

Miguel A. Altieri
con contribuciones de
Susanna Hecht, Matt Liebman, Fred Magdoff,
Richard Norgaard, y Thomas O. Sikor

AGROECOLOGIA

Bases científicas para una
agricultura sustentable



Primera parte

Bases teóricas
de la agroecología

Capítulo 1

La evolución del pensamiento agroecológico

Susanna B. Hecht

El uso contemporáneo del término agroecología data de los años 70, pero la ciencia y la práctica de la agroecología son tan antiguos como los orígenes de la agricultura. A medida que los investigadores exploran las agriculturas indígenas, las que son reliquias modificadas de formas agronómicas más antiguas, se hace más notorio que muchos sistemas agrícolas desarrollados a nivel local, incorporan rutinariamente mecanismos para acomodar los cultivos a las variables del medio ambiente natural, y para protegerlos de la depredación y la competencia. Estos mecanismos utilizan insumos renovables existentes en las regiones, así como los rasgos ecológicos y estructurales propios de los campos, los barbechos y la vegetación circundante.

En estas condiciones la agricultura involucra la administración de otros recursos además del cultivo propio. Estos sistemas de producción fueron desarrollados para disminuir riesgos ambientales y económicos y mantienen la base productiva de la agricultura a través del tiempo. Si bien estos agroecosistemas pueden abarcar infraestructuras tales como trabajos en terrazas, zanjas e irrigación, el conocimiento agronómico descentralizado y desarrollado localmente es de importancia fundamental para el desarrollo continuado de estos sistemas de producción.

El por qué esta herencia agrícola ha tenido relativamente poca importancia en las ciencias agronómicas formales, refleja prejuicios que algunos investigadores contemporáneos están tratando de eliminar. Tres procesos históricos han contribuido en un alto grado a oscurecer y restar importancia al conocimiento agronómico que fue desarrollado por grupos étnicos locales y sociedades no occidentales: (1) la destrucción de los medios de codificación, regulación y trasmisión de las prácticas agrícolas; (2) la dramática transformación de muchas sociedades indígenas no occidentales y los sistemas de producción en que se basaban como resultado de un colapso demográfico, de la esclavitud y del colonialismo y de procesos de mercado, y (3) el surgimiento de la ciencia positivista. Como resultado, han existido pocas oportunidades para que las intuiciones desarrolladas en una agricultura más holística se infiltraran en la comunidad científica formal. Más aún, esta dificultad está compuesta de prejuicios, no reconocidos, de los investigadores en agronomía, prejuicios relacionados con factores sociales tales como clase social, etnicidad, cultura y sexo.

Históricamente, el manejo de la agricultura incluía sistemas ricos en símbolos y rituales, que a menudo servían para regular las prácticas del uso de la tierra y para codificar el conocimiento agrario de pueblos analfabetos (Ellen 1982, Conklin 1972). La existencia de cultos y rituales agrícolas está documentada en muchas sociedades, incluso las de Europa Occidental. De hecho, estos cultos eran un foco de especial atención para la Inquisición Católica. Escritores sociales de la época medieval tales como Ginzburg (1983) han demostrado cómo las ceremonias rurales eran tildadas de

brujería y cómo dichas actividades se convirtieron en focos de intensa persecución. Y no es sorprendente que cuando los exploradores españoles y portugueses de la post-inquisición emprendieron sus viajes y la conquista europea se extendió por el globo bajo el lema de «Dios, Oro y Gloria», como parte de un proyecto más amplio, existieran actividades evangelizadoras, las que a menudo alteraron las bases simbólicas y rituales de la agricultura en sociedades no occidentales. Estas modificaciones se transformaron, y a menudo interfirieron con la transferencia generacional y lateral del conocimiento agronómico local. Este proceso, junto con las enfermedades, la esclavitud y la frecuente reestructuración de la base agrícola de las comunidades rurales con fines coloniales y de mercado, a menudo contribuyó a la destrucción o abandono de las tecnologías «duras» tales como los sistemas de riego, y especialmente al empobrecimiento de las tecnologías «blandas» (formas de cultivo, mezclas de cultivos, técnicas de control biológico y manejo de suelos) de la agricultura local, la que depende mucho más de la transmisión de tipo cultural.

La literatura histórica documenta cómo las enfermedades transmitidas por los exploradores afectaron a las poblaciones nativas. Especialmente en el nuevo mundo se dieron colapsos de poblaciones muy rápidamente y de una forma tan devastadora que es difícil de imaginar. En algunas áreas hasta un 90% de la población murió en menos de 100 años (Denevan 1976). Con ellos murieron culturas y sistemas de conocimiento. Los efectos desastrosos de las epidemias caracterizaron las primeras etapas del contacto, pero otras actividades, especialmente la esclavitud asociada con las plantaciones del nuevo mundo, también ejercieron impactos drásticos en la población y, por lo tanto, en el conocimiento agrícola, hasta bien entrado el siglo XIX.

Inicialmente, las poblaciones locales eran el blanco de las incursiones para obtener esclavos, pero estos grupos a menudo podían escapar de la servidumbre. Los problemas de enfermedad en los indios del nuevo mundo hicieron que no fueran una fuerza ideal de trabajo. Por otro lado, las poblaciones africanas estaban acostumbradas a las condiciones climáticas tropicales y tenían una resistencia relativa a las enfermedades «europeas», por lo tanto ellos podían satisfacer las pujantes necesidades de mano de obra para las plantaciones de azúcar y algodón. Durante dos siglos, más de veinte millones de esclavos fueron transportados desde África a varias plantaciones de esclavos en el nuevo mundo (Wolf 1982).

La esclavitud se impuso a la mejor fuerza laboral (jóvenes adultos, tanto hombres como mujeres) y tuvo como resultado la pérdida de esta importante fuerza de trabajo para la agricultura local y el abandono de los trabajos agrícolas a medida que los pueblos trataron de evitar el convertirse en esclavos, retirándose a lugares distantes de los traficantes de esclavos. La ruptura de sistemas de conocimientos, ocasionada por la exportación de mano de obra, la erosión de las bases culturales de la agricultura local y la mortalidad asociada a las guerras que eran estimuladas por las incursiones en busca de esclavos, fue aumentada más adelante por la integración de estos sistemas residuales a las redes mercantiles y coloniales.

El contacto europeo con gran parte del mundo no occidental no fue benéfico, y a menudo involucró la transformación de los sistemas de producción para satisfacer las necesidades de los centros burocráticos locales, los enclaves mineros y de recursos, y del comercio internacional. En algunos casos esto se logró por medio de la coerción directa, reorientando y manipulando las economías a través de la unión de grupos éliticos locales, y en otros casos de hombres claves, y por intermedio de intercambios. Estos procesos cambian fundamentalmente la base de la economía

agrícola. Con el surgimiento de las cosechas pagadas y la mayor presión ejercida por ítemes específicos de exportación, las estrategias para el uso de predios rurales, que habían sido desarrolladas a través de milenios con el fin de reducir los riesgos agrícolas y de mantener la base de recursos, fueron desestabilizadas. Muchos son los estudios que han documentado estos efectos (Watts 1983, Wolf 1982, Palmer y Parson 1977, Wasserstrom 1982, Brokenshaw et al. 1979, Geertz 1962).

Finalmente, aún cuando los cronistas y los exploradores mencionan positivamente el uso que los nativos daban a las tierras, fue difícil traducir estas observaciones a una forma coherente, no folklórica y socialmente aceptable. El surgimiento del método positivista en las ciencias y el movimiento del pensamiento occidental hacia perspectivas atomistas y mecanicistas, las que se asocian con el iluminismo del siglo XVIII, alteraron dramáticamente el diálogo sobre el mundo natural (Merchant 1980).

Esta transición de las epistemologías cambió el enfoque de la naturaleza, de una entidad orgánica, viviente, se convirtió en una máquina. De manera creciente este enfoque hizo hincapié en el lenguaje científico, una forma de referirse al mundo natural que esencialmente rechazaba toda otra forma de conocimiento científico como superstición. En efecto, desde los tiempos de Condorcet y Comte, el desarrollo de las ciencias se identifica con el triunfo de la razón sobre la superstición. Esta posición, unida a un punto de vista muchas veces despectivo sobre las habilidades de los pueblos rurales en su generalidad, y en especial las de los pueblos colonizados, contribuyó más aún a oscurecer la riqueza de muchos sistemas de conocimiento rural cuyo contenido era expresado en una forma discursiva y simbólica. A causa de un mal entendido del contexto ecológico, de la complejidad espacial y de la forma de cultivar propia de los agricultores no formales, fue frecuentemente tildada despectivamente de desordenada.

Dado este contexto histórico cabe preguntarse cómo la agroecología logró emerger nuevamente. El «redescubrimiento» de la agroecología es un ejemplo poco común del impacto que tienen las tecnologías pre-existentes sobre las ciencias, donde, adelantos que tuvieron una importancia crítica en la comprensión de la naturaleza, fueron el resultado de una decisión de los científicos de estudiar lo que los campesinos ya habían aprendido a hacer (Kuhn 1979). Kuhn señala que en muchos casos, los científicos lograron «meramente validar y explicitar, en ningún caso mejorar, las técnicas desarrolladas con anterioridad».

Cómo emergió nuevamente la idea de la agroecología también requiere de un análisis de la influencia de un número de corrientes intelectuales que tuvieron relativamente poca relación con la agronomía formal. El estudio de sistemas de calificación indígena, de la teoría del desarrollo rural, de los ciclos y sucesión de los nutrientes no está muy directamente relacionado con la ciencia de los cultivos, la patología de las plantas y el manejo de las plagas en su práctica habitual. Las siguientes secciones de este capítulo reseñan brevemente como la antropología, la economía y la ecología se encuentran reflejadas en el pedigrí intelectual de la agroecología.

¿Qué es la Agroecología?

El término agroecología a llegado a significar muchas cosas, definidas a groso modo, la agroecología a menudo incorpora ideas sobre un enfoque de la agricultura más ligado al medio ambiente y más sensible socialmente; centrada no sólo en la producción sino también en la sostenibilidad ecológica del sistema de producción. A esto podría llamarse el uso «normativo» o «prescriptivo» del término agroecología,

porque implica un número de características sobre la sociedad y la producción que van mucho más allá de los límites del predio agrícola. En un sentido más restringido, la agroecología se refiere al estudio de fenómenos netamente ecológicos dentro del campo de cultivo, tales como relaciones depredador/presa, o competencia de cultivo/maleza.

Visión ecológica

En el corazón de la agroecología está la idea que un campo de cultivo es un ecosistema dentro del cual los procesos ecológicos que ocurren en otras formaciones vegetales, tales como ciclos de nutrientes, interacción de depredador/presa, competencia, comensalia y cambios sucesionales, también se dan. La agroecología se centra en las relaciones ecológicas en el campo y su propósito es iluminar la forma, la dinámica y las funciones de esta relación. En algunos trabajos sobre agroecología está implícita la idea que por medio del conocimiento de estos procesos y relaciones los sistemas agroecológicos pueden ser administrados mejor, con menores impactos negativos en el medio ambiente y la sociedad, más sostenidamente y con menor uso de insumos externos. Como resultado, un número de investigadores de las ciencias agrícolas y de áreas afines, han comenzado a considerar el predio agrícola como un tipo especial de ecosistema -un agroecosistema- y a formalizar el análisis del conjunto de procesos e interacciones que intervienen en un sistema de cultivos. El marco analítico subyacente le debe mucho a la teoría de sistemas y a los intentos teóricos y prácticos hechos para integrar los numerosos factores que afectan la agricultura (Spedding 1975, Conway 1981, Gliessman 1982, Conway 1985, Chambers 1983, Ellen 1982, Altieri 1983, Lowrance et al. 1984).

La perspectiva social

Los agroecosistemas tienen varios grados de resiliencia y de estabilidad, pero estos no están estrictamente determinados por factores de origen biótico o ambiental. Factores sociales, tales como el colapso en los precios del mercado o cambios en la tenencia de las tierras, pueden destruir los sistemas agrícolas tan decisivamente como una sequía, explosiones de plagas o la disminución de los nutrientes en el suelo. Por otra parte, las decisiones que asignan energía y recursos materiales pueden aumentar la resiliencia y recuperación de un ecosistema dañado. Aunque la administración humana de los ecosistemas con fines de producción agrícola a menudo ha alterado en forma dramática la estructura, la diversidad, los patrones de flujo de energía y de nutrientes, y los mecanismos de control de poblaciones bióticas en los predios agrícolas, estos procesos todavía funcionan y pueden ser explorados experimentalmente. La magnitud de las diferencias de la función ecológica entre un ecosistema natural y uno agrícola depende en gran medida de la intensidad y frecuencia de las perturbaciones naturales y humanas que se hacen sentir en el ecosistema. El resultado de la interacción entre características endógenas, tanto biológicas como ambientales en el predio agrícola y de factores exógenos tanto sociales como económicos, generan la estructura particular del agroecosistema. Por esta razón, a menudo es necesaria una perspectiva más amplia para explicar un sistema de producción que está en observación.

Un sistema agrícola difiere en varios aspectos fundamentales de un sistema ecológico «natural» tanto en su estructura como en su función. Los agroecosistemas

son ecosistemas semi-domesticados que se ubican en un gradiente entre una serie de ecosistemas que han sufrido un mínimo de impacto humano, como es el caso de ciudades. Odum (1984) describe 4 características principales de los agroecosistemas:

1. Los agroecosistemas requieren fuentes auxiliares de energía, que pueden ser humana, animal y combustible para aumentar la productividad de organismos específicos.
2. La diversidad puede ser muy reducida en comparación con la de otros ecosistemas.
3. Los animales y plantas que dominan son seleccionados artificialmente y no por selección natural.
4. Los controles del sistema son, en su mayoría, externos y no internos ya que se ejercen por medio de retroalimentación del subsistema.

El modelo de Odum se basa principalmente en la agricultura moderna del tipo que se encuentra en los Estados Unidos. Hay, sin embargo, muchos tipos de sistemas agrícolas, especialmente en los trópicos, que no corresponden a esta definición. Particularmente las preguntas de diversidad y selección natural utilizadas en agriculturas complejas donde un sin número de plantas y animales semi-domesticados y silvestres figuran en el sistema de producción, son sospechosas. Conklin (1956), por ejemplo, describió agroecosistemas tradicionales en Filipinas que incluían más de 600 especies de plantas cultivadas y manejadas. Aunque esta agricultura no era tan diversa como la de algunos bosques tropicales, era definitivamente más multiforme que muchos otros ecosistemas locales.

Los sistemas agrícolas son una interacción compleja entre procesos sociales externos e internos, y entre procesos biológicos y ambientales. Estos pueden entenderse espacialmente a nivel de terreno agrícola, pero a menudo también incluyen una dimensión temporal. El grado de control externo versus control interno puede reflejar intensidad de administración a lo largo del tiempo, el que puede ser mucho más variable que el supuesto de Odum. En sistemas de roza, tumba y quema, por ejemplo, los controles externos tienden a disminuir en los períodos posteriores de barbecho. El modelo de agroecosistema de Odum marca un punto de partida interesante para la comprensión de la agricultura desde una perspectiva de los sistemas ecológicos, pero no puede abarcar la diversidad y complejidad de muchos agroecosistemas que se desarrollaron en las sociedades no occidentales, especialmente en los trópicos húmedos. Más aún, la falta de atención que el modelo pone en las determinantes sociales de la agricultura tiene como resultado un modelo con un poder explicativo limitado.

Los sistemas agrícolas son artefactos humanos y las determinantes de la agricultura no terminan en los límites de los campos. Las estrategias agrícolas no sólo responden a presiones del medio ambiente, presiones bióticas y del proceso de cultivo, sino que también reflejan estrategias humanas de subsistencia y condiciones económicas (Ellen 1982). Factores tales como disponibilidad de mano de obra, acceso y condiciones de los créditos, subsidios, riesgos percibidos, información sobre precios, obligaciones de parentesco, tamaño de la familia y acceso a otro tipo de sustento, son a menudo críticas para la comprensión de la lógica de un sistema de agricultura. En especial cuando se analizan las situaciones de los pequeños campesinos fuera de los Estados Unidos y Europa, el análisis de la simple maximización de las cosechas en sistemas de monocultivo se hace menos útil para la comprensión del comportamiento del campesino y de sus opciones agronómicas (Scott 1978 y 1986, Barlerr 1984, Chambers 1983).

El desafío agroecológico

Los científicos agrícolas convencionales han estado preocupados principalmente con el efecto de las prácticas de uso de la tierra y de manejos de los animales o la vegetación en la productividad de un cultivo dado, usando una perspectiva que enfatiza un problema objetivo, como es el de los nutrientes del suelo o los brotes de plagas. Esta forma de enfocar sistemas agrícolas ha sido determinada en parte por un diálogo limitado entre diferentes disciplinas, por la estructura de la investigación científica, la que tiende a atomizar problemas de investigación, y por un enfoque de la agricultura orientado a lograr un producto. No cabe duda que la investigación agrícola basada en este enfoque ha tenido éxito en incrementar el rendimiento en situaciones agroecológicamente favorables.

Sin embargo, es cada vez mayor el número de científicos que reconoce que este enfoque reduccionista limita las opciones agrícolas para las poblaciones rurales y en que el «enfoque objetivo» a menudo involucra consecuencias secundarias no intencionadas que frecuentemente han producido daños ecológicos y han tenido altos costos sociales. La investigación agroecológica se concentra en asuntos puntuales del área de la agricultura, pero dentro de un contexto más amplio que incluye variables ecológicas y sociales.

En muchos casos, las premisas sobre el propósito de un sistema agrícola difieren del enfoque que enfatiza la maximización del rendimiento y la producción, expuesta por la mayoría de los científicos agrícolas.

Como mejor puede describirse la agroecología es como un enfoque que integra ideas y métodos de varios sub-campos, más que como una disciplina específica. La agroecología puede ser un desafío normativo a las maneras en que varias disciplinas enfocan los problemas agrícolas. Tiene sus raíces en las ciencias agrícolas, en el movimiento del medio ambiente, en la ecología (en particular en la explosión de investigaciones sobre los ecosistemas tropicales), en el análisis de agroecosistemas indígenas y en los estudios sobre el desarrollo rural. Cada una de estas áreas de investigación tiene objetivos y metodologías muy diferentes, sin embargo, tomadas en un conjunto todas han sido influencias legítimas e importantes en el pensamiento agroecológico.

Influencias del pensamiento agroecológico

Ciencias agrícolas

Como Altieri (1987) lo ha señalado, el crédito de gran parte del desarrollo inicial de la agricultura ecológica en las ciencias formales le pertenece a Klages (1928), quien sugirió que se tomaran en cuenta los factores fisiológicos y agronómicos que influían en la distribución y adaptación de especies específicas de cultivos, para comprender la compleja relación existente entre una planta de cultivo y su medio ambiente. Más adelante, Klages (1942) expandió su definición e incluyó en ella factores históricos, tecnológicos y socioeconómicos que determinaban qué cultivos podían producirse en una región dada y en qué cantidad. Papadakis (1938) recalcó que el manejo de cultivos debería basarse en la respuesta del cultivo al medio ambiente. La ecología agrícola fue aún más desarrollada en los años 60 por Tischler (1965) e integrada al currículum de la agronomía en cursos orientados al desarrollo de una base ecológica a la adaptación ambiental de los cultivos. La agronomía y la ecología de cultivos están convergiendo cada vez más, pero la red entre la agronomía y las

otras ciencias (incluyendo las ciencias sociales) necesarias para el trabajo agroecológico, están recién emergiendo.

Las obras de Azzi (1956), Wilsie (1962), Tischler (1965), Chang (1968) y Loucks (1977) representan un cambio de enfoque gradual hacia un enfoque ecosistémico de la agricultura. En particular fue Azzi (1956) quien acentuó que mientras la meteorología, la ciencia del suelo y la entomología son disciplinas diferentes, su estudio en relación con la respuesta potencial de plantas de cultivos converge en una ciencia agroecológica que debería iluminar la relación entre las plantas cultivadas y su medio ambiente. Wilsie (1962), analizó los principios de adaptación de cultivos y su distribución en relación a factores del hábitat, e hizo un intento para formalizar el cuerpo de relaciones implícitas en sistemas de cultivos. Chang (1968) prosiguió con la línea propuesta por Wilsie, pero se centró en un grado aún mayor en los aspectos ecofisiológicos.

Desde comienzos de los años 70, ha habido una expansión enorme en la literatura agronómica con un enfoque agroecológico, incluyendo obras como las de Dalton 1975, Netting 1974, van Dyne 1969, Spedding 1975, Cox y Atkins 1979, Richards P. 1985, Vandermeer 1981, Edens y Koenig 1981, Edens y Haynes 1982, Altieri y Letourneau 1982, Gliessman et al. 1981, Conway 1985, Hart 1979, Lowrance et al. 1984 y Bayliss-Smith 1982.

A fines de la década de los 70 y a comienzos de la de los 80 un componente social cada vez mayor comenzó a aparecer en la literatura agrícola, en gran parte como resultado del estudio sobre el desarrollo rural en los Estados Unidos (Buttel 1980). La contextualización social unida al análisis agronómico ha generado evaluaciones complejas de la agricultura, especialmente en el caso del desarrollo regional (Altieri y Anderson 1986, Brush 1977, Richards P. 1984 y 1986, Kurin 1983, Bartlett 1984, Hecht 1985, Blaikie 1984).

Los entomólogos en sus intentos por desarrollar sistemas de manejo integrado de plagas, han hecho contribuciones valiosas al desarrollo de una perspectiva ecológica para la protección de las plantas. La teoría y la práctica del control biológico de plagas se basa exclusivamente en principios ecológicos (Huffaker y Messenger 1976). El manejo ecológico de plagas se centra en primer lugar en enfoques que contrastan la estructura y el funcionamiento de los sistemas agrícolas con aquellas de sistemas naturales relativamente no perturbados, o sistemas agrícolas más complejos (Southwood y Way 1970, Price y Waldbauer 1975, Levins y Wilson 1979, Risch 1981 y Risch et al. 1983). Browning y Frey (1969) han argumentado que los enfoques de manejo de plagas deberían hacer hincapié en el desarrollo de agroecosistemas que emularan la sucesión natural lo más posible, debido a que estos sistemas más maduros son a menudo más estables que los sistemas consistentes en una estructura sencilla de monocultivos.

