

# **Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria**

**Miguel A Altieri**  
**Profesor de Agroecología**  
**Universidad de California, Berkeley**

Capítulo 1 La agricultura moderna: impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera agricultura moderna

Capítulo 2 Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables

Capítulo 3 Bases agroecológicas para una agricultura sustentable

Capítulo 4 Hacia una agricultura multifuncional en la América Latina del nuevo milenio

Capítulo 5 Bases agroecológicas para el manejo de la biodiversidad en agroecosistemas: efectos sobre plagas y enfermedades

Capítulo 6 Alternativas agroecológicas a la agricultura moderna convencional para enfrentar las necesidades de alimentos

Capítulo 7 Agroecología: principios y estrategias para una agricultura sustentable en la América Latina del siglo XXI

Capítulo 8 Biotecnología agrícola: mitos, riesgos ambientales y alternativas.

## **CAPITULO 1**

### **LA AGRICULTURA MODERNA: IMPACTOS ECOLÓGICOS Y LA POSIBILIDAD DE UNA VERDADERA AGRICULTURA SUSTENTABLE**

Hasta hace 4 décadas, los rendimientos de los cultivos en los sistemas agrícolas dependían de los recursos internos, el reciclaje de materia orgánica, los mecanismos de control biológico y el patrón de lluvia. Los rendimientos agrícolas eran modestos pero estables. La producción era asegurada, sembrando más de un cultivo o variedad en el espacio y el tiempo como seguro en contra de la explosión de plaga o de la severidad del clima. La introducción de nitrógeno se lograba con la rotación de los mayores cultivos con legumbres. Al mismo tiempo las rotaciones suprimían los insectos, las plagas y las enfermedades al romper efectivamente el ciclo de vida de las plagas. Un agricultor típico del cinturón de maíz rotaba el maíz con muchos cultivos incluyendo la soya, y la pequeña producción de grano era intrínseca al mantenimiento de ganados. La mayoría del trabajo era realizado por la familia, con el empleo ocasional de ayudantes y la utilización de equipos y servicios no especializados. En este tipo de sistema agrícola la relación entre la agricultura y la ecología era bastante fuerte y los signos de degradación ambiental eran raramente evidentes (Altieri, 1995).

En la medida en que la modernización agrícola avanzó, la relación entre la agricultura y la ecología fue quebrada en la medida en que los principios ecológicos fueron ignorados y/o sobrepasados. De hecho, muchos científicos agrícolas han llegado al consenso de que la agricultura moderna confronta una crisis ambiental. Un gran número de personas está preocupándose acerca de la sostenibilidad a largo plazo de los actuales sistemas de producción de comida. Se ha acumulado evidencia que muestra que cuando el actual sistema agrícola intensivo de capital y tecnología ha sido extremadamente productivo y competitivo, éste también trae consigo una serie de problemas económicos, sociales y ambientales (Conway y Pretty, 1991).

La evidencia también muestra que la naturaleza de la estructura agrícola y las políticas prevalecientes, han llevado a esta crisis ambiental a favorecer las grandes granjas, la especialización de la producción, el monocultivo y la mecanización. Hoy en la medida en que más y más agricultores se integran a la economía internacional, los imperativos para diversificar desaparecen y los monocultivos son premiados por las economías de escala. A su vez, la ausencia de rotaciones y diversificación elimina los mecanismos fundamentales de autorregulación, transformando los monocultivos en agroecosistemas altamente vulnerables y dependientes de altos insumos químicos.

#### **LA EXPANSIÓN DE LOS MONOCULTIVOS**

Hoy los monocultivos se han incrementado dramáticamente a través del mundo, mayormente a través de la expansión geográfica de suelos dedicados a un solo cultivo y a la producción año a año de la misma especie de cultivo sobre el mismo suelo. Data disponible indica que la cantidad de diversidad de cultivo por unidad de suelo arable ha decrecido y que las tierras de cultivos han mostrado una tendencia hacia la concentración. Hay fuerzas políticas y económicas influenciando la tendencia a dedicar grandes áreas al monocultivo. De hecho, tales sistemas son recompensados por las

economías de escala y contribuyen significativamente a la habilidad de las agriculturas nacionales para servir a los mercados internacionales.

Las tecnologías que permiten el cambio hacia el monocultivo son la mecanización, el mejoramiento de variedades de cultivos y el desarrollo de agroquímicos para la fertilización y el control de plagas y malezas. Las políticas comerciales gubernamentales de las décadas pasadas promovieron la aceptación y la utilización de estas tecnologías. Como resultado, hoy hay menos granjas, más largas, más especializadas y con requerimientos más intensivos de capital. A nivel regional, incrementos en el monocultivo quieren decir que toda la infraestructura agrícola de apoyo (ej. investigación, extensión, insumos, almacenamiento, transporte, mercados, etc.) se han especializado aún más.

Desde una perspectiva ecológica, las consecuencias regionales de la especialización del monocultivo tienen muchas facetas:

- a) La mayoría de los sistemas agrícolas a gran escala presentan una pobre estructura del ensamblaje de los componentes de la granja, con casi ninguna relación o complementariedad entre la empresa comercial y el suelo, los cultivos y los animales.
- b) Los ciclos de nutrientes, energía, agua y desperdicios se han vuelto más abiertos, en vez de cerrados como en los ecosistemas naturales. A pesar de la cantidad substancial de residuos de cosecha y heces producido en la granja, es cada vez más difícil el reciclar nutrientes, inclusive dentro de los sistemas agrícolas. Desperdicios de animales no pueden ser devueltos al suelo en un proceso de reciclaje de nutrientes porque los sistemas de producción están geográficamente remotos unos de otros para hacer posible que el ciclo se complete. En muchas áreas, los desperdicios agrícolas se han convertido en una carga en vez de ser un recurso. El reciclaje de nutrientes desde los centros urbanos hasta los campos es igualmente difícil.
- c) Parte de la inestabilidad y susceptibilidad a las plagas de los agroecosistemas puede ser ligada a la adopción de extensos monocultivos, los cuales han concentrado recursos para los herbívoros especializados y han aumentado las áreas disponibles para la inmigración de plagas. Esta simplificación también ha reducido las oportunidades ambientales para los enemigos naturales. Consecuentemente, la explosión de plagas frecuentemente ocurre cuando un gran número de plagas inmigrantes, poblaciones de insectos benéficos inhibidas, clima favorable y etapas vulnerables de los cultivos suceden simultáneamente.
- d) Cuando cultivos específicos se expanden más allá de su espacio “natural” o áreas favorables, hacia regiones de alto potencial de plagas o con limitada agua, o baja fertilidad del suelo, se requiere la intensificación del control químico para superar tales factores limitantes. Lo que se asume es que la intervención humana y el nivel de insumo energético que permitieron esta expansión pueden ser sostenidos indefinidamente.
- e) Agricultores comerciales observan un constante desfile de nuevas variedades de cultivos en la medida que el reemplazo de variedades, debido al stress biótico y a

cambios en el mercado, que se ha acelerado a niveles sin precedentes. Un cultivo con una resistencia mejorada a insectos y enfermedades hace su aparición, se comporta bien por algunos años (típicamente de 5 a 9 años) y es después sobrepasado por otra variedad cuando los rendimientos comienzan a caer, la productividad se ve amenazada, o un cultivo más prometedor está disponible. La trayectoria de las variedades se caracteriza por una fase de despegue cuando es inicialmente adoptada por los agricultores, una etapa intermedia cuando el área cultivada se estabiliza y finalmente una contracción del área de cultivo. De esta forma, la estabilidad en la agricultura moderna depende de la continua introducción de nuevas variedades, en vez de en una colcha de retazos compuesta de muchas variedades plantadas en la misma granja.

- f) La necesidad de subsidiar los monocultivos requiere incrementos en el uso de pesticidas y fertilizantes, pero la eficiencia del uso de insumos aplicados es decreciente y los rendimientos en la mayoría de los cultivos importantes se están estancando. En algunos lugares, los rendimientos están de hecho decreciendo. Hay diferentes opciones para explicar las causas subyacentes de este fenómeno. Algunos creen que los rendimientos se están estancados porque el máximo potencial de rendimiento de las actuales variedades ha sido alcanzado, y consecuentemente la ingeniería genética debe ser aplicada con el objetivo de rediseñar el cultivo. Por otra parte, los agroecologistas creen que este estancamiento es producido por la continua erosión de la base productiva de la agricultura a través de prácticas no sostenibles (Altieri y Rosset 1995).

#### **LA PRIMERA OLA DE PROBLEMAS AMBIENTALES**

La especialización de las unidades de producción no ha llevado a creer que la agricultura es un milagro moderno en la producción de alimentos. Sin embargo las evidencias indican que la excesiva dependencia de los monocultivos y los insumos agroindustriales, tales como las tecnologías de capital intensivo, pesticidas y fertilizantes químicos han impactado negativamente el Medio Ambiente y la sociedad rural. Muchos estudiosos del agro han asumido que la dicotomía agroecosistema/ecosistema natural no necesariamente lleva a consecuencias indeseables, sin embargo, desafortunadamente una serie de “enfermedades ecológicas” han estado asociadas a la intensificación de la producción de comida. Estas pueden ser agrupadas en dos categorías: enfermedades del ecotopo, las cuales incluyen erosión, pérdida de fertilidad del suelo, deplesión de las reservas de nutrientes, salinización y alcalinización, polución de los sistemas de aguas, pérdida de tierras de cultivos fértiles debido al desarrollo urbano. Segundo, enfermedades del biocoenosis, las cuales incluyen pérdida de cultivos, plantas silvestres y recursos genéticos animales, eliminación de los enemigos naturales, reaparición de plagas y resistencia genética a los pesticidas, contaminación química y destrucción de los mecanismos de control natural. Bajo condiciones de manejo intensivo, el tratamiento de tales “enfermedades” requiere un incremento de los costos externos hasta tal punto que, en algunos sistemas agrícolas, la cantidad de energía invertida para producir un rendimiento deseado sobrepasa la energía cosechada (Gliessman, 1977).

La pérdida de rendimiento en muchos cultivos debido a las plagas (que alcanza entre el 20% y 30% en la mayoría de los cultivos), a pesar del incremento substancial en el uso de pesticidas (cerca de 500 millones de kilogramos de ingrediente activo a nivel

mundial) es un síntoma de la crisis ambiental que afecta a la agricultura. Es bien sabido que plantas cultivadas en monocultivos genéticamente homogéneos no poseen los mecanismos necesarios ecológicos de defensa para tolerar el impacto de las explosiones de poblaciones de plagas. Agrónomos modernos, han seleccionado cultivos de alto rendimiento y alta palatabilidad, haciéndolos más susceptibles a las plagas al sacrificar la resistencia natural por la productividad. Por otra parte, las prácticas agrícolas modernas afectan negativamente los enemigos naturales de las plagas, los que a su vez no encuentran los necesarios recursos ambientales y las oportunidades en los monocultivos para efectivamente suprimir las plagas biológicamente. Debido a esta ausencia de controles naturales, los agricultores estadounidenses incurren cada año en una inversión de cerca de 40 billones de dólares en control con pesticidas, lo cual se estima que ahorra aproximadamente 16 billones de dólares en cultivos. Sin embargo, el costo indirecto del uso de pesticidas por los daños al medio ambiente y la salud pública deben ser balanceados contra estos beneficios. Basados en la información disponible, los costos ambientales (impacto sobre la vida silvestre, polinizadores, enemigos naturales, peces, aguas y desarrollo de resistencia) y el costo social (envenamiento y enfermedades) del uso de pesticidas alcanza cerca de 8 billones de dólares cada año (Pimental y Lehman, 1993). Lo que es preocupante es que el uso de pesticidas está aumentando. Data proveniente de California muestra que de 1941 a 1995 el uso de pesticidas se incremento de 161 a 212 millones de libras de ingrediente activo. Estos incrementos no se deben a un aumento del área plantada, en la medida en que el área dedicada a los cultivos permaneció constante durante el periodo. Cultivos tales como las fresas y las uvas registran la mayor parte de este aumento, el cual incluye pesticidas tóxicos, muchos de los cuales están relacionados con el cáncer (Liebman, 1997).

Por otra parte, los fertilizantes han sido alabados por estar altamente asociados con el incremento temporal observado en muchos países en la producción de comida. Los promedios nacionales en la aplicación de nitratos a la mayoría de las tierras arables fluctúa entre 120 a 550 kilogramos de N por hectárea. Pero la bonanza creada al menos en parte a través del uso de fertilizantes, ha asociado, y frecuentemente ocultado, los costos. Una de las principales razones del porqué los fertilizantes químicos contaminan el ambiente es debido a la aplicación excesiva y al hecho de que los cultivos los usan en forma ineficiente. El fertilizante que no es recuperado por el cultivo, ya que termina en el medio ambiente, mayormente en las aguas de superficie o en las aguas subterráneas. La contaminación por nitrato de las aguas está muy extendida y a niveles peligrosos en muchas regiones del mundo. En los Estados Unidos, se estima que más del 25% de los pozos de agua potable tienen contenidos de nitratos muy por encima del nivel de seguridad de 45 partes por millón. Tales niveles de nitratos son peligrosos para la salud humana y estudios han relacionado la ingerencia de nitratos con la metaemoglobinemia en los niños y con cánceres gástricos, cáncer a la vejiga y óseos en adultos (Conway y Pretty, 1991).

Los nutrientes de los fertilizantes que caen a la agua de superficie (ríos, lagos, bahías) pueden promover la eutroficación, caracterizada inicialmente por una explosión en la población de alga fotosintética. Las explosiones de algas a su vez transforman las aguas en un color verde brillante, previniendo la penetración de la luz más allá de la superficie y consecuentemente matando los organismos que viven en el fondo. La vegetación muerta sirve de alimento para otros microorganismos acuáticos que pronto consumen el oxígeno del agua, inhibiendo la descomposición de los residuos orgánicos, que se acumulan en el fondo. Eventualmente, tal enriquecimiento de nutrientes en los

ecosistemas de agua fresca llevan a la destrucción de toda la vida animal en los sistemas acuáticos. En los Estados Unidos se estima que cerca del 50% al 70% de todos los nutrientes que llegan al agua de superficie son derivados de los fertilizantes.

Los fertilizantes químicos también pueden convertirse en contaminantes del aire, y han sido recientemente implicados en la destrucción de la capa de ozono y con el calentamiento terrestre. Su uso excesivo también ha sido ligado a la acidificación y a la salinización de los suelos y a la alta incidencia de las plagas y las enfermedades a través de la mediación negativa de los nutrientes en los cultivos (McGuinness, 1993).

Es claro, que la primera ola de problemas ambientales esta profundamente enraizada en el sistema socioeconómico prevalente, el cual promueve el monocultivo y el uso de tecnologías de alto insumo, así como prácticas que llevan a la degradación de los recursos naturales. Tal degradación no es solamente un proceso ecológico, pero también un proceso social, político y económico (Buttel y Gertler, 1982). Es por este motivo que el problema de la producción agrícola no puede ser considerado únicamente un problema tecnológico, aunque estando de acuerdo que los temas de productividad representan parte del problema, la atención a los temas sociales, culturales y económicos de la crisis es crucial. Esto es particularmente cierto hoy cuando la dominación económica y política de la agenda de desarrollo rural por parte de la agroindustria se da a expensas de los intereses de los consumidores, trabajadores del campo, pequeños propietarios, vida silvestre, el medio ambiente y las comunidades rurales (Audirac, 1977).

## **LA SEGUNDA OLA DE PROBLEMAS AMBIENTALES**

A pesar de que la conciencia sobre el impacto de las modernas tecnologías en el medio ambiente aumenta, en la medida en que observamos la trayectoria de los pesticidas en la cadena alimenticia y los nutrientes de los cultivos en las fuentes de agua, existen aquellos que al enfrentarse a los retos del siglo XXI aún argumentan por la intensificación tecnológica para llenar los requerimientos de la producción agrícola. Es en este contexto que los simpatizantes del “Status-quo” en la agricultura celebran el surgimiento de la biotecnología como la última bala mágica que revolucionará la agricultura con productos basados “en los mismos métodos de la naturaleza”, haciendo de la agricultura más amigable al medio ambiente y más rentable para los agricultores. Aunque es claro que ciertas formas no transformadoras de la biotecnología son prometedoras para un mejoramiento de la agricultura, dada la orientación y el control que en la actualidad ejercen las compañías multinacionales, ésta promete un daño ambiental mayor, dado el incremento de la industrialización de la agricultura y la intromisión en la investigación de intereses privados más allá del interés público (Krimsky y Wrubel, 1996).

Lo que es irónico es que el hecho de que la biorevolución está siendo agenciada por los mismos intereses que promovieron la primera ola de la agricultura basada en los agroquímicos, pero ahora, al equipar cada cultivo con nuevos genes insecticidas, ellos están prometiéndole al mundo pesticidas más sanos, una reducción en los cultivos químicamente intensivos y una agricultura más sustentable. Sin embargo, mientras los cultivos transgénicos sigan de cerca el paradigma de los pesticidas, tales productos biotecnológicos no harán más que reforzar el camino de los pesticidas en los agroecosistemas, legitimando de esta manera las preocupaciones que muchos científicos

han expresado, acerca de los posibles riesgos ambientales de organismos genéticamente contruidos.

Mientras la investigación de campo y las predicciones basadas en la teoría ecológica indican que entre los riesgos ambientales asociados con la liberación de cultivos transgénicos se pueden resumir los siguientes (Rissler y Mellon, 1996):

- La tendencia sentada por las corporaciones es la de crear amplios mercados internacionales para un solo producto, creando así las condiciones para la uniformidad genética en el paisaje rural. La historia ha demostrado repetidamente que grandes extensiones plantadas con un solo cultivo son altamente vulnerables a nuevos patógenos y plagas.
- La diseminación de los cultivos transgénicos amenaza la diversidad genética al simplificar los sistemas de cultivos y al promover la erosión genética.
- Existe el potencial de una transferencia no intencional de transgenes hacia plantas de la misma familia con efectos ecológicos impredecibles. La transferencia de genes de los cultivos resistentes a los herbicidas hacia sus familiares silvestres o semidomesticados puede llevar a la creación de supermalezas.
- Lo más probable es que las plagas de insectos desarrollen resistencia rápidamente hacia cultivos con la toxina Bt. En pruebas de laboratorio y de campo se ha reportado el desarrollo de resistencia a la toxina Bt de muchas especies Lepidópteras, sugiriendo que muy posiblemente los mayores problemas de resistencia se desarrollarán en cultivos Bt, los cuales a través de la continua expresión de la toxina generan una fuerte presión selectiva.
- El uso masivo de la toxina Bt en los cultivos puede desencadenar interacciones potencialmente negativas que afecten los procesos ecológicos y a otros organismos. Evidencia de estudios conducidos en Escocia sugieren que los áfidos fueron capaces de secuestrar la toxina Bt y transferirla a sus predadores coccinellidos, afectando así la reproducción y la longevidad de los insectos benéficos.
- La toxina Bt también puede ser incorporada al suelo a través de los residuos orgánicos, donde éstos pueden permanecer de 2 a 3 meses, resistiendo su degradación al unirse a las partículas de greda del suelo, las cuales mantienen la actividad de la toxina afectando negativamente a los invertebrados y al ciclo de nutrientes.
- Otro riesgo potencial de las plantas transgénicas que expresan secuencias virales derivadas de la posibilidad de un nuevo genotipo generado por la recombinación entre AND genómico de virus infectantes y el AND transferidos de los transgenes.
- Otra importante preocupación ambiental asociada con el cultivo a gran escala de transgénicos resistentes a los virus se relaciona con la posible transferencia de los transgenes derivados de los virus a sus familiares silvestres a través del polen.

Aunque existen muchas preguntas sin responder acerca del impacto de la liberación de plantas transgénicas y de microorganismos en el medio ambiente, se espera que la biotecnología exacerbará los problemas de la agricultura convencional y que al promover los monocultivos también debilitará los métodos ecológicos de cultivos tales como las rotaciones y los policultivos. Dado que los cultivos transgénicos desarrollados enfatizan el uso de un solo mecanismo de control, lo que se ha fallado una y otra vez con los insectos, patógenos y malezas, los cultivos transgénicos muy posiblemente incrementarán el uso de pesticidas y acelerarán la evolución de supermalezas y de insectos resistentes. Esta posibilidad es preocupante, especialmente cuando se

considera que durante el periodo de 1986-1997, aproximadamente 25 mil cultivos transgénicos fueron probados en el campo a nivel mundial en más de 60 cultivos con 10 **traits** en 45 países. Para 1997 el área global dedicada a los cultivos transgénicos alcanzó 12.8 millones de hectáreas. 72% de todas las pruebas de campo de cultivos transgénicos fueron conducidas en los Estados Unidos y Canadá, aunque algunas fueron también conducidas en orden descendente en Europa, América Latina y Asia. En los países industrializados de 1986 a 1992, 57% de todas las pruebas de campo para examinar los cultivos transgénicos estaban relacionadas con la tolerancia a los herbicidas, lideradas por 27 corporaciones incluyendo las 8 más grandes compañías de pesticidas del mundo: Bayer, Ciba-Geigy, ICI, Rhone-Poulenc, Dow/Elanco, Monsanto, Hoescht y DuPont, y virtualmente todas las compañías de semillas, muchas de las cuales han sido adquiridas por las compañías químicas. En la medida en que Roundup y otros herbicidas de amplio espectro están siendo usados en las tierras de cultivos, las opciones para los agricultores de una agricultura diversificada serán mucho más limitadas.

### LA GAMA DE ALTERNATIVAS A LA AGRICULTURA CONVENCIONAL

La reducción y especialmente la eliminación de los agroquímicos requiere de cambios mayores en el manejo de la agricultura para asegurar la provisión adecuada de nutrientes y el control de plagas. Como se vio hace algunas décadas, fuentes alternativas de nutrientes para mantener la fertilidad del suelo incluyen heces, lodos de actinodos **age sludge** y desperdicios orgánicos y las legumbres en secuencia de cultivos. Los beneficios de las rotaciones se deben a la fijación biológica de nitrógeno y a la interrupción de los ciclos de los insectos, malezas y enfermedades. Una empresa de ganadería puede estar integrada con el cultivo de granos para proveer la producción de estiércol y para utilizar mejor los forrajes producidos. Los máximos beneficios de esta integración se pueden ver cuando el ganado, los cultivos y otros recursos de la granja están organizados en diseños de forma mixta y rotativa para optimizar la eficiencia de la producción, el ciclo de nutrientes y la protección del cultivo.

En plantaciones y viñedos, el uso de cultivos de cobertura mejora la fertilidad, estructura y permeabilidad del suelo, previene la erosión, modifica el microclima y reduce la competencia de malezas. Estudios entomológicos conducidos en plantaciones con cultivos de cobertura indican que estos sistemas exhiben menor incidencia de plagas que las plantaciones sin cobertura. Esto se debe a la mayor abundancia y eficiencia de los predadores y parasitoides motivados por la riqueza de la flora (Altieri, 1992).

Cada vez más los investigadores están demostrando que es posible obtener un balance entre el medio ambiente, rendimientos sostenidos, fertilidad del suelo mediada biológicamente y control natural de plagas a través del diseño de agro ecosistemas diversificados y el uso de tecnologías de bajo insumo. Muchas alternativas de sistemas de cultivos han sido probadas, tales como doble cultivo, cultivo de cobertura y cultivos mixtos, lo más importante es que ejemplos concretos de agricultores reales demuestran que tales sistemas llevan a la optimización del reciclaje de nutrientes y a la restitución de materia orgánica, flujos cerrados de energía, conservación de agua y suelos y balance de las poblaciones de plagas y enemigos naturales. Esta agricultura diversificada utiliza la complementaridades que resultan de las varias combinaciones de cultivos, árboles y animales en arreglos especiales y temporales (Altieri, 1995).



En esencia, el comportamiento óptimo de los agroecosistemas depende del nivel de interacción entre los varios componentes bióticos y abióticos. Al ensamblar una biodiversidad funcional es posible iniciar sinergismos que subsidiarán los procesos del agroecosistema al proveer servicios ecológicos tales como la activación de la biología del suelo, el reciclaje de nutrientes, la promoción de artrópodos benéficos y antagonistas, etc. Hoy existe una selección variada de prácticas y tecnologías a disposición con diferentes grados de efectividad y con un valor intrínseco estratégico.

#### **BARRERAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ALTERNATIVAS**

La estrategia agroecológica busca la revitalización y la diversificación de las pequeñas y medianas propiedades y el rediseño de toda la política agrícola y el sistema alimenticio de forma que sea económicamente viable para los agricultores y los consumidores. De hecho, desde diferentes perspectivas a través del mundo existen cientos de movimientos que están trabajando por un cambio hacia una agricultura ecológicamente sensible. Algunas enfatizan la producción de productos orgánicos para los mercados lucrativos, otros el manejo de la tierra, mientras otros el empoderamiento de las comunidades campesinas. En general, los objetivos son usualmente los mismos: el asegurar la autosuficiencia de alimentos, el preservar la base de recursos naturales, y el asegurar la equidad social y la viabilidad económica.

Lo que pasa es que algunos grupos bien intencionados sufren de un “determinismo tecnológico”, y enfatizan como estrategia clave únicamente el desarrollo y diseminación de tecnologías apropiadas o de bajos insumos como si fuesen estas tecnologías por sí mismas las que tienen la capacidad de iniciar procesos de cambio social benéficos. La escuela de agricultura orgánica que enfatiza la sustitución de insumos (ej. Sustitución de químicos tóxicos por insecticidas biológicos) pero dejando intacta la estructura de monocultivo, epitomiza a aquellos grupos que tienen una visión relativamente benigna de la agricultura capitalista. Tal perspectiva, desafortunadamente ha evitado que muchos grupos entiendan las raíces estructurales de la degradación ambiental ligadas al monocultivo (Rosset y Altieri, 1997).

Esta estrecha aceptación de la actual estructura de la agricultura es una condición dada que restringe la posibilidad real de implementar alternativas que enfrentan tal estructura. Entonces, opciones por una agricultura diversificada son inhibidas, entre otros factores, por las actuales tendencias en el tamaño de la granja y por la mecanización. La implementación de tal agricultura mixta sólo será posible como parte de un amplio programa que incluye, entre otras estrategias, la reforma agraria y el rediseño de la maquinaria agrícola para que se adapte a los policultivos. Solamente introduciendo diseños agrícolas alternativos hará muy poco para cambiar las fuerzas que llevan al monocultivo, a la expansión del tamaño de la granja y a la mecanización.

Similarmente, obstáculos para cambiar los sistemas de cultivos han sido creados por los programas comerciales gubernamentales implementados durante las últimas décadas. En esencia, estos programas han premiado el monocultivo **on their base feed grain** al asegurar a los productores un precio determinado para sus productos. Aquellos que no plantan la extensión designada de maíz y de otros cultivos subsidiados pierden un **déficit hectrage from their base**. Consecuentemente, esto creó una desventaja competitiva para aquellos que usan rotación de cultivos. Tal desventaja, por supuesto,

exacerbó las dificultades económicas para muchos productores (Mc Isaac y Edwards, 1994). Obviamente muchos cambios políticos son necesarios para poder crear un escenario económico favorable para prácticas de cultivo alternativas.

Por otra parte, la gran influencia de las corporaciones multinacionales en promover la venta de agroquímicos no puede ser ignorada como una barrera para la agricultura sostenible. La mayoría de las corporaciones multinacionales han tomado ventaja de las políticas actuales que promueven una amplia participación del sector privado en el desarrollo y entrega de tecnología, colocándose ellas mismas en una posición de poder para expandir, promover y mercadear los pesticidas. Siendo realista, el futuro de la agricultura será determinado por relaciones de poder y no existe razón para que los agricultores y el público en general, si son suficientemente empoderados, no puedan influir la dirección de la agricultura acorde con los objetivos de la sostenibilidad.

### **CONCLUSIONES**

Claramente la naturaleza de la estructura de la agricultura moderna y de las políticas actuales han influenciado el contexto de la producción y de la tecnología agrícola, lo que a su vez ha llevado a problemas ambientales de primer y segundo orden. De hecho, dadas las realidades del modelo económico dominante, las políticas desalientan prácticas conservadoras de recursos y en muchos casos estas prácticas no son rentables para los agricultores. Entonces las expectativas que una serie de cambios políticos puedan ser implementados para el renacimiento de la agricultura diversificada y a pequeña escala son irreales, dado que éstas niegan la existencia del concepto de economía de escala en la agricultura e ignoran el poder político de las corporaciones agroindustriales y las actuales tendencias sentadas por la globalización. Una transformación más radical de la agricultura es necesaria, una guiada por la noción de que el cambio ecológico en la agricultura no puede ser promovido sin un cambio comparable en las arenas de lo social, político, cultural y económico que también conforman la agricultura. En otras palabras, un cambio hacia una agricultura socialmente justa, económicamente viable y ambientalmente segura debe ser el resultado de movimientos sociales en el sector rural y su alianza con organizaciones urbanas. Esto es especialmente relevante en el caso de la nueva biorevolución, donde una acción concertada es necesaria para que las compañías de biotecnología sientan el impacto de la presión de las organizaciones medio ambientalistas, laborales, de derechos de los animales y de defensa de los consumidores, presionando para reorientar el trabajo para el beneficio de toda la sociedad y de la naturaleza.

### **PREGUNTAS PARA DISCUSION**

1. Identifique los síntomas de la crisis ecológica de la agricultura convencional en su región. Cuales son las causas raíces de estos problemas?



2. Existen datos en su zona que cuantifiquen el impacto ambiental o social de la agricultura industrial, de manera de tener una idea de la magnitud del problema? ( Por ejemplo hay datos de niveles de pesticidas en los alimentos? O numero de envenenamientos por pesticidas en el campo?, etc) Cual es la significancia de estos datos?
3. Que elementos consideraría para empezar a plantear una solución a estos problemas? Cómo puede la agroecología ayudar en la definición de una estrategia hacia una agricultura más sustentable?
4. Cuales son las tecnologías asociadas al sistema de algodón de la foto y cuales serian sus impactos ambientales?

## **CAPITULO 2**

### **AGROECOLOGÍA: PRINCIPIOS Y ESTRATEGIAS PARA DISEÑAR SISTEMAS AGRARIOS SUSTENTABLES**

El concepto de agricultura sustentable es una respuesta relativamente reciente a la declinación en la calidad de la base de los recursos naturales asociada con la agricultura moderna. En la actualidad, la cuestión de la producción agrícola ha evolucionado desde una forma puramente técnica hacia una más compleja, caracterizada por dimensiones sociales, culturales, políticas y económicas. El concepto de sustentabilidad, aunque controvertible y difuso debido a la existencia de definiciones e interpretaciones conflictivas de su significado, es útil debido a que captura un conjunto de preocupaciones acerca de la agricultura, la que es concebida como el resultado de la coevolución de los sistemas socioeconómicos y naturales (Reijntjes *et al.*, 1992). Un entendimiento más amplio del contexto agrícola requiere el estudio de la agricultura, el ambiente global y el sistema social, teniendo en cuenta que el desarrollo social resulta de una compleja interacción de una multitud de factores. Es a través de esta más profunda comprensión de la ecología de los sistemas agrícolas, que se abrirán las puertas a nuevas opciones de manejo que estén más en sintonía con los objetivos de una agricultura verdaderamente sustentable.

El concepto de sustentabilidad ha dado lugar a mucha discusión y ha promovido la necesidad de proponer ajustes mayores en la agricultura convencional para hacerla ambientalmente, socialmente y económicamente más viable y compatible. Se han propuesto algunas posibles soluciones a los problemas ambientales creados por los sistemas agrícolas intensivos en capital y tecnología basándose en investigaciones que tienen como fin evaluar sistemas alternativos (Gliessman, 1998). El principal foco está puesto en la reducción o eliminación de agroquímicos a través de cambios en el manejo,

que aseguren la adecuada nutrición y protección de las plantas a través de fuentes de nutrientes orgánicos y un manejo integrado de plagas, respectivamente.

A pesar que han tenido lugar cientos de proyectos orientados a crear sistemas agrícolas y tecnologías ambientalmente más sanas, y muchas lecciones se han aprendido, la tendencia es aún altamente tecnológica, enfatizando la supresión de los factores limitantes o de los síntomas que enmascaran un sistema productivo enfermo. La filosofía prevaleciente es que las plagas, las deficiencias de nutrientes u otros factores son la causa de la baja productividad, en una visión opuesta a la que considera que las plagas o los nutrientes sólo se transforman en una limitante, si el agroecosistema no está en equilibrio (Carrol *et al.*, 1990). Por esta razón, todavía persiste y prevalece la visión estrecha que la productividad es afectada por causas específicas y por lo tanto, que la solución de estos factores limitantes, mediante nuevas tecnologías, continúa siendo el principal objetivo.

