

See discussions, stats, and author profiles for this publication at:
<https://www.researchgate.net/publication/267775382>

MANEJO Y DISEÑO DE SISTEMAS AGRICOLAS SUSTENTABLES

Article

CITATIONS

4

READS

505

1 author:



Juana Labrador

Universidad de Extremadura

9 PUBLICATIONS 33 CITATIONS

SEE PROFILE

MANEJO Y DISEÑO DE SISTEMAS AGRICOLAS SUSTENTABLES



Juana LABRADOR MORENO

Dra. en Biología.
Servicio de Investigación y
Desarrollo Tecnológico.
Junta de Extremadura.

Miguel Angel ALTIERI

Dr. Ingeniero Agrónomo.
División de Control Biológico.
Universidad de Berkeley, California.



INDICE

	<u>Págs.</u>
MANEJO Y DISEÑO DE SISTEMAS AGRICOLAS SUSTENTABLES. INTRODUCCION	3
CONCEPTO DE SUSTENTABILIDAD: PRINCIPIOS Y MECANISMOS .	4
DINAMICA DE LOS SISTEMAS AGRICOLAS. LOS AGROECOSIS- TEMAS	8
BIODIVERSIDAD Y AGROECOSISTEMAS.....	13
CONSECUENCIAS AGRONOMICAS DEL MANTENIMIENTO E IN- CREMENTO DE LA BIODIVERSIDAD.....	15
BASES AGROECOLOGICAS PARA EL DISEÑO Y MANEJO DE SIS- TEMAS AGRICOLAS SUSTENTABLES	21
OTROS CONDICIONANTES DE LA SUSTENTABILIDAD AGRICOLA .	37
BIBLIOGRAFIA	48
GLOSARIO	49



MANEJO Y DISEÑO DE SISTEMAS AGRICOLAS SUSTENTABLES

... «La intensificación de la agricultura en una prueba crucial de la elasticidad de la naturaleza. No sabemos cuánto más puede seguir el ser humano aumentando la magnitud del subsidio indefinidamente sin agotar los recursos naturales y causar la posterior degradación ambiental. Antes que descubramos este punto crítico, mediante una lamentable experiencia, debemos tratar de idear agroecosistemas que se comparen en estabilidad y productividad a los ecosistemas naturales ...»(Cox y Atkinns, 1979)

INTRODUCCION

Mantener el equilibrio entre «producción de alimentos, crecimiento socioeconómico y protección del medio ambiente» constituye uno de los retos más importantes a los que se enfrenta la sociedad actual. De hecho, transcurridas más de tres décadas desde el inicio de la Revolución Verde, y a pesar de algunos éxitos notables de la misma, delegados de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1987) tuvieron que admitir la urgencia en la adopción de cambios importantes en la política agrícola, medioambiental y macroeconómica, tanto a nivel nacional como internacional, todo ello encaminado fundamentalmente a crear las condiciones que posibiliten una

agricultura y un desarrollo rural viables localmente y en un contexto de equilibrio entre los sistemas económicos, ecológicos y socioculturales.

Si nos referimos sólo al sector agrario, y en consecuencia con lo anterior, es evidente la necesidad de que el futuro de la agricultura vaya unido a nuevos objetivos en la producción de alimentos que amplíen la visión actual, que enfatizen una dimensión meramente técnica a una visión global, que contemple aspectos de equidad social, viabilidad económica, estabilidad política y preservación ambiental.

En otras palabras, si la «maximización de la producción» era y es el objetivo prioritario de la agricultura convencional, la preocupación central de las nuevas tendencias en política agraria está encaminada a la «sustentabilidad» tanto de las producciones como del sistema productivo.

Sin embargo, es difícil adoptar estrategias de producción y gestión de recursos a medio y largo plazo en favor de un concepto que aún no está claramente definido o para el que no existe una definición mundialmente lograda.

CONCEPTO DE SUSTENTABILIDAD: PRINCIPIOS Y MECANISMOS

Cada región tiene un conjunto particular y único de sistemas agrícolas que son el resultado del clima local, de la topografía del suelo, de las relaciones económicas y culturales, y finalmente de su historia. Es evidente, por tanto, la dificultad que conlleva encontrar un concepto de «sustentabilidad» agrícola que pueda aplicarse a niveles locales y que sea satisfactorio a nivel global.

Sin embargo, las dificultades para la consecución del mismo disminuyen cuando nuestra visión de la agricultura adquiere otra perspectiva basada en un enfoque agroecológico, capaz de definir los principios ecológicos necesarios para desarrollar sistemas de producción sustentables dentro de condiciones locales específicas.



Fig. 1.—Mantener el equilibrio entre producción de alimentos, crecimiento socioeconómico y protección del medio es una de las preocupaciones centrales de la PAC.

Esta esperada visión de la agricultura, que podríamos denominar «alternativa» —por oposición al tipo de agricultura dominante—, nos encamina hacia nuevos modelos productivos que hacen hincapié en la intensificación mediante la diversificación —tanto de los cultivos como del ganado y su integración—. No crea sistemas fijos, sino sistemas agrícolas flexibles y diversificados que se adecuan perfectamente a las particularidades de las condiciones locales donde se desarrollan. Además son modelos socialmente equitativos, especialmente en muchos países donde la tecnología impuesta por la producción agraria convencional es cara e inadecuada.

Cómo afrontar el reto de conseguir modelos agrícolas que sean eficientes en el uso de la energía y de los recursos, económicamente viables, socialmente aceptables, y que además sean técnicamente apropiados y no degraden el medio ambiente, es el desafío al que deben enfrentarse políticos, técnicos, investigadores y productores de cualquier lugar del mundo. Actualmente,

entre los varios enfoques para conseguir sistemas agrícolas sustentables, prácticamente sólo hay dos vías: la Agricultura Orgánica —que incluye la Agricultura Ecológica, Biodinámica, Permacultura con un apartado para la Tradicional— y la denominada Agricultura Sostenible —que incluye a los Sistemas de Producción Agrícola Integrada y los Sistemas LISA—.

Ahora bien, si a estos modelos alternativos les une el objetivo de la «sustentabilidad», hay otra serie de actuaciones relacionadas con el manejo del agroecosistema y con la filosofía de la producción agrícola que los diferencia. Muy brevemente:

La agricultura orgánica armoniza la ciencia y las técnicas actuales con los conocimientos y prácticas agrícolas tradicionales adecuándolas a las necesidades del manejo agrícola actual y encaminándolas a conseguir el máximo de autosuficiencia a nivel de finca. Dentro de sus múltiples objetivos se encuentran la producción de alimentos de máxima calidad, respetando el medio ambiente y conservando la fertilidad de la tierra, mediante un manejo agroecológico de la finca, que incluye la fertilización



Fig. 2.—El reto está en conseguir agroecosistemas económicamente rentables, ecológicamente viables y socialmente equitativos.



orgánica preferentemente —estiércoles, compost, abonos verdes, etc—, la utilización de rotaciones y asociaciones de cultivos, la adecuación de las labores agrícolas y el control biológico de plagas y de adventicias sin el empleo de productos químicos de síntesis, implantación de sistemas agrícolas mixtos —agroganaderos, agroforestales—.

La definición de agricultura sostenible nos habla de aquella forma de producir que a largo plazo mejora la calidad del entorno y la base de recursos de los que depende, aporta alimentos en cantidad suficiente, es económicamente viable y mejora la calidad de vida del agricultor. Para la consecución de estos objetivos aboga por una disminución de los aportes externos a la finca —fertilizantes, pesticidas, combustibles— unido a la utilización de la lucha integrada en el control de plagas, el laboreo de conservación, rotación de determinados cultivos y el fomento de tecnologías de baja inversión.

Ambos modelos —orgánico y sostenible— encaminan sus actuaciones hacia la consecución de la «sustentabilidad» del sistema agrícola; es decir, a mantener la base productiva y funcional del mismo a través del tiempo y frente a las presiones externas e internas; sin embargo, la agricultura orgánica asienta sus bases sobre una vertiente predominantemente agroecológica y en una especial filosofía de la actividad agrícola y ganadera, mientras que la agricultura sostenible prioriza, en mayor medida, los parámetros productivistas. Aun así, tanto un modelo como otro, en mayor o menor medida, forman parte íntima de una corriente de pensamiento más amplia e integradora, basada en la adopción de políticas económicas, sociales, agrícolas y ambientales que fomenten un comportamiento «sustentable» capaz de satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Wced, 1987). Esta es la base del denominado «Desarrollo Sostenible».

Es evidente, pues, que en la medida en que se reconoce la necesidad de fomentar modelos de «Desarrollo Sostenible» para promover, entre otros, Sistemas de Producción Agrícola Susten-

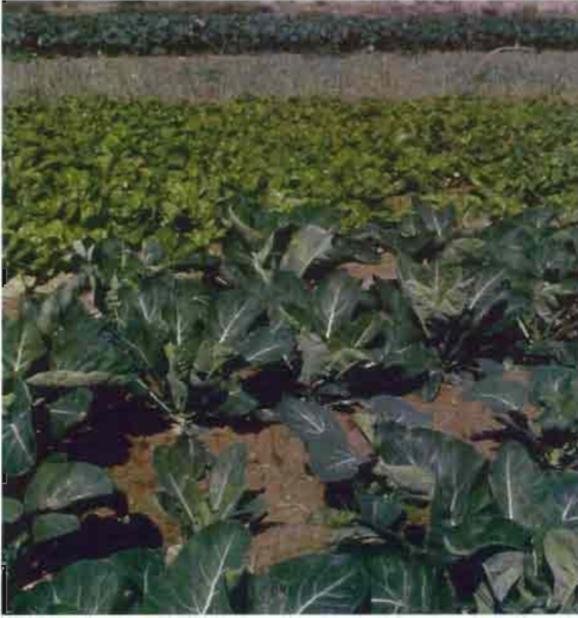


Fig. 3.—La agricultura ecológica, al igual que otros modelos alternativos, encamina sus actuaciones a mantener la productividad y funcionalidad del agroecosistema globalmente.

tables, nos encontraremos con importantes dificultades, relacionadas por una parte con que la interpretación de los conceptos por los distintos países es muy variable según el grado de conciencia adquirido y según los intereses puestos en juego y, por otra, más relacionada con la cuestión agronómica, con la definición de los criterios que rigen la sustentabilidad. Las consecuencias agronómicas de esta situación de inestabilidad están relacionadas de manera directa con el particular y poco conocido funcionamiento de la dinámica de los sistemas agrarios.