Enfoque metodológico

Una gran cantidad de métodos de análisis agroecológico se están desarrollando en la actualidad en todo el mundo. Se podría considerar que se utilizan principalmente cuatro enfoques metodológicos:

1. Descripción analítica. Se están realizando muchos estudios que miden y describen cuidadosamente los sistemas agrícolas y miden propiedades específicas tales como diversidad de plantas, acumulación de biomasa, retención de nutrientes y rendimiento. Por ejemplo, el Centro Internacional de Agroforestería (ICRAF) ha estado

desarrollando una base internacional de datos de los diferentes tipos de sistemas de agroforestería y los está correlacionando con una variedad de parámetros medio ambientales para desarrollar modelos regionales de cultivos mixtos (Nair 1984, Huxley 1983). Este tipo de información es valioso para ampliar nuestra comprensión de los tipos de sistemas existentes, de los componentes que habitualmente se encuentran ensamblados y en qué contexto ambiental. Este es el primer paso necesario. Los estudios representativos de este tipo de pensamiento son numerosos e incluyen a Ewel et al. 1986, Alcorn 1984, Marten 1986, Denevan et al. 1984 y Posey 1985.

2. El análisis comparativo. La investigación comparativa generalmente involucra la comparación de un monocultivo u otro sistema de cultivo con un agroecosistema tradicional de mayor complejidad. Los estudios comparativos de este tipo involucran un análisis de la productividad de cultivos específicos, de la dinámica de las plagas o del estatus de los nutrientes en cuanto están relacionados con factores tales como la diversidad de los campos de cultivos, la frecuencia de las malezas, la población de insectos y los patrones de reciclaje de nutrientes. Varios estudios de este tipo se han llevado a cabo en América Latina, África y Asia (Glover y Beer 1986, Uhl y Murphy 1981, Irvine 1987, Marten 1986 y Woodmansee 1984). Dichos proyectos usan metodologías científicas de tipo estándar para iluminar la dinámica de sistemas locales de cultivos mixtos específicos, comparándolos con los monocultivos. Estos datos a menudo son útiles pero la heterogeneidad de los sistemas locales pueden oscurecer la comprensión de cómo éstos funcionan.

3. Comparación experimental. Para establecer la dinámica y para reducir el número de variables, muchos investigadores desarrollan una versión simplificada del sistema nativo en el cual las variables pueden ser controladas más de cerca. Por ejemplo, el rendimiento de un cultivo mixto de maíz, frijol y calabaza puede ser comparado con el cultivo simple de cada una de estas especies.

4. Sistemas agrícolas normativos. Estos se construyen a menudo con modelos teóricos específicos en mente. Un ecosistema natural puede ser ilimitado, o un sistema agrícola nativo podría ser reconstituido con mucho esfuerzo. Este enfoque está siendo evaluado en forma experimental por varios investigadores en Costa Rica. Ellos están desarrollando sistemas de cultivos que emulan las secuencias sucesionales por medio del uso de cultivos que son botánica y morfológicamente semejantes a las plantas que naturalmente ocurren en varias etapas sucesionales (Hart 1979, Ewel 1986).

Aún cuando la agronomía ha sido sin lugar a dudas la disciplina materna de la agroecología, ésta recibió una fuerte influencia del surgimiento del ambientalismo y de la expansión de los estudios ecológicos. El estudio del medio ambiente fue necesario para proporcionar el marco filosófico en el cual el valor de las tecnologías alternativas y el proyecto normativo de la agroecología pudieran apoyarse. Los estudios ecológicos fueron críticos en la expansión de los paradigmas por medio de los cuales cuestiones agrícolas pudieran desarrollarse, y de las destrezas técnicas para analizarlos.

Ambientalismo

Importancia de este movimiento. El movimiento ambiental de los años 60-70 ha hecho una gran contribución intelectual a la agroecología. Debido a que los asuntos del ambientalismo coincidían con la agroecología, ellos infundieron al discurso agroecológico una actitud crítica de la agronomía orientada hacia la producción, e hicieron crecer la sensibilidad hacia un gran número de asuntos relacionados con los recursos.

La versión de los años 60 del movimiento ambiental se originó como consecuencia de una preocupación con los problemas de contaminación. Estos eran analizados en función tanto de los fracasos tecnológicos como de las presiones de la población. La perspectiva Maltusiana ganó una fuerza especial a mediados de la década del 60 por medio de obras tales como «La Bomba Poblacional» de Paul Ehrlich (1966) y «La Tragedia de los Comunes» de Garrett Hardin (1968). Estos autores presentaron como principal causa de la degradación ambiental y del agotamiento de recursos al crecimiento de la población. Este punto de vista fue técnicamente ampliado por la publicación de «Los Límites del Crecimiento» del club de Roma, el que utilizó simulaciones computarizadas de las tendencias globales de la población, del uso de recursos y la contaminación, para generar argumentos para el futuro, los que generalmente eran desastrosos. Esta posición ha sido criticada desde perspectivas metodológicas y epistemológicas (Simon y Kahn 1985).

Mientras que «Los Límites del Crecimiento» desarrolló un modelo generalizado de la «Crisis ambiental», dos volúmenes seminales posteriores contenían una relación especial al pensamiento agroecológico, porque en ellos se perfilaban visiones de una sociedad alternativa. Estos fueron «Ante-Proyecto de la Supervivencia» (El Ecologista 1972) y «Lo Pequeño es Hermoso» (Schumacher 1973). Estos trabajos incorporaban ideas sobre la organización social, la estructura económica y valores culturales y las convertían en una visión exhaustiva más o menos utópica. «Ante-Proyecto de la supervivencia» argumentaba a favor de la descentralización de empresas de pequeña envergadura y acentuaba las actividades humanas que involucrarían un mínimo de disrupción ecológica y un máximo de conservación de energía y materiales. El santo y seña era autosuficiencia y sustentabilidad. El libro de Schumacher acentuaba una evaluación radical de la racionalidad económica («Economía Budista»), un modelo descentralizado de la sociedad humana («Dos millones de aldeas») y una tecnología apropiada. El significado especial de «Lo Pequeño es Hermoso» era que estas ideas se ampliaron para alcanzar el Tercer Mundo.

Interrogantes agrícolas. Los asuntos ambientales en su relación con la agricultura fueron claramente señalados por Carson en su libro «Primavera Silenciosa» (1964), que planteaba interrogantes sobre los impactos secundarios de las sustancias tóxicas, especialmente de los insecticidas, en el ambiente. Parte de la respuesta a estos problemas fue el desarrollo de enfoques de manejo de plagas para la protección de los cultivos, basados enteramente en teoría y práctica en los principios ecológicos (Huffaker y Messenger 1976). El impacto tóxico de los productos agro-químicos era sólo una de las interrogantes ambientales, debido a que el uso excesivo de los recursos energéticos también se estaba convirtiendo en un asunto cada vez más importante. Era necesario evaluar los costos energéticos de sistemas de producción específicos; especialmente a comienzos de la década del 70 cuando los precios del petróleo se incrementaron. El estudio clásico de Pimentel (1979) demostró que en la agricultura de los Estados Unidos cada kilo-caloría derivado del maíz se «obtenía» a un enorme costo energético de energía externa. Los sistemas de producción norteamericanos fueron por lo tanto comparados con otros tipos diferentes de agricultura, los que eran de menor producción por área de unidad (en términos de kilo-calorías por cada hectárea) pero mucho más eficientes en términos de rendimiento por unidad de energía invertida. El alto rendimiento de la agricultura moderna se obtiene a costa de numerosos gastos, los que incluyen insumos no renovables tales como el combustible de fósiles.

En el Tercer Mundo estos inputs son a menudo importados, y cargados a la balanza internacional de pagos, empeorando la situación de endeudamiento de muchos países en desarrollo. Más aún, debido a que la mayor parte de estos inputs no se utilizan para el cultivo de alimentos, la ganancia en la producción no se puede traducir necesariamente en un mejor abastecimiento de alimentos (Crouch y de Janvry 1980, Graham 1984 y Dewey 1981). Finalmente, las consecuencias sociales de este modelo tienen impactos complejos y a menudo extremadamente negativos en la población local, en especial en aquellos que tienen un acceso limitado a tierras y a crédito. Estos problemas se discuten en detalle más adelante en este capítulo.

Los problemas de la toxicidad y recursos de la agricultura ensamblaron con los problemas mayores de la transferencia tecnológica en contextos del Tercer Mundo. «La tecnología Descuidada» (editada por Milton y Farvar en 1968) fue una de las primeras publicaciones que intentó, en gran medida, documentar los efectos de proyectos de desarrollo y transferencia de tecnología de zonas templadas, sobre las ecologías y las sociedades de los países en desarrollo. Cada vez en mayor número, investigadores de diferentes áreas comenzaron a hacer comentarios sobre la pobre «adecuación» entre los enfoques que se dan al uso de la tierra en el Primer Mundo y la realidad del Tercer Mundo. El artículo de Janzen (1973), sobre agroecosistemas tropicales, fue la primera evaluación ampliamente difundida de por qué los sistemas agrícolas tropicales podrían comportarse de una forma diferente a los de las zonas templadas. Este trabajo y el de Levins (1973) plantearon un desafío a los investigadores agrícolas, que los llevó a repensar la ecología de la agricultura tropical.

Al mismo tiempo, el problema filosófico más amplio planteado por el movimiento ambiental tuvo resonancia en la re-evaluación de las metas del desarrollo agrícola en los Estados Unidos y en el Tercer Mundo, y en las bases tecnológicas sobre las que serían llevadas a cabo. En el mundo desarrollado estas ideas sólo tuvieron un impacto moderado en la estructura de la agricultura, porque la confiabilidad y disponibilidad de productos agroquímicos y inputs energéticos aplicados a la agricultura tenía como resultado transformaciones pequeñas en el patrón de uso de recursos en la agricultura. En situaciones en las que tanto los campesinos como la nación estaban presionando por los recursos, donde prevalecían estructuras distributivas regresivas y donde el enfoque de las zonas templadas no era apropiado a las condiciones ambientales locales, el enfoque agroecológico parecía de especial relevancia.

La integración de la agronomía y el ambientalismo ensambló con la agroecología, pero los fundamentos intelectuales para una asociación académica de este tipo eran aún relativamente débiles. Era necesario un enfoque teórico y técnico más claro, especialmente en relación con los sistemas tropicales. El desarrollo de la teoría ecológica tendría una relevancia especial en el desarrollo del pensamiento agroecológico.

Ecología

Por varias razones los ecólogos han tenido una importancia singular en la evolución del pensamiento agroecológico. En primer lugar, el marco conceptual de la agroecología y su lenguaje son esencialmente ecológicos. En segundo lugar, los sistemas agrícolas son en sí mismos interesantes sujetos de investigación, en los cuales los investigadores tienen mayor habilidad para controlar, probar y manipular los componentes del sistema, en comparación con los ecosistemas rurales. Estos pueden proporcionar condiciones de pruebas para un patrón amplio de hipótesis ecológicas, y de hecho ya han contribuido sustancialmente al cuerpo de conocimiento ecológico (Levins 1973, Risch et al. 1983,

Altieri et al. 1983b, Uhl et al. 1988). En tercer lugar, la explosión de investigadores sobre los sistemas tropicales ha dirigido la atención al impacto ecológico de la expansión de sistemas de monocultivos en zonas que se caracterizan por su diversidad y extraordinaria complejidad (Janzen 1973, Uhl 1983, Uhl y Jordan 1984, Hecht 1985). En cuarto lugar, varios ecólogos han comenzado a dirigir su atención a las dinámicas ecológicas de los sistemas agrícolas tradicionales (Gliessmann 1982a, 1982b, Altieri y Farrell 1984, Anderson et al. 1985, Marten 1986, Richards 1984 y 1986).

Tres áreas de interés académico han sido especialmente críticas en el desarrollo de los análisis agroecológicos: el ciclaje de los nutrientes, las interacciones de plagas/plantas y la sucesión ecológica. A modo de ilustración esta sección se concentrará en el ciclaje de nutrientes. A comienzos de los años 60 el análisis del ciclaje de nutrientes en los sistemas tropicales se convirtió en un tópico de interés y fue considerado como un proceso vital del ecosistema. Varios estudios significativos tales como la investigación de Nye y Greenland en 1961 y más adelante la serie de artículos y monografías que derivaron de trabajos realizados en San Carlos, Venezuela; Catie, Costa Rica y otros lugares en Asia y Africa han sido la simiente que clarifica los mecanismos de los ciclajes de nutrientes, tanto en bosques nativos como en áreas que han sido cultivadas (Jordan 1985, Uhl y Jordan 1984, Buschbacker et al. 1988, Uhl et al. 1988).

Los hallazgos ecológicos de esta investigación sobre el ciclaje de nutrientes que tuvieron un mayor impacto en el análisis de la agricultura fueron:

- La relación entre la diversidad y las estrategias inter-específicas para captar nutrientes.
- La importancia de los rasgos estructurales para aumentar la captación de nutrientes tanto por debajo como por encima del suelo.
- La dinámica de los mecanismos fisiológicos en la retención de nutrientes.
- La importancia de relaciones asociativas de plantas con micro-organismos tales como micorrizas y fijadores simbióticos de nitrógeno.
- La importancia de la biomasa como lugar de almacenaje de los nutrientes.

Estos hallazgos sugerían que los modelos ecológicos de la agricultura tropical incluirían una diversidad de especies (o al menos de cultivos) para aprovechar la variedad de absorción de nutrientes, tanto en términos de diferentes nutrientes como en la absorción de nutrientes de los diferentes niveles de profundidad del suelo. La información producida por los estudios ecológicos sobre el ciclaje de nutrientes también sugería el uso de plantas tales como las leguminosas que con facilidad forman asociaciones simbióticas, y el uso más extendido de plantas perennes en el sistema de producción, como un medio para bombear nutrientes de las diferentes capas del suelo y aumentar así la capacidad total de reciclaje y almacenamiento de nutrientes en el ecosistema. No es sorprendente hallar que muchos de estos principios ya estaban siendo aplicados en numerosos sistemas agrícolas desarrollados por poblaciones locales en los trópicos.

En la mayor parte de la literatura ecológica, la comparación entre ecosistemas naturales y agroecosistemas se ha basado en agroecosistemas desarrollados por ecólogos después de cierta observación del ecosistema local más bien que después de observar sistemas locales verdaderamente desarrollados. Más aún, la investigación se centró en parámetros tales como la diversidad de semillas, la acumulación de biomasa y el almacenaje de nutrientes en sucesión. Esta investigación ha proporcionado cierta comprensión de algunas dinámicas de los sistemas agrícolas considerados como entidades biológicas, pero el manejo (con excepción del llevado a cabo por algunos alumnos relativamente inexpertos) influye en estos procesos que quedan en

un área casi enteramente inexplorada (un caso excepcionalmente sobresaliente en este aspecto es el de Uhl et al. 1988).

Las limitaciones del enfoque puramente ecológico están siendo cada vez más superadas a medida que los investigadores comienzan a analizar los sistemas campesinos y nativos en equipos multi-disciplinarios y desde una perspectiva más holística (Anderson y Anderson 1983, Anderson et al. 1985, Marten 1986, Denevan et al. 1984). Estos esfuerzos tienen como intención el colocar a la agricultura en un contexto social; utilizan modelos nativos locales (explicaciones nativas del por qué se realizan ciertas actividades) para el desarrollo de hipótesis que más adelante pueden ser probadas por medio de modelos agronómicos científicos. Esta es un área de investigación floreciente con implicancias tanto teóricas como aplicadas de mucha importancia, y una gran inspiración para la teoría y práctica de la agroecología.

Sistemas nativos de producción

Otra influencia mayor en el pensamiento es aquella que procede de los esfuerzos de la investigación de antropólogos y geógrafos dedicados a describir y analizar las prácticas agrícolas y la lógica de los pueblos nativos y campesinos. Típicamente, estos estudios se han preocupado del uso de recursos y del manejo no sólo del predio agrícola sino de toda la base de subsistencia, y se han concentrado en cómo los pueblos locales explican esta base de subsistencia, y en cómo los cambios sociales y económicos afectan los sistemas de producción. El análisis científico del conocimiento local ha sido una fuerza importante para reevaluar los supuestos de los modelos coloniales y agrícolas de desarrollo. La obra pionera en este campo fue la de Audrey Richards (1939) sobre las prácticas de roza, tumba y quema (sistema citamene) en el Africa Bemba. El sistema citamene involucra el uso de desechos de árboles como compost en las prácticas agrícolas de los terrenos montañosos en Africa Central. Este estudio, que acentúa los resultados de las tecnologías agrícolas y de las explicaciones ecológicas de los pueblos nativos, contrasta diametralmente con aquella percepción despreciativa de la agricultura nativa que considera las prácticas locales como desordenadas y de inferior calidad.

Otra importante contribución al estudio de sistemas de cultivo nativos fue el trabajo de Conklin (1956), el que sentó las bases para la re-evaluación de la agricultura itinerante, basado en datos etnográficos y agronómicos sobre los Hanunoo de Filipinas. Este trabajo señala la complejidad ecológica y diversidad de los patrones de agricultura itinerante y la importancia de los policultivos, la rotación de cultivos y sistemas de agroforestería, en el marco total de la producción itinerante. Es uno de los estudios más tempranos y más ampliamente conocidos sobre la estructura y complejidad del sistema de cultivo de roza, tumba y quema, y en el que se incorpora mucha intuición ecológica.

Fue de especial importancia el énfasis que Conklin puso en el conocimiento ecológico nativo y la importancia que le asignó a explotar esta rica fuente de comprensión etnocientífica. Sin embargo, él hacía hincapié en que el acceso a esta información requería habilidades tanto etnográficas como científicas.

Investigadores tales como Richards (1984), Bremen y deWit (1983), Watts (1983), Posey (1984), Denevan et al. (1984), Brokenshaw et al. (1979) y Conklin (1956), entre muchos otros, han estudiado los sistemas nativos de producción y sus categorías de conocimiento sobre las condiciones ambientales y prácticas agrícolas. Este cuerpo de investigación se centra en el punto de vista nativo de los sistemas de pro-

ducción y los analiza con los métodos científicos occidentales. Todos estos autores han hecho hincapié en que la organización social y las relaciones sociales de la producción deberían considerarse tan de cerca como el medio ambiente y los cultivos. Este acento en la dimensión social de la producción es una base importante para la comprensión de la lógica de producción de sistemas agrícolas.

Otro resultado importante de gran parte del trabajo sobre los sistemas nativos de producción es la idea que se necesitan diferentes nociones de eficiencia y racionalidad para comprender los sistemas nativos de campesinos. Por ejemplo, la eficiencia de producción por unidad de labor invertida, más bien que una simple relación de rendimiento por áreas es básica para la lógica de producción de muchos cultivadores del Tercer Mundo. Las prácticas que se centran en evitar riesgos, puede que no sean tan rendidoras a corto plazo, pero pueden ser preferibles a opciones de uso de tierras altamente productivas pero que tienen mayores riesgos. La disponibilidad de trabajo, en especial en épocas importantes como es la de las cosechas, puede también influir en los tipos de sistemas agrícolas favorecidos.

Este tipo de investigación ha influido en el desarrollo de los argumentos contrarios a aquellos que atribuían el fracaso de la transferencia de tecnología agrícola a la ignorancia e indolencia. Este enfoque, con el acento en los factores humanos de los sistemas agrícolas, también ponía más atención en las estrategias de los campesinos de diferentes estratos sociales, y cada vez más en el rol de la mujer en la agricultura y el manejo de recursos (Deere 1982, Beneria 1984, Moock 1986).

El análisis etnoagrícola ha contribuido mucho a la expansión de las herramientas conceptuales y prácticas de la agroecología. El enfoque (marco étnico) basado en la explicación de una cultura dada ha sugerido relaciones que los marcos «étnicos» (es decir marcos externos, generalmente referidos a modelos occidentales de expansión) no capturan fácilmente, al basarse en los métodos de la ciencia occidental. Más aún, esta investigación ha ampliado el concepto de lo que puede con provecho ser llamado agricultura, debido a que muchos grupos están involucrados en la manipulación de ecosistemas forestales a través del manejo de la sucesión y la reforestación actual (Posey 1985, Andreson et al. 1985, Alcorn 1984). Aún más, la agricultura desarrollada localmente incorpora numerosos cultivos cuyo germoplasma es esencial para el «desarrollo» de programas de mejoramiento genético como el de yuca y frijol, y también incluye numerosas plantas con un potencial de uso más amplio en ambientes difíciles. Finalmente, dicho trabajo valora los logros científicos de cientos de años de mejoradores de plantas y trabajo agronómico llevado a cabo por las poblaciones locales.

El estudio de sistemas agrícolas nativos ha proporcionado gran parte de la materia prima para el desarrollo de hipótesis y sistemas de producción alternativos para la agroecología. Cada vez es más amplio el estudio de la agricultura nativa realizado por equipos multi-disciplinarios para documentar las prácticas y se han desarrollado categorías de clasificación para analizar los procesos biológicos y para evaluar aspectos de las fuerzas sociales que influyen en la agricultura. El estudio de sistemas nativos ha sido fundamental en el desarrollo del pensamiento agroecológico.

Estudios del desarrollo

El estudio del desarrollo rural del Tercer Mundo también ha sido una gran contribución a la evolución del pensamiento agroecológico. El análisis rural ha ayudado a clasificar la lógica de las estrategias locales de producción en comunidades que están sufriendo grandes transformaciones, a medida que las áreas rurales se integran a economías regionales,

nacionales y globales. Los estudios sobre el desarrollo rural han documentado la relación que existe entre los factores socioeconómicos y la estructura y organización social de la agricultura. Existen varios temas de investigación sobre el desarrollo, que han sido de especial importancia para la agroecología, incluyendo el impacto de las tecnologías inducidas desde afuera, el cambio de cultivos, los efectos de la expansión de mercados, las implicancias de los cambios de relaciones sociales y la transformación en las estructuras de tenencia de tierra y de acceso a los recursos económicos. Todos estos procesos están íntimamente ligados. Cómo ellos afectan los agroecosistemas regionales es el resultado de complejos procesos históricos y políticos.