Esta visión ha impedido a los agrónomos darse cuenta que los factores limitantes sólo representan los síntomas de una enfermedad más sistémica inherente a desbalances dentro del agroecosistema y han provocado una apreciación del contexto y la complejidad

del agroecosistema que subestima las principales causas de las limitaciones agrícolas. Por otro lado, la ciencia de la agroecología, que es definida como la aplicación de los conceptos y principios ecológicos para diseñar agroecosistemas sustentables, provee una base para evaluar la complejidad de los agroecosistemas. La idea de la agroecología es ir más allá del uso de prácticas alternativas y desarrollar agroecosistemas con una dependencia mínima de agroquímicos y subsidios de energía enfatizando sistemas agrícolas complejos en los cuales las interacciones ecológicas y los sinergismos entre sus componentes biológicos proveen los mecanismos para que los sistemas subsidien la fertilidad de su propio suelo, la productividad y la protección de los cultivos.

## **1. PRINCIPIOS DE AGROECOLOGÍA**

En la búsqueda por reinstalar una racionalidad más ecológica en la producción agrícola, los científicos y promotores han ignorado un aspecto esencial o central en el desarrollo de una agricultura más autosuficiente y sustentable: un entendimiento más profundo de la naturaleza de los agroecosistemas y de los principios por los cuales estos funcionan.

Dada esta limitación, la agroecología emerge como una disciplina que provee los principios ecológicos básicos sobre cómo estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que son productivos y a su vez conservadores de los recursos naturales y que además, son culturalmente sensibles y socialmente y económicamente viables.

La agroecología va más allá de un punto de vista unidimensional de los agroecosistemas (su genética, edafología y otros) para abrazar un entendimiento de los niveles ecológicos y sociales de coevolución, estructura y función. En lugar de centrar su atención en algún componente particular del agroecosistema, la agroecología enfatiza las interrelaciones entre sus componentes y la dinámica compleja de los procesos ecológicos (Vandermeer, 1995).

Los agroecosistemas son comunidades de plantas y animales interactuando con su ambiente físico y químico que ha sido modificado para producir alimentos, fibra,

combustible y otros productos para el consumo y procesamiento humano. La agroecología es el estudio holístico de los agroecosistemas, incluidos todos los elementos ambientales y humanos. Centra su atención sobre la forma, la dinámica y función de sus interrelaciones y los procesos en el cual están envueltas. Un área usada para producción agrícola, por ejemplo un campo, es visto como un sistema complejo en el cual los procesos ecológicos que se encuentran en forma natural pueden ocurrir, por ejemplo: ciclaje de nutrientes, interacciones predador-presa, competencia, simbiosis y cambios sucesionales. Una idea implícita en las investigaciones agroecológicas es que, entendiendo estas relaciones y procesos ecológicos, los agroecosistemas pueden ser manejados para mejorar la producción de forma más sustentable, con menores impactos negativos ambientales y sociales y un menor uso de insumos externos.

El diseño de tales sistemas está basado en la aplicación de los siguientes principios ecológicos (Reinjtjes *et al.*, 1992):

- Aumentar el reciclado de biomasa y optimizar la disponibilidad y el flujo balanceado de nutrientes.
- Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumentando la actividad biótica del suelo.
- Minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo de suelo a través del aumento en la cobertura.
- Diversificar específica y genéticamente el agroecosistema en el tiempo y el espacio.
- Aumentar las interacciones biológicas y los sinergismos entre los componentes de la biodiversidad promoviendo procesos y servicios ecológicos claves.

Estos principios pueden ser aplicados a través de varias técnicas y estrategias. Cada una de ellas tiene diferente efecto sobre la productividad, estabilidad y resiliencia dentro del sistema de finca, dependiendo de las oportunidades locales, la disponibilidad de recursos y, en muchos casos, del mercado. El objetivo último del diseño agroecológico es integrar los componentes de manera tal de aumentar la eficiencia biológica general, y mantener la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistema (Tabla 1). El objetivo es diseñar una trama de agroecosistemas dentro de una unidad de paisaje, miméticos con la estructura y función de los ecosistemas naturales.

**Tabla 1. Procesos ecológicos que deben optimizarse en agroecosistemas**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortalecer la inmunidad del sistema (funcionamiento apropiado del sistema natural de control de plagas)</li> <li>• Disminuir la toxicidad a través de la eliminación de agroquímicos</li> <li>• Optimizar la función metabólica (descomposición de la materia orgánica y ciclaje de nutrientes)</li> <li>• Balance de los sistemas regulatorios (ciclos de nutrientes, balance de agua, flujo y energía, regulación de poblaciones, etc...)</li> <li>• Aumentar la conservación y regeneración de los recursos de suelo y agua y la biodiversidad</li> <li>• Aumentar y sostener la productividad en el largo plazo Aumentar y sostener la</li> </ul>
--

productividad en el largo plazo

## 2. BIODIVERSIFICACIÓN DE AGROECOSISTEMAS

Desde una perspectiva de manejo, el objetivo de la agroecología es proveer ambientes balanceados, rendimientos sustentables, una fertilidad del suelo biológicamente obtenida y una regulación natural de las plagas a través del diseño de agroecosistemas diversificados y el uso de tecnologías de bajos insumos (Gliessman, 1998). Los agroecólogos están ahora reconociendo que los policultivos, la agroforestería y otros métodos de diversificación imitan los procesos ecológicos naturales y que la sustentabilidad de los agroecosistemas complejos se basa en los modelos ecológicos que ellos siguen. Mediante el diseño de sistemas de cultivo que imiten la naturaleza puede hacerse un uso óptimo de la luz solar, de los nutrientes del suelo y de la lluvia (Pret, 1994).

El manejo agroecológico debe tratar de optimizar el reciclado de nutrientes y de materia orgánica, cerrar los flujos de energía, conservar el agua y el suelo y balancear las poblaciones de plagas y enemigos naturales. La estrategia explota las complementariedades y sinergismos que resultan de varias combinaciones de cultivos, árboles y animales, en arreglos espaciales y temporales diversos (Altieri, 1994).

En esencia, el manejo óptimo de los agroecosistemas depende del nivel de interacciones entre los varios componentes bióticos y abióticos. A través del ensamble de una biodiversidad funcional es posible iniciar sinergismos que subsidien los procesos del agroecosistema a través de proveer servicios ecológicos tales como la activación de la biología del suelo, el reciclado de nutrientes, el aumento de los artrópodos benéficos y los antagonistas y otros más (Altieri & Nicholls, 1999). Actualmente, hay una gama diversa de prácticas y tecnologías disponibles las cuales varían, tanto en efectividad, como en valor estratégico. Las prácticas clave son aquellas de naturaleza preventiva, de multipropósito y que actúan reforzando la inmunidad del agroecosistema a través de una serie de mecanismos (Tabla 2).

Existen varias estrategias para restaurar la diversidad agrícola en el tiempo y el espacio incluyendo rotaciones de cultivos, cultivos de cobertura, policultivos, mezclas de cultivo y ganadería y otras estrategias similares, las que exhiben las siguientes características ecológicas:

**Tabla 2. Mecanismos para mejorar la inmunidad del agroecosistema**

- Aumentar las especies de plantas y la diversidad genética en el tiempo y el espacio

- Mejorar la biodiversidad funcional (enemigos naturales, antagonistas, etc..)
- Mejoramiento de la materia orgánica del suelo y la actividad biológica
- Aumento de la cobertura del suelo y la habilidad competitiva.
- Eliminación de insumos tóxicos y residuos

**Rotaciones de cultivo.** Diversidad temporal incorporada en los sistemas de cultivo proveyendo nutrientes para el cultivo e interrumpiendo el ciclo de vida de varios insectos plaga, de enfermedades y el ciclo de vida de las malezas (Sumner, 1982).

**Policultivos.** Sistemas de cultivo complejos en los cuales 2 o más especies son plantadas con una suficiente proximidad espacial que resulta en una competencia o complementación, aumentando, por lo tanto, los rendimientos (Vandermeer, 1989).

**Sistemas agroforestales.** Un sistema agrícola donde los árboles proveen funciones protectivas y productivas cuando crecen junto con cultivos anuales y/o animales lo que resulta en un aumento de las relaciones complementarias entre los componentes incrementando el uso múltiple del agroecosistema (Nair, 1982).

**Cultivos de cobertura.** El uso, en forma pura o en mezcla, de plantas leguminosas u otras

especies anuales, generalmente debajo de especies frutales perennes, con el fin de mejorar la fertilidad del suelo, aumentar el control biológico de plagas y modificar el microclima del huerto (Finch & Sharp, 1976).

**Integración animal** en el agroecosistema ayudando en alcanzar una alta producción de biomasa y un reciclaje óptimo (Pearson & Ison, 1987).

Todas las formas diversificadas de agroecosistemas detalladas más arriba comparten las siguientes características:

- a) Mantienen la cubierta vegetativa como una medida efectiva de conservar el agua y el suelo, a través del uso de prácticas como labranza cero, cultivos con uso de “mulch” y el uso de cultivos de cobertura y otros métodos apropiados.
- b) Proveen un suministro regular de materia orgánica a través de la adición de materia orgánica (estiércol, “compost” y promoción de la actividad y biología del suelo).
- c) Aumentan los mecanismos de reciclaje de nutrientes a través del uso de sistemas de rotaciones basados en leguminosas, integración de ganado, etc.
- d) Promueven la regulación de las plagas a través de un aumento de la actividad biológica de los agentes de control logrado por la introducción y/o la conservación de los enemigos naturales y antagonistas.

La investigación sobre la diversificación de sistemas de cultivos pone de relieve la gran importancia de la diversidad en un entorno agrícola (Vandermeer, 1989). La diversidad es de valor en los agroecosistemas por varias razones (Altieri, 1994; Gliessman, 1998):

- A medida que aumenta la diversidad, también lo hacen las oportunidades para la coexistencia e interacción benéfica entre las especies, que pueden mejorar la sustentabilidad del agroecosistema.
- Una mayor diversidad siempre permite un mejor uso de los recursos en el agroecosistema.



Existe una mejor adaptación a la heterogeneidad del hábitat, llevando a una complementariedad en las necesidades de las especies de cultivo, la diversificación de nichos, el solapamiento de los nichos de las especies y la partición de los recursos.

- Los ecosistemas en los cuales las especies de plantas están entremezcladas, poseen una resistencia asociada a herbívoros, ya que en los sistemas diversos existe una mayor abundancia y diversidad de enemigos naturales de las plagas, manteniendo bajo control las poblaciones de especies individuales de herbívoros.
- Un ensamblaje de cultivos diversos puede crear una diversidad de microclimas dentro de los sistemas de cultivo que pueden ser ocupados por un rango de organismos silvestres -incluyendo predadores benéficos, parasitoides, polinizadores, fauna del suelo y antagonistas- que resultan importantes para la totalidad del sistema.
- La diversidad en el paisaje agrícola puede contribuir a la conservación de la biodiversidad en los ecosistemas naturales circundantes.
- La diversidad en el suelo determina una variedad de servicios ecológicos tales como el reciclado de nutrientes y la desintoxicación de sustancias químicas perjudiciales y la regulación del crecimiento de las plantas.
- La diversidad reduce el riesgo para los productores o agricultores, especialmente en áreas marginales con condiciones ambientales poco predecibles. Si un cultivo no anda bien, el ingreso derivado de otros puede compensarlo.

### **3. AGROECOLOGÍA Y EL DISEÑO DE AGROECOSISTEMAS SUSTENTABLES**

Mucha gente involucrada en la promoción de la agricultura sustentable busca crear una forma de agricultura que mantenga la productividad en el largo plazo a través de (Pret, 1994; Vandermeer, 1995):

- Optimizar el uso de insumos localmente disponibles combinando los diferentes componentes del sistema de finca, por ejemplo: plantas, animales, suelo, agua, clima y gente de manera tal que se complementen los unos a los otros y tengan los mayores efectos sinérgicos posibles.
- Reducir el uso de insumos externos a la finca y los no renovables con gran potencial de daño al ambiente y a la salud de productores y consumidores, y un uso más restringido y localizado de los insumos remanentes, con la visión de minimizar los costos variables.
- Basarse principalmente en los recursos del agroecosistema reemplazando los insumos externos por reciclaje de nutrientes, una mejor conservación y un uso eficiente de insumos locales.
- Mejorar la relación entre los diseños de cultivo, el potencial productivo y las limitantes ambientales de clima y el paisaje, para asegurar la sustentabilidad en el largo plazo de los niveles actuales de producción.
- Trabajar para valorar y conservar la biodiversidad, tanto en regiones silvestres como domesticadas, haciendo un uso óptimo del potencial biológico y genético de las especies de plantas y animales presentes dentro y alrededor del agroecosistema.
- Aprovechar el conocimiento y las prácticas locales, incluidas las aproximaciones innovativas no siempre plenamente comprendidas todavía por los científicos, aunque ampliamente adoptadas por los agricultores.

La agroecología provee el conocimiento y la metodología necesaria para desarrollar una agricultura que sea, por un lado, ambientalmente adecuada y, por el otro lado, altamente productiva, socialmente equitativa y económicamente viable. A través de la aplicación de los principios agroecológicos, el desafío básico de la agricultura sustentable de hacer un mejor uso de los recursos internos puede ser fácilmente alcanzado, minimizando el uso de insumos externos y preferentemente generando los recursos internos más eficientemente, a través de las estrategias de diversificación que aumenten los sinergismos entre los componentes clave del agroecosistema.

El objetivo último del diseño agroecológico es integrar los componentes de manera tal de aumentar la eficiencia biológica general, preservar la biodiversidad y mantener la capacidad productiva y autorregulatoria del agroecosistema. El objetivo es diseñar un agroecosistema que imite la estructura y función de los ecosistemas naturales locales; esto es, un sistema con una alta diversidad de especies y un suelo biológicamente activo; un sistema que promueva el control natural de plagas, el reciclaje de nutrientes y una alta cobertura del suelo que prevenga las pérdidas de recursos edáficos.

## **CONCLUSIONES**

La Agroecología provee una guía para desarrollar agroecosistemas que tomen ventaja de los efectos de la integración de la biodiversidad de plantas y animales. Tal integración aumenta las complejas interacciones y sinergismos y optimiza las funciones y procesos del agroecosistema tales como la regulación biótica de organismos perjudiciales, reciclado de nutrientes y la producción y acumulación de biomasa, permitiendo así al agroecosistema solventar su propio funcionamiento. El resultado final del diseño agroecológico es mejorar la sustentabilidad económica y ecológica del agroecosistema, con un sistema de manejo propuesto a tono con la base local de recursos y con una estructura operacional acorde con las condiciones ambientales y socioeconómicas existentes. En una estrategia agroecológica los componentes de manejo son dirigidos con el objetivo de resaltar la conservación y mejoramiento de los recursos locales (germoplasma, suelo, fauna benéfica, diversidad vegetal, etc...) enfatizando el desarrollo de una metodología que valore la participación de los agricultores, el uso del conocimiento tradicional y la adaptación de las explotaciones agrícolas a las necesidades locales y las condiciones socioeconómicas y biofísicas.

## **PREGUNTAS PARA LA DISCUSION**

1. Siendo la ecología una de las ramas científicas que más influencio a la emergencia de la agroecología, porque no es suficiente su contribución para una concepción agroecológica más holística? En otras palabras porque es necesaria la contribución de las ciencias sociales como la antropología y la sociología?
2. Al observar las dos fotos incluidas de sistemas agrícolas de arroz, desde un punto de vista agroecologico cuales cree que son las principales diferencias en estructura y funcionamiento?  
Cuál de los 2 sistemas esta mas cerca de una lógica agroecologica y porque?



3. Que factores debemos considerar para el diseño y manejo de cada sistema en la foto, de manera que los procesos ecológicos en estos sean similares a los ecosistemas naturales? Que sistema le parece mas cerca de la lógica agroecologica y porque? Que procesos cree que funcionan bien y cuales deficientemente en ambos sistemas? Que cambios sugeriría para que cada sistema sea ecológicamente mas sustentable?



### CAPITULO 3

## BASES AGROECOLÓGICAS PARA UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE

Dada la heterogeneidad de los ecosistemas naturales y de los sistemas agrícolas así como la naturaleza diferenciada de la pobreza rural en América Latina, es claro de que no puede existir un tipo único de intervención tecnológica para el desarrollo; las soluciones deben diseñarse de acuerdo con las necesidades y aspiraciones de las comunidades, así como las condiciones biofísicas y socioeconómicas imperantes. El problema con los enfoques agrícolas convencionales es que no han tomado en cuenta las enormes variaciones en la ecología, las presiones de la población, las relaciones económicas y las organizaciones sociales que existen en la región, y por consiguiente el desarrollo agrícola no ha estado a la par con las necesidades y potencialidades de los campesinos locales. Este desajuste se ha caracterizado por tres aspectos:

Los paquetes tecnológicos homogéneos no son adaptables a la heterogeneidad campesina y sólo funcionan en condiciones similares a las de los países industriales y/o a las de las estaciones experimentales.

El cambio tecnológico benefició principalmente la producción de bienes agrícolas de exportación y/o comerciales, producidos prioritariamente en el sector de grandes predios, impactando marginalmente la productividad de los productos alimenticios, que son cultivados en gran medida por el sector campesino, y

América Latina se ha convertido en un importador neto de insumos químicos y maquinaria agrícola, aumentando los gastos de los gobiernos y agravando la dependencia tecnológica.

Con el crecimiento de la población y el incremento de la demanda económica y social que se proyecta para la próxima década, se perfilan dos desafíos cruciales que deberán ser enfrentados por el mundo académico y el mundo del desarrollo: incrementar la producción agrícola a nivel regional en casi un 30-40%, sin agravar aun más la degradación ambiental, y proveer un acceso más igualitario a la población, no sólo a alimentos, sino a los recursos necesarios para producirlos.

Estos desafíos se dan dentro de un escenario de alta disparidad en la distribución de la tierra, de marcados niveles de pobreza rural y de una decreciente y degradada base de recursos naturales. Existe además la experiencia de que la importación de tecnologías de alto insumo para incrementar la producción agrícola no fue una condición suficiente para solucionar los problemas de hambre y pobreza. La totalidad de las revoluciones tecnológicas favorecieron preferentemente al sector agrícola comercial de gran escala y no a la gran masa de campesinos de la región que alcanza casi 9 millones de unidades productivas en las cuales se produce una alta proporción de los cultivos básicos para la nutrición regional.

Al respecto, la problemática contemporánea de la producción ha evolucionado de una dimensión meramente técnica a una de dimensiones más sociales, económicas, políticas, culturales y ambientales. En otras palabras, la preocupación central hoy es la de la sostenibilidad de la agricultura. El concepto de sostenibilidad es útil porque recoge un conjunto de preocupaciones sobre la agricultura, concebida como un sistema tanto

económico, social y ecológico. La comprensión de estos tópicos más amplios acerca de la agricultura requieren entender la relación entre la agricultura y el ambiente global, ya que el desarrollo rural depende de la interacción de subsistemas biofísicos, técnicos y socioeconómicos. Este enfoque más amplio, que permite entender la problemática agrícola que en términos holísticos se denomina "agroecología".

### **Agroecología y Agricultura Alternativa**

La disciplina científica que enfoca el estudio de la agricultura desde una perspectiva ecológica se denomina "agroecología" y se define como un marco teórico cuyo fin es analizar los procesos agrícolas de manera más amplia. El enfoque agroecológico considera a los ecosistemas agrícolas como las unidades fundamentales de estudio; y en estos sistemas, los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas son investigados y analizados como un todo. De este modo, a la investigación agroecológica le interesa no sólo la maximización de la producción de un componente particular, sino la optimización del agroecosistema total. Esto tiende a reenfocar el énfasis en la investigación agrícola más allá de las consideraciones disciplinarias hacia interacciones complejas entre personas, cultivos, suelo, animales, etc.

En la medida en que se reconoce la necesidad de trabajar con unidades mayores que el cultivo (por ejemplo una cuenca o una región agrícola) y con procesos (por ejemplo el reciclaje de nutrientes), la especialización científica aparece como una barrera para un entendimiento más integrado. Aun cuando especialistas en varias disciplinas se juntan para estudiar un sistema de producción, la comprensión integral se ve limitada por la falta de un enfoque conceptual común. El paradigma agroecológico provee este enfoque común y permite entender las relaciones entre las varias disciplinas y la unidad de estudio: el agroecosistema con todos sus componentes. Es necesario que los agrónomos comprendan los elementos socioculturales y económicos de los agroecosistemas, y a su vez los científicos sociales aprecien los elementos técnicos y ecológicos de éstos.

"Agricultura Alternativa" se define aquí como aquel enfoque de la agricultura que intenta proporcionar un medio ambiente balanceado, rendimiento y fertilidad del suelo sostenidos y control natural de plagas, mediante el diseño de agroecosistemas diversificados y el empleo de tecnologías auto-sostenidas. Las estrategias se apoyan en conceptos ecológicos, de tal manera que el manejo da como resultado un óptimo ciclaje de nutrientes y materia orgánica, flujos cerrados de energía, poblaciones balanceadas de plagas y un uso múltiple del suelo y del paisaje. La idea es explotar las complementariedades y sinergias que surgen al combinar cultivos, árboles y animales en diferentes arreglos espaciales y temporales.

Algunas de las prácticas o componentes de sistemas alternativos y las cuales ya son parte de manejos agrícolas convencionales, incluyen:

Rotaciones de cultivos que disminuyen los problemas de malezas, insectos plaga y enfermedades; aumentan los niveles de nitrógeno disponible en el suelo, reducen la necesidad de fertilizantes sintéticos y, junto con practicas de labranza conservadoras de suelo, reducen la erosión edáfica.

Manejo integrado de plagas (MIP), que reduce la necesidad de plaguicidas mediante la rotación de cultivos, muestreos periódicos, registros meteorológicos, uso de variedades resistentes, sincronización de las plantaciones o siembras y control biológico de plagas.

Sistemas de manejo para mejorar la salud vegetal y la capacidad de los cultivos para resistir plagas y enfermedades.

Técnicas conservacionistas de labranza de suelo.

Sistemas de producción animal que enfatizan el manejo preventivo de las enfermedades, reducen el uso del confinamiento de grandes masas ganaderas enfatizando el pastoreo rotatorio, bajan los costos debido a enfermedades y enfatizan el uso de niveles subterapéuticos de antibióticos.

Mejoramiento genético de cultivos para que resistan plagas y enfermedades y para que logren un mejor uso de los nutrientes.

Muchos sistemas agrícolas alternativos desarrollados por agricultores son altamente productivos. Hay ciertas características típicas comunes a todos ellos, como la mayor diversidad de cultivos, el uso de rotaciones con leguminosas, la integración de la producción animal y vegetal, el reciclaje y uso de residuos de cosecha y estiércol, y el uso reducido de productos químicos sintéticos.

### **Agroecología y Biodiversidad**

La agroecología provee las bases ecológicas para la conservación de la biodiversidad en la agricultura, además del rol que ella puede jugar en el restablecimiento del balance ecológico de los agroecosistemas, de manera de alcanzar una producción sustentable. La biodiversidad promueve una variedad de procesos de renovación y servicios ecológicos en los agroecosistemas; cuando estos se pierden, los costos pueden ser significativos.

En esencia, el comportamiento óptimo de los sistemas de producción agrícola depende del nivel de interacciones entre sus varios componentes (Tabla 1). Las interacciones potenciadoras de sistemas son aquellas en las cuales los productos de un componente son utilizados en la producción de otro componente (e.j. malezas utilizadas como forraje, estiércol utilizado como fertilizante, o rastrojos y malezas dejadas para pastoreo animal). Pero la biodiversidad puede también subsidiar el funcionamiento del agroecosistema al proveer servicios ecológicos tales como el reciclaje de nutrientes, el control biológico de plagas y la conservación del agua y del suelo.

La agroecología enfatiza un enfoque de ingeniería ecológica que consiste en ensamblar los componentes del agroecosistema (cultivos, animales, árboles, suelos, etc.), de manera que las interacciones temporales y espaciales entre estos componentes se traduzcan en rendimientos derivados de fuentes internas, reciclaje de nutrientes y materia orgánica, y de relaciones tróficas entre plantas, insectos, patógenos, etc., que resalten sinergias tales como los mecanismos de control biológico. Tres tipos de interacciones suelen explotarse:

#### **Tabla 1. Integración y Sinergias en Agroecosistemas**

##### **1. Niveles de Integración y Diversificación en Agroecosistemas**

- Mezcla de cultivos anuales (policultivos y rotaciones)
- Incorporación de árboles frutales y/o forestales (sistemas agroforestales)
- Incorporación de animales (ganado mixto, mezclas cultivo-ganado, etc.)
- Integración de piscicultura (estanques de peces, etc.)
- Incorporación de vegetación de apoyo (abono verde, mulch, plantas medicinales, etc.)
- Incorporación de diversidad genética (multilíneas, mezclas de variedades o razas, etc.)

##### **2. Complementariedades en Agroecosistemas**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploración por raíces de diferentes profundidades en el perfil del suelo</li> <li>• Utilización diferencial de nutrientes y humedad</li> <li>• Utilización diferencial de intensidades de luz y humedad del aire</li> <li>• Adaptabilidad diferencial a heterogeneidad edáfica y microclimática</li> <li>• Susceptibilidad y/o tolerancia diferencial a plagas, enfermedades y malezas.</li> </ul>
<p>3. Sinergias en Agroecosistemas</p> <p>Creación de microclimas favorables o desfavorables</p> <p>Producción de sustancias químicas para estimular componentes deseados y suprimir componentes indeseables (sustancias aleloquímicas, repelentes, etc.)</p> <p>Producción y movilización de nutrientes (mycorrizas, fijación de N, etc.)</p> <p>Producción de biomasa para alimento, abono verde o mulch</p> <p>Raíces profundas que recuperan y reciclan nutrientes</p> <p>Provisión de cobertura de suelo para conservación de suelo y agua</p> <p>Promoción de insectos benéficos y antagonistas mediante adición de diversidad y materia orgánica</p> <p>Promoción de biología del suelo por adición de materia orgánica, excreciones radiculares, etc.</p>

### 1. INTERACCIONES TEMPORALES A NIVEL DE SISTEMAS DE CULTIVO

Las rotaciones establecen secuencias temporales en las que se obtienen aportes de nitrógeno al rotarse los cultivos de cereales con las leguminosas, y/o se regulan los insectos, malezas y enfermedades al romper los cultivos en secuencia sus ciclos de vida. Mediante rotaciones bien diseñadas se pueden incrementar los rendimientos y reducir además los requerimientos de energía, al reducir la necesidad de fertilizantes. Por ejemplo, la incorporación de alfalfa en una rotación con maíz puede reducir los aportes de energía en 39%. Muchas rotaciones no requieren mayores modificaciones de los patrones de producción existentes.

### 2. INTERACCIONES ESPACIALES A NIVEL DE SISTEMAS DE CULTIVO

Estas se derivan de ciertos cambios en los diseños y ordenamientos espaciales y temporales de los sistemas de cultivo, como es el caso de los policultivos universalmente utilizados por los campesinos. Al cultivar varias especies simultáneamente, los agricultores obtienen una serie de objetivos de manejo, sin que se requiera mayor subsidio o complementación. Por ejemplo, los cultivos intercalados reducen malezas, plagas y enfermedades, mejoran la calidad del suelo y hacen más eficiente el uso del agua y nutrientes, incrementando la productividad de la tierra (Tabla 2) y reduciendo la variabilidad de rendimientos (Tabla 3).

**TABLA 2. EJEMPLOS DE POLICULTIVOS QUE EXHIBEN MAYORES RENDIMIENTOS QUE MONOCULTIVOS CORRESPONDIENTES**

Sorgo de larga duración con:	Incremento de rendimientos
maíz seguido de caupi	70%

sorgo seguido de caupi	80%
maíz/arroz	33%
maíz/yuca	15%
yuca/arroz	35%
maíz/arroz/yuca	62%
maíz/frijol	38%
sorgo/frijol	55%
maíz/soya	22%

**Tabla 3. Variabilidad (coeficiente de variabilidad) de rendimientos registrada en policultivos y monocultivos**

	Monocultivo	Policultivo
yuca/frijol	33.0	27.5
yuca/maíz	28.8	18.1
yuca/batata	23.4	13.4
yuca/maíz/frijol	25.0	15.0
maíz/frijol	23.6	22.9
sorgo/guandul	47.0	39.0

### 3. INTERACCIONES A NIVEL DEL PREDIO

El comportamiento de un predio está determinado por el nivel de interacciones entre los diversos componentes bióticos y abióticos de éste. Las interacciones que mueven el sistema son aquellas en que ciertos productos o resultados de un componente se usan en la producción de otros (por ejemplo, malezas utilizadas como alimento de ganado, estiércol usado como fertilizante en cultivos, rastrojo de cultivos utilizados como mulch y mezclas de estiércol y paja para la composta). La intensidad y beneficio derivados de estas interacciones dependen de lo bien organizados e integrados que estén los diversos componentes, y de un manejo que permita la recirculación de recursos a nivel del predio.

Las interacciones complementarias entre los diversos componentes bióticos pueden ser utilizadas para inducir efectos positivos y directos en el control biológico de plagas específicas de cultivos, en la regeneración y/o aumento de la fertilidad del suelo y su conservación. La explotación de estas interacciones o sinergias en situaciones reales, involucra el diseño y manejo del agroecosistema y requiere del entendimiento de las numerosas relaciones entre suelos, microorganismos, plantas, insectos herbívoros y enemigos naturales.

En agroecosistemas modernos, la evidencia experimental sugiere que la biodiversidad puede ser utilizada para mejorar el manejo de plagas. Algunos estudios han demostrado que es posible estabilizar las poblaciones de insectos en los agroecosistemas mediante el diseño y la construcción de arquitecturas vegetales que mantengan las poblaciones de enemigos naturales o que posean efectos disuasivos directos sobre los herbívoros plaga. Al reemplazar los sistemas simples por sistemas diversos o agregar diversidad a los sistemas existentes, es posible ejercer cambios en la diversidad del hábitat que favorecen la abundancia de los enemigos naturales y su efectividad al:

Proveer huéspedes/presas alternativas en momentos de escasez de la plaga,

Proveer alimentación alternativa (polen y néctar) para los parasitoides y predadores adultos.



Mantener poblaciones aceptables de la plaga por periodos extendidos de manera de asegurar la sobrevivencia continuada de los insectos benéficos.

La restauración de la diversidad agrícola en el tiempo y en el espacio se puede lograr mediante el uso de rotaciones de cultivos, cultivos de cobertura, cultivos intercalados, mezclas de cultivo/ganado, etc. Se dispone de diferentes opciones para diversificar los sistemas de cultivo, dependiendo de sí los sistemas de monocultivos a ser modificados están basados en cultivos anuales o perennes. La diversificación puede tomar también lugar fuera de la finca, por ejemplo, en los bordes de los cultivos con barreras cortavientos, cinturones de protección y cercos vivos, los cuales pueden mejorar el hábitat para la vida silvestre y para los insectos benéficos, proveer fuentes de madera, materia orgánica, recursos para abejas polinizadoras y además, modificar la velocidad del viento y el microclima.

Basándose en las teorías ecológicas y agronómicas actuales, se pueden esperar potenciales bajos de plagas en los agroecosistemas que exhiban las siguientes características:

Alta diversidad a través de mezclas de plantas en el tiempo y en el espacio.

Discontinuidad del monocultivo en el tiempo mediante rotaciones, uso de variedades de maduración temprana, uso de periodos sin cultivo o periodos preferenciales sin hospederos, etc..

Campos pequeños y esparcidos en un mosaico estructural de cultivos adyacentes y tierra no cultivada que proporciona refugio y alimentación alternativos para los enemigos naturales. Las plagas también pueden proliferar en estos ambientes, dependiendo de la composición de especies de plantas. Sin embargo, la presencia de bajos niveles poblacionales de plagas y/o huéspedes alternativos puede ser necesaria para mantener a los enemigos naturales del área.

Las fincas con un componente de cultivo dominante perenne. Los huertos de frutales son considerados ecosistemas semi-permanentes y más estables que los sistemas de cultivos anuales. Los huertos frutales sufren menos alteraciones y se caracterizan por una mayor diversidad estructural, especialmente si se estimula una diversidad floral en el suelo basal.

Altas densidades de cultivo o presencia de niveles tolerables de malezas dentro o fuera del cultivo.

Alta diversidad genética como resultado del uso de mezclas varietales o de varias líneas del mismo cultivo.