DINAMICA DE LOS SISTEMAS AGRICOLAS. LOS AGROECOSISTEMAS

En lo más íntimo del pensamiento agroecológico subyace la idea de que un campo de cultivos es un ecosistema dentro del cual los procesos ecológicos que ocurren en otras formaciones vegetales «naturales» también se dan. De esta forma, algunos



autores se plantean el concepto de Agroecosistema para referirse a la unidad ambiental en la que se desarrolla la actividad agraria —entiéndase agrícola, forestal y ganadera— y a partir de ahí formalizar a nivel global el análisis del conjunto de procesos o interacciones y sinergismos que intervienen en el mismo.

Aunque ambos sistemas —ecosistemas «naturales» y agroecosistemas— tienen en común su más amplia y conocida definición que los describe como «el conjunto de organismos que viven e interactúan en un ambiente determinado y la parte física del ambiente que de una manera u otra les afecta»; sin embargo, un sistema agrícola difiere en varios aspectos fundamentales de un ecosistema «natural». Estas diferencias serían (Odum, 1984):

- Los agroecosistemas, dependiendo de su nivel de artificialización, requieren fuentes auxiliares de energía, que puede ser humana, animal y combustible para aumentar su producción.
- La diversidad de los mismos es —como en el caso de los monocultivos— muy reducida.
- Los animales y plantas que dominan en el agroecosistema son seleccionados artificialmente y no por selección natural.
- Los controles del sistema son en su mayoría externos, mediante la acción humana, y no internos.
- La producción de biomasa se destina preferentemente para un consumo externo a él, por lo tanto el nivel de reinversión de biomasa es bajo (Altieri, 1987).

Estas diferencias son más evidentes para los sistemas agrícolas convencionales y, sin embargo, no lo son para la mayoría de los sistemas agrícolas tradicionales desarrollados a nivel local y que incorporan mecanismos de manejo de cultivos, reciclado de materiales orgánicos, conservación de suelos y agua y mantenimiento de la biodiversidad de manera semejante a los sistemas «naturales» circundantes.

El resumen en las diferencias anteriores nos definen un agroecosistema como «un ecosistema creado por el hombre que presenta un equilibrio inestable, una estructura simplificada y frágil,



Fig. 4.—Un agroecosistema es la unidad ambiental en la cual se desarrolla la actividad agraria. Entiéndase, agrícola, forestal y ganadera.

que especializa sus comunidades y regula de manera particular sus poblaciones, mantiene ciclos abiertos de materiales y dirige su flujo energético hacia la producción de productos cotizados». Además, al ser un sistema artificializado, requiere de una constante intervención humana para mantenerse como tal.

Según vemos, un agroecosistema difiere respecto a un sistema «natural» tanto en su estructura como en su funcionalidad; sin embargo, la verdadera magnitud de las diferencias entre uno y otro dependerá fundamentalmente de la intensidad del manejo dado al mismo y de los niveles de modificación introducidos por la intervención humana (presiones socioeconómicas además de factores ecológicos).

Las peculiares características de los agroecosistemas hacen que cualquier intervención sólo sea «sustentable» si partimos de un conocimiento global e integrador de las múltiples interacciones que suceden dentro de los sistemas agrícolas y de éstos con los sistemas «naturales» circundantes. Este cúmulo de información sólo puede expresarse a nivel agrícola con resultados satis-



factorios desde la base conceptual de una reciente disciplina científica: la Agroecología.

La Agroecología es una ciencia globalizadora que define, clasifica y estudia los sistemas agrícolas desde una perspectiva agronómica, ecológica y socioeconómica. Su objetivo es proporcionar la base ecológica para el manejo de los recursos a través de promover tecnologías de producción estables y de alta adaptabilidad ambiental y social (Altieri, 1993). Este planteamiento le permite enfocar el manejo del sistema agrícola desde la complejidad de las múltiples interacciones que se establecen en el mismo a semejanza de los ecosistemas «naturales», y la capacita para dar soluciones a muchos de los problemas relacionados con las actuaciones agrícolas convencionales.

Desde estos planteamientos agroecológicos, la evaluación del comportamiento viable de un agroecosistema se realiza en base a cuatro criterios fundamentales (Comway, 1985):



Fig. 5.—Papel de la agroecología en una agricultura sustentable.

a. **Sustentabilidad.** Que se relaciona con la habilidad de un agroecosistema para mantener su producción a través del tiempo y frente a los cambios externos, teniendo en cuenta las limitaciones ambientales, la capacidad de carga del mismo y las presiones socioeconómicas. Este criterio es altamente específico.

b. **Equidad.** Es una medida de cómo de equitativa es la distribución de los productos y las ganancias que genera el agroecosistema. Muchos aspectos de este término no son medibles con parámetros científicos.

c. **Estabilidad.** Es una medida de la seguridad de la producción bajo un conjunto dado de condiciones agroambientales y socioeconómicas. Este indicador puede ser optimizado si los condicionantes son mejorables mediante manejo y/o inversión. Otras veces hay presiones ecológicas o económicas que son condicionantes rígidos.

d. **Productividad.** Nos mide la tasa y la cantidad de producción por unidad de tierra o inversión. En términos ecológi-



Fig. 6.—La viabilidad de un agroecosistema debe evaluarse siguiendo criterios de sustentabilidad, equidad, estabilidad y productividad.



cos, la producción se refiere a la cantidad de rendimiento o producto final y la productividad es el proceso para alcanzar dicho producto final.

Cuando estos indicadores se utilizan para evaluar la viabilidad de los ecosistemas convencionales, se hace evidente que si bien históricamente la introducción de nuevas tecnologías ha incrementado grandemente la productividad a corto plazo, también ha reducido en igual o mayor medida la estabilidad, equidad y sustentabilidad a largo plazo de todo el agroecosistema.

La agroecología se enfrenta actualmente con sistemas agrícolas frágiles y desequilibrados y quizá uno de los problemas más importantes, consecuencia de un enfoque parcial de la dinámica de los agroecosistemas, sea el de la pérdida de biodiversidad que sufren los sistemas agrícolas y la búsqueda de estrategias para restaurarla.

BIODIVERSIDAD Y AGROECOSISTEMAS

Es muy compleja la dinámica que se establece en un agroecosistema, pero si en esencia la funcionalidad del mismo depende en gran medida del nivel de interacciones conseguido entre sus variados componentes, también es verdad que adquiere mayor importancia en relación con la «sustentabilidad» del sistema, el grado de diversidad de organismos que lo conforman —biodiversidad— y la abundancia de recursos que un agroecosistema mantiene —recursos culturales y naturales—.

Es bien conocido que la biodiversidad es el motor de la dinámica de los ecosistemas «naturales» —por ejemplo, la cubierta vegetal de un bosque o de una pradera previene la erosión del suelo, controla su régimen hídrico, mantiene la cantidad de materia orgánica, etc.—; sin embargo, nos es prácticamente desconocido el papel que juega la biodiversidad en los sistemas agrícolas.

Cada sistema agrícola es un reservorio particular de un grado diferente de biodiversidad. Estas diferencias dependerán (Southwood y Way, 1970):



Fig. 7.—La biodiversidad es el motor de la dinámica de los ecosistemas «naturales» y también de los agroecosistemas.

- de la diversidad de la vegetación dentro y alrededor del agroecosistema,
- da la permanencia de determinadas secuencias de cultivos
- de la intensidad de manejo dado al sistema agrícola,
- del grado de aislamiento del agroecosistema respecto de los ecosistemas «naturales» circundantes.

En general, los agroecosistemas más diversificados —que suelen coincidir con los manejados según técnicas de agricultura orgánica y tradicional— presentan mayor ventaja en lo relacionado a procesos ecológicos asociados con una mayor diversidad que aquellos altamente simplificados, como los sistemas agrícolas convencionales y en particular los monocultivos.

Sólo un enorme desconocimiento de la dinámica del medio vivo puede concebir sistemas formados por un pequeño número de plantas y animales. Y esto sucede; es un hecho que los paisajes agrícolas mundiales se mantienen con sólo 12 especies de cultivos de grano, 23 especies de cultivos hortícolas y cerca de 35 especies de árboles (Fowler y Mooney, 1990).



Así pues, el resultado neto de esta simplificación de la biodiversidad para propósitos agrícolas es un ecosistema artificial e inestable que requiere de la intervención humana constantemente para su funcionamiento. Esta inestabilidad se manifiesta a través del empeoramiento de la mayoría de los problemas asociados al mantenimiento de los sistemas agrícolas convencionales: plagas, pérdida de fertilidad de los suelos agrícolas, erosión, uniformidad genética, etc., además va acompañada de un incremento de costos para suplir desequilibrios —costes económicos y ambientales—.

Sin embargo, no hay que ser catastrofistas ya que si la transformación de un ecosistema en un agroecosistema conlleva una simplificación de su estructura, también es verdad que esto no tiene por qué concluir en su destrucción, así pues existen posibilidades de mantener y desarrollar diversos constituyentes del sistema igual a los modelos agrícolas tradicionales— y con ello aumentar sus oportunidades ambientales de autorregulación.

Para este fin nos interesa conocer la «diversidad funcional», y no la diversidad «per se». Es decir, nos interesa saber los elementos claves que necesitamos para aumentar las posibilidades de obtener efectos y sinergismos beneficiosos basados en la propia dinámica del agroecosistema; éstos estarían ligados directamente con la «sustentabilidad» del sistema de producción, con el mantenimiento de la biodiversidad y por supuesto, irían más allá de los límites cortoplacistas actuales.