La investigación de la Revolución Verde fue importante para la evolución del pensamiento agroecológico porque los estudios sobre el impacto de esta tecnología fueron un instrumento que arrojó luz sobre los tipos de prejuicios que predominaban en el pensamiento agrícola y de desarrollo. Esta investigación también tuvo como resultado el primer análisis verdaderamente interdisciplinario de cuestiones de tenencia de tierra y del cambio tecnológico en la agricultura desde un punto de vista ecológico, social y económico; todo esto realizado por un amplio grupo de especialistas. La extraordinaria aceleración del proceso de estratificación social del campesino que se asocia a la Revolución Verde indicaba inmediatamente que ésta no era una tecnología neutra en sus objetivos y resultados, sino más bien que podría transformar dramáticamente la base de la vida rural de un gran número de personas.

Como lo hizo notar Perelman 1977, los más beneficiados por dichas tecnologías fueron los consumidores urbanos. La estrategia de la Revolución Verde se desarrolló cuando los problemas de la pobreza y el hambre eran considerados principalmente como problemas de producción. Este diagnóstico implicó varias estrategias que se centraban en áreas agrícolas en las que rápidamente podrían llevarse a cabo aumentos de producción, suelos de mejor calidad y tierras de riego entre agricultores con bienes materiales y de capital sustanciales. Tuvo éxito en términos de elevar la producción; en el fondo era parte de una política de apostar conscientemente al más fuerte (Chambers y Ghildyal 1985, Pearce 1980). Es ahora generalmente reconocido que solamente el aumento agregado de la producción de alimentos no soluciona el problema del hambre y la pobreza rural, aunque sí puede reducir los costos de alimentos para los sectores urbanos (Sen 1981, Watts 1983).

Las consecuencias de la Revolución Verde en las áreas rurales fueron tales que sirvieron para marginalizar a gran parte de la población rural. En primer lugar, centró sus beneficios en los grupos que eran ricos en recursos, acelerando así la diferencia entre ellos y los otros habitantes rurales, por lo que la desigualdad rural a menudo aumentó. En segundo lugar, socavó muchas formas de acceso a la tierra y a los recursos, tales como los cultivos de mediería, el arriendo de mano de obra y el acceso a medios de riego y tierras de pastoreo. Esto redujo la diversidad de estrategias de subsistencia disponibles a las familias rurales y, por lo tanto, aumentó la dependencia del predio agrícola. La reducción de la base genética de la agricultura aumentó los riesgos porque los cultivos se hicieron más vulnerables a plagas y enfermedades y a los cambios del clima. En el caso de arrozales inundados o regados, la contaminación generada por el uso de pesticidas y herbicidas a menudo afectó una importante fuente local de proteínas: el pescado.

El análisis de la Revolución Verde hecho desde el punto de vista de diferentes disciplinas, contribuyó al primer análisis holístico de las estrategias de desarrollo agrícola/rurales. Fue la primera evaluación ampliamente difundida que incorporó críticas ecológicas, tecnológicas y sociales. Este tipo de enfoque y de análisis ha sido

el prototipo de varios estudios posteriores sobre la agroecología, y el progenitor de la investigación sobre sistemas de labranza.

Actualmente es reconocido que las tecnologías de la Revolución Verde pueden ser aplicadas en áreas limitadas y ha habido peticiones de varios analistas del desarrollo rural en el sentido de redirigir la investigación agrícola en la dirección de campesinos de bajos recursos. En el mundo existen por lo menos un billón de campesinos de recursos, ingresos y flujos de producción muy limitados, quienes trabajan en un contexto agrícola de extrema marginalidad. Los enfoques que hacen hincapié en paquetes de tecnologías generalmente requieren de recursos a los cuales la mayoría de los campesinos del mundo no tienen acceso (Tabla 1.1).

Muchos analistas del desarrollo rural reconocen hoy las limitaciones para la agricultura de los enfoques tipo Revolución Verde que enfatizan agricultura a gran esca-

TABLA 1.1 El contraste de condiciones físicas y socioeconómicas de agricultores ricos en recursos vs pobres en recursos (según Chambers y Ghildyal 1985).

	Estaciones experimentales	Campesinos ricos en recursos	Campesinos pobres en recursos
Topografía	Plana o terrazas	Plana o terrazas	Ondulada o laderas
Suelos	Profundos, pocas dificultades	Profundos, pocas dificultades	Superficiales, no fértiles serias dificultades
Deficiencia de nutrientes	Rara, solucionable	Ocasional	Bastante común
Peligro (fuego, derrumbe, etc.)	Poco	Pocos y controlables	Comunes
Irrigación	Frecuente, en completo control	Generalmente disponible, de fácil control	Rara, poco confiable
Tamaño de la unidad	Grande, adyacente	Grande o medianamente adyacente	Pequeña, irregular no adyacente
Enfermedades, plagas, malezas	Controladas con agroquímicos, mano de obra	Controladas con agroquímicos, mano de obra	Control cultural, cultivos vulnerables.
Acceso a fertilizantes, semillas mejoradas	Ilimitado confiable	Alto, confiable	Bajo, desconfiable
Semillas	Alta calidad	Alta calidad	Semillas propias
Créditos	Ilimitados	Buen acceso	Poco acceso con escasez temporal
Trabajo	Sin dificultad de obtener	Mano de obra contratada	Familia, escasez en temporadas críticas
Precios	Irrelevantes	Bajos para insumos Altos para productos	Altos para insumos Bajos para productos
Prioridad para la producción de alimentos	Baja	Media	Alta

la, pero estos modelos agrícolas han dominado de una forma sorprendente los proyectos de desarrollo agrícola del Tercer Mundo. Mientras los resultados de las estaciones experimentales de investigación se veían extremadamente promisorios, el bajo grado de adopción por campesinos y de producción exacta de los modelos en los campos, ha ocasionado grandes dificultades en muchos proyectos. El enfoque de transferencia de tecnologías tendía a acelerar las diferencias en las situaciones políticas difíciles, en donde las tecnologías sólo eran parcialmente adoptadas y en muchos casos no adoptadas del todo (Scott 1978 y 1986).

Varias eran las explicaciones para la baja transferencia de tecnologías, incluyendo la idea que los campesinos eran ignorantes y que era necesario enseñarles a cultivar. Otro set de explicaciones se centró en las exigencias a nivel de finca, tales como la falta de créditos que limitaban la posibilidad de los campesinos de adoptar estas tecnologías. En el primer caso se considera que la falla está en el campesino; en el segundo se culpa a problemas de infraestructura de diferentes tipos, nunca se criticó a la tecnología misma.

Varios investigadores de terreno y practicantes del desarrollo se han sentido frustrados por estas explicaciones y un número cada vez mayor han señalado que las tecnologías en sí requieren de una re-evaluación sustancial. Ellos han argumentado que la decisión del campesino de adoptar o no una tecnología es la verdadera prueba de su calidad. A menudo a este enfoque se le ha llamado «El campesino primero y último» o «El campesino vuelve al campesino» o «La revolución agrícola nativa» según dicen Rhoades y Booth (1982) «La filosofía básica en la que se apoya este modelo es que la investigación y el desarrollo agrícola deben comenzar y terminar en el campesino. La investigación agrícola aplicada no puede comenzar aisladamente en un centro de experimentación o con un comité de planificación que está lejos del contacto con la realidad campesina. En la práctica esto significa obtener información acerca del campesino y comprensión de la percepción que el campesino tiene del problema y la aceptación de la evaluación que el campesino hace de la solución propuesta». Este enfoque requiere una participación mucho mayor de parte del campesino en el diseño y la implementación de programas de desarrollo rural (Chambers 1983, Richards P. 1985, Gow y Van Sant 1983, Midgley 1986).

Una consecuencia de esta posición ha sido reconocer el gran conocimiento que el campesino tiene de entomología, botánica, suelos y agronomía, los que pueden servir como puntos de partida para la investigación. En este caso también, la agroecología ha sido identificada como una valiosa herramienta analítica asimismo como un enfoque normativo para la investigación.

La agroecología encaja bien con los asuntos tecnológicos que requieren prácticas agrícolas más sensibles al medio ambiente y a menudo encuentra congruencia del desarrollo tanto ambiental como participativo con perspectivas filosóficas. La diversidad de preocupaciones y de cuerpos de pensamientos que han influido en el desarrollo de la agroecología son verdaderamente amplios. Sin embargo, esta es la extensión de los asuntos que inciden en la agricultura. Es por esta razón que ahora vemos agroecólogos con un entrenamiento mucho más rico que el encontrado corrientemente entre los alumnos de ciencias agrarias centrados en una disciplina, como asimismo muchos más equipos multidisciplinarios trabajando en estos asuntos en el campo. Aunque es una disciplina nueva, y hasta el momento ha planteado más problemas que soluciones, la agroecología indudablemente ha ampliado el discurso agrícola.

Capítulo 2

Metodología y práctica de la agroecología

Richard B. Norgaard y Thomas O. Sikor

La metodología y práctica de la agroecología proviene de distintas raíces filosóficas que difieren de aquellas de las cuales proviene la ciencia agrícola convencional. El tener diferentes raíces significa ser radical en el verdadero sentido de la palabra. Este capítulo demostrará cómo esas diferencias en las raíces filosóficas afectan a las metodologías, a la organización y a las consecuencias sociales y ambientales tanto de la agricultura convencional como de la agroecología. La agroecología toma en cuenta tanto el sistema agroecológico como el social en el que trabajan los agricultores, pone un énfasis relativamente bajo a las investigaciones realizadas en los centros experimentales y en los laboratorios y enfatiza fuertemente los experimentos de campo, permitiendo así una mayor participación de los agricultores en el proceso de investigación. Para ilustrar estas diferencias, se ha analizado la trayectoria de la agricultura convencional en América Latina y el papel de las organizaciones no gubernamentales (ONGs) en la divulgación de la agroecología.

La importancia de las premisas filosóficas

Los agrónomos convencionales siguen las premisas dominantes de la ciencia moderna (Norgaard 1994). Por ejemplo, suponen que la producción agrícola puede ser entendida objetivamente sin considerar a los agricultores y su forma de pensar, ni a los sistemas sociales y el agroecosistema que los rodea. De acuerdo con ello, realizan experimentos controlados en laboratorios y en estaciones agrícolas. Aún más, ellos suponen que la agricultura puede ser entendida en forma atomística, o en pequeñas partes. Debido a esto, se dividen en disciplinas y subdisciplinas estudiando las propiedades físicas del suelo separadamente de las propiedades biológicas y de la vida que éste mantiene. Examinan la toxicidad de diferentes elementos químicos sobre los insectos, sin considerar la manera como los insectos interactúan entre sí y con las plantas. Estos supuestos por separado conllevan a desarrollar tecnologías aisladas para la nutrición de las plantas y el manejo de las plagas. Luego, suponen que estos hallazgos pueden transferirse a los agricultores en forma de nuevas tecnologías. Está de más decir, que los agricultores no siempre han encontrado que las nuevas tecnologías se ajustan a sus sistemas de agricultura. Además de esto, las tecnologías derivadas separada e individualmente con frecuencia tienen efectos inesperados al ser usadas en una explotación agrícola, especialmente cuando se usan combinadas. El efecto acumulativo de tecnologías agrícolas convencionales al ser usadas por todos los agricultores conjuntamente, tienen a veces impactos ecológicos y económicos devastadores.

Hace tiempo que los agrónomos convencionales se han dado cuenta de que sus tecnologías presentan problemas. Se crearon servicios de extensión con especialistas

para hacer llegar las tecnologías a los agricultores. Más tarde, los agrónomos convencionales trataron de diseñar paquetes tecnológicos integrados que se ajustan entre sí. Comenzaron a prestar más atención a las necesidades de los agricultores, trataron de oírlos y comenzaron a realizar investigaciones en el campo. No obstante, los científicos agrícolas convencionales sólo han tenido un éxito moderado en superar los problemas de su tecnología, puesto que aún tienen que darse cuenta de que los problemas son inherentes a las premisas filosóficas de sus métodos y prácticas. Por ejemplo, no han sido verdaderamente capaces de escuchar lo que los agricultores tienen que decir, porque las premisas filosóficas de la ciencia convencional no le otorgan legitimidad a las formas de aprendizaje y conocimientos de los agricultores.

Las premisas dominantes de la ciencia moderna y de otras alternativas se listan en la Tabla 2.1. El «atomismo» postula que las partes pueden ser entendidas aparte de los sistemas en los que ellas están insertas y que los sistemas son simplemente la suma de sus partes. El «mecanismo» postula que las relaciones entre las partes de un sistema no cambian, condición necesaria para la predicción y el control. El «universalismo» establece como premisa que el mundo que nos rodea puede explicarse por la interacción de un número relativamente pequeño de principios universales. El «objetivismo» postula que nuestros valores, formas de conocimiento y acciones,

TABLA 2.1. Premisas dominantes de la ciencia moderna y sus alternativas.

<i>PREMISAS DOMINANTES</i>	<i>PREMISAS ALTERNATIVAS</i>
<p>Atomismo: los sistemas consisten en partes no intercambiables y que son simplemente la suma de sus partes.</p>	<p>Holoismo: las partes no pueden comprenderse separadamente de sus todos y los todos son diferentes de la suma de sus partes. Las partes pueden desarrollar nuevas características o pueden surgir partes totalmente nuevas.</p>
<p>Mecanismo: las relaciones entre las partes están fijas, los sistemas se mueven continuamente desde un punto de equilibrio a otro y los cambios son reversibles.</p>	<p>Los sistemas pueden ser mecánicos pero también pueden ser determinísticos, aunque no predecibles o continuos, porque ellos son caóticos o simplemente muy discontinuos. Los sistemas también pueden ser evolutivos.</p>
<p>Universalismo: los fenómenos complejos y diversos son el resultado de principios universales subyacentes, los que son un número reducido y no cambian en el tiempo ni el espacio.</p>	<p>Contextualismo: los fenómenos son contingentes sobre un gran número de factores particulares al tiempo y al lugar. Fenómenos similares bien pueden ocurrir en distintos tiempos y lugares debido a factores ampliamente diferentes.</p>
<p>Objetivismo: podemos permanecer apartados de lo que tratamos de comprender.</p>	<p>Subjetivismo: los sistemas sociales y especialmente naturales no pueden comprenderse como parte de nuestras actividades, de nuestros valores y de cómo lo hemos entendido, actuando sobre estos sistemas en el pasado.</p>
<p>Monoismo: nuestras formas separadas e individuales de entender sistemas complejos están fusionadas dentro de un todo coherente.</p>	<p>Pluralismo: los sistemas complejos sólo pueden conocerse mediante patrones múltiples y diferentes de pensamiento, cada uno de los cuales es necesariamente una simplificación de la realidad. Patrones diferentes son intrínsecamente incongruentes.</p>

pueden mantenerse aparte de los sistemas que estamos tratando de entender. El «monismo» postula que nuestras formas de conocimiento separadas y disciplinarias se fusionan en un todo coherente.

Las premisas alternativas de la Tabla 2.1, contrastan radicalmente con las premisas dominantes. Sus diferencias agudizan nuestra comprensión de la posición dominante. Sin embargo, las premisas alternativas en la lista son meramente ilustrativas, puesto que existen muchas alternativas y combinaciones posibles.

Los cinco «ismos» dominantes son suposiciones perfectamente correctas a partir de las cuales se puede razonar. Ellas han facilitado un nivel de predicción y control más allá de lo conocido anteriormente. La predicción y el control de la ciencia que sigue a los «ismos» dominantes, ha probado ser más limitada sistemática y temporalmente de lo que creen los científicos convencionales. Estas limitaciones son el origen de las inesperadas

Consecuencias y problemas que se presentan en otras partes del agroecosistema, fuera de la explotación agrícola en los años posteriores.

Si las tecnologías y las instituciones agrícolas modernas no se hubiesen basado solamente en esas premisas y si se les hubiera dado igual importancia a otros patrones de comprensión, las consecuencias sistemáticas y a largo plazo para las personas y para el agroecosistema pudieran haber sido previstas, aminoradas o evitadas. Los problemas de la agricultura convencional se originan a partir de estos «ismos».

Generalmente, ni los agrónomos convencionales ni los agroecólogos están totalmente conscientes de las premisas filosóficas subyacentes en sus investigaciones, o cómo la filosofía estructura las organizaciones por las que ellos trabajan. No obstante, cuando surgen los problemas metodológicos, lo más probable es que los agroecólogos se sientan cómodos con los supuestos alternativos de la Tabla 2.1 y estén más proclives a criticar muchas de las premisas dominantes. Al mismo tiempo, muchos agroecólogos razonan y a veces llevan a cabo la investigación dentro del método dominante. En efecto, algunas personas que se consideran a sí mismas como agroecólogos solamente llevan a cabo investigaciones con el método dominante, pero cooperan con otros que tratan de utilizar sus conocimientos en métodos alternativos. De esta forma, la diferencia entre agrónomos convencionales y agroecólogos radica en que estos últimos, en conjunto, tienden a ser más pluralistas metodológicamente.

Curiosamente, las premisas alternativas son las más intuitivas y más cercanas a nuestro sentido común. Al mismo tiempo, siguiendo los supuestos alternativos, uno descubre que las respuestas serán múltiples y menos claras. Esto significa que el pensamiento lógico per se no nos indicará lo que debe hacerse, porque la lógica múltiple sustentada por puntos de inicio alternativos originan diferentes discernimientos. La ciencia sólo entrega respuestas únicas cuando los científicos usan las mismas premisas. El pluralismo metodológico requiere el que se deba recurrir a medios no científicos considerando múltiples discernimientos. Este tipo de juicio se deja más bien a la toma de decisiones colectivas por parte de las comunidades directamente afectadas.

Los agroecólogos son más proclives a utilizar una perspectiva de sistemas. En efecto, algunos investigadores consideran a la agroecología simplemente como un acercamiento del ecosistema a la agricultura. Sin embargo, es importante tener en cuenta que muchos agroecólogos están interesados tanto en el sistema social como en el sistema ambiental en el cual se desenvuelve el agricultor. Por último, la interacción de los dos sistemas es lo que debe ser viable y benéfico para la gente.

Una perspectiva coevolucionista del desarrollo

El diagrama ilustrado en la Figura 2.1 es especialmente útil para entender las interacciones de los diferentes sistemas. Se plantea el desarrollo como un proceso coevolucionista entre el sistema social y el sistema ambiental. Aún más, se plantea el sistema social como si estuviera hecho de sistemas de conocimiento, valores tecnológicos y organizacionales. Cada uno de estos sistemas se relaciona con cada uno de los otros, y cada uno ejerce una presión selectiva en la evolución de los otros. Mediante la presión selectiva sobre cada uno, todos coevolucionan en conjunto. Por ejemplo, dentro del sistema de conocimiento se llevan a cabo innovaciones deliberadas, hallazgos fortuitos y casi nunca se realizan experimentos.

El hecho de que estos nuevos aportes de conocimiento comprueben que son aptos y sean conservados o no, depende de las influencias selectivas de los valores, la organización, la tecnología y el medio ambiente. Con cada sistema ejerciendo una presión selectiva sobre cada uno de los otros, todos coevolucionan para reflejarse a sí mismos. De esta manera todo se conecta, aunque todo está cambiando constantemente.

El desarrollo agrícola coevolutivo ha estado llevándose a cabo por milenios. El surgimiento del cultivo del arroz en el Sudeste Asiático es un ejemplo instructivo. La práctica extensiva de la agricultura basada en la tala y la quema se abandonó gradualmente, conforme a la investigación realizada en diques, terrazas y sistemas de suministro de agua, durante siglos. Los beneficios de la transformación ecológica hacia el cultivo de arroz se hizo presente en la forma de un mejor control de las malezas y una mayor retención de nutrientes. Sin embargo, la transformación no fue unilateral. También el sistema social evolucionó para mantener la transformación ambiental. Los mecanismos sociales que reforzaban el comportamiento individual en el que se basaba la transformación ambiental, evolucionaron selectivamente. En resumen, el mantenimiento y la continuación de la transformación ambiental fueron sustentadas por complejas organizaciones sociales para el control de las aguas, derechos a la tierra e intercambios de mano de obra; los sistemas sociales y ambientales coevolucionaron conjuntamente, cada uno reflejando al otro. De igual manera se seleccionaron nuevas tecnologías, nuevos valores y nuevas formas de conocimiento

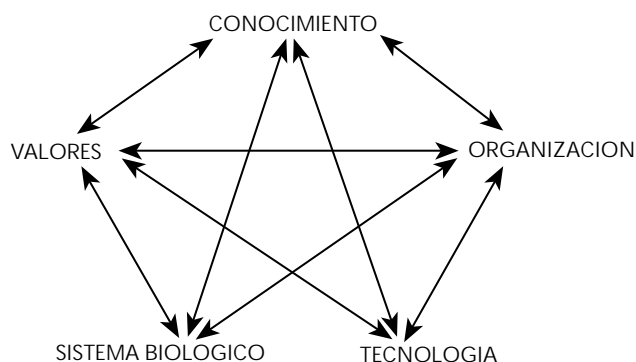


FIGURA 2.1 La coevolución del conocimiento, los valores, la organización social, la tecnología y los sistemas biológicos.

a la luz de la coevolución entre organizaciones ambientales y sociales. Los sistemas de explotación agrícola desde la tala, tumba y quema en los bosques tropicales hasta los sistemas modernos de energía intensiva en las regiones templadas, pueden entenderse como sistemas coevolucionados.

La perspectiva coevolucionista pone en relieve que los sistemas agrícolas se deben considerar como sistemas integrales. Enfatiza también que los sistemas agrícolas tradicionales no son estáticos. Ellos han estado evolucionando por milenios y a veces incluso han mejorado. La perspectiva coevolucionista pone a las personas y a su forma de pensar dentro del proceso. Demuestra, por ejemplo, cómo los agroecosistemas modernos reflejan las premisas científicas convencionales. Las plagas de la agricultura moderna han coevolucionado con los plaguicidas, que han sido aplicados bajo la premisa de que las plagas podían combatirse individualmente aparte del sistema, como un todo.