Estas generalizaciones pueden servir en la planificación de estrategias del manejo de la vegetación en los agroecosistemas; sin embargo, ellas deben considerar las variaciones locales del clima, geografía, cultivos, vegetación, complejos de plagas, etc., las cuales podrían aumentar o disminuir el potencial para el desarrollo de las plagas bajo algunas condiciones de manejo de la vegetación. La selección de la o las especies de plantas puede ser también crítica. Se necesitan estudios sistemáticos sobre la "calidad" de la diversificación vegetal en relación a la abundancia y eficiencia de los enemigos naturales. Lo que parece importar es la diversidad "funcional" y no la diversidad *per se*. Los estudios mecanísticos para determinar los elementos claves de las mezclas de plantas que alteran la invasión de plagas y que favorecen la colonización y el crecimiento poblacional de los enemigos naturales permitirá la planificación más precisa de esquemas de cultivos estables y aumentará las posibilidades de efectos benéficos más allá de los niveles actuales.

## **Agricultura Sustentable**

A nivel mundial, está emergiendo en forma creciente un consenso en cuanto a la necesidad de nuevas estrategias de desarrollo agrícola para asegurar una producción estable de alimentos y que sea acorde con la calidad ambiental. Entre otros, los objetivos que se persiguen son: la seguridad alimentaria, erradicar la pobreza, y conservar y proteger el ambiente y los recursos naturales (Figura 1). Aunque la agricultura es una actividad basada en recursos renovables y algunos no renovables (petróleo), al implicar la artificialización de los ecosistemas, esta se asocia al agotamiento de algunos recursos. La reducción de la fertilidad del suelo, la erosión, la contaminación de aguas, la pérdida de recursos genéticos, etc., son manifestaciones claras de las externalidades de la agricultura. Además de implicar costos ambientales, estas externalidades, también implican costos económicos. En la medida que la degradación es más aguda, los costos de conservación son mayores. Entonces uno de los desafíos importantes es el de analizar estos costos ambientales como parte del análisis económico que se realiza rutinariamente en actividades agrícolas. La contabilidad ambiental que incluye por ejemplo los costos de erosión, la contaminación por plaguicidas, etc., debiera ser un aspecto crucial del análisis comparativo de diferentes tipos de agroecosistemas.

Existen muchas definiciones de agricultura sostenible. Sin embargo ciertos objetivos son comunes a la mayoría de las definiciones:

Producción estable y eficiente de recursos productivos.

Seguridad y autosuficiencia alimentaria.

Uso de prácticas agroecológicas o tradicionales de manejo.

Preservación de la cultura local y de la pequeña propiedad.

Asistencia de los más pobres a través de un proceso de autogestión.

Un alto nivel de participación de la comunidad en decidir la dirección de su propio desarrollo agrícola.

Conservación y regeneración de los recursos naturales.

Es claro que no será posible lograr simultáneamente todos estos objetivos en todos los proyectos de desarrollo rural. Existen intercambios (trade-offs) entre los diferentes objetivos, ya que no es fácil obtener a la vez alta producción, estabilidad y equidad. Además, los sistemas agrícolas no existen aislados. Los agroecosistemas locales pueden ser afectados por cambios en los mercados nacionales e internacionales. A su vez cambios climáticos globales pueden afectar a los agroecosistemas locales a través de sequías e inundaciones. Sin embargo, los problemas productivos de cada agroecosistema son altamente específicos del sitio y requieren de soluciones específicas. El desafío es mantener una flexibilidad suficiente que permita la adaptación a los cambios ambientales y socioeconómicos impuestos desde afuera.

Los elementos básicos de un agroecosistema sustentable son la conservación de los recursos renovables, la adaptación del cultivo al medio ambiente y el mantenimiento de niveles moderados, pero sustentables de productividad. Para enfatizar la sustentabilidad ecológica de largo plazo en lugar de la productividad de corto plazo, el sistema de producción debe:

Reducir el uso de energía y recursos y regular la inversión total de energía para obtener una relación alta de producción/inversión.

Reducir las pérdidas de nutrientes mediante la contención efectiva de la lixiviación, escurrimiento, erosión y mejorar el reciclado de nutrientes, mediante la utilización de leguminosas, abonos orgánicos, composta y otros mecanismos efectivos de reciclado.

Estimular la producción local de cultivos adaptados al conjunto natural y socioeconómico.

Sustentar una producción neta deseada mediante la preservación de los recursos naturales, esto es, mediante la minimización de la degradación del suelo

Reducir los costos y aumentar la eficiencia y viabilidad económica de las fincas de pequeño y mediano tamaño, promoviendo así un sistema agrícola diverso y flexible.

Desde el punto de vista de manejo, los componentes básicos de un agroecosistema sustentable incluyen:

Cubierta vegetal como medida efectiva de conservación del suelo y el agua, mediante el uso de prácticas de cero-labranza, cultivos con "mulches", uso de cultivos de cobertura, etc.

Suplementación regular de materia orgánica mediante la incorporación continua de abono orgánico y composta y promoción de la actividad biótica del suelo.

Mecanismos de reciclado de nutrientes mediante el uso de rotaciones de cultivos, sistemas de mezclas cultivos/ganado, sistemas agroforestales y de intercultivos basados en leguminosas, etc.

Regulación de plagas asegurada mediante la actividad estimulada de los agentes de control biológico, alcanzada mediante la manipulación de la biodiversidad y por la introducción y/o conservación de los enemigos naturales.

## **Indicadores de la Sostenibilidad**

Hay una necesidad urgente de desarrollar un conjunto de indicadores de comportamiento (*performance*) socioeconómico y agroecológico para juzgar el éxito de un proyecto, su durabilidad, adaptabilidad, estabilidad, equidad, etc. Estos indicadores de *performance* deben demostrar una capacidad de evaluación interdisciplinaria. Un método de análisis y desarrollo tecnológico no sólo se debe concentrar en la productividad, sino también en otros indicadores del comportamiento del agroecosistema, tales como la estabilidad, la sustentabilidad, la equidad y la relación entre éstos (Figura 2). Estos indicadores se definen a continuación:

### **1. SUSTENTABILIDAD**

Es la medida de la habilidad de un agroecosistema para mantener la producción a través del tiempo, en la presencia de repetidas restricciones ecológicas y presiones socioeconómicas. La productividad de los sistemas agrícolas no puede ser aumentada indefinidamente. Los límites fisiológicos del cultivo, la capacidad de carga del hábitat y los costos externos implícitos en los esfuerzos para mejorar la producción imponen un límite a la productividad potencial. Este punto constituye el "equilibrio de manejo" por lo cual el agroecosistema se considera en equilibrio con los factores ambientales y de manejo del hábitat, y produce un rendimiento sostenido. Las características de este manejo balanceado varían con diferentes cultivos, áreas geográficas y entradas de energía y, por lo tanto, son altamente "específicos del lugar".

### **2. EQUIDAD**

Supone medir el grado de uniformidad con que son distribuidos los productos del agroecosistema entre los productores y consumidores locales. La equidad es, sin embargo, mucho más que ingresos adecuados, buena nutrición o tiempo suficiente para el esparcimiento. Muchos de los aspectos de la equidad no son fácilmente definibles ni medibles en términos científicos. Para algunos, la equidad se alcanza cuando un agroecosistema satisface demandas razonables de alimento sin imponer a la sociedad aumentos en los costos sociales de la producción. Para otros, la equidad se logra cuando la distribución de oportunidades o ingresos dentro de una comunidad mejora realmente.

### 3. ESTABILIDAD

Es la constancia de la producción bajo un grupo de condiciones ambientales, económicas y de manejo. Algunas de las presiones ecológicas constituyen serias restricciones, en el sentido de que el agricultor se encuentra virtualmente impedido de modificarla. En otros casos, el agricultor puede mejorar la estabilidad biológica del sistema, seleccionando cultivos más adaptados o desarrollando métodos de cultivos que permitan aumentar los rendimientos. La tierra puede ser regada, provista de cobertura, abonada, o los cultivos pueden ser intercalados o rotados para mejorar la elasticidad del sistema. El agricultor puede complementar su propio trabajo utilizando animales o maquinas, o empleando fuerza de trabajo de personas. De esta manera, la naturaleza exacta de la respuesta no depende sólo del ambiente, sino también de otros factores de la sociedad. Por esta razón, el concepto de estabilidad debe ser expandido para abarcar consideraciones de tipo socioeconómico y de manejo.

### 4. PRODUCTIVIDAD

Es la medida de la cantidad de producción por unidad de superficie, labor o insumo utilizado. Un aspecto importante, muchas veces ignorado al definir la producción de la pequeña agricultura, es que la mayoría de los agricultores otorgan mayor valor a reducir los riesgos que a elevar la producción al máximo. Por lo general, los pequeños agricultores están más interesados en optimizar la producción de los recursos o factores del predio, que le son escasos o insuficientes, que en incrementar la productividad total de la tierra o del trabajo. Por otro lado, los agricultores parecen elegir tecnologías de producción sobre la base de decisiones que toman en cuenta la totalidad del sistema agrícola y no un cultivo en particular. El rendimiento por área puede ser un indicador de la producción y/o constancia de la producción, pero la productividad también puede ser medida por unidad de labor o trabajo, por unidad de inversión de dinero, en relación con necesidades o en una forma de coeficientes energéticos. Cuando los patrones de producción son analizados mediante estos coeficientes, queda de manifiesto que los sistemas tradicionales son extremadamente más eficientes que los agroecosistemas modernos en cuanto al uso de energía. Un sistema agrícola comercial suele mostrar razones de egreso/ingreso calórico de 1-3, mientras que los sistemas agrícolas tradicionales exhiben razones de 3-15 (Tabla 4).

**TABLA 4. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE VARIOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ (EN 10<sup>3</sup> KCAL/HA/AÑO).**

Sistema	Tracción	Convencional/ Mecanizado	Orgánico	Rotación con soya-trigo- alfalfa
Manual	Animal			

Entrada (Input) total	228	665	2,285	-	-
Salida total	6,962	3,352	7,636	-	-
Razón energética (salida/input)	30.5	5.0	3.3	6.7	8.3

Los predios constituyen sistemas de consumo y producción de energía y debieran considerarse como sistemas con flujos energéticos; sin embargo, también producen alimentos, ingresos, empleos y constituyen un modo de vida para muchas sociedades agrarias, índices que también contribuyen a la producción total.

Hay que tener cuidado con que el bienestar físico y social resultante de proyectos agrícolas pueda ser medido cuantitativamente, en términos de incremento en la alimentación, ingresos reales, calidad de los recursos naturales, mejor salud, sanidad, abastecimiento de agua, servicios de educación, etc. Que un sistema sea sostenible o no, debería ser establecido por la población local, con relación a cómo ellos perciben la satisfacción de los principales objetivos atribuidos al desarrollo sostenible. Una medida fundamental de la sostenibilidad debería ser la reducción de la pobreza y de sus consecuencias sobre la degradación del medio ambiente. Los índices de la sostenibilidad deberían provenir de un análisis de la manera en que los modelos de crecimiento económico concuerdan con la conservación de los recursos naturales, tanto a nivel global como local. Es evidente que los requisitos de una agricultura sustentable engloben aspectos técnicos, institucionales y de políticas agrarias (Figura 3).

Es tanto o más importante entender cuando un agroecosistema deja de ser sostenible que cuando este se vuelve sostenible. Un agroecosistema puede dejar de ser considerado como sostenible cuando ya no puede asegurar los servicios ecológicos, los objetivos económicos y los beneficios sociales, como resultado de un cambio o una combinación de cambios en los siguientes niveles:

Disminución en la capacidad productiva (debido a la erosión, a contaminación con agroquímicos, etc.);

Reducción de la capacidad homeostática de adecuarse a los cambios, debido a la destrucción de los mecanismos internos de control de plagas o de las capacidades de reciclaje de nutrientes;

Reducción en la capacidad evolutiva, debido por ejemplo a la erosión genética o a la homogeneización genética a través de los monocultivos;

Reducción en la disponibilidad o en el valor de los recursos necesarios para satisfacer las necesidades básicas (por ejemplo, acceso a la tierra, al agua y otros recursos);

Reducción en la capacidad de manejo adecuado de los recursos disponibles, debido a una tecnología inapropiada o a una incapacidad física (enfermedad, malnutrición);

Reducción de la autonomía en el uso de recursos y toma de decisiones, debido a la creciente disminución de opciones para los productores agrícolas y consumidores.

En la medida que se definan los umbrales de "empobrecimiento" social y ecológico de un sistema, se podrá determinar un modelo de desarrollo que minimice la degradación de la base ecológica que mantiene la calidad de vida humana y la función de los ecosistemas como proveedores de servicios y de alimentos. Para lograr esto, los procesos de transformación biológica, desarrollo tecnológico y cambio institucional tienen que realizarse en armonía, de manera que el desarrollo sostenible no empobrezca

a un grupo mientras enriquece a otro, y no destruya la base ecológica que sostiene la productividad y la biodiversidad.

### **Agroecología y su Aplicación al Desarrollo Rural**

En tanto el desarrollo agrícola implica inevitablemente un cierto grado de transformación física de los paisajes y de artificialización de los ecosistemas, es esencial concebir estrategias que enfatizan métodos y procedimientos para lograr un desarrollo ecológicamente sustentable. La agroecología puede servir como paradigma directivo ya que define, clasifica y estudia los sistemas agrícolas desde una perspectiva ecológica y socioeconómica. Además de proponer una metodología para diagnosticar la "salud" de los sistemas agrícolas, la agroecología define los principios agroecológicos necesarios para desarrollar sistemas de producción sostenibles dentro de marcos socioeconómicos específicos (Tabla 5). En el pasado, la falta de una comprensión integral contribuyó a la crisis ecológica y socioeconómica actual que afecta a la agricultura moderna. Una estrategia agroecológica puede guiar el desarrollo agrícola sostenible para lograr los siguientes objetivos de largo plazo:

**Mantener los recursos naturales y la producción agrícola;**

**Minimizar los impactos en el medio ambiente;**

**Adecuar las ganancias económicas (viabilidad y eficiencia);**

**Satisfacer las necesidades humanas y de ingresos;**

**Responder a las necesidades sociales de las familias y comunidades rurales (salud pública, educación, etc.).**

**Tabla 5. Principios Agroecológicos para el Manejo Sustentable de Agroecosistemas**

<b>1. Diversificación vegetal y animal a nivel de especies o genética en tiempo y en espacio.</b>
<b>2. Reciclaje de nutrientes y materia orgánica, optimización de la disponibilidad de nutrientes y balances del flujo de nutrientes.</b>
<b>3. Provisión de condiciones edáficas óptimas para crecimiento de cultivos manejando materia orgánica y estimulando biología del suelo.</b>
<b>4. Minimización de pérdidas de suelo y agua manteniendo cobertura del suelo, controlando la erosión y manejando el microclima.</b>
<b>5. Minimización de pérdidas por insectos, patógenos y malezas mediante medidas preventivas y estímulo de fauna benéfica, antagonistas, alelopatía, etc.</b>
<b>6. Explotación de sinergias que emergen de interacciones planta-planta, plantas animales y animales-animales.</b>

La agroecología ha surgido como un enfoque nuevo al desarrollo agrícola más sensible a las complejidades de las agriculturas locales, al ampliar los objetivos y criterios agrícolas para abarcar propiedades de sustentabilidad, seguridad alimentaria, estabilidad biológica, conservación de los recursos y equidad junto

con el objetivo de una mayor producción. El objetivo es promover tecnologías de producción estable y de alta adaptabilidad ambiental.

Debido a lo novedoso de su modo de ver la cuestión del desarrollo agrícola campesino, la agroecología ha influenciado fuertemente la investigación agrícola y el trabajo de extensión de muchas ONGs latinoamericanas. Existen hoy en América Latina una serie de programas de asistencia a los campesinos, destinados temporalmente a solucionar su problema de subsistencia y de autosuficiencia alimentaria. El enfoque general consiste en mejorar cuidadosamente los sistemas campesinos existentes con elementos apropiados de la etnociencia y de la ciencia agrícola moderna; los programas tienen una orientación ecológica y se basan en tecnologías que conservan recursos y sustentan la productividad.

Los diversos programas de asistencia campesina van desde programas pilotos o experimentales que se aplican a unas pocas familias, hasta programas de acción con repercusión regional. El objetivo principal consiste en permitir que las comunidades se ayuden a sí mismas para lograr un mejoramiento colectivo de la vida rural a nivel local. Las organizaciones promotoras constituyen grupos no gubernamentales, que operan con fondos suministrados por fundaciones extranjeras, al margen de las universidades o ministerios de agricultura. Estos grupos, que desde el ámbito privado buscan una proyección social, van ocupando los vacíos que deja el Estado como agente central en la promoción del desarrollo. La Tabla 6 enumera una serie de proyectos de ONGs asociados a CLADES, con una descripción de la estrategia tecnológica y sus logros e impactos.

Varias características del enfoque agroecológico relacionadas al desarrollo de la tecnología y a su difusión la hacen especialmente en compatibilidad con la racionalidad de las ONGs.

La agroecología, con su énfasis en la reproducción de la familia y la regeneración de la base de los recursos agrícolas, proporciona un sistema ágil para analizar y comprender los diversos factores que afectan a los predios pequeños. Proporciona también metodologías que permiten el desarrollo de tecnologías hechas cuidadosamente a la medida de las necesidades y circunstancias de comunidades campesinas específicas.

Las técnicas agrícolas regenerativas y de bajos insumos y los proyectos propuestos por la agroecología son socialmente activadores puesto que requieren un alto nivel de participación popular.

Las técnicas agroecológicas son culturalmente compatibles puesto que no cuestionan la lógica de los campesinos, sino que en realidad contribuyen a partir del conocimiento tradicional, combinándolo con los elementos de la ciencia agrícola moderna.

Las técnicas son ecológicamente sanas ya que no pretenden modificar o transformar el ecosistema campesino, sino más bien identificar elementos de manejo que, una vez incorporados, llevan a la optimización de la unidad de producción.

Los enfoques agroecológicos son económicamente viables puesto que minimizan los costos de producción al aumentar la eficiencia de uso de los recursos localmente disponibles.

**En términos prácticos, la aplicación de los principios agroecológicos por las ONGs se ha traducido en una variedad de programas de investigación y demostración sobre sistemas alternativos de producción cuyos objetivos son:**

- **Mejorar la producción de los alimentos básicos a nivel del predio agrícola para aumentar el consumo nutricional familiar, incluyendo la valorización de productos alimentarios tradicionales (*Amaranthus*, quinoa, lupino, etc.) y la conservación del germoplasma de cultivos nativos;**
- **Rescatar y re-evaluar el conocimiento y las tecnológicas de los campesinos;**
- **Promover la utilización eficiente de los recursos locales (por ejemplo tierra, trabajo, subproductos agrícolas, etc.);**
- **Aumentar la diversidad y variedad de animales y cultivos para minimizar los riesgos;**
- **Mejorar la base de recursos naturales mediante la regeneración y conservación del agua y suelo, poniendo énfasis en el control de la erosión, cosecha de agua, reforestación, etc.**
- **Disminuir el uso de insumos externos para reducir la dependencia, pero manteniendo los rendimientos con tecnologías apropiadas incluyendo técnicas de agricultura orgánica y otras técnicas de bajo-insumo;**
- **Garantizar que los sistemas alternativos tengan efecto benéfico no sólo en las familias individuales, sino también en la comunidad total.**

**Para lograrlo, el proceso tecnológico se complementa a través de programas de educación popular que tienden a preservar y fortalecer la lógica productiva del campesino al mismo tiempo que apoyan a los campesinos en el proceso de adaptación tecnológica, enlace con los mercados y organización social.**

#### ***EL VALOR Y USO DEL CONOCIMIENTO AGRÍCOLA TRADICIONAL***

Tal vez uno de los rasgos que ha caracterizado a la agroecología en su búsqueda de nuevos tipos de desarrollo agrícola y estrategias de manejo de recursos es que el conocimiento de los agricultores locales sobre el ambiente, las plantas, suelos y los procesos ecológicos, recupera una importancia sin precedentes dentro de este nuevo paradigma. Varias ONGs están convencidas que el comprender los rasgos culturales y ecológicos característicos de la agricultura tradicional, tales como la capacidad de evitar riesgos, las taxonomías biológicas populares, las eficiencias de producción de las mezclas de cultivos simbióticos, el uso de plantas locales para el control de las plagas, etc., es de importancia crucial para obtener información útil y pertinente que guíe el desarrollo de estrategias agrícolas apropiadas más sensibles a las complejidades de la agricultura campesina y que también están hechas a la medida de las necesidades de grupos campesinos específicos y agroecosistemas regionales.

La idea es que la investigación y el desarrollo agrícola debieran operar sobre la base de un enfoque desde abajo, comenzando con lo que ya está ahí: la gente del lugar, sus necesidades y aspiraciones, sus conocimientos de agricultura y sus recursos naturales autóctonos. En la práctica, el enfoque consiste en conservar y fortalecer la lógica productiva de los campesinos mediante programas de educación y adiestramiento, usando granjas demostrativas que incorporen tanto las técnicas campesinas tradicionales como también nuevas alternativas viables. De esta manera, el conocimiento y las percepciones ambientales de los agricultores están integrados a esquemas de innovación



agrícola que intentan vincular la conservación de recursos y el desarrollo rural. Para que una estrategia de conservación de recursos compatible con una estrategia de producción tenga éxito entre los pequeños agricultores, el proceso debe estar vinculado a esfuerzos de desarrollo rural que den la misma importancia a la conservación de los recursos locales y autosuficiencia alimentaria y/o participación en los mercados locales. Cualquier intento de conservación tanto genética, como del suelo, bosque o cultivo debe esforzarse por preservar los agroecosistemas en que estos recursos se encuentran. Está claro que la preservación de agroecosistemas tradicionales no se puede lograr si no se mantienen al mismo tiempo la etnociencia y la organización socio-cultural de la comunidad local. Es por esta razón que muchas ONGs ponen énfasis en un enfoque agroecológico-etnoecológico como mecanismo efectivo para relacionar el conocimiento de los agricultores con los enfoques científicos occidentales, en proyectos de desarrollo agrícola que enlacen las necesidades locales con la base de recursos existentes.

#### ***RACIONALIDAD ECOLÓGICA DE LOS AGROECOSISTEMAS TRADICIONALES***

En algunas zonas como en el área Andina, las zonas tropicales del Amazonas y de Mesoamérica, etc., los sistemas de agricultura tradicional han emergido a lo largo de siglos de evolución cultural y biológica, de manera que los campesinos y los indígenas han desarrollado o heredado agroecosistemas que se adaptan bien a las condiciones locales y que les han permitido satisfacer sus necesidades vitales por siglos, aun bajo condiciones ambientales adversas, tales como terrenos marginales, sequía o inundaciones.

En general, estos sistemas son altamente diversificados, se manejan con niveles bajos de tecnología y con insumos generados localmente. Asimismo, dependen de recursos locales, energía humana o animal y de la fertilidad natural del suelo, función usualmente mantenida con barbechos, uso de leguminosas y/o abonos orgánicos.

Confrontados con problemas específicos relativos a pendiente, espacio limitado, baja fertilidad de suelos, sequías, plagas, etc., los campesinos de todo el continente han desarrollado sistemas únicos de manejo para obviar tales limitaciones (Tabla 7).

Los principios y procesos en que se basan tales manejos pueden resumirse en los siguientes puntos:

Conservación de la diversidad genética y de especies temporales y espaciales, y de continuidad productiva;

Uso óptimo del espacio y de los recursos locales;

Reciclaje de nutrientes, desechos, agua y energía;

Conservación de agua y suelo;

Control de la sucesión y protección de los cultivos.

Una serie de estudios ecológicos y antropológicos de agroecosistemas tradicionales, demuestran que muchos de estos sistemas han probado ser sustentables dentro de sus contextos ecológicos e históricos. Aunque los diversos sistemas evolucionaron en épocas y áreas geográficas diferentes, comparten una serie de aspectos funcionales y estructurales al combinar alta diversidad de especies en el tiempo y en el espacio, adiciones sustanciales de materia orgánica, reciclaje eficiente de nutrientes y una serie de interdependencias biológicas, que confieren estabilidad a las poblaciones de plagas y mantienen la fertilidad del suelo.

**Tabla 7. América Latina, Ejemplos de sistemas de manejo de suelo, vegetación, agua, etc., utilizados por campesinos**

<b>Limitación ambiental</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Prácticas de manejo</b>
Espacio limitado	Maximizar uso de recursos ambientales y tierra disponible.	Policultivos, agroforestería, huertos familiares, zonificación altitudinal, fragmentación del predio, rotaciones.
Laderas/pendientes	Controlar la erosión, conservar el agua.	Terrazas, franjas en contorno, barreras vivas y muertas, mulching, cubiertas vivas continuas, barbecho.
Fertilidad marginal del suelo	Sostener la fertilidad y reciclar la materia orgánica.	Barbechos naturales o mejorados, rotaciones y/o asociaciones con leguminosas, composta, abonos verdes y orgánicos, pastoreo en campos en barbecho o después de la cosecha, uso de sedimentos aluviales, etc.
Inundaciones o excesos de agua	Integrar la agricultura y las masas de agua.	Cultivos en campos elevados ("chinampas", "waru-warú", etc.)
Lluvias escasas o poco predecibles	Conservar el agua y utilizar en forma óptima la humedad disponible.	Uso de cultivos tolerantes a sequía, mulching, policultivos, cultivos de ciclo corto, etc.
Extremos de temperatura y/o de radiación	Mejorar el microclima.	Reducción o incremento de la sombra, podas, espaciamiento cultivos, uso de cultivos que toleran sombra, manejo de viento con cortinas rompeviento, cercos vivos, labranza mínima, policultivos, agroforestería, etc.
Incidencia de plagas	Proteger los cultivos, reducir las poblaciones de plagas.	Sobresiembrá, tolerancia de cierto daño, uso de variedades resistentes, siembra en épocas de bajo potencial de plagas, manejo del hábitat para incrementar enemigos naturales, uso de plantas repelentes, etc.

## Conclusiones

Existe hoy día una gran preocupación por el proceso de empobrecimiento sistemático a que está sometida la agricultura campesina, con una población en aumento, predios agrícolas que son cada vez más pequeños, ambientes que se degradan y una producción *per capita* de alimentos que se mantiene estática o disminuye. En vista de esta crisis que se hace cada día más profunda, un objetivo importante del desarrollo rural es el de impedir el colapso de la agricultura campesina en la región, transformándola en una actividad más sustentable y productiva. Tal transformación sólo se puede producir si somos capaces de comprender las contribuciones potenciales de la agroecología y de incorporarlas a las estrategias de desarrollo rural de modo que:

Mejoren la calidad de vida de los campesinos que trabajan pequeñas parcelas de tierra y/o tierras marginales mediante el desarrollo de estrategias de subsistencia ecológicamente sensibles.

Eleven la productividad de la tierra de los campesinos que compiten en el mercado mediante la confección de proyectos y la promoción de tecnologías de bajo insumo que disminuyan los costos de producción.

Promuevan la generación de empleos e ingresos mediante el diseño de tecnologías apropiadas orientadas a actividades de procesamiento de alimentos, que aumenten el valor agregado de lo que se produce en las unidades campesinas.

Es evidente que mejorar el acceso de los campesinos a la tierra, agua y otros recursos naturales, como también al crédito equitativo, mercados justos, tecnologías apropiadas, etc., es crucial para garantizar un desarrollo sostenido. Como desarrollar y promover tecnologías adaptadas a la agricultura campesina es el reto ineludible para la agroecología. Este desafío sólo se puede enfrentar adoptando una estrategia agroecológica en el desarrollo rural que enfatice en forma sistemática las relaciones entre las variables ambientales, técnicas, socioeconómicas y culturales que afectan el uso y producción de los recursos locales. Las interacciones entre los individuos y su ambiente local, los patrones espaciales y temporales de las actividades productivas, las relaciones sociales de producción, y las interacciones entre las comunidades y el mundo exterior deben considerarse cuando se diseñan nuevos agroecosistemas.

Algunos analistas plantean que dada la gama de tipos de agricultura campesina y dada la estructura rígida y convencional de la investigación y extensión agrícola practicada por los ministerios y universidades, las tecnologías agroecológicas ofrecen mejores opciones a aquellos campesinos que operan en condiciones de marginalidad ecológica y socioeconómica (Figura 4).

Evidentemente, mientras más pobre sea el agricultor, mayor importancia cobrará el empleo de una tecnología de bajos insumos, ya que aquel no tiene más opción que recurrir al uso eficiente de sus recursos locales. Bajo condiciones de subsidio económico (crédito) o si dispone de suelos planos y acceso a riego, la revolución verde se torna más atractiva para los agricultores, ya que en el corto plazo parece ofrecer rendimientos más espectaculares. La pregunta es ¿a qué costo social y ambiental? Y ¿por cuánto tiempo se puede subsidiar el sistema? Esta discrepancia no existiría si hubiera centros de investigación y extensión a nivel nacional que promovieran la agroecología con tanta energía como actualmente las instituciones de gobierno impulsan la agricultura química y mecanizada.

El problema inmediato en muchas áreas de pobreza rural radica en la supervivencia del campesino, por lo que mantener la producción de subsistencia es absolutamente esencial para el bienestar de la población rural. Un campesinado con seguridad alimentaria,

organización social, una base conservada de recursos naturales y una identidad cultural, está en mejor posición de negociar con el poder local o nacional. El aumento de la participación de los campesinos en los mercados locales solamente se conseguirá una vez que sus necesidades básicas de supervivencia y tenencia estén aseguradas. En esencia, lo que se pretende es promover la autosuficiencia alimentaria del campesinado, dejando de lado el modelo modernizante de agricultura especializada, orientada al mercado de exportación, por un modelo que reconozca en la diversidad ecológica y cultural de cada región los elementos claves de la apropiación y transformación de la naturaleza.

Los datos que demuestran que los proyectos agroecológicos promovidos por las ONG han dado lugar a mayor producción, mejor distribución de ingresos o más empleo rural, han emergido muy lentamente, ya que las situaciones de urgencia del campo han exigido más dedicación a la acción que a la investigación o la publicación de resultados. Se requiere sin embargo, la cooperación de investigadores en las ciencias sociales y biológicas para medir el grado de éxito de las estrategias agroecológicas. Se requiere un análisis más profundo que la mera estimación de la producción total y el grado de incorporación al mercado. Se necesitan otros índices que permitan evaluar las repercusiones de aquellos programas que producen mejor bienestar y nutrición de los campesinos al compartir los alimentos, la labor en el campo y la conservación de los recursos naturales.

Los ejemplos de programas de desarrollo rural promovidos "desde abajo" sugieren que una estrategia ecológica debe cumplir con cuatro requisitos básicos:

Que utilicen tecnologías adaptables basadas en prácticas tradicionales, tecnologías autóctonas y germoplasma criollo;

Que enfatice el empleo de tecnologías fácilmente comunicables de un agricultor a otro, y por lo tanto que utilice experimentación en pequeña escala, que demuestre un efecto oportuno;

Que comprometa a los campesinos en el diseño, elaboración, manejo y evaluación del programa, y que se emplee personal local en calidad de promotores;

Que se utilicen métodos pedagógicos de demostración sobre la base del principio de aprendizaje mediante la práctica.

A medida que se van evaluando estos programas, se comprueba que los campesinos que adoptan los diseños propuestos gozan de mayor autosuficiencia alimentaria y se consolidan más a nivel comunal al colaborar recíprocamente en el trabajo y en otras actividades. Es obvio además que los sistemas modelos no son tomados por los campesinos como recetas técnicas rígidas; éstos cumplen más bien una función pedagógica, proporcionando a los campesinos ideas y criterios que estos aplicarán en sus tierras en la forma que consideran más apropiadas.

## Apéndice

**TABLA 9. EFECTOS DOCUMENTADOS DE ESTRATEGIAS AGROECOLÓGICAS EN COMPARACIÓN CON ESTRATEGIAS CONVENCIONALES**

---

**EFECTOS SOBRE EL SUELO (DERIVADOS DE ROTACIONES, POLICULTIVOS, INTEGRACIÓN ANIMAL Y USO DE LEGUMINOSAS)**

---

1. Incremento en el contenido de materia orgánica. Estímulo de la actividad biológica del suelo. Incremento de la mineralización de nutrientes.
2. Conservación de suelo y humedad, disminución de erosión, mejoramiento de estructura (Tabla 11 a y b).
3. Mayor captura y reciclaje de nutrientes.
4. Incremento de actividad micorrízica y de antagonistas.

**EFECTOS SOBRE PLAGAS, ENFERMEDADES Y MALEZAS**

1. Diversificación en la forma de policultivos reduce insectos plagas al afectar directamente a herbívoros o al estimular a enemigos naturales.
2. Multilíneas y mezclas de variedades reducen enfermedades.
3. Policultivos con alta cobertura del suelo reducen malezas
4. Cultivos de cobertura en frutales reducen plagas y malezas.
5. Labranza mínima puede reducir enfermedades.