CONSECUENCIAS AGRONOMICAS DEL MANTENIMIENTO E INCREMENTO DE LA BIODIVERSIDAD

La biodiversidad no sólo va a estar en relación con el patrimonio biológico del sistema agrícola, sino también con la capacidad que ella tiene por sí misma para mantener un funcionamiento viable del agroecosistema al prestar importantes servicios ecológicos que influyen de manera directa sobre la producción y sobre la «sustentabilidad» del mismo. El reciclado de nutrientes, el control de microclima local, la disminución de organismos pla-

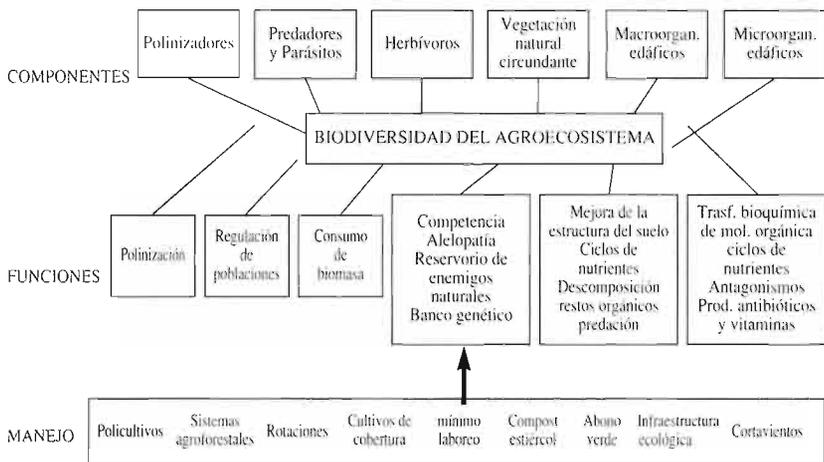


Fig. 8.—Componentes, funciones y métodos de manipulación de la biodiversidad en agroecosistemas (según Altieri, 1992).

ga, la eliminación de determinados contaminantes, la conservación del suelo y el agua, la provisión de la base genética de todas las plantas agrícolas y animales, etc., son algunas de las funciones y consecuencias del mantenimiento e incremento de la diversidad agrícola.

Como ya hemos dicho, los agroecosistemas están constituidos por múltiples subsistemas —suelo, vegetación, macro y microorganismos, etc.—, que interactúan y compiten dentro de una sinergia que se ha mantenido durante siglos y dentro de una complejidad y riqueza natural enorme —sobre todo en sistemas agrícolas tradicionales y orgánicos— debida en gran medida a la diversidad de sus componentes.

Si esta biodiversidad va a tener su influencia a nivel de todos los componentes del agroecosistema, es específicamente en algunos de ellos en donde podemos apreciar la importancia del mantenimiento de la misma para lograr la «sustentabilidad» del sistema agrícola. Estos estarían relacionados preferentemente con el reciclaje de nutrientes, el control de plagas y patógenos y el control de adventicias.



1. Reciclaje de nutrientes

En el reciclaje de nutrientes en agroecosistemas la biodiversidad tiene una doble entrada, la que la relaciona con una mayor variedad en el aporte de materiales orgánicos al medio edáfico —diversidad vegetal— y la basada en la dinámica del ciclo orgánico y mineral mediante distintas sucesiones de organismos —especialización nutricional—, reorganización de compuestos y elementos orgánicos —humificación— y su transformación bioquímica (mineralización y ciclos biogeoquímicos de los elementos minerales).

Esta evolución de los nutrientes en el suelo es el resultado de equilibrios complejos entre los componentes vivos e inertes del medio edáfico. La dinámica que lleva implícita este proceso requiere, entre otras cosas, mantener un suelo agrícola vivo y funcional, es decir, en un equilibrio susceptible de evolucionar en el tiempo —equilibrio metastable— y con un grado importante de biodiversidad (en cuanto al medio vivo que soporta y mantiene).

Fig. 9.—La dinámica de los nutrientes en el suelo agrícola está basada mayoritariamente en un aporte orgánico variado y equilibrado y en la potenciación de la biodiversidad edáfica.





Fig. 10.—El control biológico de patógenos se logra incrementando por diferentes vías la diversidad y abundancia de sus enemigos naturales.

De esta forma, por poner un ejemplo, un ciclo de nutrientes ideal en un suelo biodiversificado se caracterizará por la presencia de nutrientes en forma disponible y sincronizada de acuerdo con las necesidades del cultivo, por una baja cantidad de nutrientes en forma fácilmente soluble durante épocas del año determinadas por el peligro de una alta lixiviación y por la provisión biológica de nutrientes mediante la acción de microorganismos específicos, como los fijadores de nitrógeno o las micorrizas.

2. Control de plagas y patógenos

El resultado de numerosas experiencias confirma que la biodiversidad puede ser utilizada como una herramienta de optimización del manejo de plagas en un agroecosistema, mediante el diseño y la construcción de «arquitecturas vegetales» específicas que mantengan poblaciones de enemigos naturales o que posean



efectos disuasivos sobre determinados insectos-plaga tales como la asociación de cultivos, los policultivos, el uso de sistemas agroforestales, implantación de setos vivos, etcétera.

Respecto al mantenimiento de las poblaciones de enemigos naturales es bien sabido que el proporcionar el tipo adecuado de diversidad de plantas durante todo el año puede hacer que estén continuamente disponibles múltiples hábitat y recursos alimenticios para sostener una gran diversidad de organismos beneficiosos y por consiguiente mejorar el control biológico de plagas. La diversificación de los cultivos y la vegetación circundante no solamente regula las poblaciones con carácter de plaga, sino que ayuda a diversificar las fuentes de ingresos, minimizar los riesgos, mejorar la fertilidad del suelo, aumentar la capacidad de uso múltiple del hábitat, etcétera.

En el caso de algunas enfermedades ligadas al medio edáfico, un buen manejo de la materia orgánica condiciona una diversidad de organismos beneficiosos que limitan las poblaciones de determinadas bacterias, hongos y nematodos.

Evidentemente, optimizar el control de patógenos en agroecosistemas sustentables, estaría en relación directa con la restauración de la diversidad genética dentro del agroecosistema, principalmente mediante el manejo de la vegetación —natural y cultivada— y de las técnicas agronómicas.

3. Control de adventicias

La simplificación ambiental y la pérdida de biodiversidad vegetal de los sistemas agrícolas modernos ha acelerado los patrones de sucesión de plantas en agricultura, creando hábitat especializados que favorecen la selección de adventicias competitivas.

Ahora bien, aunque las adventicias, también llamadas «malas hierbas», tienen una influencia significativa sobre la producción agrícola, también es verdad que estas plantas, la mayoría de las veces, interactúan ecológicamente con los distintos componentes del agroecosistema, ejerciendo acciones positivas sobre muchos de ellos: son hospedadoras de insectos beneficiosos, banco genético, control de la erosión de determinadas zonas, etcétera.

En los últimos veinte años las investigaciones han demostrado que es muy posible que se produzcan muchos más problemas con ciertas plagas en cultivos «limpios» de adventicias que en aquellos que mantengan cierta diversidad de las mismas (Altieri et al., 1977). Los escarabajos Carabidae, los Syrphidae y los Coccinellidae, todos relacionados con los sistemas de «lucha biológica» son especialmente abundantes en sistemas diversificados con «malas hierbas».

La solución para lograr el equilibrio entre eliminación de adventicias o control de las mismas estaría en definir umbrales económicos de competencia de modo que los rendimientos de los cultivos no se redujeran económicamente y utilizar técnicas de manejo en consonancia con los problemas específicos y las condiciones locales. Algunas de ellas estarían en relación con la alteración de los niveles de determinados nutrientes en el suelo, la falsa siembra y el laboreo con determinados aperos, rotaciones de cultivo específicas, uso de abonos verdes desherbantes y uso de policultivos, «mulching», métodos térmicos y procesos alelopáticos.



Fig. 11.—Muchas de las denominadas «malas hierbas» interactúan ecológicamente con numerosos componentes del agroecosistema.



La importancia agronómica del mantenimiento de la biodiversidad en los agroecosistemas nos demuestra que es necesario avanzar en el perfeccionamiento de los instrumentos teóricos necesarios para la gestión de la misma en su conjunto. Su mantenimiento en agroecosistemas diversificados o su desarrollo en sistemas agrícolas altamente simplificados constituye la clave para el diseño y el manejo sustentable de los sistemas agrícolas.

BASES AGROECOLOGICAS PARA EL DISEÑO Y MANEJO DE SISTEMAS AGRICOLAS SUSTENTABLES

Todos los agroecosistemas son dinámicos, están diferenciados localmente a nivel de factores agroambientales y están sometidos a diferentes niveles de intervención; por ello es muy difícil dar unas reglas fijas sobre el manejo de los mismos; sin embargo, sí se pueden escoger una serie de actuaciones generales para diseñar agroecosistemas viables, diversificados y bien estructurados, capaces de mantener un rendimiento productivo en el



Fig. 12.—Es indispensable el conocimiento de las prácticas agrícolas tradicionales a la hora de diseñar agroecosistemas sustentables.

tiempo, sin hipotecar los recursos —naturales y culturales— de los que depende dicho rendimiento.