Una de las características más importantes de la perspectiva coevolucionista es que otorga legitimidad al conocimiento cultural y experimental de los agricultores. Sus formas de razonamiento pueden no traducirse como formas de razonamiento científico, pero el «cómo y qué» entendido por ellos ha probado ser apto para su sistema y puede usarse para comprender ese sistema. Con una perspectiva coevolucionista en mente, los agroecólogos pueden superar el vago adoctrinamiento que recibieron como estudiantes sobre la superioridad de la ciencia convencional, pueden sentir verdadero respeto por la sabiduría de los agricultores, combinando sus conocimientos con nuevas formas de conocimiento y trabajar juntos eficazmente. La perspectiva entrega una fuerte base filosófica para las investigaciones participativas y para la incorporación de agricultores en el proceso de investigación, técnica que los agroecólogos utilizan cada vez más.

Mientras los agrónomos convencionales han tratado de diseñar sistemas agrícolas más completos, la perspectiva coevolucionista acentúa que la adopción de tecnologías agrícolas es un problema selectivo de adaptación a otros sistemas. Se pueden diseñar mejores tecnologías agrícolas si se está atento sobre cómo éstas podrían interactuar con otros sistemas, pero las complejidades de tales interacciones sugieren que los científicos ser debieran considerar como experimentadores que podrían influenciar y acelerar el proceso coevolucionista introduciendo múltiples mutaciones, de las cuales sólo algunas probarán ser idóneas. En un mundo coevolutivo, los improvisadores son más eficientes que los grandes diseñadores. Los sistemas sociales y ambientales coevolucionan constantemente, pero el rumbo del cambio coevolucionista no siempre puede ser benéfico para la gente o el ambiente de la gente en el futuro.

Los patrones coevolutivos pueden cambiar significativamente, por ejemplo, a través de:

1. Un cambio exógeno en el ecosistema.
2. Nuevo conocimiento sobre cómo interactuar con un ecosistema.
3. Un subsidio desde (o la transferencia a) otra región.
4. Una redistribución del poder en el sistema social.

La perspectiva coevolucionista no nos da ciertamente la ilusión de que tenemos el poder de diseñar nuestro futuro. Sin embargo, somos parte del proceso. Esto indica que al estar alerta respecto del proceso de cambio, podemos intervenir más efectivamente en él, facilitando cambios coevolucionistas que favorecen a la gente y la sustentabilidad ambiental.

Interpretación coevolucionista del desarrollo agrícola convencional en América Latina

La modernización agrícola en América Latina a través de tecnologías convencionales, trajo consigo incrementos en la productividad agrícola y utilidades en divisas. Aquellos productores cuyas tierras y posición socioeconómica eran compatibles con las tecnologías agrícolas convencionales se han integrado totalmente a la economía de mercado. Pero la modernización también ha sido cultural, ecológica y socialmente un proceso disociador. En nombre del progreso los agroecosistemas se han transformado, se han distorsionado las culturas tradicionales y se han cambiado fundamentalmente las estructuras sociales. Los campesinos sin un acceso suficiente a la tierra y a otros recursos productivos, no encajaron dentro de las condiciones ecológicas y socioeconómicas de la agricultura convencional y permanecieron fuera de la dinámica del desarrollo rural. El número de campesinos en América Latina, se incrementó en un 43,6% entre 1950 y 1980 (de Janvry et al. 1989). Cerca de 1980, aproximadamente el 22,5% de la población latinoamericana pertenecía a los pobres rurales. Esto correspondía porcentualmente a que dos tercios de la población rural se encontraba en la pobreza en todo el continente y hasta un 85% en algunos países (FAO 1988). Alrededor del 40% de la población rural ni siquiera era capaz de cubrir sus necesidades básicas de alimentación.

El sector alimentario de América Latina se ha vuelto sumamente dependiente de las importaciones de productos agrícolas, insumos y maquinaria para el procesamiento de los alimentos (de Janvry et al. 1988, FAO 1988, Redclift y Goodman 1991). La mayoría de los países, incluso aquellos que poseen buenas condiciones geográficas y climáticas para la agricultura, tales como México (Toledo 1985, Calva 1991), tienen que importar parte de sus requerimientos alimenticios, como cereales y otros alimentos básicos. La distribución de alimentos ha sido bastante dispareja, como lo indica la alta incidencia de desnutrición de hasta un 40% de la población en los casos de Perú, Honduras y Guatemala. La inestabilidad en la producción y en el consumo alimenticio ha aumentado en los últimos años. Aunque la cantidad de campesinos ha aumentado en toda América Latina, su participación en la producción agrícola total ha ido decreciendo. Se estima que todavía el 41% de todos los productos se originan en familias campesinas y explotaciones agrícolas.

La modernización también ha acarreado un daño ambiental masivo (FAO 1988, LACDE 1990). La colonización, extracción y actividades de producción agrícola han creado perturbaciones y transformaciones masivas, especialmente en bosques tropicales. La sobreexplotación de recursos naturales debido a la pobreza, el abandono de las prácticas agrícolas tradicionales y la transformación masiva del medio ambiente en las áreas de colonización reciente, ha provocado erosión, pérdida en la fertilidad del suelo y sedimentación aguas abajo. Se han erosionado los recursos genéticos, comprometiendo: (1) los cultivos primitivos y especies de animales adaptadas, los que evolucionaron durante siglos como parte de culturas tradicionales; (2) las plantas silvestres y las especies de animales no manipuladas; (3) progenitores silvestres y miembros de familias de plantas domésticas que se usan actualmente. Se han sobreutilizado y/o utilizado inadecuadamente fertilizantes, insecticidas y herbicidas, ejerciendo efectos directos en la salud del hombre por la toxicidad y consecuencias más indirectas por el daño ecológico. En muchos casos, la destrucción ambiental y la pobreza rural están estrechamente ligadas como un proceso de dos vías; por una parte, los pobres están forzados a sobreexplotar sus recursos básicos debido a la presión económica. Por la otra, los campesinos que son

empujados a vivir en ambientes marginales están reprimidos por la productividad limitada de sus recursos básicos.

La modernización no ha alcanzado a los campesinos de escasos recursos en América Latina. Ha aumentado la productividad agrícola y la producción total, pero también ha traído consecuencias ambientales y sociales significativas en muchas regiones. La modernización no ha tenido éxito en el mejoramiento de la agricultura campesina, puesto que ha dependido de tecnologías que desplazan la naturaleza y aumentan las distancias entre los procesos sociales y ecológicos.

Las prácticas agrícolas convencionales desplazan a la naturaleza. La conservación necesita un cambio desde el ecosistema hacia el sistema social. Sustitutos de fertilizantes producidos industrialmente para las relaciones entre las plantas y las bacterias que fijan el nitrógeno, saturan a los agroecosistemas en vez de trabajar con ellos. Plaguicidas e insecticidas reemplazan los mecanismos de equilibrio natural, ejercido por depredadores y parásitos. Las medidas institucionales cada vez más complejas, por ejemplo, seguros y mercado a futuro, reemplazan métodos de control de riesgos que poseen una base ecológica.

La importancia relativa de las características del agroecosistema varía desde sistemas agrícolas, que tienden a ser productivos y estables y aún conservan un alto grado de sustentabilidad, hasta los sistemas de explotación agrícola caracterizados por alta productividad, pero con baja sustentabilidad y estabilidad. La investigación agrícola en América Latina se ha concentrado en la agricultura de zonas templadas en tierras planas, con suelos caracterizados por su alta capacidad de tampón (buffering) (de Janvry y Dethier 1985, Freire de Souza et al. 1985, Piñeiro y Trigo 1983). Se han producido paquetes tecnológicos simples adecuados sólo para ambientes uniformes, organizados de acuerdo a cultivos y componentes agrícolas específicos, ignorando o trabajando contra los procesos ecológicos.

Las prácticas agrícolas modernas también aumentan las distancias entre los procesos sociales y ecológicos. El desarrollo agrícola convencional ha transformado los lazos entre productores y consumidores, proyectistas y beneficiarios, investigadores y los que practican la agricultura con lazos más indirectos y más distantes, proceso que se puede entender como «distanciamiento». Las decisiones agrícolas modernas están basadas en señales transmitidas a través de los mercados de capitales y productos. Los aumentos de la producción están respaldados por subsidios desde regiones lejanas, la mayoría de las veces a través de hidrocarburos fósiles. El manejo del riesgo se traslada desde los productores individuales a los comerciantes en los mercados regionales y mundiales, reduciendo el riesgo total a los consumidores, pero aumentando la vulnerabilidad de los productos individuales. Las tecnologías modernas convencionales son muy intensivas científicamente hablando, y el conocimiento agrícola es generado por expertos especializados, que dirigen investigaciones de experimentos controlados en laboratorios y en estaciones experimentales. La centralización de las investigaciones en centros de investigación nacionales e internacionales ha ignorado la diversidad de los medios ambientes locales. También ha hecho que la programación de la investigación sea muy susceptible a las presiones políticas externas, en vez de incorporar mecanismos de retroalimentación de los extensionistas y agricultores en los procesos de investigación (Piñeiro y Trigo 1983, de Janvry y Deither 1985).

Los esfuerzos de desarrollo rural y agrícola se han planificado en centros urbanos. Recientemente los programas de desarrollo rural dirigidos desde el exterior tomaron

la forma de programas de desarrollo rural integrado (DRI). Los programas DRI fueron motivados por la aparente falla de los esfuerzos previos de desarrollo para atacar los problemas de pobreza rural, que actúan en forma aislada de sus contextos sociales (Lacroix 1985, FAO 1988, Martínez 1990). La complejidad institucional y los costos para facilitar el desarrollo rural aumentó. Sin embargo, los programas DRI no pudieron superar las deficiencias de los esfuerzos de desarrollo que son guiados por fuerzas distantes. Las agencias no lograron implementar los planes centralmente concebidos y fueron incapaces de llegar hasta los miembros más pobres de la sociedad. La concentración en los componentes técnicos los condujo a descuidar el componente humano del desarrollo. Carecieron también de una perspectiva a largo plazo en el desarrollo de actividades para solucionar problemas y fueron ineficaces en la creación de la capacidad para resolver problemas entre los pobres de las áreas rurales.

En resumen, la agricultura moderna incrementa el distanciamiento entre los productores y consumidores, proyectistas y beneficiarios, investigadores y los que practican la agricultura. Las prácticas agrícolas desplazan los procesos en el sistema ecológico en vez de trabajar con ellos. Así, el sistema social debe invertir y mantener mecanismos institucionales mundiales cada vez más complejos para regular sus interacciones con el sistema ecológico. Bajo la presión selectiva de las prácticas agrícolas modernas convencionales, los agroecosistemas y las estrategias agrícolas que eran únicas a ciertas culturas y ecosistemas, se homogeneizaron en el proceso de globalización. Esta senda de desarrollo ha probado ser exitosa en países industrializados y para agricultores del tercer mundo de zonas templadas ricas en recursos. La modernización de la agricultura mediante tecnologías convencionales no ha promovido, sin embargo, el desarrollo para la mayoría de los agricultores de América Latina.

Las condiciones para el desarrollo rural en los años 90

Los pobres de las áreas rurales de América Latina viven en circunstancias muy heterogéneas. Los ambientes ecológicos locales se extienden en casi todas las 103 zonas de vida, identificadas por Holdridge (FAO 1988). La población indígena conformada por cientos de grupos étnicos, constituye una gran parte de los campesinos en muchos países. Además, la modernización influyó de diferentes maneras en los medios de vida rurales, transformando y diferenciando el sector campesino tradicional.

Los medios ambientes locales en América Latina muestran variaciones significativas (Tabla 2.2). Cada ambiente impone diferentes limitaciones a la producción y brinda distintas oportunidades para que los agricultores locales exploten la fertilidad natural. En la mayoría de los países las tierras sin mayores restricciones para la agricultura moderna, aquellas tierras que tienen un período de crecimiento de más de 9 meses y no tienen limitaciones físicas o de fertilidad, son escasas. Los rurales pobres a menudo son empujados hacia tierras marginales y frágiles, tales como laderas empinadas (de Janvry y García 1988, FAO 1988). Las tierras marginales son tierras que tienen restricciones ambientales considerables y/o baja productividad si son manejadas con prácticas agrícolas convencionales (Denevan y Padoch 1987). Las tierras frágiles, son tierras que sufren un deterioro significativo si no son cultivadas siguiendo principios apropiados.

La diversidad en oportunidades y restricciones ecológicas para el desarrollo se ha traducido en sistemas variados y diferenciados del uso de recursos embebidos por diversas culturas. Existen más de 460 grupos étnicos en América Latina (FAO 1988).

Bolivia (95%), Perú (73,1%), Guatemala (81,3%), Ecuador (58,4%) y México (36%) que muestran una alta presencia de grupos indígenas en las áreas rurales.

Numerosos estudios de casos hechos por investigadores occidentales han recopilado los complejos sistemas indígenas de manejo de laderas, suelo, plagas, vegetación, con los cuales los agricultores tradicionales han hecho un uso efectivo y eficaz de los ecosistemas locales heterogéneos (Altieri y Hecht 1989, Browder 1989, Gliessman 1990). Sus testimonios demuestran la habilidad única de muchos grupos indígenas para diseñar estrategias sustentables de sobrevivencia en ambientes complejos en un juicio de 100 años largos y lleno de errores.

Puesto que los sistemas agrícolas tradicionales están fuertemente entrelazados con la organización social, los valores, el medio ambiente y la tecnología, las presiones sobre esos componentes presentan una grave amenaza a la sobrevivencia de las poblaciones indígenas y sus estrategias agrícolas.

La modernización ha aumentado las diferencias entre las personas, dando por resultado un aumento en la heterogeneidad en las estrategias campesinas de subsistencia. La tierra y otros insumos productivos han sido distribuidos en forma dispereja y los grados de integración al mercado y la disponibilidad de empleos fuera de la explotación agrícola varía a través de las regiones (de Janvry et al. 1988, FAO 1988, Gutman 1988). Se pueden identificar dos grupos principales entre los pobres rurales de acuerdo a su acceso a la tierra (FAO 1988): (1) pequeños agricultores, «minifundistas», que manejan propiedades basándose en el trabajo familiar y sólo ocasionalmente buscan oportunidades de empleo fuera de su propio campo. Los minifundios constituyen la mitad de los campos en la agricultura latinoamericana y un 42% de la población rural como promedio; (2) los trabajadores sin tierra tienen acceso limitado o ninguno a la tierra y obtienen sus ingresos de otras fuentes que no son sus propios terrenos. El número de campesinos sin tierra está aumentando constantemente (de Janvry et al. 1989). Adicionalmente, las diferencias de edad y sexo dificultan aún más las estrategias de sobrevivencia hogareña. En años recientes se ha incrementado considerablemente la participación de la mujer en la población rural económicamente activa (FAO 1988). Entre un 15% y un 30% de los hogares rurales tienen como jefe de familia a la mujer. La edad es importante puesto que hombres y mujeres jóvenes entre los 15 y 24 años, con frecuencia no encuentran oportunidades de trabajo en las áreas rurales.

La diversidad ecológica, cultural y socioeconómica se refleja en las diversas estrategias de sobrevivencia empleadas por los rurales pobres. Para acomodar esta heterogeneidad, cualquier enfoque al desarrollo rural en Latinoamérica necesita integrar estrategias tecnológicas y organizaciones flexibles para satisfacer la necesidad de los pobres en las áreas rurales. No es tan sólo el que el campesino latinoamericano sea heterogéneo, también ha sido marginado por la modernización.

Los campesinos sufren de marginalización económica, política, cultural y ecológica. Las políticas, precios y servicios agrícolas gubernamentales, favorecen a los productores mayoristas. Los intereses campesinos no están adecuadamente representados en el proceso político. Las barreras lingüísticas y étnicas impiden el acceso de la población indígena al sistema social, que es dominado por la cultura mestiza. Los pequeños agricultores han sido conducidos gradualmente a tierras frágiles con grandes limitaciones para la producción agrícola.

Las permanentes inclinaciones socioeconómicas e institucionales contra los pobres rurales, certifican su marginalización política y económica durante las últimas

TABLA 2.2 Principales ambientes agrícolas y factores de stress ecológico.

Medio Ambiente Agrícola	Proporción de la Tierra	Principales Factores de Stress Ecológico
Zona tropical húmeda	34.4%	Suelos frecuentemente ácidos de baja fertilidad; alta incidencia de plagas y enfermedades en las plantas.
Zona tropical húmeda y subtropical con suelos ácidos	10.8%	Baja fertilidad de suelo, baja retención de nutrientes en el suelo.
Zona tropical semiárida y subtropical	13.9%	Escasez de agua; períodos secos variable.
Tierras húmedas, pantanosas	11.5%	Drenaje deficiente.
Tierras en laderas	18.4%	Problemas de erosión, precipitación, temperatura y fertilidad de los suelos.
Tierras sin mayores limitaciones	3.4%	

Fuente: FAO (1988)

décadas (de Janvry et al. 1988, FAO 1988). En los años sesenta y setenta durante la industrialización, se llevaron a cabo políticas de «comida barata» para subsidiar el desarrollo proveniente de la ciudad. La población rural sirvió principalmente como una gran reserva de mano de obra para el desarrollo industrial con base en la ciudad. Las políticas que apuntaban al incremento de la producción de productos agrícolas se inclinaron hacia los hacendados agrícolas medianos y grandes. Durante los años 80, las tendencias al incremento en la concentración de tierras y en la disminución del tamaño promedio de las pequeñas explotaciones agrícolas, ha prevalecido. El acceso diferenciado a los créditos, subsidios de producción y consumo, precios garantizados, sistemas de otorgamiento de insumos y bienes públicos cedidos por el gobierno (infraestructura, irrigación, etc.), ha intensificado la dicotomía existente en la estructura agraria. A finales de los años 80, los minifundios ocuparon sólo el 3% del total de la tierra agrícola, aunque abarcaban la mitad de las unidades productivas en la agricultura latinoamericana y el 42% de la población rural. En el desarrollo latinoamericano, el campesinado ha funcionado esencialmente como un «gran sector de refugiados que destaca las fallas en el desarrollo del resto de la economía» (de Janvry et al. 1989).

En América Latina, como en otras partes del mundo, la modernización ha estado asociada con industrias y centros urbanos y con una falta de desarrollo de la sociedad agraria rural, particularmente de las poblaciones indígenas. Las instituciones legales nacionales han sido un mecanismo de marginalización extremadamente eficaz al reforzar el predominio de las normas e intereses urbanos (FAO 1988). La población indígena sufre de una doble discriminación como pobres de áreas rurales y como una cultura apartada de la cultura predominante. La barrera más visible para la integración es la del lenguaje. El conocimiento del pueblo indígena no se ha reconocido como válido por el paradigma científico occidental predominante. En las regiones donde están concentrados los grupos indígenas prevalecen altas tasas de pobreza y alarmantes indicadores de bajos estándares de vida (FAO 1988). El establecimiento

y la imposición de áreas reservadas aún se ven como la mejor manera para resguardar las culturas indígenas y sus agroecosistemas de las fuerzas destructivas de la sociedad moderna, en la que no hay espacio para ellos (LACDE 1990).

La marginalización económica, política y cultural va a menudo de la mano de la marginalización ecológica de los rurales pobres que son erradicados a tierras frágiles marginales (FAO 1988, de Janvry y García 1988). Para esas personas, la pobreza y la degradación ambiental, se fomentan la una a la otra en un proceso de retroalimentación. En muchas áreas, los agricultores de pocos recursos abandonan sus prácticas sustentables, empujados por la comercialización de la producción agrícola y el dominio de técnicas agrícolas modernas. Pierden el conocimiento y la base de los recursos que sustentó la producción agrícola por siglos. Con frecuencia, los pobres son erradicados a áreas que ecológicamente son inservibles para el cultivo o que son extremadamente frágiles, tales como zonas áridas o regiones con tierras de laderas escarpadas. Debido a la presión económica para sobreutilizar la base de los recursos, estos campesinos caen en un círculo vicioso de daño ecológico del medio ambiente que los mantiene. Mientras actúan racionalmente en relación a los cambios en su condición socioeconómica y/o física, sus acciones inhiben su propia reproducción en el largo plazo.

La marginalización resalta dos aspectos importantes del sector rural en América Latina. En primer lugar, los campesinos son agricultores de pocos recursos no sólo en un sentido ecológico, sino que también socioeconómico; sus condiciones de vida están sustentadas por algunos recursos económicos, políticos y culturales. Los estabilizadores ecológicos o socioeconómicos que protegen las condiciones de vida campesina de las perturbaciones provocadas por los cambios en su ambiente ecológico y social, son débiles. En segundo lugar, las fuerzas distantes y externas impactan fuertemente y deforman la coevolución local entre el ecosistema y el sistema social, puesto que los campesinos están excluidos de una verdadera participación en los procesos económicos, sociales y culturales que los afectan.

La aparición de las ONGs agroecológicas

Las deficiencias de las estrategias de desarrollo agrícola convencional requieren de un enfoque más amplio hacia el desarrollo rural. En América Latina, las ONGs agroecológicas se han desarrollado centrándose alrededor de un entendimiento agroecológico de los sistemas agrícolas (Tabla 2.3). Aunque muchos proyectos carecen de evaluaciones oficiales, existen sólidas pruebas de que las ONGs han producido y adaptado innovaciones tecnológicas que contribuyen significativamente a mejorar las condiciones de vida de los campesinos (Altieri 1992, Thiele et al. 1993, Bebbington y Thiele 1993). Las innovaciones tecnológicas de las ONGs a menudo han sido restringidas por la carencia de técnicos expertos, forzándolas a buscar la ayuda de otras ONGs, organismos del sector público o manifestándose como deficiencias en los proyectos. Aún así los proyectos agroecológicos han incrementado la seguridad alimenticia de los campesinos, han reforzado la producción de subsistencia, han generado recursos de ingreso y han mejorado la base de los recursos naturales. Ellas han logrado estos éxitos con la ayuda de estructuras institucionales innovadoras y de metodologías novedosas para trabajar con comunidades rurales.