**EFECTOS SOBRE RENDIMIENTOS**

1. Rendimientos por unidad de área pueden ser 5-10% menor (Tabla 12), aunque rendimientos relacionados con otros factores (por unidad de suelo perdido, por unidad de energía, de agua, etc.) son mayores. Policultivos sobrepasan a los monocultivos cuando los rendimientos se miden con el LER (Tabla 2).
2. Puede existir una merma en la producción durante el periodo de conversión a manejo orgánico, pero esto se puede obviar con sustitución de insumos.
3. La variabilidad de los rendimientos es menor, hay menor riesgo de fracaso productivo.
4. Las variedades nativas o tradicionales son más adaptadas y eficientes en el uso de recursos escasos que las variedades mejoradas (Tabla 13).
5. Las rotaciones incrementan y estabilizan rendimientos en el largo plazo.

**EFECTOS SOBRE ASPECTOS ECONÓMICOS**

1. Bajos costos de producción.
2. Requerimientos de mano de obra mayor para algunas prácticas, pero existe un efecto distribuidor de las necesidades de mano durante la estación, evitando picos de demanda (Figura 15, Tabla 14 a y b).

3. Induce menos costos ambientales (externalidades); por ejemplo existe una menor depreciación del suelo, menos costos de contaminación, etc. (Tabla 15).
4. La eficiencia energética es mayor, hay una demanda menor de energía total.

**TABLA 10. EFECTOS DOCUMENTADOS DE VARIAS PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS SOBRE PARÁMETROS AGROPRODUCTIVOS.**

Sistema de Manejo	Mejora Fertilidad del Suelo	Controla Erosión	Suprime Plagas	Reduce Enfermedades	Controla Malezas	Incrementa Rendimientos	Ameliora Microclima	Conserve Humedad	Estimula Biología del Suelo
Mulch Vivo	⌘	⌘	⌘	⊗	⌘	X	⊗	⊗	⌘
Mulch Muerto	⊗	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
Labranza Mínima	⌘	⌘	∩	⌘	∩	∩	⊗	⊗	⌘
Cultivo en Callejones	⌘	⊗	⊗	⊗	⊗	⌘	⌘	⌘	⌘
Barreras Vivas	⊗	⌘	⊗	⊗	⊗	⌘	⊗	⊗	⊗
Rotaciones	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⊗	⊗	⌘
Cultivos Asociados	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
Multilíneas y Mezclas de Variedades	⊗	⊗	⌘	⌘	⊗	⌘	⊗	⊗	⊗
Cultivos De Cobertura	⌘	⌘	⌘	⊗	⌘	⌘	⊗	⊗	⌘
Agroforestería	⌘	⌘	∩	∩	∩	⌘	⌘	⌘	⌘
Integración Animal	⌘	⊗	⊗	⊗	⊗	⌘	⊗	⊗	⌘

⌘= efecto positivo

∩ = efecto variable (positivo, neutro o negativo dependiendo de condiciones)

⊗= no se ha documentado efecto significativo

Tabla 11a. Pérdidas de Suelo de Acuerdo a Cantidad de Mulch Utilizados en Suelo de Pendientes de 1-15%.

Cantidad de Mulch(t/ha)	Pérdida de Suelo (t/ha)
0	76.6
2	2.4
4	0.37
6	0.04

**TABLA 11B. PÉRDIDA DE SUELO EN SISTEMAS CON DIFERENTES PLANTAS UTILIZADAS COMO BARRERAS VIVAS**

<i>Especie</i>	<b>PÉRDIDA DE SUELO (CMS)</b>
<i>Gliricidia sepium</i> y <i>Paspalum conjugatum</i>	0.38
<i>Pennisetum purpureum</i>	0.62
<i>G. sepium</i> + <i>P. purpureum</i>	1.38
<i>G. sepium</i>	1.50
Cultivo sin barrera	4.20

**TABLA 12. RENDIMIENTO PROMEDIO DE SISTEMAS ORGÁNICOS Y CONVENCIONALES EN EL MEDIO OESTE DE USA.**

	<b>Bushes/Acre</b>	
	<b>Orgánico</b>	<b>Comercial</b>
Maíz	77.9 + 5.4	80.6 + 7.6
Centeno	58.3 + 3.3	57.0 + 4.7
Soya	30.0 + 2.9	29.9 + 4.0
Trigo	31.4 + 3.8	34.4 + 4.1

**Tabla 13. Comparación de Productividad de Variedades de Trigo Nativas y Mejoradas**

	<b>Variedad nativa</b>	<b>Variedad Revolución verde</b>
Rendimiento (kg/ha)	3291	4690
Demanda de agua(cm)	5.3	16
Demanda fertilizante	47.3	88.5
Productividad respecto al uso del agua (kg/ha/cm)	620.9	293.1
Productividad respecto al uso del fertilizante (kg/ha/ka)	69.5	52.9

**TABLA 14A. REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN SISTEMAS ORGÁNICOS Y CONVENCIONALES (HR/HA)**

	<b>Orgánico</b>	<b>Convencional</b>
Maíz, soya, cereales	7.4-8.2	6.4-7.9
Cereales	4.7-14.0	1.5-3.2
Trigo	13.1-21.0	8.9

**TABLA 14B. DÍAS DE LABOR PARA LIMPIAR, ARAR SEMBRAR Y DESYERBAR YUCA EN COLOMBIA.**

	<b>Manual</b>	<b>Tracción Animal</b>	<b>Tractor</b>
Limpiar terreno	6	8	3
Arar	19	8	5
Sembrar	8	11	11
Desyerbar	31	20	20
<b>Total</b>	<b>64</b>	<b>42</b>	<b>39</b>

**Tabla 15. Análisis Económico de la Producción de Maíz y Soya en USA Usando Técnicas de Contabilidad de Recursos Naturales**

	<b>Sin Contabilidad de Recursos \$/acre/año</b>	<b>Con Contabilidad de Recursos \$/acre/año</b>
Margen de operación	45	45
Depreciación de suelo	-	25
Ingreso operacional neto	45	20
Subsidio de gobierno	35	35
Ingreso neto total	80	55
Si se adicionaran los costos ambientales del impacto de la erosión fuera del predio (\$46) el ingreso neto total seria (- \$26).		



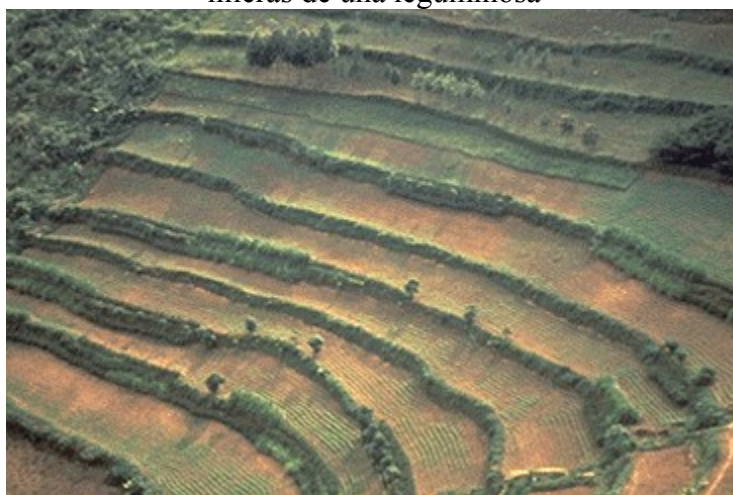
## PREGUNTAS PARA LA DISCUSION

1. Sería posible que Ud. hiciera una tipificación de agroecosistemas en su zona de acuerdo a un gradiente de escala (tamaño), niveles de diversidad, intensidad de manejo ( cantidad de insumos externos) y eficiencia energética? Que sistemas son más intensivos, menos biodiversos, menos eficientes en el uso de la energía y porque?
2. Muchos autores plantean que la sucesión ecológica de los ecosistemas naturales de una región ( la secuencia de comunidades de plantas y animales que se establecen en el tiempo en un ecosistema) sirven de modelos para diseñar sistemas agrícolas. En otras palabras, imitando la estructura y composición florística del ecosistema local con cultivos similares (física y funcionalmente hablando), se espera que las mímicas agrícolas pueden ser más productivas, resilientes y conservadores de recursos. Esto requiere una descripción detallada de la sucesión y buscar cultivos que se asemejen a las plantas naturales en las varias etapas de la sucesión. Así el arreglo espacial y cronológico de las plantas sucesionales se usan para diseñar sistemas de cultivos análogos. Podría Ud. utilizar la sucesión típica del ecosistema dominante de su zona como modelo de agroecosistema? Cuál sería la secuencia de cultivos y que forma tomaría la etapa final del proceso?
3. Al observar las fotos que interacciones y procesos ecológicos se le ocurren que existen en los sistemas que aparecen las fotos? Y por que? La foto 1 es un sistema de labranza mínima sin herbicidas con maíz-frijol en hileras. La foto 2 es un sistema de siembra de cultivos en laderas con hileras de una leguminosa.

Sistema de labranza mínima sin herbicidas con maíz-frijol en hileras



Sistema de siembra de cultivos en laderas con hileras de una leguminosa



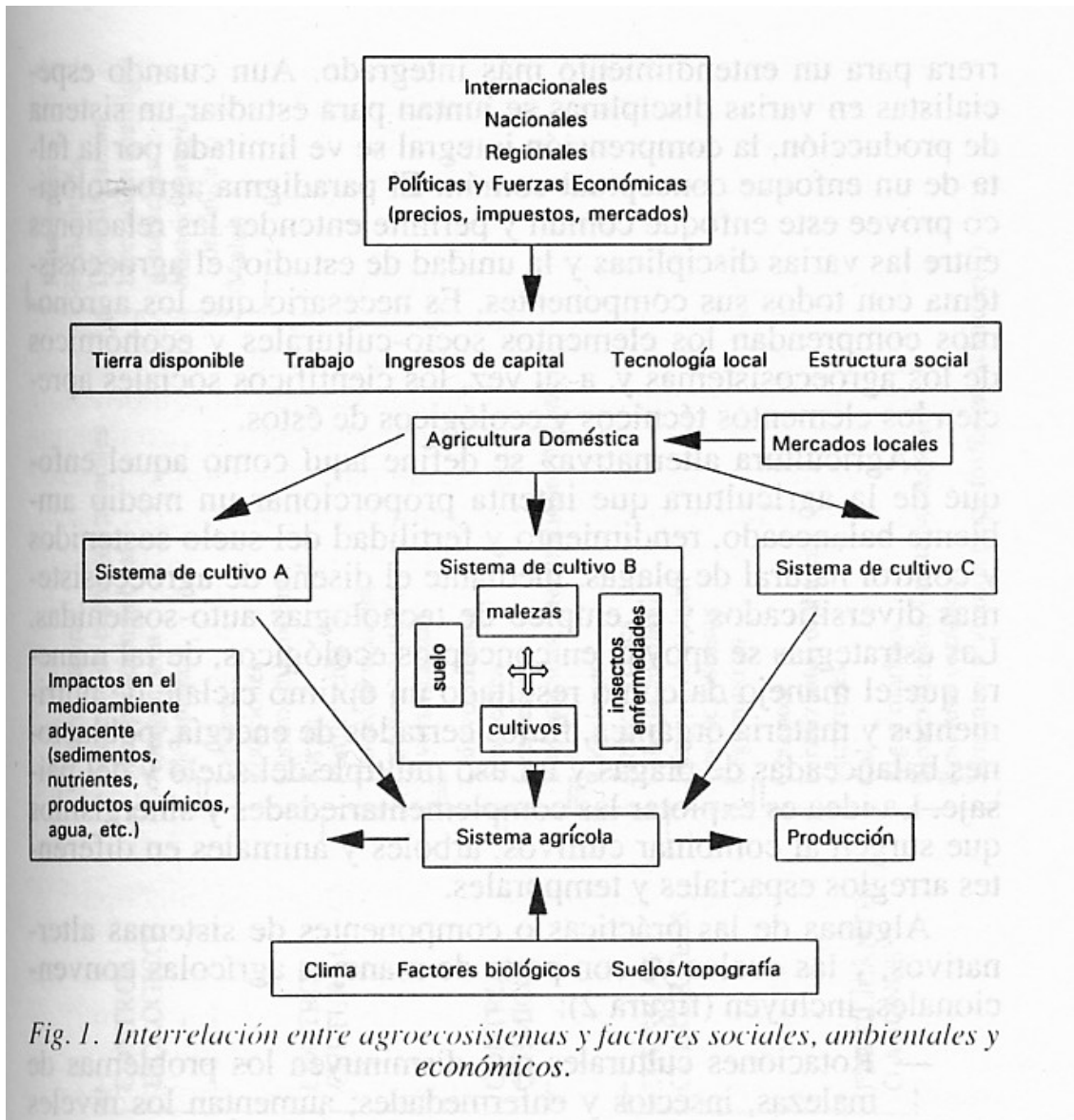


Fig. 1. Interrelación entre agroecosistemas y factores sociales, ambientales y económicos.

Fig. 2. Esquema de técnicas de la agricultura alternativa.

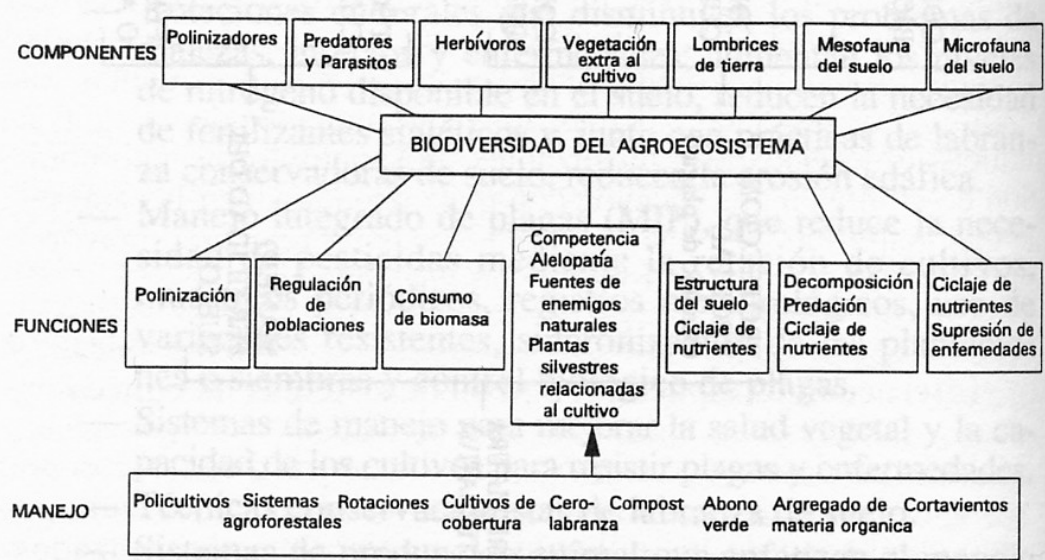
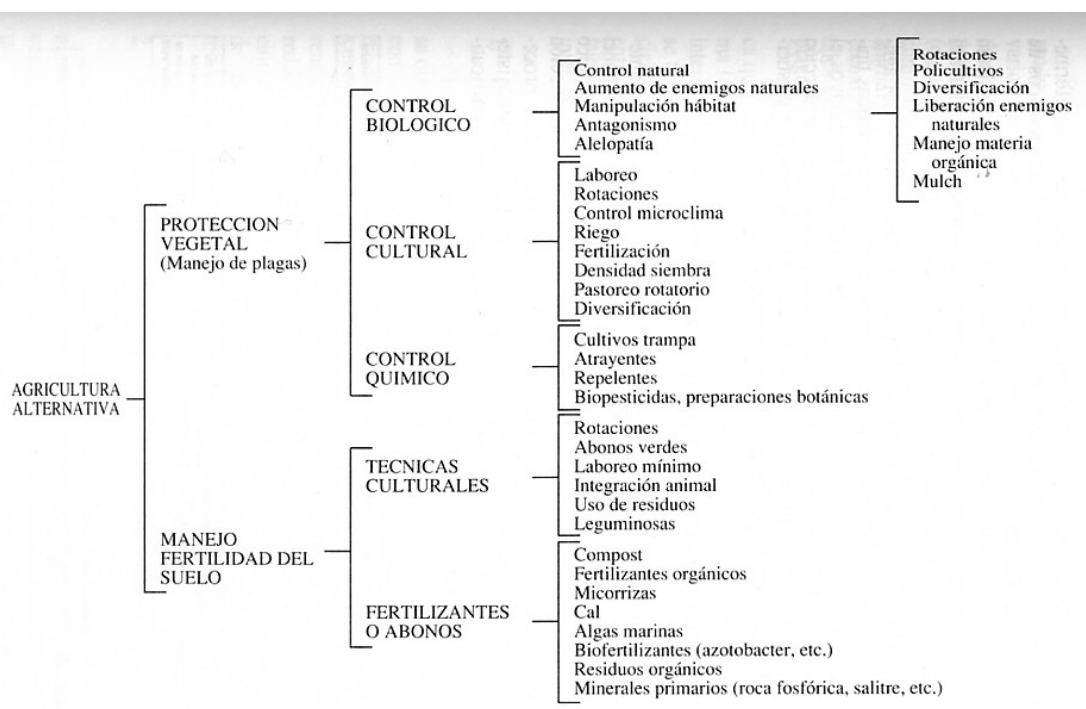


Fig. 3. Componentes, funciones y métodos de manipulación de la biodiversidad en agroecosistemas.

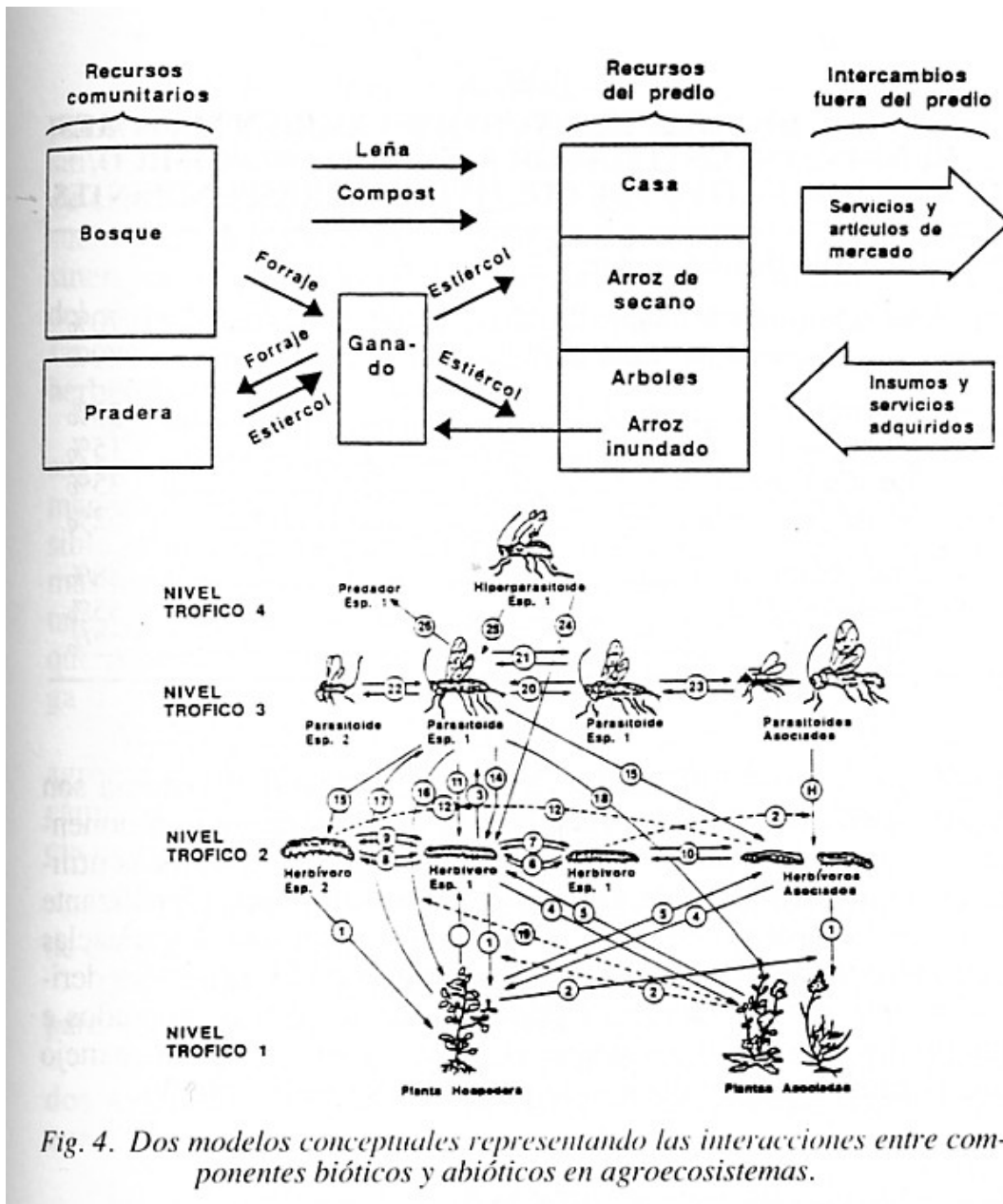


Fig. 4. Dos modelos conceptuales representando las interacciones entre componentes bióticos y abióticos en agroecosistemas.

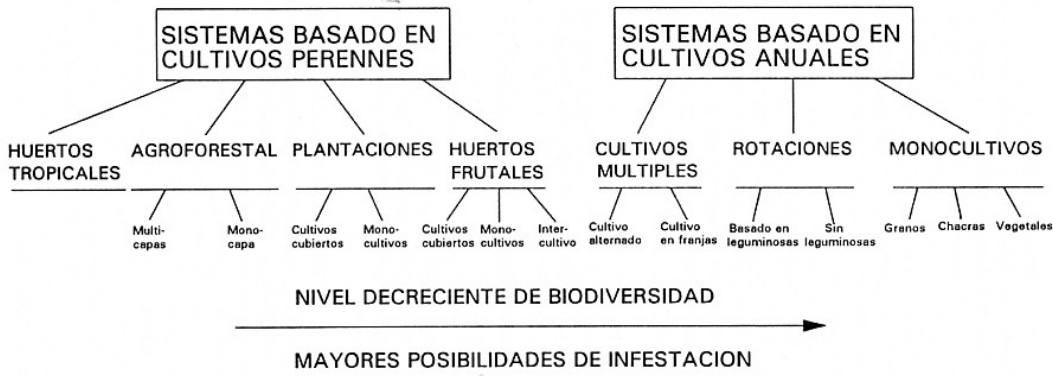


Fig. 5. Las tendencias hipotéticas de aumento o disminución del potencial de plagas en agroecosistemas según el ordenamiento de los cultivos en el tiempo y/o en el espacio.

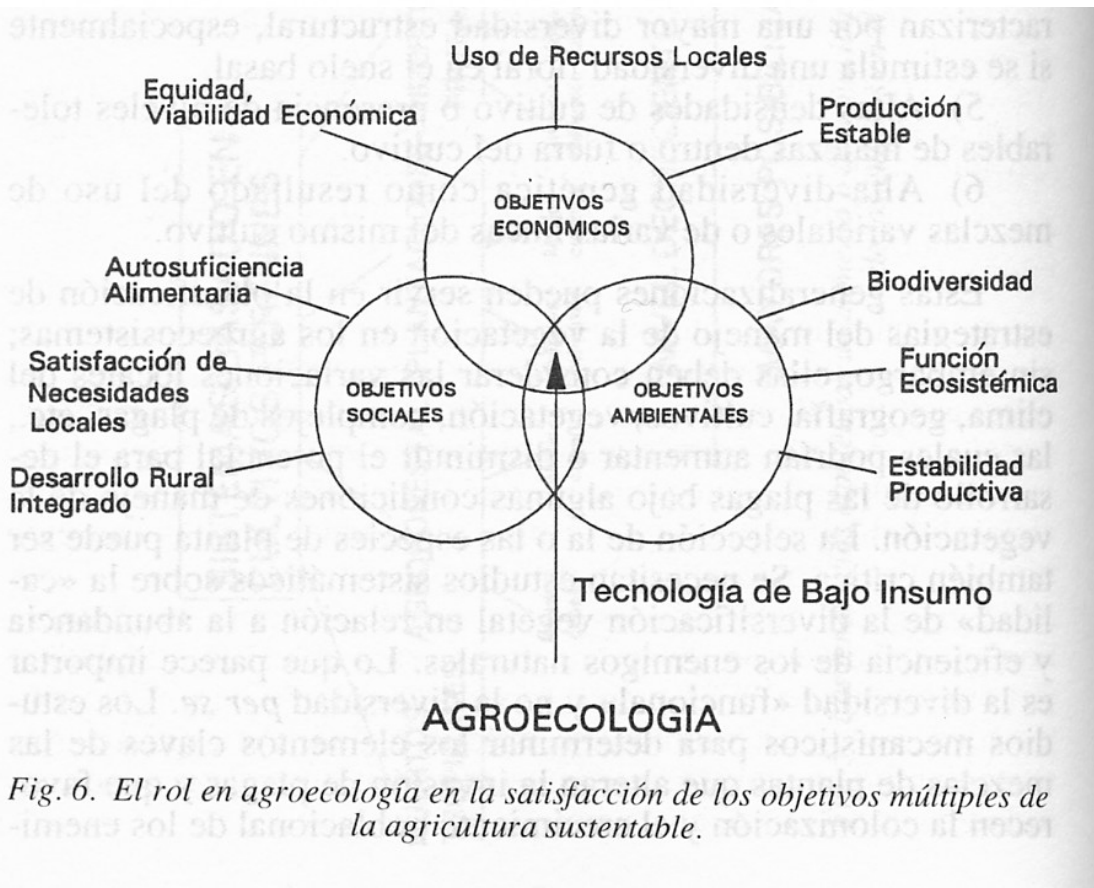


Fig. 6. El rol en agroecología en la satisfacción de los objetivos múltiples de la agricultura sustentable.

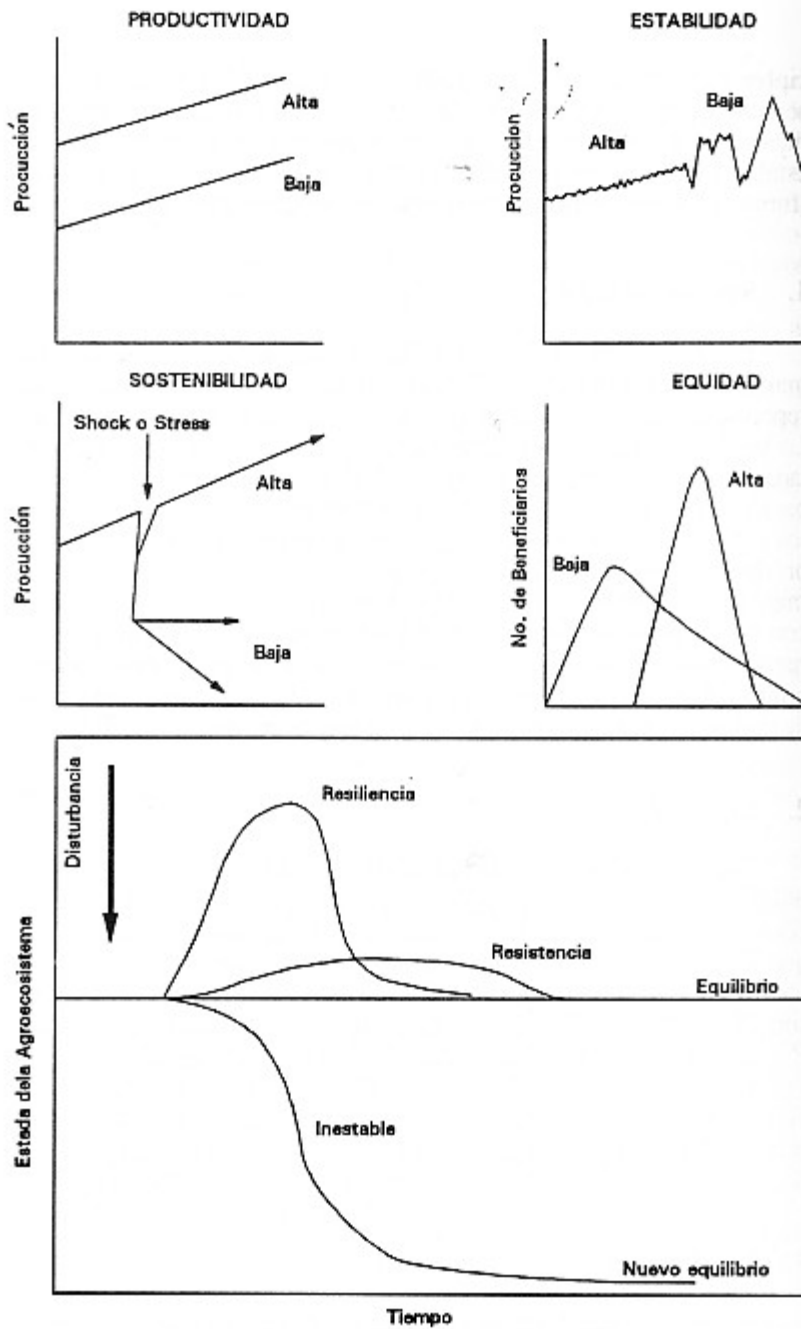
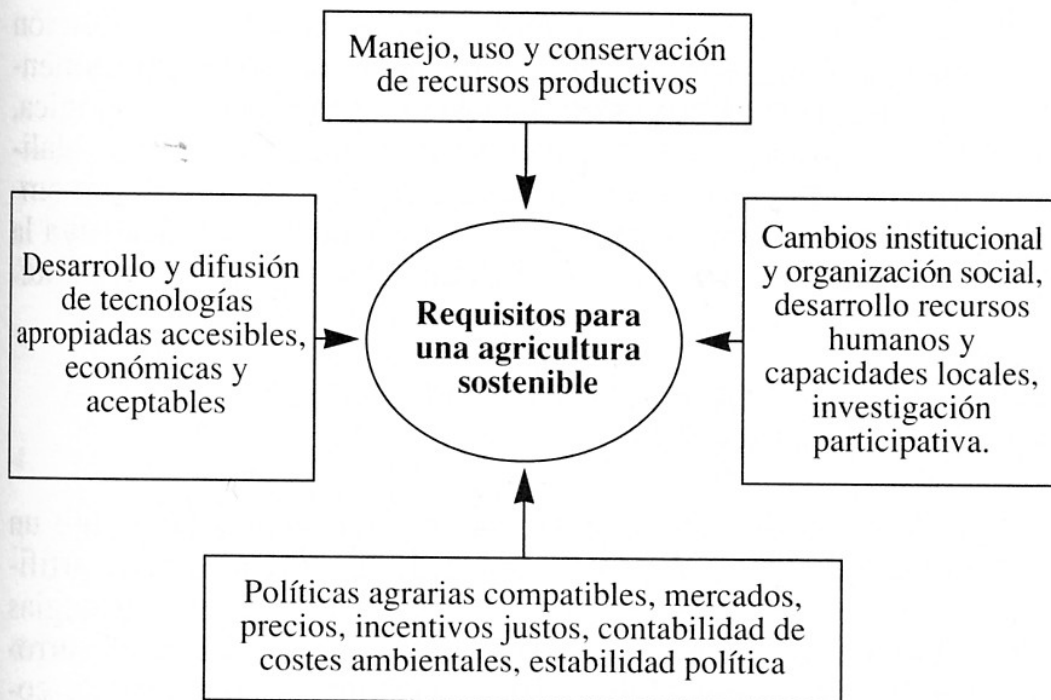


Fig. 7. Indicador de la sustentabilidad en agroecosistemas.