Aunque son muchos los factores que intervienen en este proceso, la tecnología agroecológica de manejo para la transformación y uso de sistemas agrícolas sustentables debe tener en cuenta algunos puntos importantes, como son:

1. La «capacidad de carga» del hábitat, es decir, la potencialidad productiva de ese agroecosistema teniendo presente los límites fisiológicos de los cultivos y la capacidad de uso de la tierra.
2. La adaptación del agroecosistema, con sus nuevas transformaciones a las características ambientales de los ecosistemas «naturales» circundantes. Evidentemente esto tendrá un carácter local y precisará de una metodología determinada, para describir las disposiciones espaciales y temporales de la vegetación natural de cada área, la producción de biomasa, la adaptación de los cultivos elegidos a las condiciones de suelo y clima imperantes, etcétera.
3. Las características de las prácticas agrícolas locales. Hay que tener presente que los sistemas agrícolas tradicionales son el resultado de siglos de evolución biológica y cultural y representan experiencias acumuladas insustituibles a nivel de manejo, diversificación, habilidad para minimizar los riesgos, reciclaje de nutrientes, etcétera.
4. La conservación de los recursos renovables, es decir, la conservación de los componentes que forman parte del agroecosistema y que son usados para su funcionamiento y de los que comparten la evolución natural con el mismo.
5. El mantenimiento de niveles de producción altos y diversificados, sin por ello maximizar la producción de componentes particulares del sistema agrícola, con el objetivo de optimizar la eficiencia del agroecosistema globalmente y asegurar con ello una rentabilidad económica aceptable para el agricultor y una disminución de costes económicos y ambientales.



El análisis completo y detallado del sistema agrícola, con sus componentes vivos e inanimados, según lo expuesto anteriormente, y la posterior adecuación del mismo a las necesidades, condiciones y recursos disponibles en el área nos determinarán el «equilibrio de manejo» del agroecosistema (Lewis, 1959), es decir, el estado en el cual se considera que se está en «equilibrio dinámico» con los factores ambientales y de manejo, manteniendo un sistema autoorganizado de intervención mínima y con un rendimiento productivo estable. Siguiendo las consideraciones anteriores, las actuaciones agronómicas básicas a realizar en el agroecosistema, desde el punto de vista del manejo y con vistas a su «sustentabilidad» incluyen, entre otros muchos y como más importantes:

- a) Manejo de la cubierta vegetativa.
- b) Manejo de la fertilidad del suelo.
- c) Manejo de los mecanismos de reciclado de nutrientes.
- d) Manejo de las poblaciones de plagas.

a) Manejo de la cubierta vegetativa

La elección de un sistema de cultivo determinado influye decisivamente en el sistema de producción, tanto o más que la tecnología utilizada en la propia producción.

Al hablar de manejo de la cubierta vegetativa no sólo nos estamos refiriendo a las técnicas relacionadas con la agronomía de los cultivos que intervienen en el sistema agrícola, sino que también estamos haciendo mención al manejo de la vegetación que se utiliza con fines protectores —cultivos de cobertura e infraestructura vegetal natural— y a las técnicas asociadas al uso de policultivos y de rotaciones.

Por tanto, estamos hablando del manejo de la vegetación en el tiempo y en el espacio, teniendo en cuenta los condicionantes agroambientales y socioeconómicos locales y con el múltiple objetivo de optimizar las medidas de conservación de otros componentes del agroecosistema —suelo, agua, energía, etc.— y la producción sustentable de alimentos y biomasa.



Fig. 13.—Al elegir un sistema de cultivo tendremos en cuenta los condicionantes agroambientales y socioeconómicos locales y la conservación de determinados componentes del sistema —el suelo, el agua, la biodiversidad—. Autor: J. Antonio Labrador.



Fig. 14.—El manejo de la cubierta vegetativa deberá igualmente estar enfocada a una mejor utilización del suelo por los distintos sistemas radiculares. Autor: Luis López.



Varias consideraciones agronómicas importantes están involucradas en el desarrollo o en la elección de un sistema de cultivo adecuado a las condiciones que anteriormente nos hemos marcado (Thorne y Thorne, 1979):

- Los sistemas de cultivo debieran diseñarse para proporcionar a las plantas en crecimiento las máximas capacidades fotosintéticas durante la mayor parte del año. Los períodos de crecimiento específicos de cada planta, el fotoperíodo que nos marcará la particular fisiología de vegetal, los hábitos de crecimiento, etc., son datos fundamentales a tener en cuenta para diseñar un sistema de cultivo y su manejo.
- Deberían tener como un objetivo prioritario el de maximizar la producción de la cosecha anual y las ganancias económicas netas por unidad de tierra. Esta supuesta «intensificación» de la producción no irá unida al monocultivo, sino que integrará la mayor diversificación del sistema de cultivo: cultivos mixtos, policultivos, asociaciones específicas, rotaciones con leguminosas, etc., basados en evidencias experimentales de carácter local.
- Estarán encaminados a promover rendimientos altos, pero estables en el tiempo, por lo que los sistemas de cultivo deberían diseñarse para conservar o aumentar la materia orgánica, estimular la vida microbiana, reducir la incidencia de hierbas adventicias, plagas y enfermedades, mantener un equilibrio de nutrientes en el suelo, conservar el agua y minimizar la erosión.
- Deberían mejorar la utilización de la profundidad del suelo por los distintos sistemas radiculares, lo que llevaría implícito una mayor eficiencia en el uso del agua y nutrientes, además de una mejora en las propiedades físicas, físico-químicas y biológicas del suelo.

Es evidente, que el diseño de sistemas de cultivo y su manejo siguiendo condicionantes agroecológicos reportan al sistema agrícola viabilidad económica, elasticidad biológica y una productividad estable.

b) Manejo de la fertilidad del suelo

Las interrelaciones del componente edáfico con el agroecosistema son enormemente complejas, lo que implica que las perturbaciones a las que esté sometido el sistema suelo incidan de manera directa sobre el funcionamiento global del agroecosistema, y esto, por una parte, es aplicable a su manejo, y por otra nos obliga a que cuando hablamos de manejo de su fertilidad nos estemos refiriendo a la globalidad del término, considerando el suelo como un componente más del agroecosistema y como un medio vivo y complejo que evoluciona bajo la acción de numerosos factores externos e internos.

La complejidad de su dinámica es el resultado de las relaciones que se establecen entre el medio vivo que mantiene —animales, vegetales y microorganismos— y el soporte físico y químico en que se desenvuelven, y todo ello es la consecuencia de su funcionalidad.



Fig. 15.—Ejemplo esquemático de un agroecosistema cuya diversificación está enfocada a la protección del suelo.



Fig. 16.—El control de la erosión por diferentes vías está en relación directa con el mantenimiento a lo largo del tiempo de la fertilidad global del suelo agrícola.

Partiendo de lo anterior, es más fácil comprender que sólo desde la perspectiva de las interrelaciones entre los componentes del agroecosistema y desde la equiparación del suelo a una «unidad funcional» podremos considerar las actuaciones agronómicas para el manejo de la fertilidad del mismo. Llegados a este punto, debemos ampliar nuestro concepto de fertilidad para no reconocerla exclusivamente como la capacidad de aportar nutrientes a las plantas, sino que será además la capacidad del suelo agrícola para mantener un nivel de producción alto pero a lo largo del tiempo, sin perder con esto su diversidad biótica ni su complejidad estructural.

Por tanto, si la producción no tiene por qué hipotecar el recurso suelo, los condicionantes que van a determinar el mantenimiento de la fertilidad global del medio suelo serán también los que nos determinen la viabilidad presente y futura del manejo dado al mismo. En términos generales debemos considerar:

- La prioridad de la necesidad de adecuar el sistema de cultivo elegido de acuerdo a la capacidad agrológica de producción del suelo «vocación del suelo».



Fig. 17.—La eliminación de adventicias en su momento idóneo, mediante aperos adecuados, evita el uso sistemático de herbicidas. Autor: Luis López.

- El aumento de la incorporación de aportes orgánicos —estiércol, mantillo, restos de cosecha, abonos verdes, etc.— junto con la disminución —o eliminación— de las cantidades de abonos minerales aportados, adecuando estos últimos a los desequilibrios que pueda presentar el abonado orgánico y a períodos críticos de deficiencias nutritivas o mayores necesidades en la fisiología del vegetal.
- La disminución o eliminación, según el caso, del número y la cantidad de biocidas empleados en agricultura por las graves consecuencias que tiene su uso indiscriminado sobre la biodiversidad edáfica —macro y microorganismos—, encargados entre otras funciones de la dinámica de los ciclos de los elementos minerales y del ciclo orgánico en el suelo.
- La recuperación y restauración del paisaje agrícola, lo cual respecto al medio edáfico favorece la disminución de la erosión, aumenta la diversificación de los microclimas locales, la conservación del agua, etcétera.



- La minimización de pérdidas por erosión, considerando la necesidad de mantener la mayor parte del año el suelo protegido por una cubierta vegetal, fundamentalmente en estaciones de máximo riesgo en que la pluviometría puede ser la causa de lixiviaciones de determinados nutrientes y de graves procesos erosivos.
- La adecuación de los distintos sistemas de laboreo —y no laboreo— a los condicionantes locales, teniendo en cuenta los numerosos factores —biofísicos, económicos, culturales— que pueden condicionar la respuesta final del suelo, en cuanto a producción y conservación.
- La adopción de medidas puntuales específicas para la conservación del suelo y el agua que además de las anteriores actúen dirigidas preferentemente a solucionar problemas relacionados con una determinada situación: el laboreo siguiendo las curvas de nivel, la realización de terrazas de absorción y zanjas de infiltración, el control de las cárcavas, la disposición de setos vivos e implantación de sistemas agroforestales, etcétera.

La elección de determinadas actuaciones agronómicas encaminadas a optimizar los índices de sustentabilidad del suelo agrícola en cuanto a su fertilidad global, se traduce según Lal (1991) en la optimización del rendimiento agronómico a escala de cultivo, en el aumento de la productividad a escala de sistema de cultivo y en el mejor aprovechamiento de recursos y el incremento de la estabilidad y sustentividad ecológica a escala del agroecosistema.

c) Manejo de los mecanismos de reciclado de nutrientes

El agroecosistema, como cualquier ecosistema «natural», basa su funcionamiento en un flujo continuo de materia y energía que le posibilita el mantenimiento de su estructura y su funcionalidad.

Ahora bien, si el ciclo de la energía es abierto, el de la materia es cerrado y la propia dinámica natural de la vida hace que todo elemento químico tenga un trayecto en el interior de los organis-

mos —parte viva del ecosistema— y otro trayecto en el medio inanimado.