Las ONGs agroecológicas han desarrollado un método para la generación y divulgación de la tecnología, que genera nuevos conocimientos y ayuda a adaptar la información técnica a las estrategias de subsistencia campesina. Los objetivos de las ONGs en los programas de investigación y desarrollo, incluyen:

1. El mejoramiento de la producción de alimentos básicos.
2. El uso eficiente de recursos locales y la reducción de insumos externos.
3. El rescate y la reevaluación de sistemas agrícolas indígenas.
4. El incremento de la diversidad de cultivos y animales.
5. El mejoramiento de la base de los recursos naturales (Altieri y Yurjevic 1991).

Las ONGs siguen generalmente un planteamiento integral que combina el desarrollo y la divulgación tecnológica, con otras actividades que apuntan a atacar otros factores que restringen el desarrollo de las condiciones de vida de los campesinos. Por ejemplo, algunas dan créditos, tratan de fortalecer las capacidades organizativas de los campesinos, exploran las oportunidades de mercado y entregan servicios de salud preventiva.

TABLA 2.3 Cuatro ejemplos de actividades agroecológicas de ONGs en América Latina.

Preservación de sistemas tradicionales de producción de algodón en Brasil: El Centro Brasileño de Tecnologías Alternativas de Ouricouri (CTAO), comenzó por identificar un sistema de explotación de algodón que probó ser adaptable para reducir los niveles de una plaga de insectos sin el uso de plaguicidas. CTAO ha determinado las razones de esta adaptabilidad encuestando a 73 agricultores y actualmente está desarrollando sistemas agrícolas de bajos insumos, basado en principios de control biológico para zonas con altos niveles de daño económico causado por la incidencia de insectos. Veinte agricultores colaboran como co-investigadores en experimentos de campo (AS-PTA/CTAO 1992).

Producción de hortalizas en el Altiplano Boliviano: El Centro de Servicios Múltiples de Tecnologías Apropriadas (SEMTA), promueve la producción de hortalizas en pequeña escala en invernaderos artesanales. El sistema fue desarrollado por SEMTA, para manejar el cultivo de hortalizas frente a las duras restricciones ambientales en el altiplano (bajas temperaturas, estaciones con escasez de agua, suelos de baja fertilidad). Sólo utilizando recursos disponibles localmente, ellos logran cultivar hortalizas durante todo el año. Las estrategias de divulgación del SEMTA se basan en centros comunitarios que sirven para fines de entrenamiento, demostración e investigación (SEMTA 1992).

Programas orientados al consumo para los campesinos sin tierra: El Centro de Educación y Tecnología (CET) de Chile, desarrolló técnicas de huertos para la población rural y semirural con sólo pequeñas porciones de tierra cerca de sus casas para reducir los gastos de alimentación y mejorar sus estándares de vida. El CET comenzó con el mejoramiento de las dietas locales mediante jardinería orgánica, secadores solares, hornos de barro, agricultura y cría de aves. Más tarde, las ONGs incluyeron otros componentes del sistema de subsistencia, tales como el mejoramiento de pozos y viviendas por medio de bombas y programas del tipo «hágalo Ud. mismo».

Creación de instituciones regionales: El Consorcio Latinoamericano de Agroecología y Desarrollo (CLADES), reúne once ONGs que aplican métodos agroecológicos en el desarrollo rural. La mayoría de las instituciones miembros apoyan un proceso de capacitación de las bases, usando conceptos y métodos de educación popular desarrollado por los mismos participantes de estas escuelas rurales. La propia estructura del CLADES refleja el carácter de base de la agroecología, enfatizando la autonomía y la competencia controlada entre sus instituciones miembro. De este modo, la red de ONGs regionales reflejan una estrategia para dimensionar los esfuerzos individuales de las ONGs, poniendo énfasis en la especificidad institucional (preparación técnica, divulgación de experiencias agroecológicas) y principios tecnológicos, en vez de paquetes tecnológicos (Altieri y Yurjevic 1989).

Desde una perspectiva institucional, las ONGs agroecológicas funcionan como instituciones intermediarias que forjan lazos entre el campesinado, por un lado, y el gobierno e instituciones donantes, por otro. Aunque algunas ONGs trabajan para desarrollar sistemas mejorados de cultivos para la producción comercial la mayoría de las ONGs entregan servicios a campesinos que subsisten pobremente, viviendo en situaciones ecológicas y socioeconómicas muy heterogéneas. Ellas han sido guiadas por un compromiso explícito de participación y fortalecimiento de los pobres en áreas rurales. Con frecuencia las ONGs concitan a la agroecología, su agenda tecnológica y a la participación, como íntimamente conectadas, lo que conduce a un proceso de desarrollo autosustentado basado en la capacidad técnica y organizativa propia de los campesinos. En su trabajo de base, ellas han experimentado con metodologías nuevas de investigación y desarrollo agrícola participativo, combinando investigaciones aplicadas en estaciones de investigación, estudios de campo y difusión tecnológica. Su proximidad a los beneficiados les ha permitido sensibilizarse ante las necesidades de los pobres de áreas rurales, contratando en forma progresiva a un gran número de profesionales universitarios. Crearon la capacidad para llevar a cabo un trabajo y/o investigación agrícola aplicado en varias regiones de sus países.

Las ONGs promueven sus programas agroecológicos de múltiples formas. Además de suministrar investigaciones agrícolas independientes y proyectos de desarrollo rural, las ONGs agroecológicas divulgan sus tecnologías a otras ONGs y organismos gubernamentales de extensión. Por ejemplo, algunas ONGs entrenan personal de organismos gubernamentales de otras ONGs y paratécnicos de comunidades rurales, los cuales no se encuentran incluidos directamente en sus programas agroecológicos de desarrollo. En algunos países, las ONGs se han convertido en instituciones bastante poderosas e intentan abogar por cambios en las políticas gubernamentales a nivel nacional, regional y local. Trabajan también para influenciar la agenda de investigación de organizaciones agrícolas de investigación nacionales e internacionales, las prioridades de financiamiento de las agencias donantes internacionales y los currículos universitarios. Para estos propósitos y para coordinar actividades de capacitación técnica e investigación, las ONGs han implementado redes nacionales, regionales e internacionales, tales como el acuerdo de Colina en Chile, la red AS-PTA en Brasil y el CLADES en todo América Latina. En respuesta a estos esfuerzos algunos agentes donantes tales como la Interamerican Foundation (EE.UU.) y el ICFID (Canadá), han reorientado sus prioridades de financiamiento hacia la agroecología. La agroecología también ha llegado hasta las universidades latinoamericanas y a los programas de investigación de los centros de investigación internacionales (Bebbington y Thiele 1993).

La Agroecología en el desarrollo coevolucionista

La heterogeneidad y marginalización de las estrategias de subsistencia de los campesinos desafía cualquier enfoque al desarrollo rural en América Latina. Las ONGs que aplican métodos agroecológicos, han respondido a este desafío con una perspectiva tecnológica que es radicalmente diferente del desarrollo agrícola convencional. Las tecnologías agroecológicas fortalecen los procesos ecológicos autóctonos en vez de pasar por encima de ellos. Las estructuras institucionales que sustentan la investigación y el desarrollo, reenlazan el sistema social al sistema ecológico para permitir la coevolución local. La agroecología inicia el desarrollo agroecológico coevolucionista mediante los siguientes procesos:

1. Conceptualizando la agricultura como un proceso que sigue principios ecológicos, provee nuevos conocimientos sobre el comportamiento y manejo de distintos agroecosistemas.

2. El poder se distribuye en el sistema social a través de las instituciones descentralizadas y de la participación popular.

La tecnología agroecológica es receptiva a la heterogeneidad de las condiciones locales para la agricultura en América Latina. Los agroecólogos buscan dirigir investigaciones sobre los principios ecológicos que gobiernan el campo agrícola. Ellos esperan que las investigaciones sirvan para entregar pautas generales, pero no recomendaciones en detalle, para el diseño y manejo de agroecosistemas. Por ejemplo, realizando estudios de casos sobre el manejo de malezas, los agroecólogos intentan determinar principios ecológicos generales que regulan la dinámica de las malezas y las interacciones de éstas en los agroecosistemas. Los hallazgos ayudan a establecer planteamientos para analizar combinaciones específicas de cultivo/maleza en agroecosistemas locales y para desarrollar directrices flexibles en el diseño de sistemas agrícolas. Los agroecólogos pueden traducir, para cada circunstancia, los principios generales que regulan la dinámica de las malezas en recomendaciones apropiadas para condiciones locales específicas. De esta forma, la investigación agroecológica es capaz de desarrollar y adaptar tecnologías a condiciones ecológicas marginales.

Los agroecólogos reemplazan el predominio de la tecnología extranjera con tecnologías que se adaptan a condiciones ecológicas locales y específicas, así como también a variaciones en el sistema social. La agricultura campesina no se transformará, pero su viabilidad bajo las condiciones políticas y socioeconómicas existentes será mejorada. Así, la agroecología reconoce la dependencia de los objetivos de producción del contexto cultural y socioeconómico específico. En el contexto de campesinos de escasos recursos, esto implica frecuentemente enfatizar la estabilidad y la sustentabilidad de la producción agrícola y la seguridad alimentaria durante todo el año, en la misma forma que se enfatiza la productividad. Los agroecólogos han demostrado la integridad de los sistemas de subsistencia de los campesinos y reconocen sus subsistemas interdependientes (campos de cultivo, huerto, preparación de alimentos, empleos fuera del campo, etc.). Los proyectos integran, frecuentemente, las diferentes etapas de la producción agrícola, apoyando, por ejemplo, a los agricultores en la compra de insumos.

Con frecuencia, los agroecólogos tratan de reducir la dependencia de los campesinos de las fuerzas externas y fortalecer los débiles factores estabilizadores que protegen a los rurales pobres de cambios perjudiciales inherentes a su medio social. El énfasis agroecológico en el uso de los recursos locales disponibles ayuda a reducir la necesidad de insumos externos controlados por fuerzas externas. Puesto que los campesinos carecen de la red de seguridad institucional para reducir al mínimo el riesgo que protege a la agricultura comercial, la reducción de éstos se convierte en el objetivo central del diseño agroecológico de un sistema de producción. Por ejemplo, a menudo los agroecólogos recomiendan reemplazar el uso de fertilizantes químicos por fertilizantes orgánicos. Lo han hecho de esta forma por los altos costos monetarios de los productos químicos para los agricultores de escasos recursos. El uso de fertilizantes orgánicos disponibles localmente, aumenta la estabilidad y las condiciones de vida de los campesinos y mejora la productividad de sus tierras en el largo plazo.

Las instituciones agroecológicas protegen los procesos locales contra las fuerzas disociadoras distantes para permitir la coevolución local entre los sistemas sociales y ecológicos. Los campesinos son incorporados al proceso de generación y divulgación de la tecnología. Generalmente las ONGs son pequeñas y entregan una considerable autonomía a las decisiones tomadas a nivel local. Aunque los agroecólogos han formado organizaciones a nivel nacional e internacional, han reconocido explícitamente la necesidad de salvaguardar la receptividad a las circunstancias locales. La cercanía a los beneficiarios, a las actitudes y a las capacidades personales, aseguran la receptividad de los agroecólogos a las necesidades locales mediante flujos de información recíproca y procesos internos de aprendizaje.

La formación de instituciones agroecológicas, acerca más a los diferentes actores que participan en la generación de tecnología y conocimientos. La integración de los procesos de investigación aplicada, ensayos adaptables, divulgación y uso de la tecnología, facilitan procesos de retroalimentación más cercanos entre las diferentes fases de desarrollo y la transferencia de tecnología. Nuevos conocimientos sobre los sistemas agrícolas e información sobre las condiciones locales específicas, se generan mediante una mayor interacción entre agricultores, investigadores y extensionistas. Los rurales pobres son reconocidos como actores racionales que han formulado estrategias de subsistencia como respuesta a las condiciones ecológicas y sociales que los rodean. Son además considerados como actores claves en la adaptación de tecnología a su situación específica y las ONGs han desarrollado metodologías que facilitan su participación en la investigación y el desarrollo.

La participación de los agricultores se ha convertido en una parte esencial de la investigación agroecológica y de los proyectos en desarrollo. La habilidad de los agricultores es un objetivo explícito en la mayoría de los proyectos. Por lo general, la tecnología agrícola potencializa a los campesinos organizando sus conocimientos agrícolas, mejorando sus habilidades técnicas y fortaleciendo su capacidad para adaptarse a nuevas tecnologías. Además, muchas ONGs hacen hincapié en las tecnologías que fortalecen la capacidad de grupo y capacitan agricultores como paratécnicos. Por ejemplo, la divulgación de las innovaciones tecnológicas, se basan generalmente en modelos de extensión de agricultor a agricultor.

No obstante, los agroecólogos utilizan dos perspectivas diferentes para la participación de los campesinos en sus proyectos (Sikor 1994). Algunas ONGs buscan que los campesinos se involucren activamente en sus proyectos, dado que la tecnología agroecológica es intensiva en cuanto a la información. Los campesinos participan de ensayos en el campo y los investigadores tienen contacto directo y frecuente con los campesinos participantes. Otras ONGs consideran el desarrollo de la capacidad de los campesinos para adaptar innovaciones tecnológicas muy importantes en la transferencia de nuevas tecnologías. Ellas trabajan principalmente a través de organizaciones locales, dándoles a los campesinos la posibilidad de influir en la distribución de recursos del proyecto. En ambos casos, las ONGs agroecológicas han conectado con éxito el sistema ecológico y social para permitir la coevolución local. La fuerza se redistribuye en el sistema social hacia el nivel local. En el primer caso, sin embargo, las ONGs agroecológicas serán indispensables para el funcionamiento a largo plazo del sistema, requiriendo acuerdos institucionales muy complejos y costosos para sustentar la agricultura campesina. En el segundo caso, las ONGs son cruciales en la creación de un ambiente positivo que permita que se lleve a cabo el fortalecimiento. A la larga, sin embargo, el poder se redistribuye entre los campesinos, forta-

leciendo su capacidad de dirigir la coevolución local entre sistemas ecológicos y sociales, de una manera tal que mantiene la retroalimentación positiva neta entre ambos sistemas a través del tiempo.

Conclusiones

Es ingenuo presumir que si algo falla en la agricultura esto se puede corregir siguiendo su curso actual en forma más rápida o perseguir en forma intensa el paradigma del desarrollo convencional. Tampoco se pueden adaptar los métodos convencionales ya existentes para solucionar los nuevos problemas. Verdaderamente la agroecología es un enfoque diferente al desarrollo agrícola, puesto que está basada en premisas filosóficas más amplias que la agricultura convencional. No rechaza las actuales premisas dominantes, pero sí las modera con formas adicionales de comprender la explotación agrícola e implementando cambios rurales. Más aún, el ser metodológicamente pluralista confronta el hecho de que la lógica múltiple entrega más respuestas y que los juicios experimentales, como la toma de decisiones comunitarias, son necesarios para determinar qué cambios deben introducirse.

Se ha argumentado que un paradigma coevolucionista de desarrollo puede complementar el enfoque agroecológico. Por supuesto otros paradigmas también entregarán discernimientos útiles. No obstante, la fortaleza de los paradigmas coevolucionistas parece identificar alguna de las diferencias claves entre la agroecología y la agricultura convencional. El paradigma ilustra muy fácilmente la manera en que están entrelazados los sistemas ambiental y social, cada uno reflejando al otro, aún más, cada uno cambia en su respuesta al otro. Esto nos ayuda a entender porqué los cambios sociales y ambientales deben producirse al unísono. Demuestra fácilmente porqué los agroecólogos prefieren readaptar los sistemas agrícolas existentes en vez de volver a diseñar radicalmente la agricultura. Más aún, la perspectiva coevolucionista da legitimidad al conocimiento de los agricultores y ayuda a explicar el porqué deben incluirse en los cambios propuestos para ayudarlos.

Las tecnologías e instituciones que utilizan un enfoque agroecológico poseen un potencial significativo para resolver los problemas de la pobreza rural, inseguridad alimentaria y deterioro ambiental. Mientras gran parte del éxito de la agroecología ha ocurrido en los países en desarrollo, muchos de los mismos problemas ocurren en los países desarrollados, donde un enfoque agroecológico también debiera sustentar comunidades rurales.

Las ONGs Latinoamericanas aplicando métodos agroecológicos, han desarrollado un nuevo enfoque para la generación de tecnologías al desarrollo rural, facilitando el desarrollo coevolucionista. Las ONGs han actuado dentro de directrices políticas y socioeconómicas dadas, caracterizadas por la superioridad política de los grupos sociales urbanos, la fuerte dependencia de la región con la producción industrial, la ausencia de una distribución eficaz de tierras, los subsidios para los insumos agrícolas basados en combustibles fósiles y por el acceso limitado de los campesinos a los recursos políticos y económicos. Bajo estas condiciones, las técnicas de bajos insumos externos han probado ser en muchas circunstancias económicas, sociales, culturales y ecológicas, más apropiadas para aquellos agricultores que no han sido beneficiados por la agricultura convencional. Más aún, el enfoque agroecológico podría reemplazar parcial o totalmente a la agricultura convencional, dadas sus ventajas culturales y ecológicas.

Capítulo 3

El Agroecosistema: determinantes, recursos, procesos y sustentabilidad

Los términos agroecosistema, sistema agrícola y sistema agrario han sido utilizados para describir las actividades agrícolas realizadas por grupos de gente. Sistema de alimentación, en cambio, es un término más amplio que incluye producción agrícola, distribución de recursos, procesamiento y comercialización de productos dentro de una región y/o país agrícola (Krantz 1974). Obviamente, un agroecosistema se puede definir de muchas maneras, pero este libro se centra fundamentalmente en los sistemas agrícolas dentro de pequeñas unidades geográficas. De este modo, el énfasis está en las interacciones entre la gente y los recursos de producción de alimentos al interior de un predio o incluso un área específica. Resulta difícil delinear los límites exactos de un agroecosistema. Sin embargo, debería tenerse en mente que los agroecosistemas son sistemas abiertos que reciben insumos del exterior, dando como resultado productos que pueden ingresar en sistemas externos (Figura 3.1).

Una de las contribuciones importantes de la agroecología es llegar a algunos principios básicos relacionados con la estructura y función de los agroecosistemas:

1. El agroecosistema es la unidad ecológica principal. Contiene componentes abióticos y bióticos que son interdependientes e interactivos, y por intermedio de los cuales se procesan los nutrientes y el flujo de energía.

2. La función de los agroecosistemas se relaciona con el flujo de energía y con el ciclaje de los materiales a través de los componentes estructurales del ecosistema el cual se modifica mediante el manejo del nivel de insumos. El flujo de energía se refiere a la fijación inicial de la misma en el agroecosistema por fotosíntesis, su transferencia a través del sistema a lo largo de una cadena trófica y su dispersión final por respiración. El ciclaje biológico se refiere a la circulación continua de elementos desde una forma inorgánica (geo) a una orgánica (bio) y viceversa.

3. La cantidad total de energía que fluye a través de un agroecosistema depende de la cantidad fijada por las plantas o productores y los insumos provistos mediante su administración. A medida que la energía se transfiere de un nivel trófico a otro se pierde una cantidad considerable para la futura transferencia. Esto limita el número y cantidad de organismos que pueden mantenerse en cada nivel trófico.

4. El volumen total de materia viva puede ser expresado en términos de su biomasa. La cantidad, distribución y composición de biomasa varía con el tipo de organismo, el ambiente físico, el estado de desarrollo del ecosistema y de las actividades humanas. Una gran proporción del componente orgánico en el ecosistema esta compuesto de materia orgánica muerta (DOM), en el cual la mayor proporción esta compuesta de material de las plantas.

5. Los agroecosistemas tienden hacia la maduración. Estos pueden pasar de formas menos complejas a estados más complejos. Este cambio direccional es sin embargo

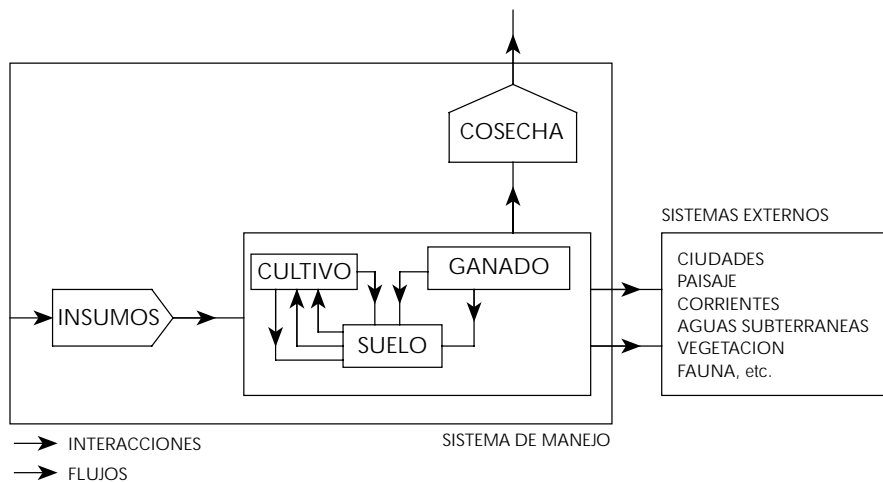


FIGURA 3.1. Estructura general de un sistema agrícola y su relación con los sistemas externos (según Briggs y Courtney 1985).

inhibido en la agricultura moderna al mantener monocultivos caracterizados por la baja diversidad y la baja maduración.

6. La principal unidad funcional del agroecosistema es la población del cultivo. Esta ocupa un nicho en el sistema, el cual juega un rol particular en el flujo de la energía y en el ciclaje de nutrientes, aunque la biodiversidad asociada también juega un rol funcional clave en el agroecosistema.

7. Un nicho dentro de un agroecosistema dado no puede ser ocupado simultánea e indefinidamente por una población autosuficiente de más de una especie.

8. Cuando una población alcanza los límites impuestos por el ecosistema, su número debe estabilizarse o, si esto no ocurre, debe declinar (a menudo bruscamente) debido a enfermedades, depredación, competencia, poca reproducción, etc.

9. Los cambios y las fluctuaciones en el ambiente (explotación, alteración y competencia) representan presiones selectivas sobre la población.

10. La diversidad de las especies está relacionada con el ambiente físico. Un ambiente con una estructura vertical más compleja alberga en general más especies que uno con una estructura más simple. Así, un sistema silvicultural contendrá más especies que en un sistema basado en el cultivo de cereales. De manera similar, un ambiente benigno y predecible, alberga más especies que en un ambiente más impredecible y severo. Los agroecosistemas tropicales muestran una mayor diversidad que los templados.