*Fig. 8. Requisitos de una agricultura sostenible.*



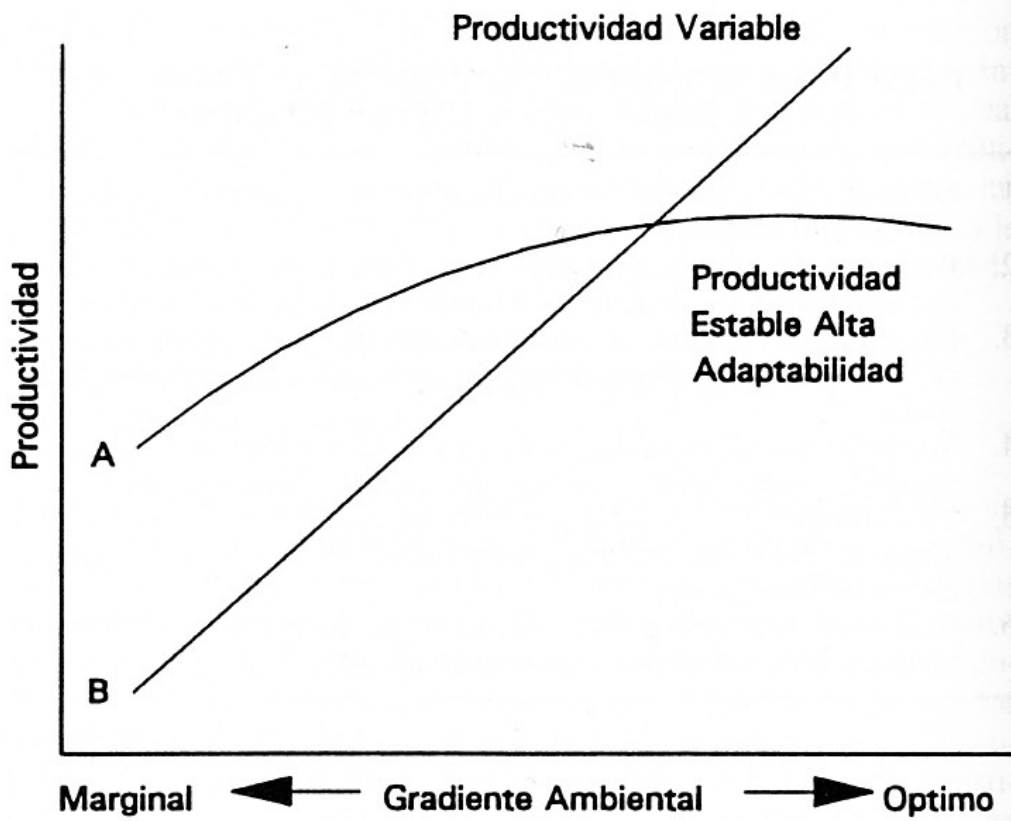


Fig. 9. Productividad potencial y adaptabilidad de estrategias agroecológicas y convencionales adaptadas a un rango de condiciones ambientales.

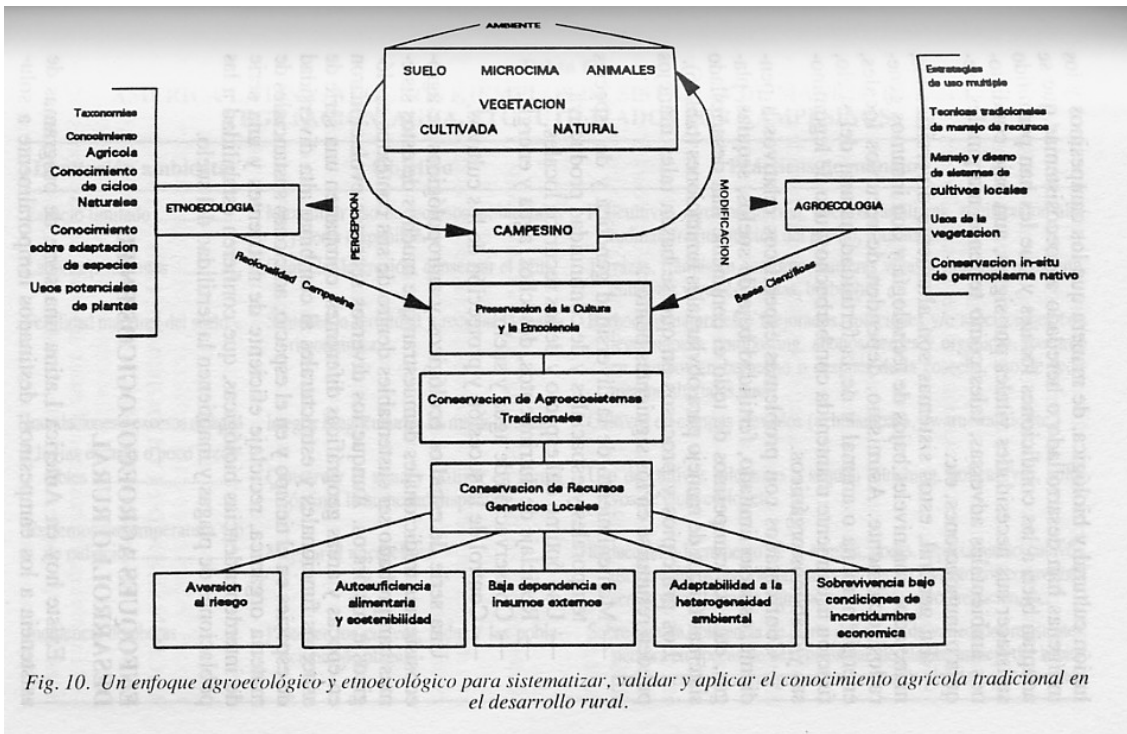


Fig. 10. Un enfoque agroecológico y etnoecológico para sistematizar, validar y aplicar el conocimiento agrícola tradicional en el desarrollo rural.

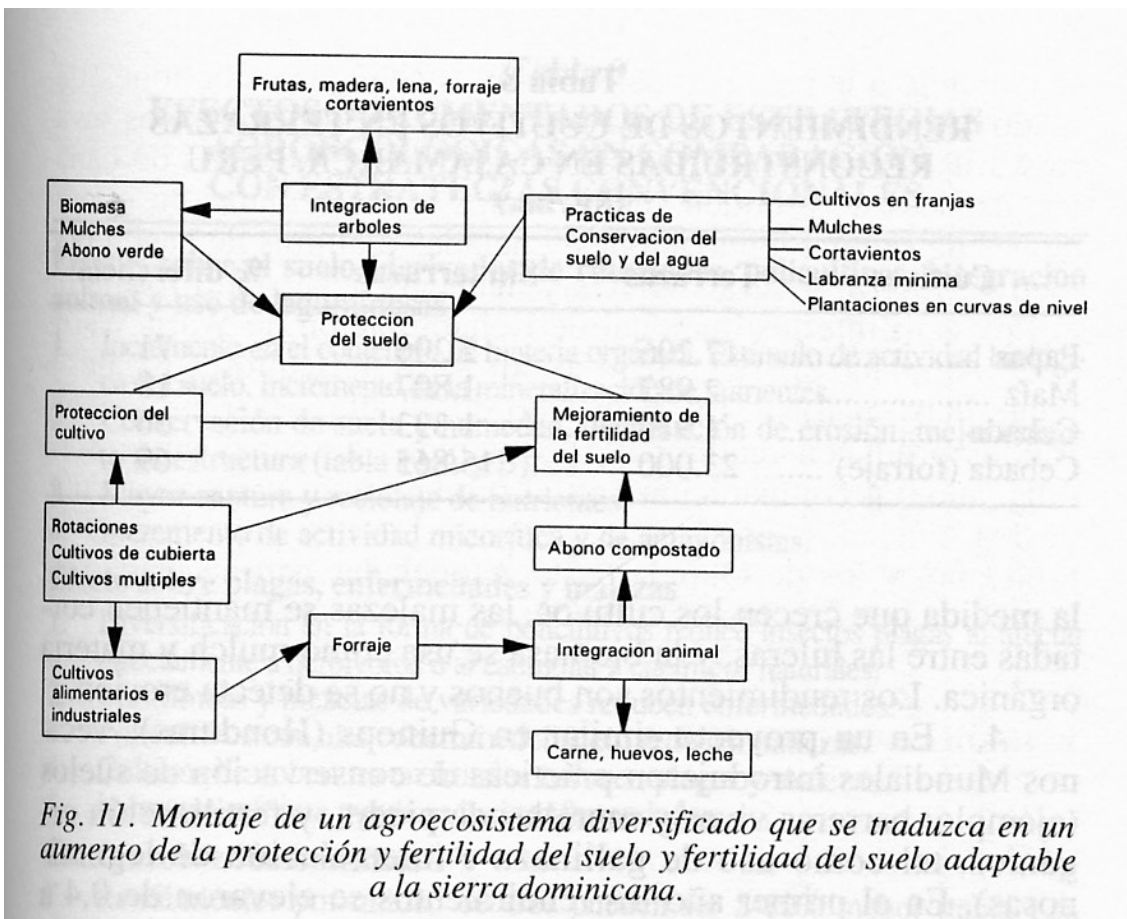


Fig. 11. Montaje de un agroecosistema diversificado que se traduzca en un aumento de la protección y fertilidad del suelo y fertilidad del suelo adaptable a la sierra dominicana.

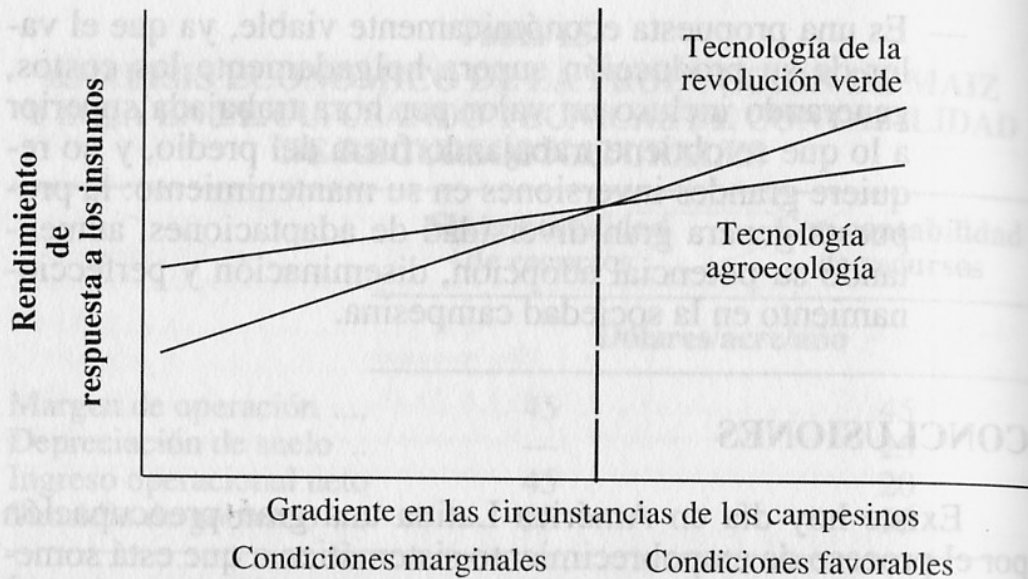


Fig. 12. La realización potencial de la tecnología de la revolución verde (agricultura de insumos altos) y tecnología agroecología (agricultura de insumos bajos) a lo largo de una gradiente de recursos naturales y condiciones socioeconómicas que afectan a los sistemas agrícolas campesinos (Altieri y Anderson, 1986).

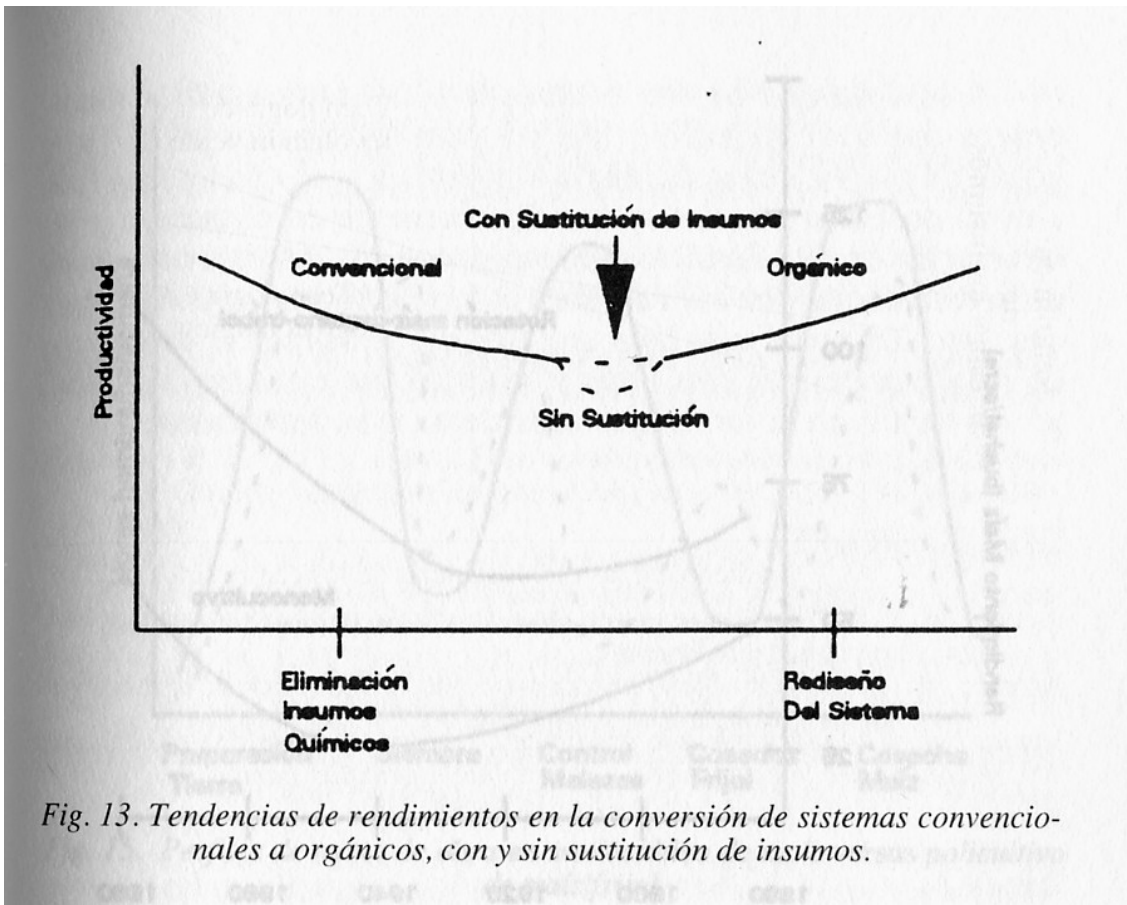


Fig. 13. Tendencias de rendimientos en la conversión de sistemas convencionales a orgánicos, con y sin sustitución de insumos.

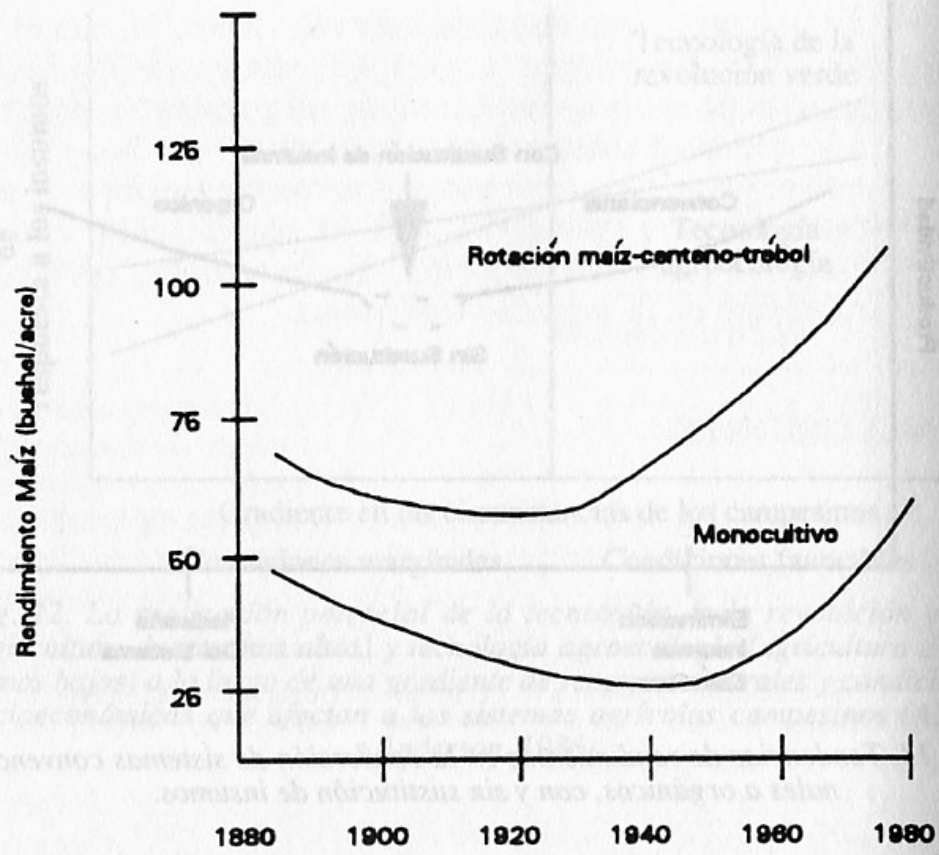


Fig. 14. Tendencias de producción de maíz bajo monocultivo y en rotación en un siglo, en Illinois, EE.UU.

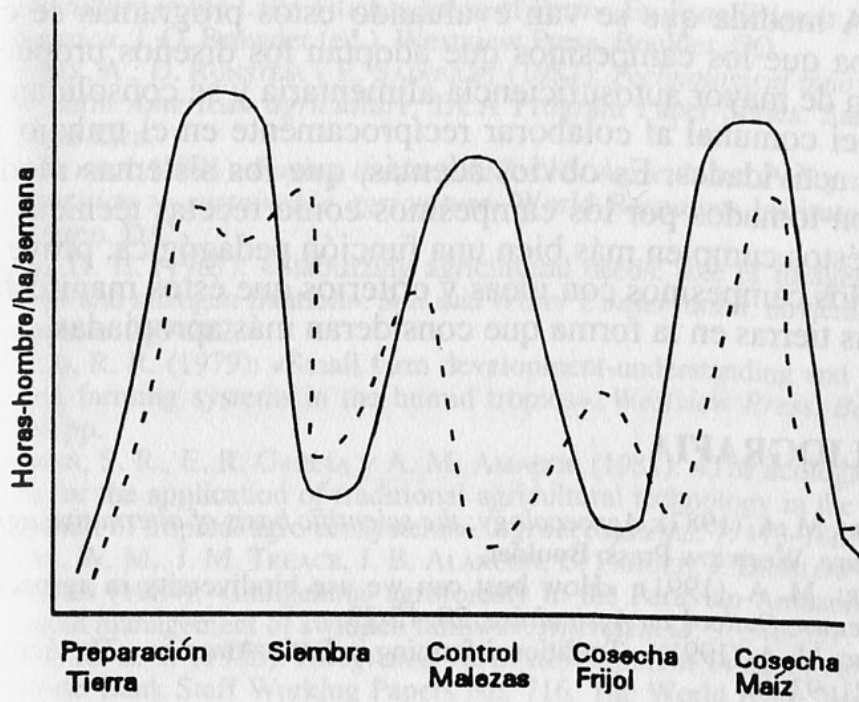


Fig. 15. Perfiles de mano de obra en monocultivo de maíz versus policultivo de maíz/frijol.

## CAPITULO 4

### HACIA UNA AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL EN LA AMÉRICA LATINA DEL NUEVO MILENIO

La agricultura es un proceso de artificialización de la naturaleza. En general, la agricultura moderna ha llevado consigo la simplificación de la estructura del medio ambiente sobre vastas áreas, reemplazando la diversidad natural por un pequeño número de plantas cultivadas y animales domésticos. En efecto, la mayoría de los paisajes agrícolas del mundo son sembrados con sólo 12 especies de cultivos de granos, 23 especies de cultivos de hortalizas y aproximadamente 35 especies de tipos de nueces y frutas; eso no es más que 70 especies de plantas comparadas con las que se encuentran dentro de una hectárea de un bosque húmedo tropical, el cual contiene típicamente más de 100 especies de árboles (Thrupp, 1998).

En Latinoamérica, los sistemas se extienden desde sistemas de baja intensidad con largos barbechos a sistemas intensivos permanentemente cultivados, modificando extensas áreas de su estado natural ahora dominadas por monocultivos. En áreas agrícolas comerciales, los hábitats naturales se pierden debido a la expansión de la producción agrícola especialmente de ganado, caña de azúcar, algodón, soya, café y (recientemente) cultivos de exportación no-tradicionales tales como cultivos de flores, hortalizas, etc. Fincas altamente capitalizadas tienden a estar en tierras de alta calidad, mientras que las fincas de campesinos de bajos recursos tienden a estar sobre tierras ecológicamente marginales o tierras recientemente abiertas a la agricultura. Así, los agricultores empobrecidos carecen de acceso a buena tierra y capital y son forzados por necesidad a las áreas naturales sobrantes, las cuales generalmente se encuentran en laderas empinadas, a lo largo de los ríos, y en otros medioambientes frágiles tales como los márgenes de bosques (Browder, 1989).

Pero no todas las formas de agricultura han seguido la trayectoria clásica de la artificialización e intensificación. En medio de estos tipos extremos de agricultura existen en la región microcosmos de sistemas de agricultura tradicional, (por ejemplo en Meso América, en la región de los Andes y en la cuenca del Amazonas) que han emergido sobre siglos de evolución cultural y biológica y que representan experiencias acumuladas de campesinos interactuando con el ambiente sin acceso a insumos externos, capital o conocimiento científico (Chang, 1977; Wilken, 1987). Usando inventiva autóctona, conocimiento experimental, y los recursos disponibles localmente, los agricultores indígenas han desarrollado frecuentemente sistemas de cultivo con rendimientos sostenibles (Harwood, 1979; Reinjtes *et al.*, 1992). Estos agroecosistemas, basados en una diversidad de cultivos y variedades mezcladas en el tiempo y el espacio, han permitido a los agricultores tradicionales maximizar la seguridad de la cosecha en condiciones de niveles bajos de tecnología y con un mínimo impacto ambiental (Clawson, 1985). Existen también varios ejemplos de programas de desarrollo impulsados por ONGs en comunidades rurales en Latinoamérica dirigidos al

mantenimiento y/o aumento de la biodiversidad de los agroecosistemas tradicionales. Estos programas representan una estrategia que intenta asegurar fuentes diversas de ingresos y dietas, producción estable, riesgo mínimo, uso eficiente de los recursos de la tierra, y mejoramiento de la integridad ecológica (Altieri, 1995; Pretty, 1995).

Cada vez más, la evidencia que emerge de los análisis de la agricultura tradicional y de los proyectos agroecológicos conducidos por ONGs, muestran que la combinación de producción estable y diversa, internamente generada con insumos locales, relación favorable energía input/output, y articulación con la subsistencia y las necesidades del mercado, comprende un enfoque efectivo para lograr la seguridad alimentaria, generación de ingresos y conservación del medio ambiente (Pretty, 1997; Altieri *et al.*, 1998). Como se argumenta en este capítulo, estos enfoques representan estrategias de uso múltiple que incrementan la multifuncionalidad de la agricultura. Aquí se entiende por agricultura multifuncional aquella que en adición a alimentos y fibras, produce una cantidad de bienes públicos para la sociedad incluyendo:

- Contribución a la seguridad alimentaria
- Servicios ecológicos como hábitat para la vida silvestre, producción de agua, mitigación de efectos ambientales negativos, preservación de la tierra, etc.
- Funciones económicas múltiples cuyos valores no son siempre reflejados en los precios del mercado.
- Función social relacionada con la viabilidad de las comunidades rurales y manutención de valores culturales.

En general la pequeña agricultura esta mas cerca que la agricultura de gran escala de ofrecer estos servicios múltiples y/o bienes públicos debido a factores como (Beets, 1990):

- Diversidad: las fincas pequeñas incluyen una diversidad de formas de tenencia, de sistemas de cultivos, de formas culturales y tradicionales y de organización social y estructuración biológica. Fincas de estructuras complejas contribuyen a la biodiversidad y a un paisaje diverso y estéticamente atrayente,
- Beneficios ambientales: en los EEUU el manejo responsable de los recursos de suelo, agua y biodiversidad en el 60% de las fincas de tamaño menor a 180 acres produce beneficios ambientales significativos para la sociedad.
- Empoderamiento y responsabilidad comunitaria: la tenencia descentralizada de la tierra produce mas oportunidades económicas y más capital social, y los agricultores son más propensos a conservar los recursos y minimizar externalidades. En el caso de comunidades mapuches y huilliches del sur de Chile la tierra no solo tiene valor como factor de producción sino que constituye la base sobre la cual afianzan su cultura e identidad, por lo que la tierra adquiere una dimensión cultural y de valor de uso. En EEUU las fincas pequeñas son lugares que enfatizan valores familiares y comunitarios y son lugares óptimos para la crianza de niños. En estos ambientes la gente desarrolla una relación personal con la agricultura, el medio ambiente y los alimentos.



- Fundaciones económicas: en muchas sociedades las pequeñas fincas son claves para una economía vital tanto local como regional, aunque en la mayoría de los casos los mecanismos del mercado no capturan los beneficios de una agricultura multifuncional basada en pequeñas fincas.

#### LA NATURALEZA MULTIFUNCIONAL DE LA AGRICULTURA TRADICIONAL

A pesar de la industrialización creciente de la agricultura, la gran mayoría de los agricultores en el mundo en desarrollo son campesinos, o pequeños productores, quienes aún cultivan los valles y laderas de paisajes rurales con métodos tradicionales y/o de subsistencia. Se estima que en Latinoamérica hay aproximadamente 16 millones de unidades de campesinos ocupando cerca de 160 millones de hectáreas que comprometen a 75 millones de personas, representando dos tercios de la población regional rural (Ortega, 1986).

Muchos de los agroecosistemas campesinos son de pequeña escala, discontinuos geográficamente y localizados en una multitud de laderas, aspectos, microclimas, zonas elevadas y tipos de suelo. En muchos casos estos sistemas están rodeados por asociaciones vegetales de diferentes tipos. La heterogeneidad ambiental de los paisajes agrícolas se refleja en los diversos sistemas de cultivos desarrollados por los agricultores para explotar las características de “sitio” de lugares específicos. Muchos de los sistemas están rodeados por barreras físicas (por ejemplo bosques, ríos, montañas) y por lo tanto son relativamente aislados de otras áreas donde los mismos cultivos son cultivados en gran escala (Altieri y Hecht, 1991; Chang, 1977; Clawson, 1988).

En muchas áreas, los agricultores tradicionales han desarrollado y/o heredado sistemas de cultivos complejos, adaptados a las condiciones locales ayudándolos a manejar sosteniblemente medioambientes austeros y a satisfacer sus necesidades de subsistencia sin depender de la mecanización, fertilizantes químicos, pesticidas u otras tecnologías de la ciencia agrícola moderna (Denevan, 1995).

Las principales características que explican la sustentabilidad de estos sistemas de uso múltiple son (Marten, 1986; Reinjtes *et al.*, 1992):

- Las granjas son pequeñas en tamaño con producción continua que sirve para satisfacer la subsistencia y las exigencias del mercado.
- El nivel de agrobiodiversidad es alto y esta se asocia a servicios económicos y ambientales o funciones de protección y producción. En general en la medida que se incrementa el tamaño de las fincas, el nivel de agrobiodiversidad disminuye.
- Uso máximo y efectivo de los recursos locales y baja dependencia de insumos externos.
- Altos rendimientos de energía neta debido a que los aportes de energía son relativamente bajos. Producen mas output total que las fincas grandes, lo que hoy economistas a lo largo del espectro político llaman la “relación inversa entre tamaño de finca y output” (Figura 1). Son varios los factores que explican la mayor productividad total de las pequeñas propiedades agrícolas (Tabla 1).

- La labor es diestra, complementaria, familiar o basada en relaciones comunitarias. La dependencia en labor manual y mecánica muestra relaciones favorables de energía (input/output).
- Se enfatiza el reciclado de nutrientes y materiales.
- Se construye sobre procesos ecológicos naturales (por ejemplo la sucesión) más que ir en contra de la naturaleza.
- Los sistemas de cultivo son diversificados en forma de policultivos y en mezclas de cultivos con alta variabilidad genética.

**Tabla 1. Factores que explican una mayor productividad total (total output) de pequeñas fincas**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de cultivo múltiple que utilizan mejor los recursos en el tiempo y en el espacio</li> <li>• Mayor intensidad en el uso de la tierra</li> <li>• Mayor diversificación de la producción</li> <li>• Utilización de mano de obra familiar comprometida en el éxito de la finca</li> <li>• Menor utilización de insumos externos y mejor aprovechamiento de recursos internos de la finca o localmente disponibles</li> <li>• Más interés en la conservación de ecosistemas naturales adyacentes y aprovechamiento de sus servicios ecológicos.</li> </ul>
---

#### SISTEMAS TRADICIONALES DE PRODUCCION MULTIFUNCIONAL

En muchas áreas de América latina un aspecto relevante de los sistemas de cultivo tradicionales es su grado de diversidad de plantas, generalmente en forma de policultivos y/o modelos agroforestales (Clawson, 1985). Esta estrategia del campesino de disminuir el riesgo al sembrar varias especies y variedades de cultivos, estabiliza los rendimientos en el largo plazo, promueve una dieta diversa y aumenta al máximo los retornos en condiciones de niveles bajos de tecnología y recursos limitados (Richards, 1985). Los sistemas tradicionales de cultivos múltiples proveen casi un 20 por ciento del abastecimiento de alimento en el mundo (Francis, 1986). Los policultivos constituyen por lo menos el 80 por ciento del área cultivada del oeste de África, mientras gran parte de la producción de cultivos en el trópico latinoamericano ocurre en policultivos (Tabla 2). Los policultivos producen más rendimiento en un área determinada, que lo que se obtiene de los monocultivos. Los policultivos más tradicionales exhiben valores LER (Equivalente de uso de la tierra: siglas en Ingles) mayor de 1.5. Además, la variabilidad de rendimiento de policultivos de cereal/leguminosas es inferior a la variabilidad de los monocultivos correspondientes. (Tabla 3).

**Tabla 2. La preponderancia de policultivos en los países latinoamericanos.**

País	Cultivo dominante	Porcentaje del cultivo sembrado en policultivos
Brasil	Maíz	11
Colombia	Arroz	06
República Dominicana	Maíz	40
Guatemala	Frijol	73
México	Maíz	20
Paraguay	Frijol	33
	Maíz	10
	Camote	10
Venezuela	Arroz	16
	Maíz	33
	Frijol	20
	Yuca	20
	Algodón	50

Modificado después de Francis (1986).

**Tabla 3. Coeficiente de variabilidad de rendimientos registrados en diferentes sistemas de cultivo durante 3 años en Costa Rica.**

Sistemas de cultivo	Monocultivo	Policultivos
Yuca/frijol	33.04	27.54
Yucal maíz	28.76	18.09
Yuca/camote	23.87	13.42
Yuca/maíz/camote	31.05	21.44
Yuca/maíz/frijol	25.04	14.95

Fuente: Francis, 1986.

Muchos agroecosistemas tradicionales se ubican en centros de diversidad de cultivos, por lo tanto contienen poblaciones adaptadas y variables incluyendo parientes de cultivos silvestres. Se estima que a lo largo del Tercer Mundo aún se pueden encontrar más de 3000 granos nativos, raíces, frutas y otras plantas alimenticias (Altieri y Merrick, 1987). Así, agroecosistemas tradicionales constituyen esencialmente reservas in situ de diversidad genética (Altieri *et al.*, 1987). Abundan las descripciones respecto a los sistemas en los que los agricultores tropicales siembran múltiples variedades de cada cultivo, proporcionando diversidad intra e inter específica, mejorando así la seguridad de las cosechas. Por ejemplo, en los Andes, los agricultores cultivan como 50 variedades de papa en sus campos (Brush, 1982). Similarmente en Tailandia e Indonesia, los agricultores mantienen una diversidad de variedades de arroz en sus campos los cuales están adaptados a una amplia gama de condiciones ambientales y regularmente intercambian semillas con sus vecinos (Grigg, 1974).

Muchos agroecosistemas tropicales consisten en campos agrícolas y terrenos en barbecho, huertos familiares complejos y parcelas agroforestales conteniendo

comúnmente más de 100 especies de plantas que proporcionan materiales de construcción, leña, herramientas, medicinas, forraje y alimento humano. Los huertos familiares en México y el Amazonas consisten en formas altamente eficientes del uso de la tierra incorporando una variedad de cultivos con diferentes hábitos de crecimiento. El resultado es una estructura similar a un bosque tropical, con diversas especies y una configuración en estratos (Brookfield y Padoch, 1994). Una lista de los sistemas agroforestales más comunes en Latinoamérica es proporcionada en la Tabla 4.

Pequeñas áreas alrededor de los hogares de muchos campesinos comúnmente tienen un promedio de 80 a 125 especies de plantas útiles muchas para la alimentación o uso medicinal (Toledo *et al.*, 1985; Alcron, 1984). Los árboles frutales constituyen una característica sobresaliente de la mayoría de estos huertos familiares (Marten, 1986). En áreas más húmedas, hay tantos tipos diferentes de árboles y cultivos en los huertos, que estos parecen más un bosque tropical que un jardín (Clarke y Thaman, 1993). Los huertos más diversos son en realidad una colección de plantas domésticas y semi-domésticas con una variedad de usos que incluyen alimentación, combustible, materiales de construcción, hierbas medicinales, decoración y sombra. Los huertos están en continua producción todo el año y son fáciles de manejar en forma intensiva al estar tan convenientemente cerca de la casa. Estos pueden ser fertilizados con desperdicios de la cocina, reciben riego suplementario con agua de pozo y son atendidos por mujeres y niños en sus tiempos libres.

