWELL, L. B.: «Deteriorating Soil.» En *Can Britain Survive?* ed. E. Goldsmith, Tom Stacey, Londres, 1971.
- QUIQUANDON, H.: «Controlling Brucellosis.» *I. F. O. A. M. Bull.*, núm. 20, 1977, 4-5. Resumido de *Nature et Progrès*, 1976, 4.^o trimestre.
- RAYMOND, W. F.: *Biologist*, mayo 1977, 80-85.
- REYNOLDS, S. G.: *The effect of compost plus fertilizer on vegetable yields and on soil fertility*. Manuscrito sin publicar, 1974.
- ROSS, J. C.: *Soil Conservation in South Africa*, Government Printer, Pretoria, South Africa, 1963.
- SCHUPHAN, W. (1958): Citado por Voisin (1965).
- SCHUPHAN, W.: *Qual. Plant.-Pl. Fds. hum. Nutr.*, 1974, XXIII (4), 333-358.

-
- SHEAR, C. B., y FAUST, M.: Citado en *Span, Progress in Agriculture*, 1975, 18, núm. 3, 1975.
- SHEWELL COOPER, W. E.: *Soil Humus and Health*, David & Charles, Newton Abbott, 1975.
- SMYTH, P. J.; CONWAY, A., y WALSH, M. J.: *Vet. Rec.*, 1958, 70, 846-849.
- STABLES, J. W., y BOUNDS, N.: *Vet. Rec.*, 1969, 84, 379-381.
- STICKELBERGER, D.: *Compost, energy and the cycles of fertilization*. I. F. O. A. M., Bulletin, núm. 21, 1977, 5-7.
- STOLL, K.: *Qual. Plant. Mater. Veg.*, 1969, 18, 206-226.
- STOLL, K.: *Die Bodenkultur*, 1973, 24, 75-90.
- STUEDEMANN, J. A.; WILKINSON, S. R.; WILLIAMS, D. J.; CIORDIA, H.; ERNST, J. V.; JACKSON, W. A., y JONES, J. B.: «Long term broiler litter fertilization of tall fescue pastures and health and performance of beef cows.» En *Managing Livestock Wastes*. Proc. 3rd Int. Symp. on Livestock Wastes, 1975. Am. Soc. Agr. Eng., St. Joseph, Michigan, págs. 264-268.
- SYKES, F.: «Farming for profit on a 750-acre farm in Wiltshire with organic manures as the sole medium of refertilization.» En *Howard* (1945), Appendix D, págs. 262-274.
- VAN VUREN, J. P. J.: *Soil Fertility and Sewage*, Faber & Faber, Londres, 1949.
- VOISIN, A.: *Soil, Grass and Cancer*, Crosby Lockwood, Londres, 1959. (Trad. Ed. Tecnos, Madrid.)
- VOISIN, A.: *Grass Tetany*, Crosby Lockwood, Londres, 1963. (Trad. Ed. Tecnos, Madrid.)
- VOISIN, A.: *Fertilizer Application*, Crosby Lockwood, Londres, 1965. (Trad. Ed. Tecnos, Madrid.)
- WAKSMAN, S. A.: *Humus. Origin, Chemical Composition and Importance in Nature*, Bailliere, Tindall & Cox, Londres, 1936.
- WILLIAMS, R. J.; HEFFLEY, J. D.; YEW, M. L., y BODE, C. W.: *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. A.*, 1973, 70, 710-713.
- WYLIE, J. C.: *Fertility from Town Wastes*, Faber & Faber, Londres, 1955.
- YECK, R. G.; SMITH, L. W., y CALVERT, C. C.: «Recovery of nutrients from animal wastes - an overview of existing options and potentials for use in feed.» En *Managing Livestock Wastes*, Proc. 3rd Int. Symp. Livestock Wastes Am. Soc. Agr. Eng., St. Joseph, Michigan, 1975.
-

RÉSUMÉ

On examine les arguments en faveur de l'agriculture biologique/organique en tant qu'alternative réaliste et viable à l'agriculture conventionnelle. On passe revue aux comparaisons entre les méthodes d'agriculture-élevage biologiques et conventionnelles, en montrant que dans presque tous les cas les premières peuvent être si productives et profitables que les secondes. Dans quelques cas même elles peuvent l'être davantage. On considère les effets négatifs des engrais inorganiques solubles sur le déséquilibre minéral du sol, des cultures et des animaux, et surtout les effets sur la fertilité animale; des tels effets il ne semble pas que se donnent dans la méthode d'agriculture-élevage biologique, ce que lui confère une considérable avantage cualitative sur la méthode conventionnelle. On insiste dans le besoin d'investiguer sur l'agriculture biologique, méthode relativement auto-suffisante, basée sur les cycles naturels incessamment renouvelés.

SUMMARY

It is examined the arguments for biological/organic agriculture as a realistic and feasible alternative to conventional agriculture. Comparisons between biological and conventional agricultural methods are reviewed, showing that in almost all cases the former can be as productive and profitable as the latter. In some cases they can be even more. It is considered the negative effects of soluble inorganic fertilisers on the mineral balance of the soil, of crops and livestock, and above all the effects on livestock fertility; such effects do not seem to take place in the biological agricultural method, what provides it with a considerable qualitative advantage over the conventional method. It is insisted on the need to investigate about biological agriculture, a relative self-sufficient method, based on natural cycles, continuously renewed.