11. En situaciones de cultivos que están aislados, las tasas de inmigración se tienden a equilibrar con las tasas de extinción. Mientras más cerca esté el cultivo isla a una fuente de población, mayor será la tasa de inmigración por unidad de tiempo. Mientras más grande sea el cultivo isla, mayor será su capacidad de carga para cada especie. En cualquier situación isla, la inmigración de las especies declina a medida que más especies se establecen y menos inmigrantes representan nuevas especies.

Clasificación de los agroecosistemas

Cada región tiene una configuración única de agroecosistemas que son el resultado de las variaciones locales en el clima, el suelo, las relaciones económicas, la estructura social y la historia (Tabla 3.1). De esta manera, un estudio acerca de los agroecosistemas de una región está destinado a producir tanto agriculturas comerciales como de subsistencia, utilizando niveles altos o bajos de tecnología, dependiendo de la disponibilidad de tierra, capital y mano de obra. Algunas tecnologías en los sistemas más modernos aspiran a la preservación de recursos (dependiendo de insumos bioquímicos), mientras que otras hacen hincapié en el ahorro de mano de obra (insumos mecánicos). Los agricultores tradicionales, pobres en recursos generalmente adoptan sistemas más intensivos, y hacen hincapié en el uso óptimo y reciclaje de los recursos escasos.

A pesar de que cada finca es distinta, muchas muestran una similitud familiar y de este modo se pueden agrupar como un tipo de agricultura o agroecosistema. Una zona con tipos de agroecosistemas similares se puede denominar como una región agrícola. Whittlesay (1936) reconoció cinco criterios para clasificar a los agroecosistemas de una región: (1) la asociación de cultivos y ganado; (2) los métodos para producir los cultivos y el ganado; (3) la intensidad en el uso de la mano de obra, capital, organización y la producción resultante; (4) la distribución de los productos para el consumo (ya sea que se utilicen para la subsistencia en la finca o para la venta) y (5) el conjunto de estructuras usadas para la casa y facilitar las operaciones de la finca.

Basados en estos criterios, en ambientes tropicales es posible reconocer siete tipos específicos de sistemas agrícolas (Grigg 1974, Norman 1979):

1. Sistemas de cultivo itinerante.
2. Sistemas semi-permanente de cultivo de secano.
3. Sistemas permanente de cultivo de secano.
4. Sistemas arables bajo riego.

Tabla 3.1 Determinantes del agroecosistema que influyen el tipo de agricultura de cada región.

TIPO DE DETERMINANTES

Factores Físicos

Radiación
Temperatura
Lluvia, suministro de agua
(humedad, presión)

Condiciones del suelo

Declive
Disponibilidad de tierra

Biológicos

Plagas de insectos
y enemigos naturales
Comunidades de malezas
Enfermedades de plantas
y animales
Biota del suelo
Entorno de vegetación natural
Eficiencia de fotosíntesis

Modelos de cultivos

Rotación de cultivos

Socioeconómicos

Densidad de población
Organización social
Economía (precios, mercados,
capital y disponibilidad de crédito)
Asesoría técnica
Herramientas de cultivo
Grado de comercialización
Disponibilidad de mano de obra

Culturales

Conocimiento tradicional
Creencias
Ideología
División sexual del trabajo
Hechos históricos

5. Sistemas de cultivos perennes.
6. Sistemas con ganado-cultivo (alternando cultivos arables con sembrado de pasturas).

Claramente estos sistemas están siempre cambiando, forzados por la población itinerante, la disponibilidad de recursos, la degradación ambiental, el crecimiento económico o decaimiento, cambio político, etc. Estos cambios pueden ser explicados por las respuestas de los agricultores a las variaciones en el ambiente físico, precios de los insumos y productos, innovación tecnológica y crecimiento poblacional. Por ejemplo la Tabla 3.2 ilustra algunos de los factores que influyen el cambio del sistema de cultivo itinerante a sistemas permanentes más intensivos de agricultura en Africa (Protheroe 1972).

Agroecosistemas y conceptos ecológicos del paisaje

Debido a la importancia del enfoque regional para el proceso de planificación en el diseño del paisaje, los principios ecológicos paisajistas se están aplicando en forma creciente a muchas obras de planificación agrícola a fin de mejorar la ecología y el paisaje, la dispersión de especies a lo largo de éste, la coordinación de la conservación natural y la administración agrícola (Bunce et al. 1993).

Los siguientes conceptos de ecología del paisaje tienen mucha importancia para el diseño y la administración de los agroecosistemas:

Jerarquía en los paisajes. Los paisajes funcionan a diferentes niveles involucrando a distintos elementos en forma de complejos. Por una parte, se pueden estudiar todo un estanco o una cuenca o, por otra parte, dentro de ese paisaje se pueden

TABLA 3.2 Factores que influyen en la intensificación agrícola en regiones africanas donde se practican los cultivos migratorios (Protheroe 1972).

FACTORES	PROCESOS
POBLACIÓN	BAJA DENSIDAD → <i>Incremento de número</i> → ALTA DENSIDAD
SISTEMA	AGRICULTURA ITINERANTE CULTIVOS CON ROTACIÓN/BARBECHO CULTIVOS SEMIPERENE/PERENNE → <i>Incremento en el período de cultivo</i> → <i>Disminución en el período de barbecho</i> → <i>Abono y fertilización</i>
CULTIVOS	CULTIVOS DE SUBSISTENCIA ALIMENTICIA → <i>Disminución en importancia</i> → DINERO (ALIMENTO Y EXPORTACIÓN DE CULTIVOS) → <i>Incremento en importancia</i> →
TENENCIA	DERECHOS DE TIERRA COMUNALES → <i>Disminución de los derechos comunales</i> → DERECHOS (usufructo de los derechos individuales) <i>Incremento de los derechos individuales</i> INDIVIDUALES DE LA TIERRA <i>Asignación de tierra por necesidad</i> → <i>Tierra transferida por renta y venta</i> <i>Fincas fragmentadas/dispersas</i> → <i>Fincas consolidadas</i> <i>Fincas no demarcadas</i> → <i>Demarcación permanente de fincas</i>
ESTABLE- CIMIENTO	NO PERMANENTE/MIGRACIÓN → <i>Incremento de la permanencia y nucleación</i> → PERMANENTE/ VIVIENDA PEQUEÑA/DISPERSA NUCLEADO Y DISPERSO
INTER- CAMBIO	NO EXISTENTE/LOCAL → <i>Incremento en la vinculación a nivel local, regional, nacional e internacional</i> MERCADOS

analizar estructuras tales como un campo agrícola, un bosque con sus capas protectoras de tierra adyacentes y su interrelación. Un paisaje agrícola aparte de campos, pastizales y huertos, cuenta con ríos, bosques sembrados, praderas, parques, ciudades, etc. En estos paisajes hay una gran interacción entre seres humanos, suelos, plantas y animales; agua, aire, nutrientes y energía los cuales están en constante movimiento. El paisaje cambia con el proceso que afecta generalmente a extensas áreas más bien que a campos pequeños. Por lo tanto, según como estén ubicados los campos de cultivos y praderas en un paisaje pueden afectar la calidad del agua, aire, suelo y la biodiversidad de toda una región agrícola (Figura 3.2).

Gradientes. Los paisajes involucran cambios graduales y áreas de transición. Se reconoce que muchos elementos ecológicos no presentan límites estrictos entre cada uno; más bien se nivelan gradualmente en el tiempo y en el espacio. La importancia de los efectos de borde también han sido un aspecto integral de muchos estudios con aumentos en la diversidad y estructura. La estabilidad y la dinámica de tales sistemas se basan más bien en parámetros físicos que en biológicos. Este concepto se ha usado en la planificación y la conservación de la naturaleza, pero aún no se ha aplicado a los agroecosistemas.

Biodiversidad. Con la creciente presión sobre los hábitats seminaturales ha habido mucha inquietud acerca de la biodiversidad. Este es un concepto básico en la administración de los paisajes y en su planificación. A menudo se plantean objetivos y políticas para parques naturales y reservas de la naturaleza, con el objeto de mantener una alta biodiversidad existente. La biodiversidad es el resultado de los procesos históricos y, por lo tanto, se refiere a los procesos relacionados con el tiempo y el espacio. Las actividades humanas pueden perturbar o mantener alta la biodiversidad, dependiendo de la interacción del hombre con la naturaleza, en particular, por medio de las prácticas agrícolas. Muchos ecosistemas naturales y seminaturales, que alguna vez cubrieron grandes zonas, han sido fragmentados y sus especies se encuentran amenazadas. Los enfoques de la ecología paisajista son especialmente útiles para la administración de tierras tropicales toda vez que se necesita una mezcla óptima en el uso y conservación de la tierra, a fin de satisfacer las necesidades alimenticias y de fibras y combustible, así como también de conservar los recursos naturales. Ni la preservación absoluta de viejos bosques, ni la conservación total hacia la administración en forma intensa de los sistemas, puede ser la solución deseada para la administración de la agricultura. Usando la tierra en forma de gradiente, siembra de bosques en forma de mosaico y campos agrícolas, es la estrategia más sensible para satisfacer las necesidades de producción y conservación.

Metapoblación. Representa el concepto de las interrelaciones entre las subpoblaciones en sembrados más o menos aislados dentro de un paisaje, ayudando a entender el impacto del aislamiento progresivo de zonas individuales de vegetación y sus poblaciones animales asociadas en el paisaje agrícola moderno. La extinción temporal y la recolonización son procesos característicos de la metapoblación.

Los recursos de un agroecosistema

Norman (1979) agrupó la combinación de recursos encontrados comúnmente en un agroecosistema en cuatro categorías:

Recursos naturales. Los recursos naturales son los elementos que provienen de la tierra, del agua, del clima y de la vegetación natural siendo explotados por el agricultor para la producción agrícola. Los elementos más importantes son el área

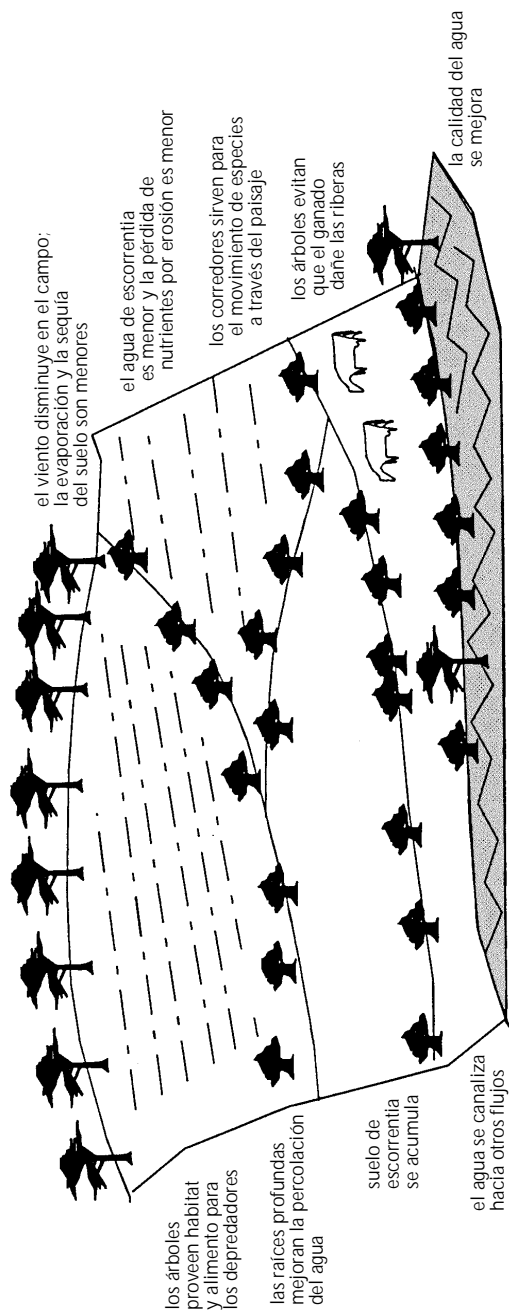


FIGURA 3.2 Efectos de la estructura del paisaje en la dinámica del agroecosistema.

del predio, lo que incluye su topografía, el grado de fragmentación de la propiedad, su ubicación con respecto a los mercados, la profundidad del suelo, la condición química y los atributos físicos; la disponibilidad de agua subterránea y en la superficie; pluviosidad promedio, evaporación, irradiación solar y temperatura (su variabilidad estacional y anual); y la vegetación natural que puede ser una fuente importante de alimento, forraje para animales, materiales de construcción o medicinas para los seres humanos, influyendo en la productividad del suelo de los sistemas de cultivos migratorios.

Recursos humanos. Los recursos humanos están compuestos por la gente que vive y trabaja dentro de un predio y explota sus recursos para la producción agrícola, basándose en sus incentivos tradicionales o económicos. Los factores que afectan estos recursos incluyen: (a) el número de personas que el predio tiene que sustentar en relación con la fuerza de trabajo y su productividad, la cual gobierna el superávit disponible para la venta, trueque u obligaciones culturales; (b) la capacidad para trabajar, influida por la nutrición y la salud; (c) la inclinación al trabajo, influida por el nivel económico y las actitudes culturales para el tiempo libre; y (d) la flexibilidad de la fuerza de trabajo para adaptarse a variaciones estacionales en la demanda de trabajo, es decir, la disponibilidad de la mano de obra contratada y el grado de cooperación entre los agricultores.

Recursos de capital. Los recursos de capital son los bienes y servicios creados, comprados o prestados por las personas asociadas con el predio para facilitar la explotación de los recursos naturales para la producción agrícola. Los recursos de capital pueden agruparse en cuatro categorías principales: (a) recursos permanentes, como modificaciones duraderas a los recursos de tierra o agua orientados hacia la producción agrícola; (b) recursos semipermanentes o aquellos que se deprecian y tienen que ser reemplazados periódicamente como graneros, cercas, animales de tiro, herramientas; (c) recursos operacionales o artículos de consumo utilizados en las operaciones diarias del predio, como fertilizantes, herbicidas, abonos y semillas; y (d) recursos potenciales o aquellos que el agricultor no posee pero de los que puede disponer teniendo que reembolsarlos en el tiempo, como el crédito y la ayuda de parientes o amigos.

Recursos de producción. Los recursos de producción comprenden la producción agrícola del predio como de los cultivos y el ganado. Estos se transforman en recursos de capital si se venden y los residuos (cultivos, abono) son insumos nutrientes reinvertidos en el sistema.

Procesos ecológicos en el agroecosistema

Cada agricultor debe manipular los recursos físicos y biológicos del predio para la producción. De acuerdo con el grado de modificación tecnológica, estas actividades influyen en los cinco procesos: energéticos, hidrológicos, biogeoquímicos, sucesionales y de regulación biótica. Cada uno puede evaluarse en términos de insumos, productos, almacenamiento y transformaciones.

Procesos energéticos

La energía entra en un agroecosistema como luz solar y sufre numerosas transformaciones físicas. La energía biológica se transfiere a las plantas mediante la fotosíntesis (producción primaria) y de un organismo a otro mediante la cadena trófica (consu-

mo). A pesar de que la luz solar es la única fuente de energía principal en la mayoría de los ecosistemas naturales, también son importantes el trabajo humano y animal, los insumos de energía mecanizados (tales como el arado con un tractor). La energía humana forma la estructura del agroecosistema, por consiguiente el flujo de energía a través de decisiones acerca de la producción primaria y la proporción de esa producción se canaliza a los productos para el uso humano (Marten 1986).

Los diversos insumos de un sistema agrícola: radiación solar, mano de obra, trabajo de las máquinas, fertilizantes y herbicidas, se pueden convertir en valores energéticos. Asimismo, los productos del sistema: vegetales y animales, también pueden expresarse en términos de energía. Debido a que el costo y la disponibilidad de la energía proveniente de los combustibles fósiles son cuestionables, los insumos y los productos se han cuantificado para diferentes tipos de agriculturas con el objeto de comparar su intensidad, rendimiento y productividad laboral y los niveles de bienestar que estos proporcionan.

Se han reconocido tres etapas en el proceso de intensificación de la energía en la agricultura (Leach 1976), de los cuales, hoy en día, se pueden encontrar ejemplos en diferentes partes del mundo: (a) preindustrial, sólo con insumos de mano de obra relativamente bajos; (b) semindustrial, con altos insumos de fuerza animal y humana; y (c) totalmente industrial, con insumos muy altos de combustibles fósiles y maquinaria. En los EE.UU. durante los últimos 50 años, se ha generalizado una disminución en la capacidad humana, asociada a la rápida intensificación de la energía en la explotación agrícola. Este proceso de intensificación ha sido también acompañado por un aumento en la densidad de energía. Bayliss-Smith (1982) en su análisis comparativo de siete tipos de sistemas agrícolas encontró que la eficiencia total de la utilización de la energía (relación de energía) disminuye a medida que la dependen-

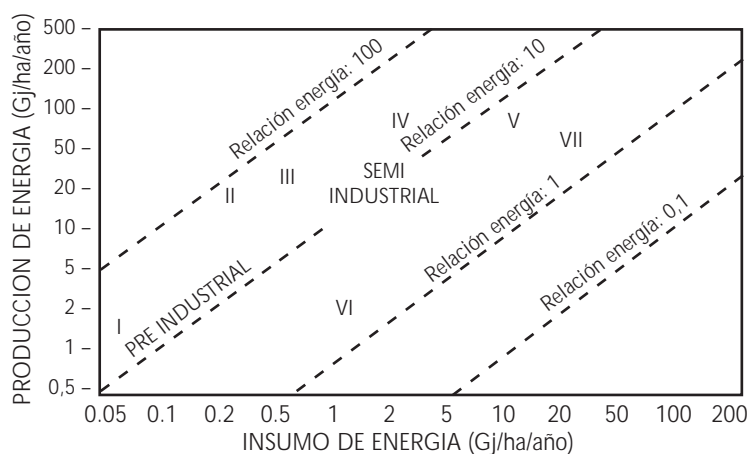


FIGURA 3.3. Relaciones de insumos, productos y energía de siete sistemas agrícolas. I. Sistema agrícola tradicional en Nueva Guinea (sistemas de cultivos migratorios, huertos domésticos), II. Sistema de explotación británico preindustrial (sistema de cereales/ovinos), III. Sistema agrícola de Java (huertos de taro, cocoteros y pesca), IV. Sistema pre-Revolución Verde del sur de la India (caña de azúcar, arroz, mijo, pastura de novillos), V. Postrevolución Verde del sur de la India (caña de azúcar, arroz, mijo y pastura de novillos), VI. Predio colectivo Ruso (papas, cereales, pastura), VII. Agricultura británica moderna (cereales, pastizales y pastos permanentes) (Bayliss-Smith 1982).

TABLA 3.3. Eficiencias de la energía del sistema de cultivo de maíz bajo distintos niveles de intensificación (según Leach 1976).

Sistema	Output/Input
Etapa preindustrial (intensivos en mano de obra, México)	30,6
Etapa preindustrial (intensivos en mano de obra, Guatemala)	13,6
Etapa semi-industrial (tracción animal, México)	4,87
Plena etapa industrial (mecanizada, EE.UU.)	2,58

cia de los combustibles fósiles aumenta. De este modo, en una agricultura industrializada la ganancia neta de la energía proveniente de la agricultura es pequeña, debido a que se gasta mucho en su producción (Figura 3.3).

La productividad de los cultivos arables también depende del tipo y cantidad de subsidio de energía. La variación en los subsidios de energía y las etapas de intensificación de la energía están claramente presentadas en la Tabla 3.3. Una comparación entre las acumulaciones de energía para la producción de maíz en México y Guatemala y aquellas en los EE.UU. revela un número importante de detalles. El rendimiento de este último país es de alrededor tres a cinco veces más que en los primeros. Además, a medida que la mano de obra se ha ido reemplazando progresivamente, primero por la fuerza animal y luego por el combustible y la maquinaria, la dependencia energética aumenta casi 30 veces y la relación insumo-energía/producción-energía disminuye en forma significativa.

Procesos biogeoquímicos

Los principales insumos biogeoquímicos de un agroecosistema son los nutrientes liberados del suelo, de la fijación del nitrógeno atmosférico por las leguminosas, de la fijación de nitrógeno no simbiótico (que es particularmente importante en el cultivo del arroz), de los nutrientes contenidos en la lluvia y en las aguas que fluyen constantemente, de los fertilizantes y nutrientes en los alimentos comprados por seres humanos, del forraje para el ganado o del abono animal.

Las salidas importantes incluyen nutrientes en cultivos y ganado consumidos o exportados desde el predio. Otras pérdidas se asocian con la lixiviación más allá de la zona de raíces, desnitrificación y volatilización del nitrógeno, pérdidas de nitrógeno y azufre hacia la atmósfera cuando se quema la vegetación, los nutrientes perdidos en la erosión del suelo causado por el escurrimiento o el viento y los nutrientes en excrementos humanos o del ganado que el predio pierde. Además, existe un almacenamiento bioquímico, que incluye al fertilizante almacenado y al abono acumulado, junto a los nutrientes en la zona radicular del suelo, el cultivo establecido, la vegetación y el ganado.

Durante la producción y el consumo, los nutrientes minerales se trasladan cíclicamente a través de un agroecosistema. Los ciclos de algunos de los nutrientes más importantes (nitrógeno, fósforo y potasio), son bien conocidos en muchos ecosistemas naturales y agrícolas (Todd et al. 1986). Durante la producción, los elementos se transfieren del suelo a las plantas y animales y viceversa. Cada vez que la cadena del carbono se rompe separándose por una diversidad de procesos biológi-

cos, los nutrientes vuelven al suelo donde pueden mantener la producción de las plantas (Marten 1986, Briggs y Courtney 1985).