**Tabla 4. Los principales sistemas agroforestales de América Latina**

<b>Tipos de sistema</b>	<b>Ejemplos</b>	<b>Países típicos</b>
A. Sistemas agrosilvoculturales		
A.1. Taungya	<i>Cordia alliodora</i> + maíz, frijol o arroz	Amazonía brasileña
	<i>Caesalpinia velutina</i> + maíz	Guatemala
	<i>Gmelina arborea</i> + maíz y frijol	México
A.2. Árboles que producen madera con cultivos anuales intercalados	<i>Pinus ellioti</i> + soya o maíz	Argentina
	<i>Populus</i> spp + maíz o papa	Argentina
	<i>Inga</i> spp + arroz o plátano	Brasil
	<i>Eucalyptus</i> spp + maíz	Brasil
	<i>Cedrela adorata</i> + maíz, arroz o caña de azúcar	Colombia
	<i>Spondia mombin</i> o <i>Swietenia macrophylla</i> + maíz, frijol o arroz	México
A.3. Cultivos anuales con árboles frutales	Cidra, manzanas, papayas, mangos, etc. + cultivos anuales	México
A.4. Árboles con cultivos	<i>Erythrina</i> spp, <i>Inga</i> sp.,	Colombia, Costa Rica

bajo sombra	<i>Albizia carbonaria, Cordia alliodora, etc.</i> + café, plátano.	y Ecuador
A.5. Cercos vivos y/o cortinas rompevientos	<i>Gliricidia sepium, Erythrina abissinica, Leucaena leucocephala, etc.</i> Alrededor de los cultivos.	Chile, Argentina y Uruguay
B. Sistemas agrosilvopastoriles		
B.1. Cultivos y animales dentro de plantaciones forestales	<i>Pinus caribaea</i> + ovejas y/o aves de corral + sorgo, maíz, yuca o maní	Venezuela, República Dominicana
B.2. Cercos vivos alrededor de comunidades rurales	<i>Casuarina equisetifolia, Cedrela adorata, Bromissum alicastrum</i>	Cuba, México
B.3. Huertos familiares	Varios árboles, cultivos y mezclas de animales	República Dominicana, México, Cuba, Haití
C. Sistemas silvopastoriles		
C.1. Animales que pastan o producción de forraje bajo árboles.	<i>Populus</i> sp. + <i>Bromus unioloides</i> o <i>Trifolium</i> sp.	Argentina
	<i>Pinus caribea</i> + <i>Anchrus</i> sp.	Brasil
	<i>Pinus</i> sp., o <i>Populus</i> sp. + ovejas	Chile
C.2. Animales que pastan o producción de forraje dentro de bosques secundarios	<i>Prosopis flexuosa</i> y <i>Aspidosperma</i> sp. Con pastura natural	Argentina
	El bosque secundario con cobertura de <i>Brosimum alicastrum</i>	México
C.3. Producción de madera comercial con pasturas	<i>Alnus acuminata</i> + <i>Pennisetum clandestinum</i>	Costa Rica
C.4. Árboles de sombra dentro de pasturas	<i>Alnus jorullensis</i> + <i>P. Clandestinum</i>	Colombia
	<i>Prosopis</i> sp., <i>Parkinsonia microphylla, Cercidium</i> sp. como sombra <i>tress</i> en pasturas	México
C.5. Árboles y arbustos forrajeros	<i>Prosopis</i> spp., <i>Atriplex</i> spp.	Chile, Argentina, Perú
	<i>Lividia coriari</i> y <i>P. Juliflora</i> para cabras	Colombia
	<i>Brosium alicastrum</i> para pastoreo	México

Fuente: FAO, 1984.

La mayoría de los estudios antes mencionados de agricultura tradicional se han enfocado en las unidades productivas donde se siembran los cultivos. Esta visión limitada de los agroecosistemas campesinos ignora el hecho que muchos campesinos utilizan, mantienen y preservan, dentro de o adyacente a sus propiedades, áreas de ecosistemas naturales (bosques, faldas de colinas, lagos, campos de pastoreo, caminos de ríos, pantanos, etc.) que contribuyen con suplementos alimenticios valiosos, materiales de construcción, medicinas, fertilizantes orgánicos, combustibles, artículos religiosos, etc., (Toledo *et al.*, 1985). En efecto, las unidades de producción de cultivos y ecosistemas adyacentes constituyen un continuo donde la cosecha de plantas silvestres, pesca, la caza y la producción de cultivos ocurren en forma activa. Este tipo de interfaces son común en el contexto de la agricultura campesina chilena donde bosques riparios se entretujan entre predios agrícolas.

Para muchas sociedades campesinas, la agricultura es considerada una parte de un sistema más amplio de uso de la tierra. Por ejemplo, los indios P'urhepecha quienes viven en la región del lago Patzcuaro en Michoacán, México, además de la agricultura, la cosecha silvestre es parte de un complejo modelo de subsistencia basado en múltiples usos de los recursos naturales (Caballero y Mape, 1985). Esta gente usa más de 224 especies de plantas silvestres vasculares nativas y naturalizadas para sus necesidades de dieta, medicina, familiares y combustible. Similarmente, los indios Jicaque de Honduras Central, quienes viven en la reserva Montaña de la Flor, usan más de 45 especies de plantas provenientes del bosque pino/roble y hábitat ribereños, como alimentos, medicinas, combustible, etc. Los Jicaque cultivan maíz usando técnicas de roza, tumba y quema. Los campos cultivados son ampliamente espaciados a través del bosque y cuando van de un campo al siguiente, los Jicaque usualmente recogen plantas silvestres alimenticias a lo largo del camino para ser añadidas a las ollas de cocina de las familias (Lentz, 1986). Hay evidencias que muchas comunidades mapuches en el sur de Chile aún utilizan estrategias combinadas de agricultura y recolección.

Las interfaces entre ecosistemas naturales y agrícolas son de importancia significativa, ya que los agricultores obtienen servicios ecológicos generales a partir de la vegetación natural que crece cerca de sus propiedades. Por ejemplo, en muchas zonas de tierras altas en Centroamérica, la flora indígena de los bosques altos, no sólo proporciona plantas nativas valiosas para el comercio y productos de subsistencia, sino que sirven como barreras naturales a los cultivos de las tierras bajas en contra de la diseminación de enfermedades e insectos plaga. También al localizar parcelas agrícolas pequeñas en una matriz de vegetación de bosques secundarios permite la fácil emigración de enemigos naturales de los insectos plaga de la selva hacia los cultivos (Altieri, 1994).

En Guatemala Occidental, los pequeños agricultores dependen de los bosques cercanos para manejar suelos infértiles y marginales. El mantillo del bosque se colecta y luego se

esparce cada año sobre las parcelas cultivadas intensivamente con verduras, para mejorar la estructura y la retención de agua. Los desechos son rastrillados, colocados en bolsas o redes y llevado a los campos por hombres o caballos, o en camiones desde lugares más distantes. Después de esparcir, los desechos de las hojas se trabajan en el suelo con un azadón ancho. En algunos casos, el desecho es colocado primero bajo animales de establo, y entonces, después de una semana o más la mezcla de hojas pulverizadas, estiércol y el orín es esparcida sobre los campos e incorporada al suelo. Aunque las cantidades aplicadas varían, los agricultores en Almolonga, Zunil y Quezaltenango aplican tanto como 40 toneladas métricas de basura/ha cada año. Cálculos aproximados hechos en stands mixtos de pino-roble indican que una hectárea de tierra cultivada requiere la producción de mantillo de 10 ha de bosques cosechados regularmente, o menos, si la cosecha es esporádica (Wilken, 1987).

#### NATURALEZA Y FUNCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN LA AGRICULTURA

Hoy, los científicos en el mundo entero están comenzando más y más a reconocer el papel e importancia de la biodiversidad en el funcionamiento de los sistemas agrícolas (Swift et al., 1996). Las investigaciones sugieren que mientras en los ecosistemas naturales la regulación interna de su funcionamiento es un producto de la biodiversidad de plantas a través de flujos de energía y nutrientes y a través de sinergismos biológicos, esta forma de control se pierde progresivamente bajo la intensificación y simplificación agrícola, de manera que los monocultivos, para funcionar, deben ser predominantemente subsidiados con insumos químicos (Swift *et al.*, 1996). La preparación comercial de semilla en almácigos y la siembra mecanizada reemplazan a los métodos naturales de dispersión de las semillas, los pesticidas químicos reemplazan a los controles naturales de poblaciones de malezas, insectos y patógenos; y la manipulación genética reemplaza al proceso natural de evolución y selección de plantas. Hasta la descomposición es alterada desde que las plantas son cosechadas y la fertilidad del suelo es mantenida, no a través del reciclado de nutrientes, sino con fertilizantes.

Una de las razones más importantes para mantener y/o estimular la biodiversidad natural es que ésta realiza una variedad de servicios ecológicos (Altieri, 1991). En ecosistemas naturales, la cubierta vegetal de un bosque o una pradera natural previene la erosión del suelo, reaprovisiona el agua en el suelo y controla las inundaciones mejorando la infiltración y reduciendo el escurrimiento del agua. En los sistemas agrícolas, la biodiversidad realiza servicios al ecosistema más allá de la producción de alimento, fibra, combustible e ingresos. Los ejemplos incluyen, reciclado de nutrientes, el control de microclimas, la regulación de procesos hidrológicos locales, la regulación de la abundancia de organismos indeseables y la desintoxicación de químicos nocivos (Thrupp, 1998). Estos procesos de renovación de los servicios del ecosistema son en la mayor parte biológicos, por lo tanto su persistencia depende del mantenimiento de la biodiversidad. Cuando estos servicios naturales se pierden debido a la simplificación biológica, los costos económicos y ambientales pueden ser bastante altos. Económicamente en agricultura, los costos incluyen la necesidad de abastecer los cultivos con insumos externos caros, ya que los agroecosistemas, privados de los componentes funcionales de regulación básica, carecen de la capacidad de subsidiar su propia fertilidad

del suelo y la regulación de las plagas. En la medida que la biodiversidad funcional disminuye, la necesidad de un manejo intensivo aumenta de manera que los monocultivos deben ser subsidiados con insumos externos (Figura 4). A menudo, el costo involucra una reducción en la calidad del alimento producido y de la vida rural en general debido a la disminución de la calidad del suelo y agua, erosión y la contaminación por pesticidas y/o nitratos (Altieri, 1995).

La biodiversidad se refiere a todas las especies de plantas, animales y microorganismos existentes y que interactúan dentro de un ecosistema. En los agroecosistemas, los polinizadores, los enemigos naturales, las lombrices y los microorganismos del suelo son todos componentes claves de la biodiversidad que juegan roles ecológicos importantes en procesos tales como introgresión genética, control natural de plagas, ciclo de nutrientes, descomposición, etc., (Figura 5). El tipo y abundancia de biodiversidad en la agricultura difiere en agroecosistemas de acuerdo a la edad, diversidad, estructura y manejo de estos. En efecto, hay una gran variabilidad en los patrones ecológicos y agronómicos entre los diversos agroecosistemas dominantes. En general, el grado de biodiversidad en los agroecosistemas depende de cuatro características principales de los agroecosistemas (Swift *et al.*, 1996):

1. La diversidad de vegetación dentro y alrededor del agroecosistema.
2. La durabilidad de varios cultivos dentro del agroecosistema.
3. La intensidad del manejo.
4. La distancia de separación del agroecosistema con la vegetación natural.

En general, los agroecosistemas que son más diversos, más permanentes, aislados y manejados con aportes tecnológicos bajos (ejemplo sistemas agroforestales, policultivos tradicionales) toman más ventaja del trabajo hecho por procesos ecológicos asociados que los sistemas altamente simplificados y manejados con altos insumos (Altieri, 1995).

Todos los agroecosistemas son dinámicos y sujetos a diferentes niveles de manejo y los arreglos de cultivos en el tiempo y en el espacio cambian continuamente frente a factores biológicos, culturales, socioeconómicos y medioambientales. Tales variaciones en el paisaje determinan el grado de heterogeneidad espacial y temporal característica de regiones agrícolas, la que a la vez condiciona el tipo de biodiversidad presente.

Según Vandermeer y Perfecto (1995), se pueden distinguir dos componentes distintos de biodiversidad en los agroecosistemas. El primer componente, la biodiversidad planificada, es la biodiversidad asociada con los cultivos y el ganado intencionalmente incluido en el agroecosistema por el agricultor y la que puede variar dependiendo del manejo y los arreglos espacial/temporal de cultivos. El segundo componente, biodiversidad asociada, incluye toda la flora y fauna del suelo, los herbívoros, carnívoros, microorganismos descomponedores, etc., que colonizan el agroecosistema desde medioambientes circundantes y que permanecen en el agroecosistema dependiendo del tipo de manejo (Figura 6). La biodiversidad planificada tiene una función directa, como está ilustrado por la flecha que conecta la caja de biodiversidad planificada con la caja de función del ecosistema. La biodiversidad asociada también tiene una función, pero es



mediada a través de la biodiversidad planificada, misma que también tiene una función indirecta, ilustrada por la flecha punteada en la figura, la que se hace notar mediante su influencia sobre la diversidad biológica asociada. Por ejemplo, los árboles en un sistema agroforestal crean sombra, la cual hace posible crecer cultivos que toleran poco el sol. Por lo tanto, la función directa de los árboles es crear sombra. Aún conjuntamente con los árboles pueden venir avispas pequeñas que utilizan el néctar de las flores de los mismos. Estas avispas pueden a la vez ser parásitos naturales de plagas que normalmente atacan a los cultivos. Las avispas son parte de la biodiversidad asociada. Los árboles, entonces, crean sombra (función directa) y atraen avispas (función indirecta) (Vandermeer y Perfecto, 1995).

La clave es identificar el tipo de biodiversidad que se desea mantener y/o mejorar de modo que efectúen servicios ecológicos, y así definir las mejores prácticas que fomentan los componentes deseados de biodiversidad. Como se muestra en la Figura 7, hay muchas prácticas agrícolas que tienen la potencialidad de mejorar la biodiversidad funcional, y otras que lo afectan negativamente. La idea es aplicar las mejores prácticas de manejo a fin de mejorar y/o regenerar el tipo de biodiversidad que pueda subvencionar el mantenimiento de los agroecosistemas proporcionando servicios ecológicos tales como control biológico de plagas, reciclaje de nutrientes, conservación de suelo y agua, etc.

#### **EL NEXO ENTRE AGROBIODIVERSIDAD Y MULTIFUNCIONALIDAD**

Cuando el desarrollo agrícola tiene lugar en un ambiente natural, tiende a resultar en un mosaico heterogéneo de diversos tipos de hábitat/parcelas que se esparcen a través del paisaje. La mayor parte de la tierra puede ser intensamente manejada y frecuentemente perturbada para los propósitos de producción agrícola, pero ciertas partes (tierras húmedas, corredores ribereños, laderas) pueden ser ocasionalmente perturbadas pero no intensamente manejadas. Además, ecosistemas naturales pueden rodear o bordear áreas en las cuales predomina la producción agrícola (Gliessman, 1998).

La heterogeneidad del paisaje agrícola varía mucho en cada región. En algunas partes de América Latina, donde predomina la agricultura comercial de exportación, el uso intenso de agroquímicos, la tecnología mecánica, las variedades genéticamente homogéneas y la irrigación sobre áreas grandes han hecho el paisaje relativamente homogéneo. En tales áreas, el paisaje agrícola está constituido mayormente de grandes áreas de producción agrícola de un cultivo único. La expansión de tales paisajes agrícolas desorganiza las áreas naturales de tres maneras importantes. Primero, los ecosistemas naturales llegan a ser fragmentados e importantes enlaces ecológicos pueden ser cambiados o desligados. Por ejemplo, la conversión de laderas o bosque deciduosos a viñedos en tierras altas afectará profundamente los aportes de nutrientes y pesticidas a tierras húmedas bajas adyacentes. Segundo, la fragmentación aumenta los fenómenos de borde incrementando la proporción de área que está cerca al borde. Esto resulta en una exacerbación de los impactos de la agricultura adyacente especialmente si ésta es intensiva. Tercero, la pérdida absoluta de áreas naturales generalmente significa que los parches naturales restantes son cada vez más distantes unos de otros. Así cada remanente toma más y más

las propiedades de islas oceánicas en el sentido que estos parches son muy distantes de áreas de recolonización. Así, los sucesos de extinción local para especies y genes son incapaces de ser equilibrados por recolonización o flujos de genes. Estos parches remanentes de los ecosistemas naturales son altamente vulnerables a la invasión por animales y plantas desde tierras agrícolas circundantes y son vulnerables también a las perturbaciones creadas por las prácticas de producción agrícola. (Fry, 1995).

En áreas dominadas por campesinos, el uso de las prácticas tradicionales de cultivo con insumos agroquímicos mínimos ha creado un paisaje altamente variado y heterogéneo posiblemente aún más heterogéneo que el que existiría naturalmente. En tales ambientes heterogéneos, los parches remanentes de ecosistemas naturales y semi-naturales incluidas en el paisaje pueden convertirse en un recurso para los agroecosistemas. Un área de hábitat no cultivado adyacente a un campo de cultivo, por ejemplo, puede albergar poblaciones de enemigos naturales los cuales pueden mudarse al campo y parasitar o consumir a las poblaciones de plagas (Altieri, 1994). Un corredor ribereño vegetado por especies de plantas nativas puede filtrar nutrientes disueltos provenientes de los campos cultivados, promover la presencia de especies benéficas y permitir el movimiento de especies animales nativas entre los componentes agrícolas del paisaje.

Por otra parte, los agroecosistemas pueden comenzar a asumir un papel positivo más que negativo en la conservación de la integridad de los ecosistemas naturales. Muchos agroecosistemas diversificados de pequeña escala han sido diseñados y manejados de manera amistosa a las especies nativas. Por ejemplo, cercos vivos proveen a los vertebrados de hábitats, mejores fuentes alimenticias y corredores para su movimiento. Las plantas nativas pueden encontrar hábitats más convenientes y encontrar menos barreras para su dispersión. Los organismos menores, tales como los microorganismos del suelo y los insectos, pueden florecer en suelos manejados orgánicamente y así beneficiar otras especies al cumplir su función reguladora en el ecosistema (Gliessman, 1998).

Manejar paisajes agrícolas desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad así como también de la producción sostenible, puede incrementar la capacidad de uso múltiple de la agricultura proveyendo así varios beneficios en forma simultánea (Thrupp, 1998):

- Aumento de la productividad agrícola
- Mejorar la estabilidad, robustez y sustentabilidad de los agroecosistemas
- Contribución al manejo armónico de plagas y enfermedades
- Conservación del suelo y aumento de la fertilidad y salud del suelo natural
- Diversificación de las oportunidades de ingreso y productos de las granjas
- Agrega valor económico y aumenta el retorno neto de las granjas
- Reduce riesgos a los individuos, comunidades y naciones;
- Aumenta la eficiencia del uso de recursos locales y restaura la salud ecológica
- Reduce la presión de la agricultura sobre áreas frágiles, bosques y especies en peligro
- Reduce la dependencia de insumos externos
- Aumenta los valores nutritivos y provee fuentes de medicinas y vitaminas.

Los efectos de la agrobiodiversidad en la mitigación de los efectos climáticos extremos, tales como la sequía promovida por El Niño fueron recientemente evidentes en el norte de Honduras. Un proyecto agroforestal orientado a revivir el método Quezungal, un antiguo sistema de agricultura, evitaron que se destruyeran aproximadamente 84 comunidades agrícolas. Los agricultores que utilizaron este método perdieron sólo el 10 por ciento de sus cultivos en la severa sequía de 1998 y obtuvieron un excedente de grano de 2.5-3 millones de kilos después del paso del Huracán Mitch. Por otro lado, las comunidades cercanas que continuaron con el uso del talado y la quema, fueron severamente afectadas por el fenómeno El Niño, el cual dejó un legado de miseria humana y destrucción de cuencas de importancia vital.

Tales programas de agroforestería que reducen la deforestación y la quema de biomasa vegetal actúan como sumideros (sink) para el dióxido de carbono atmosférico y también reducen considerablemente las emisiones de óxido salitroso. Investigaciones recientes muestran que promoviendo técnicas ya familiares para millares de agricultores pequeños en América Latina tales como rotación de cultivos y reducción del uso de fertilizantes químicos mediante el uso de compost pueden actuar como sumideros importantes para el dióxido de carbono atmosférico almacenándolo bajo la superficie del suelo. Este efecto resalta la contribución de las pequeñas fincas diversificadas mitigación del cambio climático.

Los beneficios de la agrobiodiversidad en incrementar la multifuncionalidad de la agricultura, se extienden más allá de los efectos descritos arriba, como lo demuestra los impactos de las granjas de café bajo sombra en América Latina. Los cafeteros típicamente integran en sus granjas diferentes árboles leguminosos, árboles frutales y tipos de forraje y madera de combustible. Estos árboles proveen sombra y un hábitat para pájaros y animales que benefician el sistema de cultivo. En México, las plantaciones de café bajo sombra sustentan hasta 180 especies de pájaros, incluyendo especies migratorias, algunos de los cuales juegan papeles claves en el control de plagas y la dispersión de semillas.

Aprendiendo a manejar una agricultura que promueva funciones productivas así como también ambientales requerirán los aportes de disciplinas no anteriormente explotadas por los científicos, incluyendo la agroecología, etnociencia, biología de conservación y ecología del paisaje. El resultado final, sin embargo, es que en la agricultura se deben adoptar prácticas ecológicas de manejo, incluyendo sistemas de cultivo diversificado, control biológico y manejo orgánico del suelo para reemplazar el uso de pesticidas sintéticos, fertilizantes y otros químicos. Sólo con tal fundamento científico se podrá lograr la meta de crear una agricultura multifuncional.

#### **BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE PLAGAS**

En ninguna parte son más evidentes las consecuencias de la reducción de la biodiversidad que en el ámbito del manejo de plagas agrícolas. La inestabilidad de los agroecosistemas se pone de manifiesto, cuando el empeoramiento de los problemas de insectos plaga se vincula cada vez más a la expansión de los monocultivos a expensas de la vegetación

natural, de modo que decrece la diversidad de hábitats locales (Altieri y Letourneau, 1982). Las comunidades de plantas que son modificadas para suplir las necesidades especiales de los humanos son sujetas al daño severo de plagas. En general mientras más intensamente tales comunidades sean modificadas, más abundantes y serias son las plagas. Los efectos de la reducción de la diversidad de cultivos sobre brotes de plagas de herbívoros y patógenos están bien documentados en la literatura agrícola (Andow, 1991; Altieri, 1994). Tal reducción drástica en la biodiversidad de plantas y los efectos epidémicos resultantes pueden afectar adversamente la función del ecosistema con consecuencias adicionales en la sustentabilidad y productividad agrícola.

En los ecosistemas modernos, la evidencia experimental sugiere que la biodiversidad puede usarse para mejorar el manejo de plagas (Altieri y Letourneau, 1994; Andow, 1991). Varios estudios han mostrado que es posible estabilizar las comunidades de insectos de los agroecosistemas diseñando y construyendo arquitecturas vegetacionales que sustenten poblaciones de enemigos naturales o que tengan efectos disuasivos directos sobre los herbívoros. Por ejemplo, a nivel del paisaje, evidencias demuestran que hay un aumento de enemigos naturales y un control biológico más efectivo donde la vegetación silvestre continúa en los bordes del campo y en asociación con los cultivos (Altieri, 1994). Estos hábitats pueden ser importantes como lugares de invernadero para los predadores o también pueden proporcionar recursos alimenticios tal como polen y néctar para una variedad de parásitos y predadores. Muchos estudios han documentado el movimiento de los artrópodos benéficos desde los márgenes hasta los cultivos y el control biológico es comúnmente mayor en los cultivos cercanos a los bordes de vegetación silvestre que en campos aislados de tales hábitats (Altieri, 1994).

En muchos casos, las malezas y otra vegetación natural alrededor de los campos de cultivo albergan hospederos y presas alternativas para enemigos naturales, así proveen recursos estacionales para llenar brechas en los ciclos de vida de insectos entomófagos y plagas (Altieri y Letourneau, 1984). Un caso clásico es el de la avispa parásita *Anagrus epos* cuya eficacia en regular el cicadelido de la uva *Erythroneura elegantula* se incrementó significativamente en viñedos cerca de las áreas invadidas por la zarzamora silvestre (*Rubus* sp). Esta planta sustenta un cicadelido alternativo (*Dikrella cruentata*) que se cría en sus hojas en el invierno. Estudios recientes muestran que los huertos de ciruela francesa adyacentes a los viñedos proveen refugios de invierno para *Anagrus* y los beneficios de un parasitismo temprano son promovidos en los viñedos con árboles de ciruelo alrededor.

A nivel del cultivo, la mayoría de los experimentos que han mezclado otras especies de plantas con el cultivo primario de un herbívoro especializado muestran que en comparación con los sistemas de cultivo diversificados, los monocultivos exhiben mayores densidades de población de herbívoros especializados (Andow, 1991). En estos sistemas de monocultivos, los herbívoros experimentan mayor colonización, mayor reproducción, menor interrupción de búsqueda del cultivo y menor mortalidad por enemigos naturales (Tabla 5).

**Tabla 5. Ejemplos seleccionados de sistemas de cultivos múltiple que efectivamente previenen brotes de insectos plaga en América Latina**

Sistemas de cultivo múltiple	Pestes (regulados)	Factor(s) involucrado	País
Intercultivo de yuca con frijol de maíz	Mosca blanca <i>Aleurotrachelus socialis</i> y <i>Trialeurodes variabilis</i>	Cambios en el vigor de la planta e incremento de enemigos naturales	Colombia
Maíz intercalado con frijol	Cicadélidos ( <i>Empoasca kraemeri</i> ), el escarabajo de hoja ( <i>Diabrotica balteata</i> ) y gusanos de otoño ( <i>Spodoptera frugiperda</i> )	Aumento de insectos benéficos e interferencia con la colonización	Colombia
Maíz intercalado con frijol	Cicadélido de maíz ( <i>Dalbulus maidis</i> )	Interferencia con el movimiento del cicadélido	Nicaragua
Pepinos intercalados con maíz y brócoli	Pulguillas ( <i>Acalymma vitata</i> )	Menor apariencia del cultivo	Costa Rica
Maíz / frijol / calabaza	Oruga ( <i>Diaphania hyalinata</i> )	Incrementa el parasitismo	México
Maíz / frijol	Taladro de tallo ( <i>Diatraea lineolata</i> )	Mejora depredación	Nicaragua

Fuente: Altieri, 1994.

Hay diversos factores en los policultivos que ayudan a limitar el ataque de plagas. Una planta hospedera puede estar protegida de insectos plaga por la presencia física de otras plantas que pueden proporcionar un camuflaje o una barrera física. Las mezclas de repollo y tomate reducen la colonización por la polilla diamante, mientras que las mezclas de maíz, frijoles y calabaza tiene el mismo efecto sobre los trips y los escarabajos crisomélidos. Los bordes de pasto repelen a los cicadélidos de los frijoles y los olores de las cebollas no permiten que ciertas moscas localicen tan fácilmente a zanahorias en el campo (Altieri, 1994).

Alternativamente, un cultivo en mezcla puede actuar como una trampa. Las franjas de alfalfa esparcidas en campos de algodón en California atraen y atrapan insectos *Lygus*. Hay una pérdida de rendimiento de alfalfa, pero esto representa menos del costo de los métodos alternativos de control para el algodón. Similarmente, crucíferas inter-sembradas con frijoles, pasto, trébol o espinaca sufren menos daño por el gusano del repollo y el *afido* del repollo. Otro factor, como lo establece la hipótesis de enemigos naturales, es que la reducción en la incidencia de insectos plaga en policultivos puede ser el resultado del aumento de la abundancia y la eficiencia de predadores y parásitos. (Altieri, 1994).

En un estudio de conversión a manejo agroecológico de viñedos en el valle de Aconcagua se encontró que los agricultores que adoptaron un cultivo de cobertura de *Vicia atropurpurea* más aplicaciones de compost a una tasa de 12t/ha, sufrieron menos ataque del chanchito blanco, enfermedades e invasión de malezas que viñedos manejados a base de monocultivo y agroquímicos (Figura 8). En la medida que la conversión continuó y los procesos de reciclaje de nutrientes y de regulación biológica de plagas se establecieron, las necesidades de insumos orgánicos externos como compost y liberación de enemigos naturales bajaron por lo que los costos de producción se redujeron entre un 20-30% comparados con los viñedos convencionales (Tabla 6) (Altieri et al., 1994).

**Tabla 6. Rendimiento de viñedos, contenido de materia orgánica y costo total de producción en viñedos comerciales (CPS) y orgánicos (OPS) en el valle del Aconcagua después de tres años de conversión agroecológica**

Viñedos	Rendimientos	M.O	Costos directos totales
1			
OPS	28.7	3.36	2,890
CPS	27.2	3.01	2,923
2			
OPS	16.2	3.57	2,570
CPS	15.9	3.23	2,650
3			
OPS	14.3	4.7	2,430
CPS	13.5	4.1	2,772

**MEJORANDO LA PRODUCTIVIDAD Y LA MULTIFUNCIONALIDAD DE LA AGRICULTURA TRADICIONAL:  
PROYECTOS AGROECOLÓGICOS DE ONGS**

En Latinoamérica, el cambio económico promovido por la penetración de mercado y capital, está conduciendo a un quiebre ecológico que comienza a destruir la base de la agricultura tradicional. Después de crear sistemas conservadores de recursos por siglos, las culturas tradicionales en áreas tales como Mesoamérica, la Amazonía y los Andes ahora son socavados por fuerzas políticas y económicas externas. La biodiversidad está disminuyendo en las granjas, la degradación de suelo se está acelerando, las organizaciones sociales y comunitarias se están desmembrando, los recursos genéticos están siendo erosionados y las tradiciones se están perdiendo. Bajo este escenario y dado las presiones comerciales y demandas urbanas, muchos argumentan que el desempeño de la agricultura de subsistencia es insatisfactoria y que la intensificación de la producción es esencial para la transición desde la subsistencia a la producción comercial (Blauert y Zadek, 1998). En la realidad, el desafío es orientar tal transición de una forma que los rendimientos y el ingreso aumenten sin amenazar la seguridad alimentaria, o profundizar la deuda de los campesinos o exacerbar la degradación ambiental. Muchos agroecólogos argumentan que esto puede lograrse generando y promocionando tecnologías

conservadoras de recursos, una fuente de las cuales son los sistemas tradicionales que el modernismo destruye (Altieri, 1991).

Tomando el conocimiento tradicional como un punto de partida, se ha comenzado en el mundo en vías de desarrollo una búsqueda de alternativas agrícolas de pequeña escala que sea productiva y ecológicamente armónica. La emergencia de la agroecología estimuló a un número de organizaciones no gubernamentales (ONGs) y otras instituciones a buscar activamente nuevos tipos de estrategias agrícolas de gestión de recursos y desarrollo que basadas en la participación local, habilidades y recursos, han mejorado la productividad de las pequeñas granjas mientras conservan los recursos (Thrupp, 1996). Hoy hay centenares de ejemplos donde los productores rurales en asociación con ONGs y otras organizaciones, han promocionado e implementado proyectos de desarrollo agroecológico que incorporan elementos del conocimiento moderno y de la ciencia agrícola tradicional implementando sistemas conservadores de recursos poco productivos, tales como policultivos, sistemas agroforestales, integración de cultivos y ganado, etc. (Tabla 7).