Si consideramos el suelo como un particular ecosistema, lo anterior es extrapolable a su funcionamiento; así, pues, y en este sentido, el medio suelo se nos presenta como un conjunto de compartimientos interconectados en los que se produce igualmente un flujo de energía y materiales entre la fase viva —macro y microorganismos— y la fase inanimada. La importancia de esta dinámica es tal, que si no se realizase no se producirían la totalidad de los ciclos biogeoquímicos de los elementos.

Sin embargo, la mayor parte de la investigación sobre reciclado de nutrientes en agroecosistemas se ha centrado en la problemática de la nutrición de las plantas en relación con su rendimiento, pero casi exclusivamente desde el punto de vista químico, manifestando con esto un enorme desconocimiento de la biología del suelo y de la complejidad de las interrelaciones entre ambas fases, que como vemos es un punto de máxima importancia respecto a la «sustentabilidad» del agroecosistema.

Por lo tanto, podemos deducir que el manejo del mantenimiento de los ciclos de nutrientes dentro de los sistemas agrícolas puede tener dos vías que son complementarias: la encaminada a potenciar el medio vivo encargado, entre otras funciones, de la dinámica de los ciclos biogeoquímicos de los elementos —ciclo del carbono, del nitrógeno, del calcio, etc.— y la encaminada a potenciar el incremento de la disponibilidad de los elementos que van a participar en estos ciclos. Y es importante hablar de «disponibilidad» de nutrientes, ya que este término engloba al más común de «cantidad», término estático que no expresa convenientemente las posibilidades del medio suelo respecto a la nutrición de las plantas.

Las dos vías anteriores basan sus objetivos en la realización de una serie de técnicas agronómicas básicas encaminadas al manejo autosostenido de los ciclos de nutrientes en el suelo agrícola y que afectarán a las vías vistas anteriormente. Algunas de estas actuaciones serían:



Fig. 18.—El aporte orgánico actuará sobre la dinámica del medio vivo del suelo y, en consecuencia, sobre todos los procesos ligados a la misma.



Fig. 19.—la implantación de sistemas mixtos agroforestales es una estrategia muy interesante respecto al ciclaje de nutrientes en agroecosistemas.

-
- Los aportes de materia orgánica en forma de estiércol, compost, restos de cosecha, etc., tienen una función insustituible sobre todos los aspectos ligados a la vida microbiana. La provisión de nutrientes —en cantidad y calidad— y de energía y la mejora de las características físicas del medio afectan directamente al aumento de la biodiversidad edáfica —actividad y cantidad—. Respecto al medio vegetal, un aporte orgánico adecuado le provee de nutrientes en forma equilibrada, estimula su fisiología, aumenta el crecimiento de las raíces, lo que va asociado a una mejora en la absorción de elementos, controla la eliminación de determinados fitopatógenos, etcétera.
 - La utilización de abonos verdes, que reporta beneficios inmediatos sobre la actividad metabólica microbiana —por el aporte de materiales ricos en azúcares y en nitrógeno— y actúa sobre la movilización biológica de determinados elementos, ya que la incorporación al suelo de esta masa vegetal implica el retorno a la superficie del mismo de una gran parte de los elementos que en profundidad han sido tomados por las raíces. Este ciclo de retorno se completa con los procesos mecánicos de transporte ascendente realizados por macroorganismos del suelo —ejem. lombrices—.
 - El uso de cultivos asociados, de policultivos y rotaciones aumenta el reciclado de nutrientes en el suelo, al conseguir con sus distintos sistemas radiculares explorar distintas profundidades en el perfil.
 - La implantación de sistemas mixtos —agroforestales, agroganaderos, etc.—, combinando cultivos, árboles y animales, son una de las más importantes estrategias en el reciclado de nutrientes en el agroecosistema. El uso de estos sistemas mixtos conlleva importantes beneficios, al cerrar ciclos nutrientes, al optimizar los efectos beneficiosos de la interacción de distintas especies, al explorar los árboles con sus raíces reservas minerales más profundas y depositar gran cantidad de estos nutrientes de nuevo en la superficie con la caída de las hojas y los pluvio lavados, al



umentar la biodiversidad edáfica con un numeroso grupo de macro y microorganismos asociados a numerosas especies arbóreas como las micorrizas —que aumentan la disponibilidad del fósforo— y los fijadores de nitrógeno, et- cetera.

La importancia del mantenimiento equilibrado del contenido de nutrientes en el suelo agrícola revela la necesidad de adecuar parte de las técnicas de producción a esta finalidad.

d) Manejo de plagas

La actividad agraria industrial ha conducido la mayoría de las veces a la pérdida del equilibrio entre los componentes del agro-ecosistema, eliminando la capacidad de autorregulación y haciéndolo, por tanto, más susceptible al ataque de plagas y enfermedades.



Fig. 20.—Estados de la dinámica poblacional de las plagas que pueden ser afectados por mezclas de cultivos. (Según Altieri, 1992.)

Si dentro del agroecosistema todos sus componentes están interrelacionados y cualquier actuación sobre alguno de ellos incide favorable o desfavorablemente sobre los demás, los criterios que deberían regir el manejo de poblaciones-plaga en los sistemas de cultivo deberán tener un componente ecológico importante, basando la mayoría de sus actuaciones en la aproximación a la dinámica de este tipo de interacciones en los sistemas naturales y consecuentemente, en métodos de control natural integrados, con la finalidad de reducir la población patógena a niveles no competitivos. Algunas prácticas culturales empleadas para tal fin serían:

- Las rotaciones de cultivos, cuyo objetivo fundamental es romper la curva de desarrollo de la población patógena, bien introduciendo cultivos que son inhibidores del patógeno —sistemas de rotación «activa»— o bien cultivos que son hospedadores de otras poblaciones antagónicas, o también que no son buenos hospedadores de ese patógeno —sistemas de rotación «pasiva».
- El aporte de materia orgánica tiene importantes implicaciones sobre determinados fitopatógenos, actuando su efecto dentro de la lucha biológica por la estimulación de la población microbiana del suelo —fenómenos de antagonismo microbiano—. Un equilibrio de nutrientes en el suelo y en el vegetal es fundamental a la hora de prevenir el ataque de diversos patógenos asociados a déficit o exceso de determinados elementos minerales.
- Diversas asociaciones de plantas tienen efectos inhibidores o biocidas conocidos sobre determinadas poblaciones de patógenos. Hay algunas especies que son utilizadas con éxito como planta «trampa».
- Los calendarios de plantación afectan también al desarrollo de determinadas plagas, siempre que se mantengan adecuadas las plantas a sus condiciones idóneas. Igualmente influye si la plantación se realiza directamente o por trasplante; la calidad de las semillas y el material vegetal, etcétera.



Fig. 21.—Los agricultores tradicionales utilizan un buen número de asociaciones de plantas con efectos biocidas o inhibidores para determinadas poblaciones de patógenos.

- El uso correcto del riego previene el crecimiento de hongos patógenos. De igual forma las labores realizadas pueden influir sobre determinados patógenos, que o bien viven en el suelo o utilizan el mismo para parte de su ciclo vital.
- El mantenimiento de un grado importante de biodiversidad en los agroecosistemas, tanto a nivel de cultivos como con la presencia de vegetación «natural» en o alrededor de los campos cultivados, aumenta las posibilidades ambientales de los enemigos naturales.

Resulta evidente el hecho de que el mantenimiento de sistemas de cultivo diversificados, altamente organizados y adaptados a las condiciones ambientales a semejanza de los ecosistemas «naturales» circundantes, sea una referencia importante para el logro de la sustentabilidad en agroecosistemas.

Sin embargo, y aun después de la importancia del uso de técnicas basadas en fundamentos agroecológicos, es inviable pro-

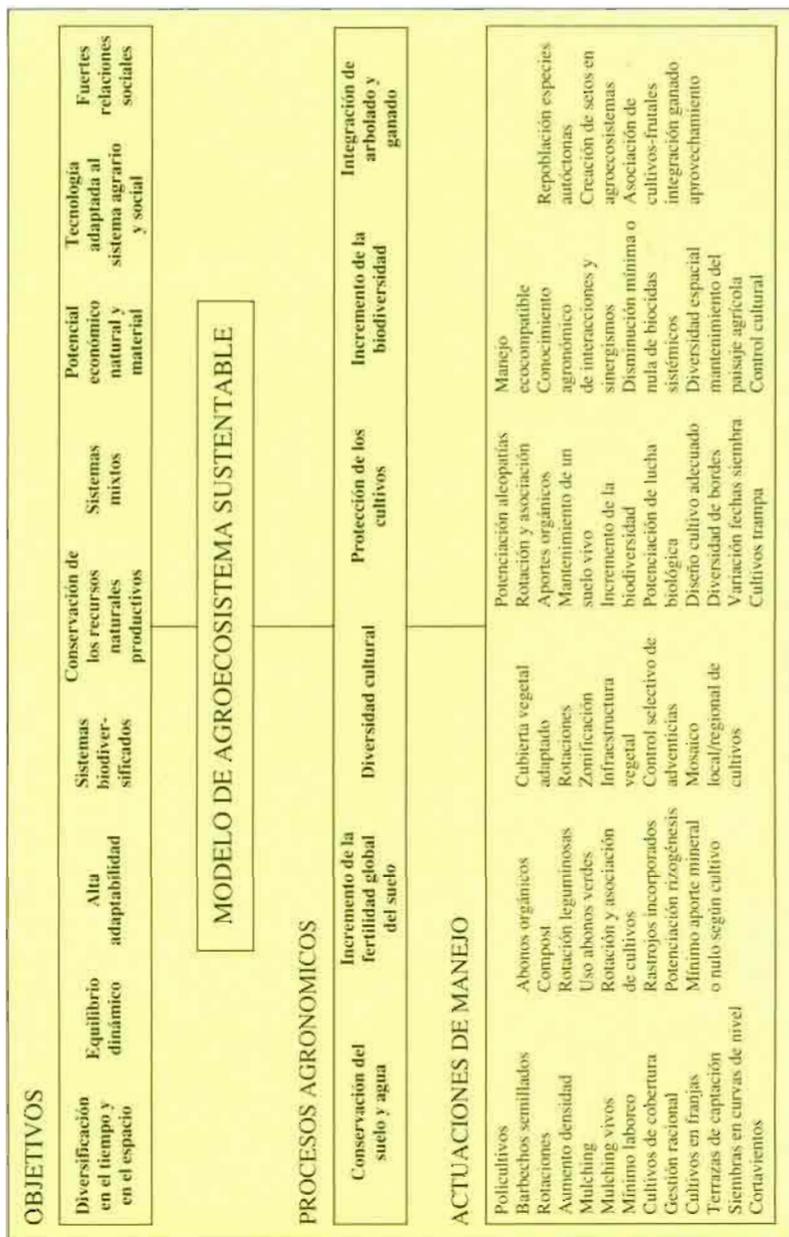


Fig. 22.—Ejemplo de un modelo de sistema agrario sustentable.



mover cambios exclusivamente tecnológicos encaminados a lograr la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, sin propugnar cambios semejantes en otros contextos que forman parte del devenir de la sociedad mundial.