Los agricultores sacan e incorporan nutrientes del agroecosistema cuando añaden elementos químicos o fertilizantes orgánicos (abono o compost) o remueven la cosecha o cualquier otro material vegetal del predio. En los agroecosistemas modernos, los nutrientes se reemplazan con fertilizantes comprados. Los agricultores de bajos ingresos que no pueden adquirir los fertilizantes comerciales, mantienen la fertilidad del suelo recolectando materiales nutritivos fuera de los campos cultivados, por ejemplo, abono recolectado en pasturas o recintos en los que se encierran los animales por la noche. Este material orgánico se complementa con hojarasca y otros materiales vegetales de los bosques cercanos. En regiones de América Central, los agricultores esparcen anualmente hasta 40 toneladas métricas de humus por hectárea, sobre los campos de hortalizas cultivadas en forma intensiva (Wilken 1977). Los materiales vegetales de desecho se convierten en compost con los desechos domésticos y el abono proveniente del ganado.

Otra estrategia para explotar la capacidad del sistema de cultivo es reutilizar sus propios nutrientes almacenados. En los agroecosistemas sembrados intercaladamente, la poca perturbación y los doseles cerrados promueven la conservación y el reciclaje de nutrientes (Harwood 1979). Por ejemplo, en un sistema agroforestal los minerales perdidos por los cultivos anuales son rápidamente absorbidos por los cultivos perennes. Además, la propensión de algunos cultivos a quitar nutrientes, es contrarrestada al agregar materia orgánica de otros cultivos. El nitrógeno del suelo puede aumentarse al incorporar leguminosas en la mezcla y la asimilación del fósforo se puede incrementar, de cierto modo, en cultivos con asociaciones de micorrizas. La diversidad incrementada en los sistemas de cultivo se asocia generalmente con las zonas radicales más extensas, lo que aumenta la captura de nutrientes. La optimización del proceso biogeoquímico requiere del desarrollo de una estructura del suelo y de una fertilidad adecuada, dependiendo de:

- Adición regular de residuos orgánicos
- Nivel de actividad microbial suficiente como para asegurar el decaimiento de los materiales orgánicos
- Condiciones que aseguren la actividad continua de las lombrices de tierra y otros agentes estabilizadores del suelo
- Cobertura proteccional de la vegetación

Procesos hidrológicos

El agua es una parte fundamental de todos los sistemas agrícolas. Además de su papel fisiológico, el agua influye en los insumos y las pérdidas de nutrientes a y desde el sistema por medio de la lixiviación y la erosión. El agua penetra en un agroecosistema en forma de precipitaciones, aguas que fluyen constantemente y por el riego; se pierde a través de la evaporación, la transpiración, del escurrimiento y del drenaje más allá de la zona de efectividad de las raíces de las plantas. El agua consumida por la gente y el ganado en el predio puede ser importante (por ejemplo, en los sistemas de pastoreo), pero generalmente es pequeña en cuanto a su magnitud.

El agua se almacena en el suelo, en donde es utilizada directamente por los cultivos y la vegetación, en forma de agua subterránea que puede extraerse para el uso humano, del ganado o de los cultivos y en almacenamientos construidos, tales como estanques del predio.

En términos generales, el equilibrio del agua dentro de un agroecosistema en particular, se puede expresar como: $S = R + Li - Et - P - Lo + So$ donde S es el contenido de la humedad del suelo al momento de estudiarlo, R es el agua lluvia efectiva (agua lluvia menos intercepción), Li es el flujo lateral de agua hacia el suelo, Et es la evapotranspiración, P es la percolación profunda, Lo es el flujo de salida (escurrimiento) y So es el contenido de humedad original del suelo (Norman 1979, Briggs y Courtney 1985).

Todos estos factores son afectados por las condiciones del suelo, de la vegetación y por las prácticas agrícolas. El drenaje y la labranza agrícola, por ejemplo, aceleran las pérdidas por percolación profunda; la remoción de los cultivos aumenta la cantidad de lluvia que llega al suelo y reduce la evapotranspiración; los cambios en la estructura del suelo debido al control de residuos de labranza, la rotación de cultivos o el uso de abonos afecta la tasa de percolación y el flujo lateral. Uno de los controles principales de la acumulación de humedad en el suelo es ejercido por la cobertura de los cultivos, puesto que influye en los insumos y en las pérdidas ejercidas hacia y

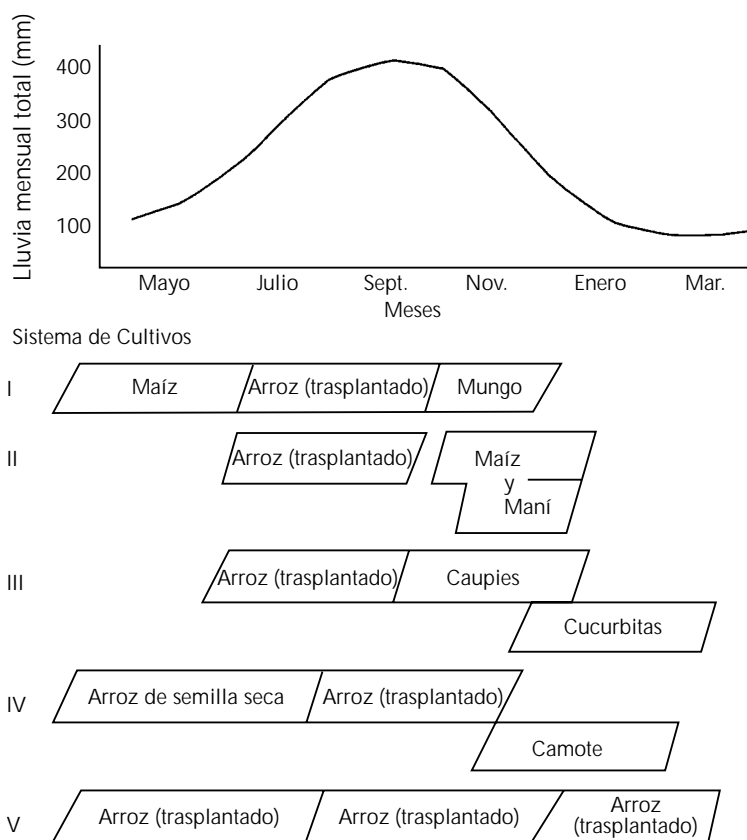


FIGURA 3.4. Cinco posibles sistemas de cultivos apropiados para un patrón de precipitaciones en el sureste de Asia (Beets 1982).

desde la humedad del suelo. Por ejemplo, el dejar el follaje cortado de las malezas como mulch, reduce las pérdidas de agua provenientes de la evapotranspiración y aumenta los contenidos de humedad del suelo.

En la agricultura de secano es importante saber que cuando R es mayor que E_t , la zona de raíces se encuentra completamente cargada, definiendo así la temporada efectiva de crecimiento de cultivos. Durante este período, el escurrimiento y el drenaje pueden darse, influyendo en el nivel de lixiviación de los nutrientes solubles, la tasa de erosión del suelo, etc. Dentro de la escala: $R + E_t/2$ a $R = E_t/10$, la maduración y el crecimiento del cultivo dependen principalmente de la disponibilidad de la reserva de agua del suelo o del riego (Norman 1979).

En la mayoría de las zonas tropicales de secano el potencial agrícola de la zona depende de la duración de la temporada lluviosa y de la distribución de las precipitaciones durante este período. Los climas satisfactorios para los cultivos son aquellos en los que las precipitaciones exceden la evapotranspiración real durante por lo menos 130 días y la extensión de un ciclo de crecimiento promedio para la mayoría de los cultivos anuales. El número de meses húmedos consecutivos, es otro criterio ambiental importante. El potencial para el cultivo secuencial (bajo condiciones de secano) es limitado si existen menos de 5 meses húmedos consecutivos (Beets 1982).

La lluvia es el principal determinante del tipo de cultivo adoptado en el sistema de cultivos local. En Africa, en donde la precipitación anual es más de 600 mm, los sistemas de cultivo se basan por lo general en maíz. En Asia tropical, donde la precipitación es más de 1.500 mm/año con al menos 200mm/mes de lluvia durante tres meses consecutivos, los sistemas de cultivo se basan por lo general en el arroz. Puesto que el arroz necesita más agua que otros cultivos y debido a que es el único que tolera las inundaciones, solo se planta en el momento de máxima precipitación. Con el objeto de utilizar la humedad residual y las mayores intensidades de luz durante la temporada seca (Figura 3.4), se puede plantar una combinación de cultivos en mesetas al comienzo o al final de las lluvias. Los sistemas de cultivos mixtos como el maíz y el maní, por ejemplo, a menudo utilizan mejor el final de la temporada lluviosa (sistema II en la Figura 3.4.).

Otra posibilidad es la de combinar un sistema de cultivo doble y de relevo en el que el arroz trasplantado se establece lo más temprano posible (sistema III en la Figura 3.4.). Al arroz le siguen los caupíes cultivados utilizando técnicas de labranza mínima y cucurbitáceas que se siembran posteriormente en relevo (Beets 1982).

Procesos sucesionales

La sucesión, el proceso por el cual los organismos ocupan un sitio y modifican gradualmente las condiciones ambientales de manera que otras especies puedan reemplazar a los habitantes originales, se modifica radicalmente con la agricultura moderna. Los campos agrícolas generalmente presentan etapas sucesivas secundarias en las que una comunidad existente es perturbada por la deforestación y el arado para establecer en el lugar una comunidad simple, hecha por el hombre. La Figura 3.5a ilustra lo que ocurre cuando la sucesión se simplifica con el establecimiento de los monocultivos. En la agricultura convencional, la tendencia natural hacia la complejidad se detiene utilizando productos agroquímicos (Savory 1988). Al sembrar policultivos, la estrategia agrícola acompaña la tendencia natural hacia la complejidad; el incremento de la biodiversidad del cultivo tanto sobre como debajo del suelo

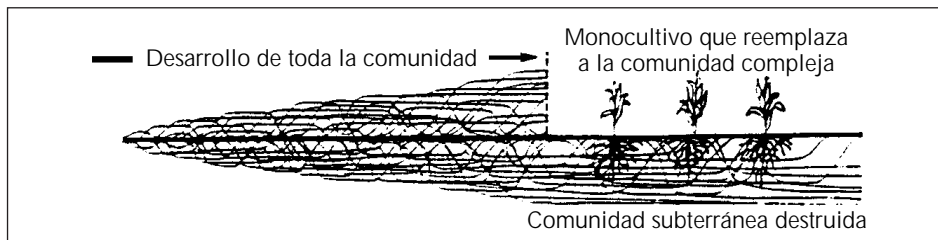


FIGURA 3.5a. Interrupción de la sucesión natural para favorecer a una población, el cultivo (según Savory 1988)

imita la sucesión natural y así se requieren menos insumos externos para mantener la comunidad del cultivo (Figura 3.5b).

Procesos de regulación biótica

El control de la sucesión (invasión de plantas y competencia) y la protección contra las plagas de insectos y enfermedades son los principales problemas en la mantención de la continuidad de la producción en los agroecosistemas. Los agricultores han usado diversos métodos en forma universal. Estos son: ninguna acción, acción preventiva (usos de variedades de cultivos resistentes, manipulación de fechas de siembra, espaciamento en hileras, modificación del acceso de plagas a las plantas) o la acción sucesiva (pesticidas químicos, control biológico, técnicas culturales). Las estrategias ecológicas del control de plagas generalmente emplean una combinación de estos tres métodos, que apuntan a hacer del campo un lugar menos atractivo para las plagas, convirtiendo el ambiente en inadecuado para éstas pero favorable para los enemigos naturales, interfiriendo con el movimiento de las plagas de un cultivo a otro o alejándolas de los cultivos. Todos estos métodos se discutirán en los capítulos 13, 14 y 15, puesto que atañen al control de los insectos, malezas y enfermedades de las plantas en los agroecosistemas.

Los científicos que perciben el agroecosistema como el resultado de la coevolución entre los procesos sociales y naturales, establecen que los procesos ecológicos mencionados corren paralelamente y son interdependientes con un flujo socioeconómico, tal como el desarrollo y/o adopción de sistemas y tecnologías agrícolas que son el

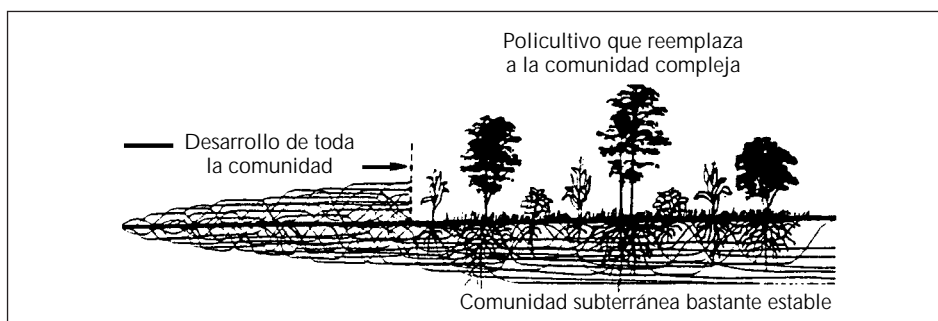


FIGURA 3.5 b. Mejoramiento de la complejidad de la población con policultivos (según Savory 1988)

resultado de las interacciones entre los agricultores con sus conocimientos y su entorno biofísico y socioeconómico. El entendimiento de esta coevolución y el patrón de flujo paralelo e interdependiente provee la base para el estudio y el diseño de agroecosistemas sustentables.

La estabilidad de los agroecosistemas

Con la agricultura convencional los seres humanos han simplificado la estructura del ambiente sobre vastas áreas, reemplazando la diversidad de la naturaleza con un número de plantas cultivadas y animales domésticos. Este proceso de simplificación alcanza una forma extrema en un monocultivo. El objetivo de esta simplificación es el de aumentar la proporción de energía solar, fijada por las comunidades de plantas que está directamente disponible para los seres humanos.

Los componentes predominantes son plantas y animales seleccionados, multiplicados, criados y cosechados por hombres con un propósito particular. En comparación con los ecosistemas no controlados, la composición y estructura de los agroecosistemas es simple. La biomasa vegetal está compuesta por stands de cultivos, generalmente con predominio de un cultivo principal dentro de límites bien definidos. Mientras que un cultivo puede ser sembrado debajo de otro, como en el caso de pastizales bajo cereales, cultivos o huertos frutales, en este último caso existe sólo una capa o estrato formado por el propio cultivo. El número de especies que ha sido seleccionado es notablemente pequeño dada la biodiversidad mundial de los recursos. Sólo unas once especies de plantas responden por alrededor del 80% del suministro alimenticio mundial. Entre éstas, los cereales han predominado en el desarrollo de la agricultura. Estos proveen más del 50% de la producción mundial de proteínas y energía, y más del 75% si se incluyen los granos dados como alimento a los animales. En comparación, los cultivos en los campos, los pastos/leguminosas para forraje y los cultivos de árboles representan una porción relativamente pequeña del total de la biomasa agrícola.

El resultado neto es un ecosistema artificial que requiere de la intervención humana constantemente. La preparación comercial de un semillero y la siembra mecanizada reemplazan los métodos naturales de esparcimiento de semillas; los plaguicidas químicos reemplazan los controles naturales sobre las poblaciones de malezas, plagas y agentes patógenos; además la manipulación genética reemplaza los procesos naturales de la evolución y selección de plantas. Incluso la descomposición se altera toda vez que la planta se cosecha y la fertilidad del suelo se mantiene, no mediante el reciclaje de nutrientes, sino con fertilizantes. A pesar de que los agroecosistemas modernos han demostrado estar capacitados para mantener una población creciente, existe una prueba considerable de que el equilibrio ecológico en esos sistemas artificiales es más frágil.

El por qué de la inestabilidad de los sistemas modernos

La explicación para esta inestabilidad potencial debe buscarse según los cambios impuestos por la gente. Estos cambios han removido ecosistemas de cultivos desde el ecosistema natural hasta el punto en que ambos se han vuelto impresionantemente diferentes en estructura y función (Tabla 3.4).

Los ecosistemas naturales reinvierten una proporción fundamental de su productividad para mantener su estructura física y biológica necesaria para sustentar la fer-

tilidad del suelo y la estabilidad biótica. La exportación de alimentos y cosechas limita dicha reinversión en los agroecosistemas, haciéndolos sumamente dependientes de los insumos externos para lograr el ciclaje de nutrientes y la regulación de poblaciones (Cox y Atkins 1979).

Se ha establecido que la diversidad biótica y la complejidad estructural proporcionan un ecosistema maduro y natural con un grado de estabilidad en un ambiente fluctuante (Murdoch 1975). Por ejemplo, severas alteraciones en el ambiente físico externo, como un cambio en la humedad, temperatura o la luz, probablemente no dañen al sistema debido a que en una biota diversa existen numerosas alternativas para la transferencia de energía y nutrientes. En consecuencia, el sistema puede ajustarse y continuar funcionando después de la alteración con escasa, si la hay, desorganización detectable. De igual modo, los controles bióticos internos (como las relaciones depredador/presa) evitan las oscilaciones destructivas en poblaciones de plagas, promoviendo además la estabilidad total del ecosistema natural. La estrategia agrícola moderna puede considerarse como un retroceso de la secuencia sucesiva de la naturaleza. Estos ecosistemas modernos, a pesar de su alto rendimiento para la humanidad, llevan consigo las desventajas de todos los ecosistemas inmaduros. Particularmente estos sistemas carecen de la capacidad para ciclar los nutrientes, conservar el suelo y regular las poblaciones de plagas. El funcionamiento del sistema depende, de este modo, de la continua intervención humana. Incluso los cultivos seleccionados para una siembra frecuente no se pueden reproducir sin la ayuda de los hombres, mediante la siembra, y son incapaces de competir contra especies de malezas sin un constante control. Sin embargo, existe una gran variabilidad en el grado de diversidad, estabilidad, control humano, eficiencia de la energía y productividad entre los distintos tipos de agroecosistemas (Figura 3.6).

TABLA 3.4. Diferencias estructurales y funcionales entre los ecosistemas naturales y los agroecosistemas (modificada a partir de Odum 1969)

Características	Agroecosistema	Ecosistema Natural
Productividad neta	Alta	Media
Cadenas tróficas	Simple, lineal	Complejas
Diversidad de especies	Baja	Alta
Diversidad genética	Baja	Alta
Ciclos minerales	Abiertos	Cerrados
Estabilidad (resiliencia)	Baja	Alta
Entropía	Alta	Baja
Control humano	Definido	No necesario
Permanencia temporal	Corta	Larga
Heterogeneidad del hábitat	Simple	Compleja
Fenología	Sincronizada	Estacional
Madurez	Inmadura, tempranamente sucesora	Madura con culminación

AGROECOSISTEMA	DIVERSIDAD DE CULTIVOS	PERMANENCIA TEMPORAL	AISLACION	ESTABILIDAD	DIVERSIDAD GENETICA	CONTROL HUMANO	CONTROL NATURAL DE PLAGAS
MONOCULTIVOS MODERNOS ANUALES	■	■	■	■	■	■	■
HUERTOS MODERNOS	■	■	■	■	■	■	■
SISTEMA AGRICOLA ORGANICO	■	■	■	■	■	■	■
POLICULTIVOS TRADICIONALES	■	■	■	■	■	■	■

FIGURA 3.6 Patrones ecológicos de agroecosistemas contrastados

Control artificial de los agroecosistemas modernos

Para mantener los niveles normales de productividad tanto de largo como de corto plazo, los agroecosistemas modernos requieren considerablemente más control ambiental que los sistemas agrícolas orgánicos tradicionales (Figura 3.7). Los sistemas modernos necesitan grandes cantidades de energía importada para realizar el trabajo generalmente efectuado por los procesos ecológicos en sistemas menos perturbados.

Así, a pesar de ser menos productivos que los monocultivos modernos, los policultivos tradicionales generalmente son más estables y más energéticos (Cox y Atkins 1979). En todos los agroecosistemas los ciclos de tierra, aire, agua y desechos se han vuelto abiertos, en mayor proporción en los monocultivos comerciales industrializados que en los sistemas de explotación agrícola diversificados de pequeña escala, dependientes de la fuerza humana/animal y de los recursos locales.

Estos sistemas agrícolas no sólo difieren en sus niveles de productividad por zona o por unidad de mano de obra o insumo, sino que además difieren en propiedades más fundamentales. Resulta aparente que, si bien la nueva tecnología ha aumentado enormemente la productividad en el corto plazo, ha disminuido también la sustentabilidad, la equidad, la estabilidad y la productividad del sistema agrícola (Figura 3.8) (Conway 1985). Estos indicadores se definen de la siguiente manera:

Sustentabilidad se refiere a la capacidad de un agroecosistema para mantener la producción a lo largo del tiempo, a pesar de las restricciones ecológicas y socioeconómicas a largo plazo.

Equidad mide cuan equitativamente están distribuidos los productos del agroecosistema entre los productores y los consumidores locales (Conway). Sin embargo, la equidad es mucho más que una simple cuestión de un ingreso adecuado, de buena nutrición o cantidad satisfactoria de tiempo libre (Bayliss-Smith 1982). Para algunos la equidad se logra cuando el agroecosistema satisface razonablemente las demandas de alimento sin aumentar el costo social de producción. Para otros, la equidad se alcanza cuando la distribución de oportunidades o ingresos dentro de comunidades productoras mejora (Douglas 1984).

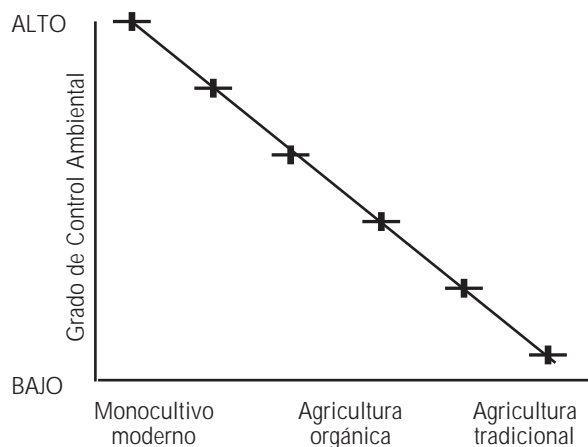


FIGURA 3.7 Grado de control ambiental necesario para la mantención de niveles normales de productividad en tres tipos de sistemas de explotación agrícola.