**Tabla 7. El alcance e impactos de tecnologías agroecológicas implementadas por ONGs en sistemas de campesinos a lo largo de América Latina**

<b>País</b>	<b>Organización involucrada</b>	<b>Intervención agroecológica</b>	<b>Nº de agricultores o unidades de granjas afectadas</b>	<b>Nº de hectáreas afectadas</b>	<b>Cultivos dominantes</b>
Brasil	EPAGRI AS-PTA	Abono verde Cultivos de cobertura	38,000 familias	1'330,000	Maíz, trigo
Guatemala	ALTERTEC y otros	Conservación de suelo, abono verde, cultivo orgánico	17,000 unidades	17,000	Maíz
Honduras	CIDDICO COSECHA	Conservación de suelo Abonos verdes	27,000 unidades	42,000	Maíz
El Salvador	COAGRES	Rotaciones, abonos verdes, compost, insecticidas botánicos	> 200 agricultores	Nd	Cereales
México	Cooperativas Oaxaqueñas	Compost, terrazas, siembra en contorno	3,000 familias	23,500	Café
Perú		Rehabilitación	> 1,250	> 1,000	Cultivos

		de terraplenes antiguos	familias		andinos
		Campos elevados	Nd	250	Cultivos andinos
		Rehabilitación agrícola de cuencas	> 100 familias	N/A	Cultivos andinos
		Policultivos, sistemas agroforestales, compostaje	12 familias	25	Algunos cultivos
República Dominicana		Conservación de suelo, manejo de bosques secos, sistemas silvopastoriles	> 2,500 familias		Muchos cultivos
Chile		Granjas integradas, cultivos orgánicos	> 1,000 familias	> 2,250	Varios cultivos
Cuba		Granjas integradas	4 cooperativas	250	Varios cultivos

Nd = no datos

Fuente: Bowder, 1989; Altieri, 1995; Pretty, 1997.

## ALGUNAS EXPERIENCIAS LATINOAMERICANAS RELEVANTES PARA CHILE

### *Estabilizando las laderas de Centroamérica*

Quizás el desafío agrícola más importante en América Latina es diseñar sistemas de cultivos para las áreas de ladera, que sean productivos y reduzcan la erosión. Este desafío es relevante para el secano costero de Chile por lo que las experiencias Centroamericanas pueden ser útiles. Varias organizaciones se han dado a esta tarea con iniciativas que enfatizan el manejo del suelo, la utilización de recursos locales y los insumos producidos in-situ en la finca.

Desde mediados de los 80, la organización privada voluntaria Vecinos Mundiales ha patrocinado un programa de adiestramiento y desarrollo agrícola en Honduras para controlar la erosión y restaurar la fertilidad de los suelos degradados. Se han utilizado prácticas de conservación del suelo introducidas -tales como zanjales de contorno y drenaje, barreras de pasto y paredes de roca- y métodos orgánicos de fertilización a base de estiércol de pollo e intercultivo con legumbres. Los rendimientos se triplicaron o



cuadruplicaron desde 400 kilogramos por área a 1,200-1,600 kilogramos, dependiendo del agricultor. Esta producción de grano triplicada por hectárea ha asegurado que las 1,200 familias que participan en el programa tengan un abastecimiento amplio de grano para el siguiente año. Consecuentemente, COSECHA, una ONG local promovió metodologías de agricultor a agricultor enfatizando la conservación de suelos que ayudó a 300 agricultores a experimentar con terraplenes, cultivos de cobertura y otras técnicas nuevas. La mitad de estos agricultores ha triplicado ya sus rendimientos de frijol y maíz; 35 han ido más allá de la producción esperada y están sembrando zanahorias, lechuga y otros vegetales para vender en los mercados locales. Sesenta aldeanos locales son ahora extensionistas agrícolas y 50 aldeas han pedido entrenamiento después de conocer estos impactos. Los que no tienen tierras se han beneficiado con el aumento de los jornales de US\$ 2 a US\$3 por día en el área del proyecto. La emigración ha sido reemplazada por inmigración, ya que mucha gente se regresa desde las barriadas urbanas de Tegucigalpa para ocupar granjas y casas que ellos habían abandonado anteriormente, así ha aumentado la población de Guinope. La principal dificultad ha sido la venta de las nuevas cosechas rentables, ya que no existen las estructuras para el almacenaje de verduras y el transporte a áreas urbanas (Bunch, 1987).

En Cantarranas, la adopción de frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*), el cual puede fijar hasta 150 kg N/ha así como también produce 35 toneladas de materia orgánica al año, ha permitido a los agricultores triplicar sus rendimientos de maíz a 2,500 k/ha. Los requerimientos de labor para el desmalezado han disminuido en 75 por ciento y los herbicidas han sido eliminados completamente. El enfoque de utilizar extensionistas locales fue no solamente más eficiente y menos costoso que usar extensionistas profesionales, también ayudó a construir capacidad local y proveer experiencia de liderazgo a muchos agricultores (Bunch, 1990).

A lo largo de Centroamérica, CIDDICO y otras ONGs han promovido el uso de leguminosas para ser usados como abono verde, una fuente barata de fertilizante orgánico para incrementar la materia orgánica. Centenares de campesinos en la costa norte de Honduras están usando frijol terciopelo con resultados óptimos, incluyendo rendimientos de maíz de aproximadamente 3,000 kg/ha, más del doble del promedio nacional, control de erosión, la supresión de malezas y costos reducidos de preparación de tierra. Los frijoles terciopelo producen aproximadamente 30 t/ha de biomasa al año, o aproximadamente 90-100 kg de N/ha al año. Aprovechando redes de agricultores bien establecidas, tal como el Movimiento Campesino a Campesino en Nicaragua, la diseminación de esta tecnología simple ha ocurrido rápidamente. En apenas un año, más de 1,000 campesinos recuperaron tierras degradadas en la cuenca nicaragüense de San Juan (Holtz-Gimenez, 1996). Los análisis económicos de estos proyectos indican que los granjeros que adoptan los cultivos de cobertura han rebajado su utilización de fertilizantes químicos (de 1,900 kg/ha a 400 kg/ha) y han aumentado los rendimientos de 700 kg a 2,000 kg/ha, con costos de producción aproximadamente 22 por ciento menor que los agricultores que usan fertilizantes químicos y monocultivos (Buckles *et al.*, 1998).

Los científicos y las ONGs que promueven los sistemas de mulch basados en el sistema tradicional "tapado", usado en las laderas de América Central, también han obtenido rendimientos incrementados de maíz y frijol (aproximadamente 3,000 kg/ha) y una reducción considerable de los aportes de labor ya que los cultivos de cobertura sofocan a las hierbas agresivas, minimizando la necesidad del desyerbe. Otra ventaja es que el uso de leguminosas de cobertura resistentes a la sequía (tal como *Dolichos lablab*) proveen buen forraje para el ganado (Thurston *et al.*, 1994). Estos enfoques agroecológicos están siendo usados sobre un porcentaje relativamente pequeño de tierras, pero como sus beneficios están siendo reconocidos por otros agricultores, estos sistemas se están esparciendo rápidamente. Tales métodos tienen un fuerte potencial y ofrecen ventajas importantes para otras áreas de Centroamérica y también para el secano costero centro-sur de Chile siempre y cuando se cuente con abonos verdes tolerantes a déficit hídricos.

#### **INICIATIVAS AGROECOLÓGICAS EN EL BRASIL**

El servicio estatal de extensión e investigación, EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuaria y Difusao de Tecnologia de Santa Catarina), trabaja con agricultores en el estado sureño de Santa Catarina. El enfoque tecnológico se centra en la conservación de agua y suelo a nivel de micro-cuencas usando barreras de pasto en contorno y abonos verdes. Más de 60 especies de cultivos de cobertura han sido probadas por agricultores, incluyendo plantas leguminosas tal como frijol terciopelo, jackbean, lablab, caupí, vicia y crotalaria, además de avena y nabos. Para los agricultores esto no involucra costos mayores, a excepción de la compra de semilla. Éstas se intercalan o se siembran durante los períodos de barbecho y se usan en sistemas con maíz, cebollas, yuca, trigo, uvas, tomates, soya, tabaco y en huertos frutales (Pretty, 1995).

Los mayores impactos del proyecto se han manifestado en los rendimientos de cultivo, calidad del suelo y retención de humedad, y demanda de labor. Los rendimientos de maíz han subido desde 1987 de 3 a 5 t/ha y de soya de 2.8 a 4.7 t/ha. Los suelos han adquirido un color más oscuro, son más húmedos y son biológicamente más activos. La reducida necesidad de desyerbe y arado ha significado importantes ahorros de labor para los agricultores pequeños. Este trabajo ha puesto en evidencia la importancia de mantener la cubierta del suelo para prevenir la erosión en forma barata. EPAGRI ha alcanzado a más de 38,000 agricultores en 60 micro-cuencas desde 1991 (Guijt, 1998). EPAGRI ha ayudado a más de 11,000 granjeros ha desarrollar planes de diseño de fincas y los ha abastecido con 4,300 toneladas de semillas de abono verde.

En las sabanas del Cerrado donde la soya es el monocultivo dominante, los problemas asociados con el manejo erróneo del suelo se hacen cada vez más evidentes. El incremento de la materia orgánica a través de la conservación del suelo y la restauración de la fertilidad del suelo es de importancia clave para la estabilidad productiva del Cerrado. Por esta razón, varias ONGs e investigadores del estado han concentrado esfuerzos en el diseño de rotaciones y técnicas de cero labranza. La adopción de la rotación maíz y-soya ha incrementado rendimientos, disminuido la erosión del suelo y los problemas de plagas típicos que afectan al monocultivo de soya (Pretty, 1997).

Otra alternativa que se promueve ha sido el uso de abonos verdes como la *Crotalaria juncea* y *Stizolobium atterrimum*. Investigaciones revelan que los rendimientos de cultivos de granos que utilizan abonos verdes aumentan en un 45% más que los monocultivos durante estaciones lluviosas normales. A pesar de que la manera normal de sembrar los abonos verdes es después de la cosecha del cultivo principal, los abonos verdes se pueden intercalar con cultivos de ciclo largo. En el caso del intercultivo maíz-abono verde, los mejores resultados se obtienen cuando *S. atterrimum* se siembra 30 días después del maíz. El maíz también se puede intercalar con leguminosas perennes como *Zornia* sp. y *Stylosanthes* sp. creando así un sistema de doble propósito que produce pasto forrajero y alimento (Pretty, 1997).

#### SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUCCIÓN EN CUBA

En Cuba, la Asociación Cubana de Agricultura Orgánica (ACAO), una organización no gubernamental formada por científicos agricultores y extensionistas, ha jugado un papel pionero en promover módulos de producción alternativa (Rosset, 1977) especialmente mediante la promoción del uso integrado de una variedad de prácticas y tecnologías de manejo agrícola. El énfasis está en fincas diversificadas en las cuales cada componente del sistema del cultivo refuerza biológicamente a los otros componentes; de manera que los desperdicios de un componente llegan a ser aporte para otro. En 1995, ACAO ayudó a establecer tres sistemas integrados de producción llamados "faros agroecológicos" en cooperativas (CPA) en la provincia de La Habana. Después de los primeros seis meses, las tres CPAs habían incorporado innovaciones agroecológicas (ej. integración de árboles, rotación planificada de cultivos, policultivos, abonos verdes, etc.) las que con el tiempo, han conducido al aumento de producción y biodiversidad, y al mejoramiento de la calidad del suelo, especialmente el contenido de materia orgánica. Varios policultivos tales como yuca-frijol-maíz, maíz, yuca-tomate y camote-maíz se probaron en las CPAs. La evaluación de productividad de estos policultivos indican una productividad de 2.82, 2.17 y 1.45 veces mayor que monocultivos correspondientes, respectivamente (Tabla 8).

**Tabla 8. El desempeño de policultivos en dos cooperativas cubanas**

<b>Rendimiento (tn/ha) Policultivos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>LER</b>	<b>CPA</b>
Yuca-frijol-maíz	15.6	1.34	2.5	2.82	"28 de Septiembre"
Yuca-tomate-maíz	11.9	21.2	3.7	2.17	"Gilberto León"
Yuca-maíz	13.3	3.39	---	1.79	"Gilberto León"
Fríjol-maíz-col	0.77	3.6	2.0	1.77	"28 de Septiembre"
Camote-maíz	12.6	2.0	--	1.45	"Gilberto León"
Sorgo-calabaza	0.7	5.3	--	1.01	"28 de Septiembre"

Fuente: SANE 1998.

El uso de *Crotalaria juncea* y *Vigna unguiculata* como abono verde ha asegurado una producción de calabaza equivalente a aquella obtenible aplicando 175 kg/ha de urea. Además, tales leguminosas mejoran las características químicas y físicas del suelo y efectivamente rompen los ciclos de vida de insectos plaga tales como el gorgojo del camote (SANE, 1998). En el Instituto Cubano de Investigación de Pastos, varios módulos agroecológicos con proporciones diversas de la finca dedicadas a la agricultura y a la producción animal fueron establecidas. La verificación la producción y la eficiencia de un módulo de 75% pastura/25% cultivo, revela que la producción total aumenta con el tiempo y que los aportes de labor y energía disminuyen cuando la estructura biológica del sistema comienza a patrocinar la productividad del agroecosistema. La producción total de biomasa aumentó de 4.4 a 5.1 t/ha después de 3 años de manejo integrado. Los aportes de energía disminuyeron, resultando en la mejora de la eficiencia energética de (4.4 a 9.5) (Tabla 9). La demanda de mano de obra para el manejo también disminuyó con el tiempo de 13 horas de labor humano/día a 4-5 horas. Los tales modelos se han promocionado extensivamente en otras áreas mediante días de campo y visitas de agricultores (SANE, 1998).

**Tabla 9. Desempeño productivo y eficiencia de un módulo con 75% animal/25% cultivos en Cuba**

Parámetros productivos	1er. Año	3er. Año
Área (ha)	1	1
Producción total (t/ha)	4.4	5.1
Energía producida (Mca/ha)	3797	4885
Proteína producida (kg/ha)	168	171
Número de personas alimentadas por una ha.	4	4.8
Aportes (gastos de energía, Mcal)		
- Labor humana	569	359
- Trabajo animal	16.8	18.8
- Energía de tracción	277.3	138.6

Fuente: SANE 1998

#### LA EXPERIENCIA DEL CET (CENTRO DE EDUCACIÓN Y TECNOLOGÍA) EN CHILE

Desde 1980, CET, una ONG chilena se ha comprometido en un programa rural de desarrollo destinado a ayudar a los campesinos a alcanzar autosuficiencia alimentaria durante todo el año y a la vez reconstruir la capacidad productiva de sus pequeñas haciendas (Altieri, 1995). El enfoque ha consistido en establecer varias granjas modelo de 0.5 ha, las que incluyen una secuencia rotativa espacial y temporal de cultivos, forraje, verduras, árboles frutales y forestales, y animales. Los componentes se eligen según las contribuciones nutritivas de los cultivos o animales a las etapas rotativas subsiguientes, su adaptación a las condiciones agroclimáticas locales, hábitos locales de consumo y finalmente, oportunidades de mercado. La mayoría de las verduras crecen en camas elevadas sembradas densamente ubicadas en la sección del jardín. Cada una puede rendir

hasta 83 kg de verduras frescas por mes, un mejoramiento considerable a los 20-30 kg producido en jardines espontáneos que comúnmente existen alrededor de hogares. El resto del área de 200 metros cuadrados que circunda la casa se usa para huerto y para animales (una vaca, gallinas, conejos y abejas).

Las verduras, cereales, leguminosas y las plantas forrajeras se producen en un sistema rotativo de seis años dentro de un área de media hectárea adyacente al jardín. La producción relativamente constante se logra (aproximadamente seis toneladas al año de biomasa útil de 13 especies diferentes de cultivos) dividiendo la tierra en 6 pequeñas parcelas de casi igual capacidad productiva (Figura 9). La rotación se diseña para producir la máxima variedad de cultivos básicos en seis lotes, aprovechando las propiedades de restauración del suelo y aspectos de control biológico de la rotación. A través de los años, la fertilidad del suelo en la granja original de demostración ha mejorado y ningún problema serio de enfermedad o plaga ha aparecido. Los árboles frutales en el huerto y cercos vivos, así como también los cultivos forrajeros son altamente productivos. La producción de huevo y leche excede ampliamente a aquellas de granjas convencionales. Un análisis nutritivo del sistema basado en sus componentes claves demuestra que para una familia típica se produce un superávit de 250% de proteína, superávit de 80 y 550% vitamina A y C, respectivamente, y un superávit de 330% de calcio. Un análisis económico familiar indica que el balance entre vender el superávit y comprar artículos preferidos provee un ingreso neto de aproximadamente US\$ 790. Si todo el rendimiento de la granja se vendiese a precio de mayorista, la familia podría generar un ingreso neto mensual de 1.5 veces mayor que el jornal mínimo legal mensual en Chile, dedicando relativamente sólo unas pocas horas por semana a la granja. El tiempo sobrante es usado por la familia para otras actividades que generan ingreso dentro o fuera de la granja.

CET también ha desarrollado interesantes aportes hacia la recuperación ambiental en los ecosistemas frágiles del secano pobladas por campesinos y mapuches. Por ejemplo en el Programa de recuperación Ambiental de Malleco (PRODECAM, 1997), a partir de sus experiencias en sus centrales de Yumbel y Temuco, el CET colaboro en el diseño de una estrategia de recuperación ambiental y de manejo de los recursos naturales a nivel de microcuencas enfatizando conservación de suelo, cosecha de agua y rotaciones (Figura 10). Los resultados de la adopción de estos esquemas agroecológicos por cientos de agricultores se tradujo en varios beneficios típicos de una agricultura multifuncional:

- Reducción considerable de la erosión
- Incremento de la materia orgánica de los suelos
- Aumento de la agrobiodiversidad (de 11 especies cultivadas a 36)
- Incremento de los ingresos y de la capitalización campesina

Utilizando un modelo de programación lineal, se encontró que la erosión fue menor en sistemas campesinos utilizando medidas de conservación que aquellas utilizando monocultivos (Figura 11), lo que resultó en decrementos significativamente menores de la productividad por erosión en sistemas agroecológicos (Altieri *et al.*, 1994).

En la isla de Chiloe el CET ha jugado un papel fundamental de la recuperación y conservación in situ del germoplasma criollo de papas. Como se sabe el Archipiélago de Chiloé, es considerado uno de los centros originarios de la papa *Solanum tuberosum* L. Las expediciones de recolección realizadas por varios investigadores durante años, determinaron una gran diversidad de variedades nativas de papas. En 1975, los botánicos chilenos recolectaron 146 muestras diferentes de variedades nativas, prevaleciendo las llamadas *michunes coloradas* y *moradas*, y las *clavelas*. Estas variedades nativas están sumamente adaptadas a las condiciones marginales ecológicas encontradas en la región y tienen una importancia clave para la subsistencia productiva.

Desde principios de los años cuarenta, el gobierno Chileno realizó diversas introducciones de variedades europeas y norteamericanas (algunas de las cuales habían sido cultivadas a partir del material chilote). En zonas cercanas a centros urbanos y comerciales (especialmente en la isla grande) los agricultores han abandonado la mayoría de las variedades nativas y han adoptado estas nuevas variedades introducidas, como por ejemplo: "Desiree", "Industrie", "Condor", "Ginecke", etc. que actualmente tienen una mayor demanda comercial.

La introducción de nuevas variedades no sólo contribuyó a la extinción de variedades nativas, sino que también a las enfermedades que venían junto con nuevas variedades. Alrededor de 1950, *Phytophthora infestans* devastó la mayoría de los campos de papas, afectando principalmente a las variedades nativas que nunca habían sido expuestas al exótico agente patógeno y, como consecuencia, no poseían la necesaria tolerancia genética.

En un esfuerzo por retardar la erosión genética y recuperar algo del germoplasma de la papa nativa, el CET inició un programa de conservación in-situ en su centro de capacitación para campesinos en Notuco, cerca de Chonchi y en varias comunidades vecinas. En 1988, los técnicos del CET inspeccionaron varias zonas agrícolas de Chiloé y recolectaron cientos de muestras de papas nativas que aún eran cultivadas por algunos pequeños agricultores a lo largo de la Isla Grande. En 1989, el CET estableció una colección "viva" (banco de semillas) de 96 variedades de papas nativas en su centro de Notuco, cada una sembrada en hileras de 5-10 plantas en una zona de terreno de 1/2 hectárea. Estas variedades se cultivan año tras año y están sujetas a la selección y a un mejoramiento de la semilla.

En 1990, los técnicos del CET iniciaron un programa de conservación in-situ que incluía a 21 agricultores en cinco comunidades rurales diferentes (Dicham, Petanes, Huitauque, Notue y Huicha). A cada agricultor se le dió una muestra de cinco variedades nativas diferentes, que ellos se comprometen a sembrar dentro de sus campos de papas. Luego de la cosecha, los agricultores devuelven parte de la producción de semillas al CET (para el banco de semillas), intercambian semillas con otros agricultores o siembran las semillas nuevamente para la producción adicional de material genético. La Figura 12 describe la dinámica de conservación e intercambio de las 96 variedades mantenidas en el banco de semillas del CET y cultivadas por los 21 agricultores que colaboraron.

Con el tiempo más agricultores participan en el proyecto y junto con el CET varios se han dedicado a seleccionar variedades, basándose en las propiedades deseables y en las necesidades de los agricultores. Las variedades seleccionadas se difundirán y distribuirán entre los agricultores participantes. El exceso de semillas podría también venderse a otros agricultores o intercambiarse por semillas de variedades tradicionales que aún no están disponibles en el banco del CET. Esta estrategia está permitiendo un suministro continuo de semillas valiosas para la subsistencia de agricultores pobres en recursos, pero también sirve como un depósito de diversidad genética vital para futuros programas de mejoramiento de papas regionales.

## CONCLUSIONES

La mayoría de la investigación conducida sobre agricultura tradicional y campesina en América Latina sugiere que los sistemas de pequeña escala son sustentablemente productivos, biológicamente regenerativos y eficientes energéticamente, y también tienden al mejoramiento de la equidad, participación y a ser socialmente justos (Toledo, 1995). Además de la diversidad de cultivos, los campesinos usan un conjunto de prácticas que ocasionan mínima degradación de suelos. Estas incluyen el uso de terrazas y callejones de arbustos en contorno, labranza mínima, y ciclos largos de barbecho. Concentrándose en rotaciones cortas y pocas variedades, la modernización agrícola, en las mismas áreas, ha ocasionado perturbación ambiental y erosión de la diversidad genética.

Al adoptar una estrategia de uso múltiple, los pequeños agricultores manejan un continuo de sistemas naturales y agrícolas obteniendo una variedad de productos así como también servicios ecológicos creando así una verdadera agricultura multifuncional. Es esta dimensión multifuncional que auspicia además de la predicción agrícola, beneficios ambientales, económicos y socioculturales, que resalta el papel que puede tener la pequeña agricultura como punta de lanza en una estrategia de desarrollo rural sustentable en el Chile y América Latina del Siglo XXI. Si se potenciaron estos beneficios, la agricultura campesina podría generar además de suministrar alimentos, o materias primas, beneficios económicos y ambientales relacionados con el agroecoturismo, la conservación e incremento de agrobiodiversidad, la mitigación de cambio climático, el mejoramiento de la calidad ambiental por menor uso de agroquímicos, la conservación de suelo y agua y la provisión de hábitat para la vida silvestre.

Los sistemas de cultivos diversificados, tales como aquellos usados por los campesinos, basados en policultivos y agroforestación han sido el objetivo de mucha investigación recientemente. Este interés se basa en la nueva evidencia que indica que estos sistemas son más sustentables y más conservadores de recursos (Vandermeer, 1995). Estos atributos están conectados a los niveles más altos de diversidad biológica funcional asociados con los sistemas complejos de cultivos. De hecho, una cantidad creciente de información en la literatura, documentan los efectos que tiene la diversidad biológica de plantas sobre la estabilización de procesos del agroecosistema.

En un experimento bien replicado recientemente conducido, donde la diversidad de especies fue controlada directamente en sistemas de praderas, se encontró que la productividad de los ecosistemas aumentó y que los nutrientes del suelo se utilizaron más completamente cuando había una mayor diversidad de especies, conduciendo a menores pérdidas por lixiviación en el ecosistema (Tilman *et al.*, 1996). En los agroecosistemas este mismo efecto se observa con insectos; la regulación de poblaciones de herbívoros se incrementa con el enriquecimiento de especies de plantas. La evidencia sugiere que cuando se aumenta la diversidad de plantas, el daño de plagas alcanza niveles aceptables, resultando así en rendimientos más estables de cultivos. Aparentemente, mientras más diverso el agroecosistema y mientras más tiempo esta diversidad permanece inalterada, más nexos internos se desarrollan para promover mayor estabilidad en las comunidades de insectos. Un aspecto que está claro es que la composición de especies es más importante que el número de especies en sí mismo. El desafío es identificar los ensamblajes correctos de especies que proveerán mediante sus sinergismos biológicos servicios ecológicos claves tales como el reciclado de nutrientes, control biológico de plagas y conservación de suelo y agua (Altieri, 1994).

Mientras se podría argumentar que la agricultura campesina generalmente carece de la potencialidad de producir un superávit comercial significativo, ésta sin embargo "asegura la seguridad" alimentaria. Muchos científicos erróneamente creen que los sistemas tradicionales no producen más porque la mano de obra y la tracción animal ponen un techo a la productividad. La productividad puede ser baja pero las causas parecen ser más sociales que técnicas. Cuando el agricultor de subsistencia logra proveer el alimento, no hay presión para innovar o para mejorar rendimientos. No obstante, las ONGs que conducen proyectos agroecológicos muestran que los sistemas tradicionales pueden adaptarse para aumentar la productividad mediante la reestructuración biológica de la finca y el uso eficiente de la mano de obra y de los recursos locales (Tabla 11; Altieri, 1995). De hecho, muchas tecnologías agroecológicas promocionadas por las ONGs pueden mejorar los rendimientos agrícolas tradicionales aumentando la productividad por área de tierra marginal, mejorando también la agrobiodiversidad en general y sus efectos positivos asociados con la seguridad alimentaria y la integridad ambiental.

No se trata aquí de una cuestión de romanticismo con la agricultura de subsistencia o considerar el desarrollo por sí mismo como perjudicial. La idea es destacar el valor de la agricultura tradicional en la conservación de la agrobiodiversidad ya que este modo de apropiación de la naturaleza mejora la multifuncionalidad de la agricultura (Toledo, 1995). Basar una estrategia de desarrollo rural en la agricultura campesina y/o tradicional y el conocimiento etnobotánico, combinado con elementos de la agroecología moderna, no sólo asegura el mantenimiento y uso continuo de la agrobiodiversidad valiosa, sino que también permite la diversificación de áreas agrícolas que aseguran una variedad de servicios ecológicos vitales para la seguridad alimentaria, la conservación del recurso natural, una mejor viabilidad económica, mejoramiento del microclima, conservación cultural y realce de la comunidad. El desafío es promover políticas correctas y asociaciones institucionales que puedan difundir la agricultura basada ecológicamente para que sus impactos multifuncionales sean rápidamente diseminados a través de los paisajes rurales de Chile y el resto de América Latina.



## PREGUNTAS PARA LA DISCUSION

1. Aunque existen cientos de sistemas tradicionales en América Latina y en otras partes del mundo, y cada uno ha emergido en diferentes épocas históricas y están localizados en diversas zonas manejados por diferentes grupos étnicos, que características ( ecológicas, sociales, culturales, de manejo, etc) les son comunes a todos estos sistemas? En otras palabras que tienen en común las terrazas (andenes) y los waru-warus de los Andes, con las chinampas de México y los sistemas agroforestales del trópico húmedo bajo?
2. Desde un punto de vista agroecológico, que nos enseñan los agricultores tradicionales para mejorar el diseño y manejo de los sistemas agrícolas modernos?
3. Muchos hablamos de la importancia del conocimiento tradicional, pero como lo integramos con el conocimiento que nosotros manejamos? Existe la posibilidad de un dialogo de saberes de manera que el conocimiento de los agricultores y el de los profesionales se enriquezcan mutuamente? Puede citar algún ejemplo concreto?

Por favor analice las comunales de los sistemas tradicionales, aquí se incluyen algunas fotos de sistemas milenarios para que los visualice y pueda compararlos y buscar semejanzas en diseño, estructura, procesos y función:



Sistema de chinampas en México



Waru warus en Puno



Andenes en los Andes Peruanos



Sistema agroforestal en el trópico húmedo

## CAPITULO 5

### **BASES AGROECOLOGICAS PARA EL MANEJO DE LA BIODIVERSIDAD EN AGROECOSISTEMAS: EFECTOS SOBRE PLAGAS Y ENFERMEDADES**

Son pocas las situaciones en la naturaleza en la cual sean más evidentes las consecuencias de la reducción de la biodiversidad que en el área del control de plagas y enfermedades agrícolas. La inestabilidad de los agroecosistemas se pone de manifiesto a través del empeoramiento de los problemas de patógenos e insectos plaga, ligados a la expansión de monocultivos a expensas de la vegetación natural, disminuyendo la diversidad del hábitat local (Altieri y Letourneau, 1982; Flint y Roberts, 1988). Los ecosistemas que se simplifican y modifican para satisfacer las necesidades alimenticias de humanos, quedan inevitablemente sujetas a daños por plagas y generalmente, mientras más intensamente se modifican tales ecosistemas más abundantes y serios son los problemas de plagas. En la literatura agrícola, están bien documentados los efectos que tiene la reducción de la diversidad de plantas en las erupciones de plagas de herbívoros y patógenos (Andow, 1991; Altieri, 1994). Tales reducciones drásticas en la biodiversidad de plantas y los efectos epidémicos resultantes pueden afectar adversamente el funcionamiento de los agroecosistemas con consecuencias graves sobre la productividad y sustentabilidad agrícola.

En agroecosistemas modernos, la evidencia experimental sugiere que la biodiversidad puede restaurarse de manera que preste una serie de servicios ecológicos, entre ellos la regulación de la abundancia de organismos indeseables mediante la acción de predadores, parasitoides y antagonistas (Altieri y Letourneau, 1984; Andow, 1991). Varios estudios han demostrado que es posible estabilizar las comunidades de insectos en agroecosistemas diseñando arquitecturas vegetacionales que incrementan las poblaciones de enemigos naturales o que tienen un efecto deterrente directo sobre insectos herbívoros (Perrin, 1980; Risch *et al.*, 1983). En el caso de enfermedades, la diversificación genética de cultivos y el incremento de antagonistas mediante el manejo orgánico del suelo, son estrategias claves para reducir la incidencia de patógenos. Este capítulo analiza las varias opciones de diseño de agroecosistemas, que basados en la teoría agroecológica actual,

conlleven el uso óptimo de la biodiversidad funcional para el control biológico de plagas y enfermedades en campos de cultivo.

Como se discutirá, es clave identificar el tipo de biodiversidad que es deseable de mantener o incrementar de manera que se puedan llevar a cabo las funciones (o servicios) ecológicos requeridos, así como determinar cuales son las mejores prácticas de manejo para incrementar la biodiversidad deseada. Como se observa en la Figura 1, existen muchas prácticas agrícolas que tienen el potencial de incrementar la biodiversidad funcional, y otras de inhibirla o reducirla. Lo importante es utilizar las prácticas que incrementen la biodiversidad y que éstas a su vez tenga la capacidad de subsidiar la sostenibilidad del agroecosistema al proveer servicios ecológicos como el control biológico, el reciclaje de nutrientes, la conservación de suelo y agua, etc.

#### **BIODIVERSIDAD VEGETAL Y ESTABILIDAD DE POBLACIONES DE INSECTOS EN AGROECOSISTEMAS**

Desde 1970 la literatura provee cientos de ejemplos de experimentos donde se documenta que la diversificación de cultivos conlleva a la reducción de poblaciones de herbívoros plaga (Andow 1991, Altieri, 1994). La mayoría de los experimentos donde se mezcla el cultivo principal con otras plantas no hospederas demuestra que hay menores poblaciones de herbívoros especializados en los policultivos que en los monocultivos (Root, 1973, Cormartie, 1981, Risch *et al.*, 1983). En monocultivos los herbívoros exhiben una mayor colonización, mayor reproducción, mayor tiempo de permanencia en el cultivo, menor dispersión en encontrar el cultivo y menor mortalidad debida a enemigos naturales.

Hay dos hipótesis que explican la menor abundancia de herbívoros en policultivos: la de la concentración de recursos y la de los enemigos naturales. Ambas sugieren mecanismos claves de regulación en policultivos (Root, 1973). Las hipótesis explican que pueden haber diferentes mecanismos reguladores actuando en agroecosistemas y dan pautas sobre los tipos de ensamblajes vegetacionales que poseen efectos reguladores y los que no, y bajo que circunstancias agroecológicas y que tipo de manejo. De acuerdo a estas hipótesis, una menor densidad de herbívoros en policultivos puede ser el resultado de una mayor depredación y parasitismo, o alternativamente el resultado de una menor colonización y reproducción de plagas ya sea por repelencia química, camuflaje o inhibición de alimentación por parte de plantas no-hospederas, prevención de inmigración u otros factores (Andow, 1991).