OTROS CONDICIONANTES DE LA SUSTENTABILIDAD AGRICOLA

En la medida en que se reconozca que la consecución de la sustentabilidad lleva implícito, además de cambios tecnológicos, cambios políticos, socioeconómicos y culturales, más cerca estaremos de sentar las bases de lo que entendemos globalmente por Desarrollo de Sistemas Agrícolas Sustentables a niveles locales y mundiales. Porque, igual que en los agroecosistemas, su funcionalidad como tal depende de las interrelaciones entre sus componentes, una visión meramente tecnológica de la agricultura es una visión sesgada que nos lleva a concebirla como una «empresa» productivista, cuantitativa y simplificadora, que basa sus actuaciones en objetivos a corto plazo e incapaz de superar el reto de producir conservando.

Así, pues, ya que la sustentabilidad es un concepto relativo y dinámico, los condicionantes que la delimitan también deben basarse en esta idiosincrasia y presentar unas características amoldables a las distintas limitaciones que la conforman. Encontramos pues, la necesidad de dar unas breves consideraciones sobre otros condicionantes que complementan la consecución de la misma.

a. Condicionantes políticos

Fundamentar la intervención de los distintos estados en la problemática de la sustentabilidad es imprescindible para fomentar políticas enfocadas hacia un desarrollo agrario viable adaptado a las distintas situaciones agroambientales y socioeconómicas.

Hasta el momento, y aunque parecen vislumbrarse algunos cambios, la tónica general tanto de la política agraria de la UE

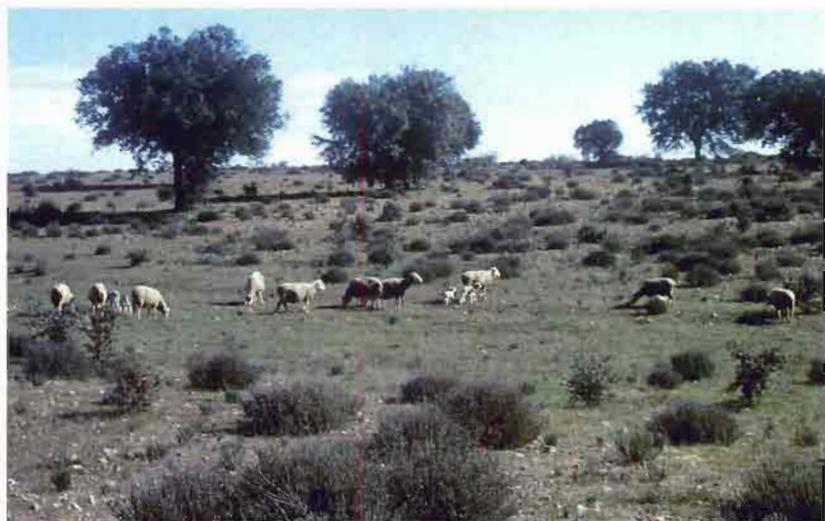


Fig. 23.—Tanto la agricultura como la ganadería son actividades resultado de interacciones sociales y ambientales: una visión meramente tecnológica de las mismas es peligrosamente simplista.

como de la de EE. UU. ha sido incentivar en exceso la producción a través de medios fuertemente proteccionistas y elevados subsidios, que se traducían en un aumento de los aportes de agroquímicos ligados a la «productividad», en el abandono indiscriminado de tierras y de determinados cultivos y en la insolidaria situación excedentaria en perjuicio de otros países.

A esta forma de actuar se contraponen, pero en la misma línea, la política de los países en desarrollo que, obligados por un endeudamiento sistemático, hipotecan sus recursos naturales y adoptan tecnologías de producción no adecuadas —importadas de la revolución verde— que conllevan un alto coste agroambiental y cultural y que no pueden darse el lujo de reducir sus producciones debido al riesgo de sucumbir, ya que su lucha es por la supervivencia física más que cualquier otra consideración.

Por ahora, y aunque el tema de la sustentabilidad agrícola está tomando un gran impulso en los últimos años, sólo existen medidas políticas de carácter parcial y hasta puntual —basadas en equilibrios muy precarios—, pero no existe una política inte-



gral en la materia que oriente y adecue las distintas intervenciones de las políticas agrarias en unas propuestas coherentes y equitativas —respecto a renta agraria, fluctuaciones de mercado, incentivos, accesos a la tierra, marco legal adecuado, etc.— y con perspectivas a largo plazo.

Es evidente que corresponde al Estado, como representante de la sociedad, crear las condiciones dentro del marco de la política agraria que incentiven al productor a adoptar prácticas agrarias y sistemas de producción sustentables, actuando así en concordancia con los intereses sociales —y naturales.

En el mismo sentido, la administración pública debe potenciar la iniciativa empresarial local para el fomento de un crecimiento económico basado en recursos locales infrautilizados o infravalorados, facilitando los servicios de formación y de gestión y suministrando una infraestructura adecuada para lo que la OCDE ha resuelto en llamar «Desarrollo Empresarial Endógeno».

b. Condicionantes económicos

La extensión de las consecuencias de la degradación ambiental, el agotamiento de los recursos y la amplitud de la situación de pobreza rural tienen, como ya sabemos, un carácter planetario. Teniendo en cuenta que el deterioro ecológico y económico se alimentan mutuamente, es necesaria una revisión y un replanteamiento inmediato de los principios económicos vigentes. Este debe estar basado en un conocimiento mucho más profundo de la economía de los fenómenos naturales y de su gestión e incluir dentro de los procedimientos de valoración, y en su justa medida, a los elementos que componen el entorno físico, social y cultural.

Valorar los recursos naturales en términos de conservación, reciclaje, uso de energías, alternativas, etc., y no sólo cuantificarlo como costes de extracción, sería un paso determinante para reconocer la importancia en la economía de todos los componentes del sistema agrícola, desde la consideración de recursos naturales, limitados y no reproducibles, y en una escala temporal a más largo plazo.

	OTROS CONDICIONANTES DE LA SUSTENTABILIDAD AGRICOLA
POLITICOS	<p>Fomento y promoción de las producciones de calidad. Adecuación de las leyes a las particularidades tradicionales productivas y las distintas estructuras agrarias. Potenciación de industrias transformadoras locales. Ordenación del mercado, de su equidad y su transparencia. Fomento de vías alternativas de comercialización. Valoración de los productos protegidos por Denominación de Origen. Reconocimiento del carácter específico de los productos tradicionales y de los procedentes de la A. Ecológica. Freno al éxodo rural y promoción del Desarrollo Rural Integrado. Políticas agrarias compatibles con mercados, precios e incentivos justos. Fomento de las Organizaciones Agrarias Interprofesionales. Fomento de la Política Forestal.</p>
ECONOMICOS	<p>Mejora de la gestión agraria y mayor nivel de profesionalidad y competitividad. Cambios importantes en los modelos de desarrollo económico occidental. Adecuación de modelos económicos a la diversidad agraria local y regional. Conocimiento y valoración de la economía de los recursos naturales. Fomento del uso de energías alternativas. Incentivos económicos que primen la calidad y las técnicas de producción sostenibles. Impuestos «verdes» y modelos basados en Economía Ecológica. Incorporación al precio de los productos del «coste ambiental». Fomento de la pequeña empresa agraria.</p>
TECNOLOGICOS	<p>Promoción de Programas I+D agroambientales. Mejora cualitativa de los procesos productivos. Aumento de la Investigación en energías alternativas y reciclado. Evitar la «tecnocracia» como solución simplista a los problemas técnicos. Adopción de tecnologías adaptadas a las particularidades agrarias locales. Valoración y reconocimiento de la tecnología de producción tradicional. Fomento del Desarrollo Tecnológico en todas sus vías. Revalorización de la Extensión Agraria. Uso e incentivación a las tecnologías de producción ecocompatibles. Desarrollo de Programas de I+D encaminados a la preservación y al incremento de la Biodiversidad en los agroecosistemas. Cambios en los planteamientos docentes dirigidos hacia una formación holística en agronomía. Mayor capacitación del agricultor. Formación de expertos en Agroecología. Mantenimiento de la diversidad del paisaje rural. Desarrollo local de sistemas Agrosilvopastorales.</p>
SOCIALES	<p>Equilibrio justo entre «derechos» y «obligaciones». Reconsideración del concepto de «ciudadano» y no de «consumidor». Valoración de lo «rural» y de su identidad. Cambios cualitativos y cuantitativos en el consumismo occidental. Disminución del uso de materias primas para embalajes sólo con fines estéticos. Campañas de concienciación sobre la salud y la calidad de los alimentos. Revalorización de los productos tradicionales de cada región. Creación de una cultura social preservadora, equitativa y solidaria. Valoración de la importancia del conocimiento del agricultor tradicional.</p>



Fig. 24.—El arranque de determinados cultivos puede perjudicar a la agricultura española.
Autor: J. Antonio Labrador.