Estabilidad es la constancia productiva dada bajo un conjunto de condiciones ambientales, económicas y administrativas (Conway 1985). Algunas presiones ecológicas, como las condiciones meteorológicas, son rígidas limitaciones en el sentido de que el agricultor virtualmente no puede modificarlas. En otros casos, el agricultor puede mejorar la estabilidad biológica del sistema eligiendo cultivos más adecuados o desarrollando métodos de cultivos que mejoren los rendimientos. La tierra se puede regar, aplicar mulch, abonar o rotar o se pueden plantar los cultivos en combinaciones para mejorar la estabilidad del sistema. El agricultor puede complementar la mano de obra familiar con animales o máquinas o empleando la mano de obra de otra gente. De ese modo, la respuesta exacta depende tanto de los factores sociales como también del medio ambiente. Por esta razón, el concepto de estabilidad debe expandirse para adoptar consideraciones socioeconómicas y de administración. A este respecto, Harwood (1979a) define otras tres fuentes de estabilidad:

1. **Estabilidad del Manejo** se deriva de la elección del conjunto de tecnologías que mejor se adapten a las necesidades y recursos del agricultor. Originalmente, la tecnología industrial generalmente aumenta el rendimiento, a medida que menos tierra se deje para barbecho y se pasen por alto las limitaciones bióticas, de suelo y de agua. No obstante, siempre existe un elemento de inestabilidad asociado a las nuevas tecnologías. Los agricultores están profundamente conscientes de esto y su resistencia al cambio a menudo tiene una base ecológica.

2. **Estabilidad económica** se asocia con la capacidad del agricultor para predecir los precios de los insumos y los productos en el mercado y mantener el ingreso del predio. Dependiendo de lo avanzado de este conocimiento, el agricultor realiza trueques (tradeoffs) entre la producción y la estabilidad. Para estudiar la dinámica de la estabilidad económica en los sistemas agrícolas, se debe obtener la información total de la producción, de los rendimientos de los productos importantes, del flujo comercial, del ingreso no proveniente del predio, del ingreso neto y de la fracción total de la producción que el agricultor vende o comercia.

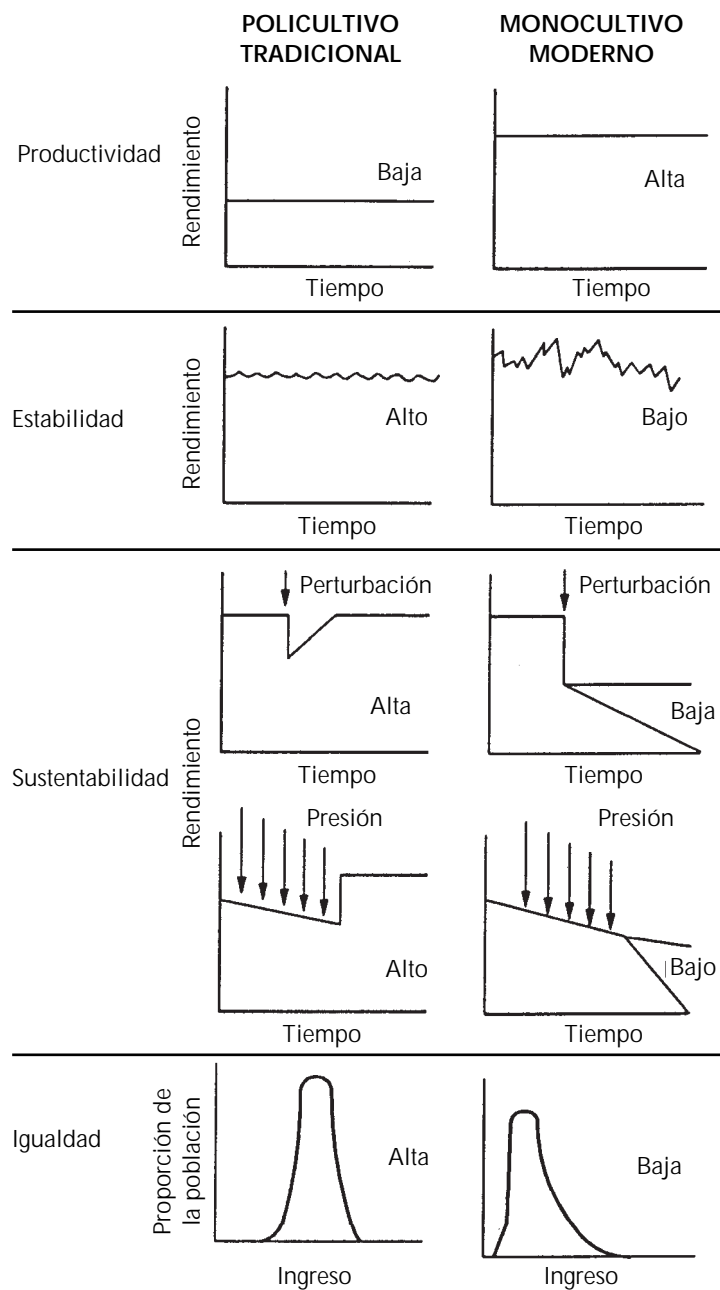


FIGURA 3.8 Propiedades de sistemas y agroecosistemas e índices de comportamiento (modificado después de Conway 1985).

3. **Estabilidad cultural** depende de la mantención del contexto y la organización sociocultural que ha nutrido al agroecosistema durante generaciones. El desarrollo rural no puede lograrse cuando se aísla del contexto social, por lo tanto debe adaptarse a las tradiciones locales.

Productividad es una medida cuantitativa de la tasa y la cantidad de producción por unidad de tierra o insumo. En términos ecológicos, la producción está referida hacia la cantidad de rendimiento o producto final, es el proceso mediante el cual se obtiene el producto final. Al evaluar la producción de un predio pequeño, a veces se olvida que la mayoría de los agricultores consideran más importante reducir el riesgo que aumentar al máximo la producción. Los pequeños agricultores generalmente están más interesados en optimizar la productividad de los escasos recursos agrícolas que en aumentar la productividad de la tierra o de la mano de obra. También los agricultores eligen una tecnología de producción determinada basándose en decisiones tomadas para todo el sistema agrícola y no sólo para un cultivo en particular (Harwood 1979). El rendimiento por área puede ser un indicador de la tasa y la constancia de la producción, pero también se puede expresar en otras maneras; por ejemplo, por unidad del insumo de mano de obra, por unidad de inversión comercial o como la relación de la eficiencia de la energía. Cuando se analizan los patrones de producción utilizando relaciones de energía, resulta claro que los sistemas tradicionales son extraordinariamente más eficientes que los agroecosistemas modernos (Pimentel y Pimentel 1979). Es común que un sistema comercial agrícola muestre relaciones de insumo/producto de tres/uno, mientras que los sistemas agrícolas tradicionales muestran relaciones de 10-15/uno.

La vulnerabilidad total de los agroecosistemas modernos simplificados está bien ilustrada por la epidemia del tizón que devastó el cultivo del maíz en el Sur de los Estados Unidos en 1970 y por la destrucción de millones de toneladas de trigo en los Estados del medio oeste en 1953 y 1954 por la raza 15B de *Puccinia graminis f. sp. tritici* (Baker y Cook 1974). La epidemia de las papas y la hambruna subsiguiente en Irlanda a mediados del siglo XIX, nos hace recordar que, no se puede depender de una comunidad de cultivos altamente simplificada y en grandes áreas como medio de producción alimenticio. Un cuadro alarmante surge de un informe preparado por el Consejo Nacional de Investigaciones de la Academia Nacional de Ciencias sobre el grado de uniformidad genética y de vulnerabilidad a epidemias que muchos cultivos han alcanzado (Adams et al. 1971). Esta inclinación a la uniformidad es aparente en la tendencia de los agricultores en la Postrevolución Verde a sembrar una sola variedad de alto rendimiento en lugar de diversas variedades tradicionales.

La intensificación de la agricultura es una prueba crucial de la elasticidad de la naturaleza. No sabemos por cuanto tiempo más pueden los hombres seguir aumentando la magnitud del subsidio natural sin agotar los recursos naturales y causar una mayor degradación ambiental. Antes de que descubramos este punto crítico por medio de la experiencia desafortunada, deberíamos esforzarnos para diseñar agroecosistemas que se comparen en estabilidad y productividad con los sistemas naturales (Cox y Atkins 1979). Esta es la fuerza impulsora de la agroecología.

Evaluación del estado ecológico y la sustentabilidad de los agroecosistemas

La mayoría de las definiciones de sustentabilidad incluyen por lo menos tres criterios:

Mantención de la capacidad productiva del agroecosistema.

Preservación de la diversidad de la flora y la fauna.

Capacidad del agroecosistema para automantenerse.

Una característica de la sustentabilidad es la capacidad del agroecosistema para mantener un rendimiento que no decline a lo largo del tiempo, dentro de una amplia gama de condiciones. La mayoría de los conceptos de sustentabilidad requieren el rendimiento continuo y la prevención de la degradación ambiental. Estas dos demandas a menudo se presentan como si fueran mutuamente incompatibles. La producción agrícola depende de la utilización de los recursos mientras que la protección ambiental requiere algún grado aceptable de conservación. El problema es que existe un período de transición antes de que se logre la sustentabilidad y de ese modo, la rentabilidad en la inversión en técnicas agroecológicas puede no ocurrir inmediatamente (Figura 3.9). Un desafío para la evaluación de la salud de los agroecosistemas es el de asegurar un monitoreo equilibrado de la productividad y de la integridad ecológica del sistema. Históricamente, la evaluación de los sistemas agrícolas se ha centrado en la cuantificación de la producción de alimentos y fibras, y hasta cierto punto en el estado, condición y tendencias del suelo, del agua y de los recursos relacionados. La evaluación del estado de los componentes o procesos biológicos esenciales de los agroecosistemas ha sido extraordinariamente deficiente.

En un intento por desarrollar un planteamiento más holístico para evaluar la condición agroecológica de los agroecosistemas, Meyer et al. (1992) identificó tres parámetros de evaluación que constituyen expresiones cuantificadas del cambio ambiental. Estos parámetros son:

Sustentabilidad. Capacidad para mantener un nivel de productividad de los cultivos a través del tiempo sin exponer los componentes estructurales y funcionales de los agroecosistemas.

Contaminación de los recursos naturales. Alteración de la calidad del aire, agua y suelo causada por los insumos o productos de los agroecosistemas.

Calidad del paisaje agrícola. Diversas formas en que los modelos agrícolas para el uso de la tierra modifican el panorama e influyen en los procesos ecológicos.

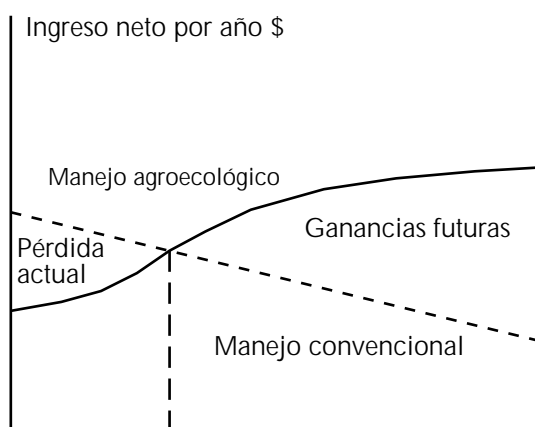


FIGURA 3.9 Comparación de los flujos de los ingresos netos de dos prácticas de uso de la tierra, manejo agroecológico en contraposición al convencional (según Roberts 1992).

Los indicadores que se consideran normalmente para el monitoreo agroecológico se muestran en la Tabla 3.5, asociados a los parámetros de evaluación.

Dentro de los primeros se seleccionaron cinco importantes indicadores para la evaluación inicial:

Productividad del cultivo. Estima la eficiencia de los insumos al lograr el rendimiento deseado como asimismo de los productos ambientales benéficos o perjudiciales.

Productividad del suelo. Para la renovabilidad del recurso suelo que necesariamente se degrada al extraerle su riqueza, el nivel máximo sustentable de uso (MSU), es equivalente a su tasa de renovación. La curva en la Figura 3.10 describe la relación general entre el MSU del suelo agrícola y el stock (profundidad del suelo). Mientras que la profundidad del suelo se mantiene suficientemente mayor que la profundidad de las raíces de los cultivos y otras plantas, la pérdida del suelo tiene poco o ningún efecto negativo sobre la productividad, no obstante, ésta disminuye con la profundidad del suelo inferior a este umbral. En principio, los insignificantes costos de la pérdida del suelo por la erosión pueden hacerse excesivos a medida que el suelo disminuye por debajo de este umbral (llamado punto crítico, C).

En términos prácticos, la productividad del suelo se caracteriza por la capacidad para retener nutrientes, biota del suelo, grado de contaminación y tasa de erosión.

TABLA 3.5 Asociación entre los parámetros de evaluación del agroecosistema y los indicadores (Meyer et al. 1992).

Indicador	Sustentabilidad	Contaminación de los recursos naturales (a)	Calidad de los paisajes agrícolas
Productividad del cultivo	X		
Productividad del suelo	X	X	
Capacidad de retención de nutrientes	X		
Erosión	X		
Contaminantes	X	X	
Componentes microbianos	X	X	
Uso de la tierra	X		
Descriptor del paisaje	X	X	X
Poblaciones de la fauna silvestre			X
Densidad de insectos benéficos	X		X
Densidad de plagas	X	X	
Estado de las especies biomonitoras		X	
Cantidad del agua para riego	X		
Calidad del agua para riego	X	X	
Uso químico en la agricultura	X	X	
Fuentes abastecedoras no puntuales		X	
Síntomas foliares	X	X	
Producción del ganado	X		
Factores socioeconómicos	X		
Diversidad genética	X		

(a) Aire, suelo, agua y biota incluyendo el transporte de agentes hacia, dentro y fuera de los agroecosistemas.

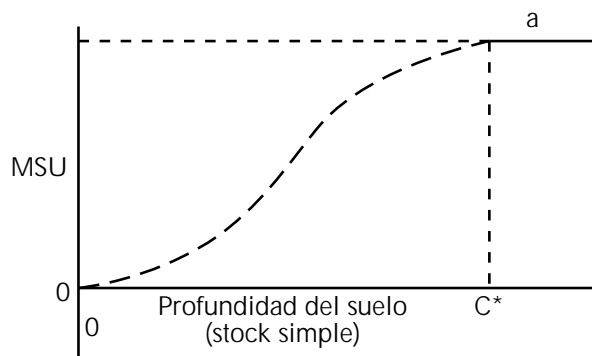


FIGURA 3.10 La relación general entre el nivel máximo sustentable de uso (MSU) del suelo y su profundidad.

Cantidad y calidad de agua para riego: se señalan dos aspectos: (1) los impactos de la calidad y cantidad de agua sobre la condición ecológica de los agroecosistemas regados y (2) los impactos del control del agroecosistema sobre la calidad y cantidad de agua.

Abundancia y diversidad de los insectos benéficos: presencia y frecuencia de depredadores, parásitos y agentes polinizadores.

Uso de productos químicos para la agricultura: efectos sobre las producciones de los cultivos y sobre los sectores que no son un objetivo del agroecosistema y ecosistemas adyacentes.

Diversidad genética: nivel de diversidad genética y tasas de erosión genética de los cultivos.

Al utilizar otro conjunto de indicadores biofísicos y socioeconómicos, los científicos (NRC 1993) que evalúan los diversos atributos de los agroecosistemas tropicales adoptaron un esquema de trabajo para comparar los atributos y contribuciones potenciales para la sustentabilidad de varios sistemas de uso de la tierra (Tabla 3.6). A pesar de que utilizaron varios factores fisicoquímicos, biológicos, sociales, culturales y económicos para analizar el rendimiento y el potencial del sistema, reconocieron que es difícil categorizar y cuantificar muchos aspectos de la sustentabilidad agrícola y, por tanto, ofrecieron estos valores cualitativos a cada atributo.

Uno de los pocos intentos que se han hecho hasta ahora para cuantificar la sustentabilidad, es el estudio de Faeth et al. (1991) mediante el cual se comparó la economía de los sistemas de producción alternativos y convencionales en Pensilvania y Nebraska cuando los recursos naturales son contabilizados, en especial, la depreciación del suelo. Los autores usaron un método para la contabilización de los recursos naturales utilizando datos económicos, para llegar de manera simple a mediciones cuantitativas de sustentabilidad. La productividad del suelo, la utilidad del predio, los impactos ambientales regionales y los costos fiscales pueden ser incluidos dentro del esquema de contabilidad de los recursos naturales.

Las Tablas 3.7 a y b comparan el ingreso agrícola neto y el valor económico neto de maíz-soya de Pensilvania, con y sin la contabilidad del recurso natural. La Tabla 3.7, columna 1, muestra un análisis financiero convencional del ingreso agrícola neto. El margen bruto de operación, los costos de producción menos variables de las ventas de los cultivos, aparece en la primera columna (US\$ 45). Debido a que los análisis convencionales no consideran la reducción de los recursos naturales, el mar-

TABLA 3.6 Comparación de los atributos biofísicos, sociales y económicos de los sistemas de uso de la tierra en zonas tropicales húmedas (NCR 1993).

Sistema de uso de la tierra	Atributos Biofísicos						Atributos Sociales						Atributos Económicos											
	Capacidad de Reciclaje ^e		Capacidad de Conservación del Suelo		Estabilidad frente a Plagas ^g		Nivel de Biodiversidad ^h		Almacenamiento de Carbono		Beneficios Nutricionales y de Salud ⁱ		Viabilidad Cultural ^k		Aceptabilidad Cultural ^l		Insumos Externos Requeridos		Empleo por unidad de Tierra		Ingreso			
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
Cultivo intensivo																								
Áreas de altos recursos ^e	X ^e	X ⁱ		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Áreas de bajos recursos	X	O		X	O	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Agricultura itinerante	X			X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sistemas agropastorales	X			X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ganadería extensiva	X ^h			X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Agroforestería	X			X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Huertos mixtos	X			X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cultivos perennes	X			X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Plantación forestal	X			X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bosque secundario	X			X	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Manejo de bosque natural	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bosque modificado	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Reservas forestales	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

NOTA: La letra B (bajo), M (moderado), y A (alto) se refiere al nivel en que cada uso de la tierra refleja un atributo.

- a En esta tabla, "X" denota resultados utilizando las mejores tecnologías disponibles para cada sistema de uso de la tierra. "O" denota resultados utilizando las mejores tecnologías pero sin suficiente documentación o investigación específica del sitio.
- b Capacidad de reciclar nutrientes en el suelo, recuperando sus niveles sin pérdidas significativas al ambiente.
- c Áreas de alta fertilidad, poca pendiente y sin restricciones para el uso agrícola, tienen lluvias adecuadas o riego durante todo el año.
- d Alta eficiencia de reciclaje pero bajos niveles de remoción de nutrientes a través de la cosecha.
- e Tecnologías actuales determinan alta producción pero con frecuentes pérdidas de nutrientes.
- f El arroz inundado presenta altos niveles de flujos de nutrientes y alta eficiencia

- de reciclaje y contención de nutrientes.
- g Indica la habilidad natural de mantener plagas y enfermedades por debajo del umbral económico.
- h Se refiere a la diversidad de plantas que a su vez determina la diversidad de flora y fauna bajo el suelo.
- i Asume diversidad de especies de plantas bajo sistemas de pastoreo, pudiendo incluir árboles en sistemas silvopastorales.
- j A fincas y comunidades locales.
- k Habilidad de permanecer como sistema de uso de la tierra y de proveer ingreso/empleo y bienes en comunidades bajo presión de población constante.
- l Políticamente deseable a niveles superiores a la comunidad local (municipalidad, región, estado, nación).
- m Niveles de insumos externos apropiados para mantener producción óptima con las mejores tecnologías disponibles.
- n Incluye inversión de capital para el establecimiento.

TABLA 3.7a
Comparación de análisis económico convencional con uno que use contabilidad de recursos naturales (costos dentro del predio)

INGRESO NETO AGRICOLA (US\$/acres/año)		
	sin Contabilidad de recursos naturales	con Contabilidad de recursos naturales
Margen bruto operacional	45	45
— Depreciación del suelo	—	25
Ingreso neto agrícola operacional	45	20
+ Subsidio gubernamental de productos	35	35
Ingreso agrícola neto	80	55

TABLA 3.7b
Comparación de análisis económico convencional con uno que usa contabilidad de recursos naturales (costos fuera del predio)

INGRESO NETO AGRICOLA (US\$/acres/año)		
	sin Contabilidad de recursos naturales	con Contabilidad de recursos naturales
Margen bruto operacional	45	45
— Depreciación del suelo	—	25
Ingreso neto agrícola operacional	45	20
— Costo fuera del sitio	—	47
Ingreso agrícola neto	80	—27

gen bruto y el ingreso de operación agrícola neto son los mismos. Los subsidios gubernamentales (US\$ 35) se añaden para obtener un ingreso neto (US\$ 80). Cuando se incluye la contabilidad de los recursos naturales, el margen bruto de operación se reduce por la rebaja de depreciación del suelo (US\$ 25) para obtener un ingreso agrícola neto (US\$ 20) (véase la Tabla 3.7 a). La rebaja por depreciación es una estimación del valor actual de las pérdidas de ingreso futuras debidas al impacto de la producción de cultivos sobre la calidad del suelo. El mismo pago gubernamental se añade para determinar el ingreso agrícola neto (US\$ 55).

El valor económico neto descuenta US\$ 47 a manera de ajuste para costos ambientales fuera del lugar (como la sedimentación, los impactos en la recreación, zonas pesqueras y los impactos sobre los usuarios de aguas abajo). El valor económico neto incluye también la rebaja por depreciación del suelo dentro del sitio, pero excluye pagos por la mantención del ingreso (véase la Tabla 3.7 b). Los agricultores no pueden mantener los costos fuera del sitio directamente, pero estos son, no obstante, costos económicos reales atribuibles a la producción agrícola y deberán considerarse al calcular el valor económico neto. Los pagos de subsidios, por el contrario, son una transferencia de los contribuyentes a los agricultores, no un ingreso generado por la producción agrícola, y por lo tanto, se excluyen de los cálculos del valor económico neto. En este ejemplo, cuando se realizan estos ajustes, una ganancia de US\$ 80 en contabilidad financiera convencional pasa a ser una pérdida de US\$ 27 en una contabilidad económica más completa.