Fig. 25.—Es necesaria igualmente la valoración de los recursos naturales —independientemente de su dedicación— desde el modelo de una economía ecológica.

La cuantificación de los recursos naturales desde modelos de una economía ecológica, una política de incentivos económicos que induzcan a los productores a adoptar tecnologías de producción sustentables, la implantación de impuestos ecológicos —impuestos verdes— que incorporen al precio de los productos los costes ambientales del uso de prácticas contaminantes, la adecuación de las medidas económicas a los condicionantes sociológicos y agroambientales locales, las limitaciones a algunas formas de crecimiento, etc., son actuaciones que deben apuntarse para el desarrollo de sistemas agrícolas sustentables.

La contabilidad de los recursos naturales se perfila como una metodología útil de la economía ecológica para contabilizar los costes ambientales de la producción agrícola en el cálculo global de los ingresos económicos. Sin embargo, el intento de medir los costes y los beneficios sociales en términos exclusivamente de valores mercantiles está encaminado al fracaso.

Es evidente que en las medidas anteriores debemos incluir aquellas que puedan impedir que el crecimiento de los países desarrollados se asiente sobre la explotación económica y ecológica de un «tercer mundo» política e ideológicamente tributario. En estos países, además de la presión de los países industriales y de sus propios sistemas políticos, el reto al que se enfrenta la sostenibilidad de su agricultura tradicional incluye dos dimensiones: la mejora de la gestión ecológica de los recursos agrícolas campesinos y la conversión de las comunidades campesinas en agentes de su propio desarrollo.

Es evidente que a pesar del enorme esfuerzo realizado, hoy por hoy, el principal problema —tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo— está en que la economía no aporta todavía en su totalidad ni el aparato contable necesario para cuantificar en su justa medida los recursos naturales disponibles ni las bases teóricas para incluir su conservación y reutilización entre los objetivos económicos vigentes. Suplir estas carencias sería el primer paso para hacer que el término sustentable trascienda del mero campo de la retórica para conectar con la complejidad de una economía ecológica en curso.



c. Condicionantes sociales

La prudencia económica y ecológica más elemental nos lleva a desear como objetivo prioritario que las sociedades humanas se asienten sobre bases más «sustentables».

Y hablamos de la sociedad en su conjunto, ya que no es equitativo propugnar, como ya se está haciendo, el que sea el agricultor el responsable único del peso de las decisiones de los cambios que lleva implícito la creación de sistemas agrícolas sustentables. Lo verdaderamente deseable y funcional es que la conservación de los recursos naturales «productivos» sea un objetivo irrenunciable de todos, y que sea la sociedad globalmente la que deba estar dispuesta a aceptar cambios importantes —cuantitativos y cualitativos— en numerosos aspectos de nuestra existencia cotidiana. De manera que no es posible ni viable crear «islas» sustentables en un «océano» de una sociedad industrial no sustentable.



Fig. 26.—Es absurdo intentar cambios encaminados a la viabilidad presente y futura de los agroecosistemas sin modificaciones importantes en el sistema político, económico y social.

Estos cambios respecto a la sustentabilidad de los sistemas de producción están en relación con factores tan diversos como: la adopción de modificaciones importantes en los esquemas agrícolas, el uso de energías alternativas, la disminución de las dependencias de sistemas de transporte de alimentos a largas distancias, la disminución del uso de materias primas para embalajes, la educación del consumidor sobre la calidad de los alimentos y la salud, la adecuación de los precios de los alimentos al coste ecológico de su producción, la revalorización de los productos propios de cada región, etcétera.

La mayoría de estas actuaciones van encaminadas a frenar el consumismo ascendente que caracteriza a nuestra sociedad —es curioso que esto queda reflejado incluso en las estadísticas nacionales en que se hace referencia a los ciudadanos como «consumidores»—. Sin embargo, la mayoría de los datos psicológicos al efecto coinciden en que los principales determinantes de la felicidad en la vida no tienen ninguna relación con el consumo (Brown, 1991).

Por tanto, el desafío de la sociedad actual será crear una cultura preservadora y más solidaria, basada en que cada generación pueda satisfacer sus necesidades sin poner en peligro los recursos naturales y culturales que necesitan las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades, y apoyada igualmente en el respeto de la diversidad cultural —de hecho, en el «tercer mundo» la preservación de la diversidad cultural es esencial para la consecución de modelos agrícolas sustentables, basados en la recuperación de sistemas agrícolas tradicionales que han sido viables durante milenios.

d. Condicionantes tecnológicos

Pretender combatir los inconvenientes de la técnica con más técnica —actitud propia de los tecnócratas— es bastante menos rentable que la de hacer un alto y reflexionar sobre las propiedades y capacidades de los agroecosistemas y los sistemas naturales. Sin embargo, y aunque la tecnología aislada de los demás



conceptos no funciona por muy saludable que ésta sea, al sector tecnológico le corresponde una participación muy activa, como ya hemos visto, en la consecución de sistemas agrícolas sostenibles.

Anteriormente hemos hechos algunas anotaciones sobre determinadas actuaciones agroecológicas relacionadas con el manejo sustentable de los agroecosistemas; sin embargo, debemos hacer nuevas consideraciones que amplíen este apartado.

Las tecnologías que deben aplicarse para lograr sistemas de producción sostenibles se enfrentan con el desafío de países en desarrollo-países desarrollados. En los primeros la adopción de tecnologías de producción estables y de alta adaptabilidad ambiental choca con los problemas ligados con la «precariedad», y en los segundos con aquellos problemas ligados a la «intensificación».

Fig. 27.—Es indispensable para el desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles poner freno al éxodo rural y a la pérdida del conocimiento agrícola tradicional que eso conlleva.





Fig. 28.—La esperada revalorización de la actividad agrícola, ganadera y forestal dentro de la PAC nos hace mantener las esperanzas de lograr el equilibrio equitativo entre desarrollo rural, producción y conservación —ambiental y cultural—. Autor: J. Antonio Labrador.

Esto conduce a que en los países en desarrollo la tecnología aplicada debería lograr un equilibrio entre la conservación de los recursos y la satisfacción de las necesidades inmediatas de la población —campesina y urbana en general—, y en los desarrollados el logro estaría en que sea la tecnología la que dicte actuaciones de producción que no sobrepasen la capacidad del medio productor.

Se adopten los modelos tecnológicos adecuados a los condicionantes locales que se adopten, no hay ninguna razón para que una agricultura encaminada a la sostenibilidad deba ser técnicamente primitiva. Hay, como sabemos, formas muy diversas de compatibilizar un manejo adecuado de la naturaleza agrícola y de salvaguardar la riqueza del conocimiento agrícola rural desde una estrategia tecnológica moderna, aplicada localmente, viable ecológicamente y equitativa.

Es importante considerar igualmente que la adecuación a la creciente complejidad de la actividad agraria y a la necesidad imperante de dotarla de una mayor «sustentabilidad» va a exigir



una mejor capacitación y una mayor participación del agricultor en las decisiones, y una demanda importante por parte de los mismos de información económica y técnica.

Esto último debería concretarse en la expresión de Desarrollo Tecnológico. Este término abarca todos los pasos que van desde la investigación científica, la investigación tecnológica, la experimentación adaptativa en el propio campo, la extensión o transferencia de tecnología, hasta llegar a su última etapa de su adopción por el productor.

Es evidente que los modelos de transferencia tecnológica no deben tener un carácter «vertical» ni universal; deben ser modelos participativos, multidisciplinares y adaptados a las distintas realidades locales, que enfatizan el método ancestral de la enseñanza oral transmitida de agricultor a agricultor.

Respecto a la capacitación del agricultor, ésta es sumamente importante y abarca todos los niveles de enseñanza. Sin embargo, para ser eficiente debe estar basada en la utilización de métodos pedagógicos de demostración sobre la base del principio del aprendizaje mediante la práctica, en la cual los agricultores se transformen en actores de su propio desarrollo.

En este apartado, señalar la importancia de la Extensión Agraria como una figura activa y vinculante del conocimiento y las innovaciones tecnológicas y del «saber» agroecológico de los agricultores tradicionales.

Igualmente es necesario reorientar los programas de enseñanza universitaria, con el fin de conseguir profesionales de amplia formación agroambiental y equipados con los elementos teórico-prácticos para analizar globalmente los diversos grados de complejidad de la actividad agraria, y capaces de diseñar y manejar agroecosistemas más estables.

Finalmente, y a modo de resumen, anotar que, como hemos podido apreciar a lo largo del texto, el término «sustentabilidad» aplicado a los agroecosistemas es un concepto relativo y dinámico que en la actualidad va a derivar del diseño de sistemas de producción mixtos, capaces de combinar intensificación y diversificación —natural y cultural—, manejados con tecnologías

adaptadas al medio local y de uso múltiple —agrícola, forestal y ganadero—, eficientes en el uso de la energía y los recursos, económicamente viables y ecológicamente compatibles y capaces de conservar a lo largo del tiempo el potencial productivo de los recursos naturales que maneja. Además deben ser socialmente equitativos, posibilitando la revalorización y conservación, a menudo irreversiblemente perdida, de la cultura y el conocimiento agrícola tradicional y encaminados a la consecución de un Desarrollo Rural Integrado, acorde con las necesidades y expectativas locales.

* * *

BIBLIOGRAFIA

ALTIERI, M. A.: **Agroecología y manejo de plagas**. División de Control Biológico. Universidad de California. Berkeley, 1992.

ALTIERI, M. A.: **El «estado del arte» de la Agroecología y su contribución al desarrollo rural en América latina**. CLADES. Universidad de California. Berkeley, 1993.

BROWN, L. R.: **La situación en el mundo**. Worldwatch Institute. Ed. Apóstrofe, S. L. Madrid, 1991.

D. O. de la CE, número 93/C138/01, sobre desarrollo sostenible. Documentos de la CEE. 1993.

LABRADOR MORENO, J., y GUIBERTEAU, A.: **La agricultura ecológica**. «Hoja divulgadora» 11/90. MAPA. Madrid, 1990. 32 pp.

MARTINEZ ALIER, J., y SCHLÜPMANN, K.: **La ecología y la economía**. Fondo de Cultura Económica. México, 1991.

NAREDO, J. M., y PARRA, F.: **Hacia una ciencia de los recursos naturales**. Ed. Siglo XXI de España Editores, S. A. Madrid, 1993.

Bussines and Jobs in the Rural World. OCDE. París, 1992.

RONALD CARROLL, C., et Col.: **Agroecology**. Biological Resource Management Series. McGraw-Hill Publishing Company, 1990.

SEVILLA GUZMAN, E., y GONZALEZ DE MOLINA, M.: **Ecología, campesinado e historia**. Ed. La Piqueta. Madrid, 1992.

WILSON, E. O.: **The diversity of life**. Harvard University Press, 1992.

Our Common Future. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, 1987.



GLOSARIO

Abono verde. Cultivos de vegetación rápida que se cortan y se entierran, antes o en floración, en el mismo lugar donde han sido sembrados y que están destinados preferentemente a mejorar las condiciones físicas del suelo, a enriquecerlo en humus joven de evolución rápida, así como a activar la vida microbiana del suelo.

Acollchado o mulching. Técnica que consiste en cubrir el suelo con un material generalmente orgánico, destinado a protegerlo y eventualmente a fertilizarlo.

Adventicias. También denominadas como «matas hierbas». Si nos referimos a su concepto agrícola, son plantas asociadas a determinados condicionantes edáficos y ambientales, que pueden competir con los cultivos principales en momentos críticos por el agua y los nutrientes. Son también importantes componentes del agroecosistema, capaces de albergar numerosas especies de enemigos naturales de las plagas agrícolas.

Agricultura alternativa. Término que surge por oposición a la agricultura convencional y que engloba los modelos agrícolas denominados como orgánico, ecológico, biodinámico, permacultura y agricultura natural. Todos ellos potencian la diversificación, la flexibilidad y la integración de los sistemas de producción —agrícola, forestal y ganadero— dentro de los condicionantes locales —ambientales y socioeconómicos—. Promueven la utilización de recursos locales, la eficiencia en el uso de la energía y las producciones de calidad.

Agricultura ecológica. Sistema de producción que evita o excluye de una manera amplia el uso de fertilizantes sintéticos y pesticidas, reguladores del crecimiento —animal y vegetal— y el uso de aditivos en los piensos. Basa sus actuaciones agrícolas en la rotación de cultivos, abonos verdes, fertilización orgánica a base de estiércoles y compost, enmiendas minerales, métodos de control biológico de plagas, laboreo racional y en un manejo eficiente del agroecosistema en su globalidad.

Agricultura sostenible. Sistema de producción agraria que persigue la conservación de los recursos, la mejora del medio y la viabilidad económica de las explotaciones, mediante un aporte de agroquímicos de forma racionalizada, lucha integrada para el control de plagas, laboreo de conservación y fomento de tecnologías de baja inversión.

Agricultura tradicional. Sistema de conocimiento de un grupo étnico rural, originado de forma natural y con carácter local, de numerosas dimensiones y derivado fundamentalmente de la relación íntima entre los seres humanos y el medio.

Agroecosistema. Ecosistema transformado por la acción humana, que presenta un equilibrio inestable —metastable—, una estructura simplificada y frágil, que especializa sus comunidades y regula de manera particular sus poblaciones, mantiene cielos abiertos de materiales y dirige su flujo energético hacia la producción de productos cotizados, necesitando además de una constante intervención humana para mantenerse como tal.

Alelopatía. Efecto dañino, directo o indirecto, de una planta sobre otra, mediante la producción de componentes liberados en el medio ambiente.

Ambiente. Es el entorno de un organismo o una especie. El ecosistema en el que vive que incluye también el ambiente físico con el que interactúa. También se denomina medio y entorno.

Asociación de cultivos. También llamado cultivo múltiple o policultivo. Hace referencia a sistemas en los cuales dos o más especies vegetales se plantan con suficiente proximidad espacial para dar como resultado una competencia interespecífica o una complementación.

Biodiversidad. Todas las especies de organismos —vegetales, animales y microorganismos— existentes que interactúan dentro de un ecosistema. Incluye también la variedad de ecosistemas.

Biomasa. Peso total —generalmente referido a su materia seca— de un determinado grupo de organismos en un área determinada.

Cadena trófica. Gama completa de conexiones alimentarias en un hábitat determinado representado esquemáticamente mediante la dirección en la que la energía y los nutrientes fluyen desde la especie consumida a la consumidora.

Ciclos biogeoquímicos. Dinámica interna de los elementos minerales en el suelo en la cual intervienen los microorganismos en alguna de sus fases.

Compost o mantillo. Producto resultante del compostaje.

Compostaje. Técnica basada en la fermentación aeróbica de una mezcla de materiales orgánicos colocados en montón, en condiciones específicas de aireación, temperatura, humedad y nutrientes y bajo la acción de numerosos macro y microorganismos.

Desarrollo empresarial endógeno. Fomento del crecimiento económico local basado en la utilización de la diversidad de recursos infrautilizados o infravalorados. Esto implica la inclusión de otras posibilidades de desarrollo, en consonancia con las condiciones y potencialidades locales, fomentando con ello la participación de la población rural en la elaboración de los proyectos y los programas para su propio desarrollo.

Desarrollo rural. Término que engloba los objetivos marcados por una política de adecuación de las estructuras agrarias que favorezca la diversificación productiva de las zonas rurales —usos no agrarios del territorio, potenciación de las producciones agrarias locales y del turismo rural, etc.—, que promueva y amplíe la economía rural con una orientación clara a la elaboración de programas de desarrollo endógeno en áreas rurales y que recupere el medio ambiente rural mejorando al mismo tiempo la calidad de vida de su población.

Desarrollo sostenible. Conjunto de actuaciones basados en el manejo y conservación de la base de recursos naturales, en la orientación del cambio tecnológico e institucional y en la adopción de políticas sociales y económicas más solidarias e integradoras, del tal manera que se asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.



Ecología. Ciencia dedicada al estudio científico de las interacciones de los organismos con su ambiente, incluido el ambiente físico y las distintas poblaciones que viven en él.

Ecosistema. Los organismos que viven en un determinado ambiente —como un lago, bosque, océano, o todo el planeta— y la parte física del ambiente que les afecta. Los organismos por sí solos se denominan comunidad.

Ecoturismo. Turismo centrado en características atractivas e interesantes del ambiente.

Energías alternativas. También denominadas como «renovables». Hace referencia al sistema energético no basado en el uso de combustibles fósiles —carbón, petróleo— ni energía nuclear. Propugnan para la obtención de energía el uso de tecnología eólica, fotovoltaica, térmica solar, geotérmica, hidráulica y biomasa.

Equilibrio metastable. Equilibrio susceptible de evolucionar en el tiempo como sucede con todo fenómeno vivo. Es una situación alternativa de la estabilidad que sustituye a procesos de reinversión naturales.

Erosión. Del término latino «Erode», que significa «roer». Hace referencia al desgaste y pérdida de la superficie terrestre bajo la acción de agentes erosivos, siendo los principales en nuestras latitudes el agua y el viento.

Estiércol. Mezcla de la cama de los animales y sus deyecciones —sólidas y líquidas— que ha sufrido fermentaciones más o menos avanzadas en el establo y después en el estercolero. Básicamente está formado por materiales hidrocarbonados, compuestos nitrogenados y una gran población microbiana.

Laboreo. Conjunto de operaciones agrícolas realizadas con equipos mecánicos o manuales encaminadas a conseguir mejores condiciones del suelo de cultivo para el desarrollo de los vegetales.

Lucha biológica. Métodos de lucha contra las plagas y enfermedades basados en la aplicación de enemigos naturales.

Metabolismo. Conjunto de transformaciones bioquímicas que se operan en un organismo vivo.

Micorriza. Asociación entre determinados hongos y raíces de plantas que supone un beneficio mutuo para ambos.

Monocultivo. Aprovechamiento intensivo del suelo con un solo cultivo, generalmente en grandes extensiones. Es la forma de producción más representativa del proceso de simplificación de la diversidad agrícola presentando una gran vulnerabilidad frente a factores ambientales adversos y variaciones de mercado.

Plaga. Hace referencia al estado en que el número de organismos de una determinada especie o especies se multiplican con gran rapidez presentando peligro para la supervivencia del cultivo —si nos referimos a agricultura—. Este aumento puede deberse a múltiples causas que responden de manera general a la ruptura del equilibrio ecológico plaga-predador natural.

Pluviolavados. Aporte de elementos minerales al suelo procedentes de las sales contenidas en el agua de lluvia y del lavado de los elementos solubles en las hojas.

Reciclaje. Plan de actuación que implica la recogida, transformación y reutilización de materiales anteriormente considerados como desechos.

Revolución verde. Cambios que se producen en la agricultura europea a partir de 1950 basados en una serie de actuaciones técnicas que fomentaban el uso de agroquímicos, la especialización de las explotaciones, la práctica del monocultivo y la industrialización de la agricultura con el fin de conseguir un crecimiento continuo y rápido de la productividad.

Rotación de cultivos. Sucesión de cultivos dentro de una misma parcela durante un número determinado de años, al final de los cuales se realiza la misma sucesión de cultivos pudiendo o no hacerlo en el mismo orden. Como norma general se alternan cultivos que tengan tipos de vegetación, sistemas radiculares y necesidades nutritivas diferentes.

Sinergia. Interacción de dos o más factores concertados para producir un efecto único, no necesariamente idéntico del que produciría cada factor tomado aisladamente.



MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION

INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO

DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS Y COOPERACION

Corazón de María, 8 - 28002-Madrid