La evidencia demuestra que en la medida que se incrementa la diversidad vegetal, la reducción de plagas alcanza un nivel óptimo resultando en rendimientos más estables. Aparentemente, mientras más diverso es el agroecosistema y mientras menos disturbada es la diversidad, los nexos tróficos aumentan promoviendo la estabilidad de la población de insectos. Sin embargo, es claro que esta estabilidad no sólo depende de la diversidad trófica sino más bien de la respuesta dependiente de la densidad que tengan los niveles tróficos más altos; por ejemplo los predadores se reproducen mas o se alimentan mas en la medida que los herbívoros aumentan su población (Southwood y Way, 1970). En otras palabras, la estabilidad depende de la precisión de la respuesta de cada nivel trófico al incremento poblacional en un nivel inferior. Por lo tanto, en el manejo agroecológico de plagas lo que intenta es adicionar diversidad selectiva de plantas y entomofauna asociada clave para alcanzar regulación biótica y no adicionar una colección de especies al azar. (Dempster y Coaker, 1974).

Desde un punto de vista práctico, es más fácil diseñar estrategias de manejo de insectos en agroecosistemas diversificados utilizando la hipótesis de los enemigos naturales que la de la concentración de recursos. Esto se debe a que aún no se pueden identificar bien las situaciones ecológicas o los rasgos en el sistema de vida, que hacen a ciertas plagas más o menos sensitivas (ej. como afecta el patrón de cultivo el movimiento de la plaga) a la forma como se organizan los cultivos en el tiempo y en el espacio (Kareiva, 1986). Los monocultivos son ambientes difíciles para inducir una operación eficiente de enemigos naturales debido a que éstos carecen de recursos adecuados (polen, néctar, insectos neutrales, etc) para el desempeño óptimo de depredadores y parásitos, y porque en general se usan prácticas e insumos químicos que afectan negativamente al control biológico. Los policultivos sin embargo poseen condiciones intrínsecas (ej. diversidad de alimentos y refugios, y generalmente no son asperjados con plaguicidas) que favorecen a los enemigos naturales. En estos sistemas la elección de plantas a asociarse, incluyendo plantas en floración, o plantas que mantienen poblaciones bajas de insectos neutrales o plantas que proveen refugio, puede ejercer cambios claves en la diversidad del hábitat lo que a su vez conlleva a un mejoramiento de la abundancia y efectividad de enemigos naturales (Vandermeer, 1989).

#### LOS EFECTOS DE LA DIVERSIDAD DENTRO DEL CAMPO CULTIVADO

La diversificación de agroecosistemas generalmente resulta en el incremento de oportunidades ambientales para los enemigos naturales, y consecuentemente, en el mejoramiento del control biológico de plagas. La amplia variedad de diseños vegetacionales disponibles en forma de policultivos, sistemas diversificados de cultivos-malezas, cultivos de cobertura y mulches vivos, y su efecto sobre la población de plagas y enemigos naturales asociados han sido extensivamente revisados (Altieri, 1994 y referencias ahí incluidas).

Está bien documentado que en agroecosistemas diversificados hay un incremento en la abundancia de artrópodos depredadores y parasitoides ocasionado por la expansión en la disponibilidad de presas alternativas, fuentes de polen, néctar y micro-hábitats apropiados (Altieri, 1994). En la Tabla 1 se presentan varios ejemplos de reducción de poblaciones de plagas observadas en policultivos compuestos por plantas anuales.

En los huertos de frutales, el incremento de la diversidad de plantas dentro del campo facilita el establecimiento de una fauna benéfica en forma más permanente. Una serie de investigaciones realizadas en la ex-Unión Soviética, Canadá, Europa y USA indican que el uso de vegetación natural o cultivos de cobertura que proveen recursos alimenticios o hábitat incrementando abundancia y efectividad de insectos entomófagos, exhiben una incidencia significativamente menor de insectos plagas que huertos cultivados sin cobertura vegetal. Por ejemplo experimentos de campo en el norte del Cáucaso, demostraron que la siembra de *Phacelia spp.* en los huertos incremento el parasitismo de *Quadraspidiotus perniciosus* por su parasitoide *Aphytis proclia* (Hymenoptera: Aphidiidae). Tres siembras sucesivas de flores de *Phacelia* en estos campos, incrementó el parasitismo en alrededor de un 70%. Estas mismas plantas han mostrado además, incrementar la abundancia de la avispa *Aphelinus mali* (Hymenoptera: Aphelinidae) para el control de los áfidos de la manzana, y estimular marcadamente la actividad del parásito *Trichogramma spp.* en el mismo cultivo (van den Bosch y Telford, 1964).

Tabla 1. Ejemplos de sistemas de cultivo múltiples que previenen la explosión de plagas mediante el incremento de enemigos naturales

Sistema Múltiple de Cultivos	Plaga Regulada	Factores Involucrados
Cultivos de Brassica y frijol	<i>Brevicoryne brassicae</i> y <i>Delia brassicae</i>	Alta predación e interrupción del comportamiento de oviposición
Bruselas intercaladas con habas y/o mostazas	<i>Phyllotreta cruciferae</i> y áfidos de la col <i>Brevicoryne brassicae</i>	Reducción de la apariencia de la planta, actúa como cultivo trampa, incrementando el control biológico
Coles intercaladas con trébol rojo	<i>Erioischia brassicae</i> , <i>Pieris rapae</i>	Interferencia con colonización e incremento de carabidos en el suelo
Yuca intercalada con caupí	Moscas blancas, <i>Aleurotrachelus socialis</i> y <i>Trialeurodes variabilis</i>	Cambios en el vigor de la planta e incremento en la abundancia de enemigos naturales
Maíz intercalado con habas y calabaza	Pulgones, <i>Tetranychus urticae</i> y <i>Macrodactylus</i> sp.	Incremento en la abundancia de predadores.
Maíz intercalado con batata	<i>Diabrotica</i> spp. y cicadelidos <i>Agallia lingula</i>	Incremento en el parasitismo
Algodón intercalado con caupí forrajero	Picudo <i>Anthonomus grandis</i>	Incremento en la población del parásito <i>Eurytoma</i> sp.
Policultivo de algodón con sorgo o maíz	Gusano de maíz <i>Heliothis zea</i>	Incremento en la abundancia de predadores
Franjas de cultivo de algodón y alfalfa	Chinches <i>Lygus hesperus</i> y <i>L. elisus</i>	Prevención de la emigración y sincronización entre las plagas y los enemigos naturales.
Duraznos intercalados con fresas	Enrollador de la hoja de la fresa <i>Ancyliis comptana</i> y polilla <i>Grapholita molesta</i>	Incremento de población de parásitos ( <i>Macrocentrus ancylivora</i> , <i>Microbracon gelechise</i> y <i>lixophaga variabilis</i> ).
Maní intercalado con maíz	Berreñador del maíz <i>Ostrinia furnacalis</i>	Abundancia de arañas ( <i>Lycosa</i> sp.)
Sésamo intercalado con algodón	<i>Heliothis</i> spp.	Incremento en la abundancia de insectos benéficos y cultivos trampa.

Fuente: Altieri, 1994

En California, muchos agricultores utilizan mezclas de *Vicia atropurpurea* y cebada en sus viñedos, pero los incorporan o siegan al fin de la primavera, tornando así a las vides en virtuales monocultivos durante la mayor parte de la estación. La siembra de cultivos de cobertura en verano (trigo serraceno *Fagopyrum* spp. y girasol) probó ser una buena solución para incrementar la abundancia del parásito *Anagrus* sp. y el depredador *Orius* sp. resultando en una efectiva reducción de las poblaciones del cicadelido de la uva *Erythroneura elegantula* (Homoptera:Cicadellidae) y thrips en la estación de crecimiento (Nicholls et al., 2001).

#### PROMOVIENDO DIVERSIDAD ALREDEDOR DE LOS CAMPOS

La manipulación de la presencia y composición de la vegetación natural adyacente a los campos de cultivo se puede utilizar para promover el control biológico, ya que la supervivencia y actividad de muchos enemigos naturales frecuentemente depende de los recursos ofrecidos por la vegetación contigua al campo. Los cercos vivos, linderos, bordes y otros aspectos del paisaje han recibido gran atención en Europa debido a sus efectos en la distribución y abundancia de artrópodos en las áreas adyacentes a los cultivos (Fry, 1995). En general se reconoce la importancia de la vegetación natural alrededor de los campos de cultivo como reservorio de predadores y parasitoides (Van

Emden, 1965). Estos hábitat pueden ser importantes como sitios alternos para la hibernación de algunos enemigos naturales, o como áreas con recursos alimenticios tales como polen o néctar para parásitos y depredadores. Muchos estudios han documentado el movimiento de enemigos naturales desde márgenes hacia dentro de los cultivos, demostrando un mayor nivel de control biológico en hileras de cultivo adyacentes a márgenes de vegetación natural que en hileras en el centro del cultivo (Altieri, 1994). Estudios sobre especies de parasitoides de las familias *Tachinidae* e *Ichneumonidae* que atacan a las plagas de repollo *Barathra brassicae* y *Plutella xylostella* fueron conducidos cerca de Moscú y los datos muestran que la eficiencia del parasitismo fue substancialmente mayor en hileras de repollo cercanas a márgenes con plantas en floración de la familia Umbelíferae que en hileras más centrales del campo (Huffaker y Messenger, 1976).

En California, se ha observado que el parásito de huevos *Anagrus epos* (Hymenoptera: Mymaridae) es efectivo en el control de *E. elegantula* en viñedos adyacentes a moras silvestres (*Rubus* sp.), puesto que éstas albergan otro cicadelido *Dikrella cruentata* que no es considerado plaga, pero que sus huevos sirven en el invierno como el único recurso alimenticio para el parásito *Anagrus*. En la primavera *Anagrus* coloniza los viñedos desde las moras, ejerciendo un control temprano sobre *E. elegantula* (Doutt *et al.*, 1973). Estudios recientes han mostrado además, que los árboles de ciruelos plantados alrededor de los viñedos pueden incrementar la población de *Anagrus epos* y promover el parasitismo temprano en la estación (Flint y Roberts, 1988). El mismo efecto se observa en viñedos rodeados por bosques ribereños pero el problema es que *Anagrus* solo coloniza los primeros 10 metros del viñedo (las hileras cercanas a los ciruelos o el bosque) dejando desprotegido el resto del sistema. El diseño de un corredor compuesto por 66 especies diferentes de plantas en floración, que conecta con el bosque y penetra hacia el centro del viñedo, permitió la circulación del parásito *Anagrus* y una serie de especies de depredadores desde el bosque al viñedo. El corredor sirvió como una verdadera carretera biológica que amplificó el efecto protector del bosque al fomentar la colonización del resto del viñedo por enemigos naturales antes limitados en su distribución a los bordes del viñedo (Nicholls *et al.*, 2001).

En huertos de manzanas en Noruega, la densidad de la plaga más importante, *Argyresthia conjugella* (Lepidoptera: Argyresthiidae) depende de la cantidad de alimento silvestre disponible, por ejemplo, el número de grosellas que crecen anualmente en el arbusto silvestre *Sorbus acuparia*. Debido a que una larva se desarrolla dentro de una grosella, el número de *Argyresthia* no puede ser mayor que el número total de grosellas. Así en los años en los que *Sorbus* no produce grosellas, ninguna larva de la plaga *Argyresthia* se desarrolla y por consiguiente el parásito *Microgaster politus* (Hymenoptera: Braconidae) no se presenta en el área. Entomólogos han sugerido plantar *Sorbus*, para producir cada año una cosecha abundante y regular de frutas, lo cual permitiría a *Argyresthia* encontrar suficiente alimento para mantener su población a un nivel razonablemente elevado. Bajo estas condiciones el parásito *Microgaster* y otros enemigos naturales podrán también mantenerse y reproducirse suficientemente cada año, y mantener así a la población de *Argyresthia* por debajo del nivel en el cual la plaga está forzada a emigrar, evitando de esta manera la infestación de las manzanas (Edland, 1995).

## MONOCULTIVOS Y ENFERMEDADES DE PLANTAS

Recientemente, los fitopatólogos han reconocido el hecho de que las enfermedades epidémicas son más frecuentes en los cultivos que en la vegetación natural. Las condiciones que favorecen a un agente patógeno para que se transforme en una epidemia, están ligadas a la expansión de cultivos genética y horticulturalmente homogéneos, tendencia común en la agricultura moderna (Zadoks y Schein, 1979).

La intensificación de la agricultura incluye prácticas variadas que favorecen las enfermedades de plantas:

1. Ampliación del tamaño de los campos
2. Homogenización genética de variedades
3. Aumento en la densidad de los cultivos huéspedes.
4. Aumento del monocultivo y eliminación de rotaciones
5. Uso de fertilización, regadío y otras modificaciones ambientales del cultivo, en especial disminución en el uso de enmiendas orgánicas en el suelo .

Existe una relación directa entre la intensidad de un cultivo y el riesgo de una enfermedad. Está claro que los sistemas extensivos de cereales y papas en Asia, Argentina o en Europa Oriental tienen menores riesgos de enfermedad que los sistemas intensivos de los EE.UU. o Europa Occidental (Zadoks y Schein, 1974). Las razones de esto se explican en la Tabla 2 donde es claro deducir que los monocultivos intensivos se caracterizan por condiciones que favorecen el desarrollo de enfermedades.

Por décadas los fitopatólogos han ideado estrategias de control de enfermedades dirigidas a:

1. Eliminar o reducir la cantidad de inóculo inicial o retardar su aparición a comienzos de la temporada
2. Disminuir o retardar la tasas de desarrollo de la enfermedad y
3. Acortar el tiempo de exposición del cultivo al agente patógeno

Las estrategias han sido variadas desde la rotación de cultivos, hasta el uso de variedades resistentes, la eliminación de hospederos alternativos, la solarización, la fertilización para acelerar el crecimiento del cultivo, etc. En agroecología sin embargo, las estrategias van dirigidas especialmente a modificar la inmunidad del agroecosistema mediante la diversificación genética o interespecífica de cultivos y el incremento de antagonistas para el control biológico de patógenos.

**Tabla 2. Algunas características del hábitat del cultivo que influyen en el desarrollo de enfermedades**

	Desarrollo de la enfermedad	
	<i>Se facilita</i>	<i>Se limita</i>
Susceptibilidad del huésped	Alta	Baja
Longevidad del huésped	Prolongada	Corta
Tamaño del campo	Grande	Pequeño
Siembras vulnerables	Contiguas de fenología simultánea	Dispersas de fenología escalonada
Rotación de cultivos	Monocultivos	Secuencia de cultivos no emparentados
Diversidad varietal	Homogénea	Heterogénea
Diversidad de cultivos	Baja	Media-Alta
Resistencia genética del cultivo	Vertical	Horizontal
Calidad del suelo	Pobre en materia orgánica y actividad biológica	Alto en materia orgánica y actividad biológica
Espaciamiento de cultivos	Densos	Más espaciados
Fuentes de infección	Muchas, locales	Pocas, distantes
Temporada de crecimiento	Prolongada, traslape entre especies susceptibles	Corta sin traslape

Fuente: Thresh (1981).

#### **DIVERSIFICACIÓN GENÉTICA**

La diversidad genética ofrece un gran potencial para el control de los agentes patógenos. La diversidad genética se puede lograr en los campos, sembrando multilíneas o una combinación de tres o cuatro diferentes variedades, cada uno con diferentes genes de variada resistencia; o utilizando cultivares que tengan diversos genes que otorguen resistencia horizontal a varias razas de patógenos (Wolfe, 1985).

Existe mucha experiencia con monocultivos genéticamente heterogéneos de cereales, en especial avena, cebada y trigo cultivados en miles de hectáreas sin registrar pérdidas producidas por especies de roya (*Puccinia* spp.) del campo. Aparentemente, la sustitución de lo que serían plantas susceptibles en un monocultivo por una proporción de plantas resistentes, reduce la cantidad de tejido susceptible. Además, el movimiento de inóculo desde una planta susceptible a otra se ve obstaculizado por la presencia de plantas con genes resistentes.

En un reciente experimento de larga escala (3 mil hectáreas) en 15 comunidades en la provincia de Yunnan, China, se probaron 4 mezclas de variedades de arroz que redujeron substancialmente (94%) la severidad del hongo *Magnaporthe grisea*. Al cabo de 2 años el impacto fue tan aparente que no se necesitaron más aplicaciones de fungicidas y los rendimientos de arroz en las mezclas fue 89% mayor que en monocultivos (Zhu et al., 2000).



Pyndji y Trutmann (1992) han sugerido complementar las combinaciones que usan actualmente los agricultores con variedades resistentes, con el fin de reducir aún más la gravedad de enfermedades determinadas. En África, este método condujo a una reducción importante de la mancha de la hoja angular en cereales y también evitó el reemplazo indiscriminado de las variedades tradicionales por nuevas variedades.

La resistencia genética vertical y horizontal también es un importante mecanismo que contribuye a la disminución de enfermedades en cultivos. La *resistencia vertical* es una resistencia que es efectiva contra algunos genotipos de una especie patógena, pero no a otras. Se le ha dado mucho énfasis al uso de la resistencia vertical para el control de enfermedades, debido a que dicha resistencia simplemente se hereda monogenéticamente, se identifica fácilmente, y, por lo general proporciona altos niveles de resistencia o incluso inmunidad contra genotipos frecuentes de un agente patógeno. Para algunas enfermedades, sin embargo, el uso generalizado de la resistencia vertical puede seleccionar rápidamente genotipos virulentos de la población patógena y tornar inefectiva la resistencia genética (Browning y Frey, 1969). Debido a esto, se ha prestado gran atención a un tipo de resistencia supuestamente diferente que se la ha denominado resistencia horizontal. La *resistencia horizontal* no es específica a ninguna cepa y generalmente provee una resistencia incompleta (es decir, que no suprime por completo la reproducción de los agentes patógenos) y generalmente se hereda cuantitativamente. Se considera que en general la resistencia horizontal es más estable que la vertical.

## MANEJO DEL CULTIVO

Elegir el método y período apropiados de siembra proporcionan un medio efectivo para escapar de los agentes patógenos. Sembrar ya sea más temprana o tardíamente puede permitir al cultivo pasar a través de una etapa vulnerable antes o después de que el agente patógeno produzca inóculo. Por ejemplo, en Inglaterra, las papas tempranas rara vez son atacadas por *Phytophthora infestans*, dado que éstas se cosechan antes de la máxima reproducción del agente patógeno. Las variaciones en el espaciamiento de las hileras y en la profundidad de la siembra son otros métodos que pueden ayudar para que el cultivo evite el inóculo del agente patógeno (Palti, 1981). Si dos cultivos similares que comparten los mismos agentes patógenos no se siembran en forma continua, hay una buena probabilidad de que el inóculo en el suelo se muera debido a la ausencia de su huésped, o que haya sufrido una parálisis o lisis por otro microorganismo durante el barbecho. En el caso de cereales, la remoción por un año del huésped en una rotación limitará la mancha ocular causada por *Pseudocercospora herpotrichoides*. En La India, una rotación de 4 años incluyendo trigo y arroz entre 2 cultivos de papa, reduce drásticamente la incidencia de *Streptomyces scabies*. La rotación también se puede realizar en cultivos perennes como el plátano, donde la incidencia de fusariosis (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubeae*) se puede reducir por un quiebre de 2 a 3 años durante el cual se cultiva arroz (Manners, 1993). La siembra del trigo o la cebada con leguminosas es eficaz para el control del *Gaeumannomyces graminis*. La leguminosa proporciona algo de nitrógeno, pero una vez cosechado el cereal y durante el otoño, el nitrógeno se inmoviliza disminuyendo la actividad del *Gaeumannomyces* por la inanición nitrogenada (Campbell, 1989).

Muchos de éstos métodos de cultivo (rotación de cultivos, eliminación de huéspedes alternativos, arado profundo de los desechos de un cultivo, intercalación de cultivos no emparentados, etc) se pueden incorporar a sistemas de producción agrícola alternativa; sin embargo, su adopción dependerá, en gran parte, de una cantidad de factores ambientales, biológicos, económicos y humanos. Claramente, las medidas de manejo se deben adaptar muy bien a las interacciones cultivo/agente patógeno/medio ambiente que ocurren en cada campo, debiendo también considerarse las demandas que aseguren un control económico, seguro y rápido de una enfermedad en particular.

### CONTROL BIOLÓGICO

El control biológico comprende la utilización de organismos *antagonistas* con el fin de disminuir la capacidad del agente patógeno para causar una enfermedad. La gran cantidad de métodos que se utilizan en el control biológico se puede dividir en forma general en dos grupos: *directo* en que los antagonistas se pueden introducir directamente sobre o dentro del tejido de la planta; e *indirecto* en que las condiciones del cultivo, suelo o ambiente se pueden modificar de manera de promover la actividad de los antagonistas que ocurren naturalmente (Baker y Cook, 1974). Esto incluye acciones para aumentar la microbiología benéfica alrededor de la planta.

El método directo comprende la introducción masiva de microorganismos antagónicos en el suelo, con o sin una base alimentaria, para inactivar los propágulos del agente patógeno; por lo tanto, reduciendo su número y, suprimiendo la infección (Tabla 3). Los antagonistas actúan de varias maneras incluyendo: una rápida colonización de la rizosfera de los tejidos adelantándose al agente patógeno, competencia que excluye al organismo nocivo, produciendo antibióticos o un microparasitismo o lisis del agente patógeno. Cuando supresiones de antagonistas se aplican directamente al follaje, como el caso de *Trichoderma viride*, *Bacillus cereus* o *Gliocadium roseum*, estos microparasitos no afectan a la planta y parecen desplazar al patógeno por competencia, antibiosis o hyperparasitismo. Microflora epifita benéfica (poblaciones de *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Penicillium* y *Trichoderma*) se puede introducir al follaje mediante aplicaciones acuosas de mezclas de compost, mostrando efectos positivos en el control biológico de enfermedades como *Uncinula necator* en uvas. Además, algunos microorganismos pueden actuar, simplemente, haciendo que la planta crezca mejor, de manera que si la enfermedad existe, sus síntomas están parcialmente ocultos. Muchas ectomicorrizas (VAM) que promueven la captación de fósforo en las plantas forman una barrera física o química a las infecciones previniendo a los agentes patógenos de alcanzar la superficie de la raíz. Existen ejemplos exitosos del uso de VAM en soya, tabaco, alfalfa, algodón, lechuga, cítricos y tomate contra una serie de patógenos como *Thielaviopsis basicola*, *Fusarium oxysporum*, *Phytium ultimum* y varias especies de *Phytophthora* sp.

**Tabla 3 Ejemplos de antagonistas estudiados para el control biológico de patógenos de las plantas**

Mecanismos	Planta	Agente patógeno de la planta	Antagonista
Competencia antibiótica/antibiosis	Muchas	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Avirulenta <i>Agrobacterium</i> spp.
	Maíz	<i>Fusarium roseum</i> "Graminearum"	<i>Chaetmium globosum</i>
	Pino	<i>Heterobasidion annosum</i>	<i>Peniophora gigantea</i>
	Diversas	hongos diversos	<i>Trichoderma</i> spp.
	Diversas	hongos diversos	<i>Bacillus subtilis</i>
	Clavel	<i>Fusarium oxysporium</i> f. sp. <i>dianthi</i>	<i>Alcaligenes</i> spp
	Algodon, trigo	<i>Pythium</i> , <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>Tritici</i> <i>Pseudomonas tolaasii</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> F.sp. <i>lini</i>	<i>Pseudomonas</i> spp. <i>Pseudomonas tolaasii</i>
	Manzano	<i>Erwinia amylovora</i>	<i>Erwinia herbicola</i>
	Tabaco	<i>Pseudomonas solanacearum</i>	Avirulenta <i>P. solanacearum</i>
	Muchas	hongos diversos	<i>Gliocladium</i> spp.
Competencia por lugares de fijación	Muchas	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	Avirulenta <i>Agrobacterium</i> spp
Protección cruzada	Camote	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>batatas</i>	<i>F. oxysporum</i> no potogenico
	Cucúrbitas	<i>Fusarium solani</i> f.sp.	virus del mosaico de la calabaza
Hiperparasitismo	Muchas	Hongos diversos	<i>Trichoderma</i> spp.
	Girasol, frijoles	<i>Sclerotinia</i> spp.	<i>Coniothyrium minitans</i>
	lechuga	<i>Sclerotinia</i> spp.	<i>Sporodesmium</i> <i>sclerotivorum</i>
	remolacha	<i>Pythium</i> spp.	<i>Pythium oligandrum</i>
	pepino, frijoles	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Laetisaria arvalis</i>
	pepino	mildiúes	<i>Ampelomyces grisqualis</i>
	Centeno y otros cereales	cornezuelo del centeno	<i>Fusarium roseum</i> "hetro sporum"
Hipovirulencia	castaño	<i>Endothia parasitica</i>	Mycovirus
Parasitismo	soya	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>glycinea</i>	<i>Bdellvibrio</i> <i>bacteriovorus</i>
Predación		hongos diversos	<i>Arachnula impatiens</i>

Fuente: Schroth y Hancock, (1985)

Hasta ahora, el método más prometedor para incrementar microbiología benéfica en el suelo es mediante la adición de materia orgánica en la forma de compost o abonos verdes. Mientras más materia orgánica se aplica mas posibilidades hay que aumenten las

poblaciones de antagonistas. A medida que la actividad microbiana aumenta, algunos antagonistas elicitán producción de enzimas defensivas en el huésped. Algunos autores sugieren que organismos no parasíticos de la rizosfera limitan las epidemias al "inducir" resistencia o al sensibilizar el tejido de la planta para reaccionar rápido con sus mecanismos de defensa cuando ataca el patógeno (Baker y Cook, 1974).

La incorporación de abonos verdes ha sido muy eficaz para el control biológico de algunos patógenos. En el suroeste de Estados Unidos, un cultivo de arvejas verdes o sorgo arado antes de cultivar algodón, proporciona un control excelente de *Phytophthora*. La eficacia de los cultivos de cobertura de leguminosas para el control de muchas enfermedades ha sido ampliamente demostrado.

Los residuos de leguminosas son ricos en nitrógeno y carbono proporcionando también vitaminas y sustratos más complejos. La actividad biológica se torna muy intensa en respuesta a estas enmiendas que aumentan la fungistasis y el lisis del propágulo. El compost derivado de diversos materiales orgánicos se ha utilizado para controlar las enfermedades causadas por *Phytophthora* y *Rhizoctonia*. Los principales factores de control parecen ser el calor que emerge del compost así como también los antibióticos producidos por *Trichoderma*, *Gliocladium* y *Pseudomonas*. La Tabla 4 proporciona ejemplos específicos del aumento de antagonistas que causan enfermedades mediante la adición de enmiendas orgánicas al suelo.

**Tabla 4. Mejoras para el suelo, secas y marchitas que reducen algunas enfermedades causadas por hongos de origen sólo**

Enfermedad del cultivo	Agente patógeno	Enmienda orgánica
Marchitamiento de la papa	<i>Verticilium albo-atrum</i>	paja de cebada
Costra de la papa	<i>Streptomyces scabies</i>	soya
Costra negra de la papa	<i>Rhizoctonia solani</i>	
Pudrimiento de la raíz del frijol	<i>Thielaviopsis basicola</i>	paja de avena, forraje de maíz, heno de alfalfa
Pudrimiento de la raíz de la arveja	<i>Aphanomyces euteiches</i>	Residuos de crucíferas
Pudrimiento de la raíz del algodón	<i>Macrophomina ojasoikuba</i> <i>Phymatotrichum omnivorum</i>	grano de alfalfa, paja de cebada arvejas, <i>Melilotus officinalis</i>
Marchitamiento del plátano	<i>F. oxysporum</i> sp. <i>cubense</i>	residuos de caña azúcar
Pudrimiento de la raíz del aguacate	<i>Phytophthora cinnamomi</i>	grano de alfalfa
Pudrimiento de la raíz de las plantas ornamentales	<i>Phytophthora</i> , <i>Pythium</i> <i>Thielaviopsis</i> spp.	corteza del árbol con compost
Take-all del trigo	<i>Gaeumannomyces graminis</i>	Residuos de raps, arveja o leguminosas
Mancha ocular del trigo	<i>Pseudocercospora</i> sp.	Leguminosas

Fuente: Palti, 1981

En el caso de nematodos algunos abonos orgánicos afectan negativamente las poblaciones de nematodos. Cultivos de cobertura de invierno como trigo, o de verano como sorgo

pueden usarse efectivamente para suprimir *Meloidogyne* spp. y *Rotylenchus reniformis*. Por otro lado hay ciertas plantas que ejercen efectos nematocidas. Especies incluyen: *Ricinus communis*, *Crotalaria spectabilis*, *Indigofera hirsuta*, *Digitaria decumbens*, *Cassia fasciculata*, *Crotalaria juncea*, *Mucuna* spp. y varias especies de *Tagetes* (McSorley, 1998).

### CONCLUSIONES

Los sistemas de cultivos diversificados tales como los basados en policultivos y en la agroforestería, por ejemplo, los huertos frutales con cultivos de cobertura, han sido el blanco de mucha investigación. Este interés se basa en la nueva y emergente evidencia de que estos sistemas son más sustentables y más conservadores de recursos (Vandermeer, 1995). Estos atributos están conectados a los altos niveles de biodiversidad funcional asociada a agroecosistemas complejos. De hecho la mayor parte de la información científica, que documenta la regulación de plagas en sistemas diversificados, sugiere que ésto sucede dada la gran variedad y abundancia de depredadores y parasitoides en estos sistemas (Altieri, 1994). Se han sugerido varias hipótesis donde se postulan los mecanismos que explican la relación entre un mayor número de especies de plantas y la estabilización de agroecosistemas incluyendo la regulación de plagas (Tilman *et al*, 1996). Sin embargo, un aspecto claro es que la composición de especies es más importante que el número de especies "*per se*". El desafío está en identificar los ensamblajes correctos de especies que, a través de sus sinergias, proveerán servicios ecológicos claves tal como reciclaje de nutrientes, control biológico de plagas y conservación de suelo y agua. La explotación de estas sinergias en situaciones reales requieren del diseño y manejo de los agroecosistemas basado en el entendimiento de las múltiples interacciones entre suelos, plantas, artrópodos y microorganismos. La idea es restaurar los mecanismos de regulación natural adicionando biodiversidad vegetal selectiva dentro y alrededor de los agroecosistemas.

En el caso de patógenos la evidencia también indica que la heterogeneidad vegetal disminuye la vulnerabilidad de cultivos a patógenos. En especial la diversidad genética ofrece mecanismos importantes para la supresión de malezas. Por otro lado la importancia de incrementar la materia orgánica para aumentar actividad microbiana es una de las líneas claves de defensa de los cultivos a enfermedades del suelo. El desafío aquí es complementar el manejo de la diversidad con las practicas que mejoren la calidad del suelo.

Los principios agroecologicos son claros, mayor biodiversidad vegetal y de depredadores, parasitoides y antagonistas es fundamental.

Lo que hace difícil de masificar esta estrategia agroecologica, es que cada situación se debe analizar independientemente dado que en cada zona los complejos herbívoros-enemigos naturales, patógenos-antagonistas varían de acuerdo a la vegetación presente dentro y fuera del cultivo, la intensidad del manejo agrícola, la calidad del suelo, etc. Sin embargo lo que es universal es el principio de que la diversificación vegetal es clave para el control biológico eficiente. Las formas de manejo y diseños de diversificación dependerán de las condiciones socioeconómicas y biofísicas de cada región.

### PREGUNTAS PARA LA DISCUSION

1. Porque la diversidad ecológica de especies garantiza la estabilidad de un ecosistema?
2. Podría explicar como la franja de flores en el campo de lechugas en la foto estaría contribuyendo al control biológico de plagas insectiles?
3. Elija un cultivo de su zona y plantee un diseño agroecologico que conllevaría a la regulación de las principales plagas de insectos y de enfermedades que afectan a ese cultivo. Discuta los mecanismos de regulación de plagas en su sistema modelo.



## Capítulo 6

### **ALTERNATIVAS AGROECOLOGICAS A LA AGRICULTURA MODERNA CONVENCIONAL PARA ENFRENTAR LAS NECESIDADES DE ALIMENTOS**

Las nuevas tecnologías agrícolas desarrolladas y extendidas en las tres últimas décadas han contribuido a un crecimiento sin precedentes de la producción mundial de alimentos. Sin los frutos de la revolución verde, habría un gran déficit de alimentos, o un impacto medioambiental adverso debido al cultivo de grandes áreas de terrenos poco apropiados. Pero hay una preocupación creciente acerca de que este modelo se agota y que la trayectoria del desarrollo agrícola, que conlleva tanto costos como beneficios, pudiera no ser la mejor ni la única alternativa para el futuro (Conway, 1997).

¿Pueden cubrirse las futuras necesidades de alimentos usando más de los mismos tipos de inversiones agrícolas promovidos en las tres últimas décadas -basados en investigación, extensión, infraestructura y política? ¿O es que los productores y quienes toman las decisiones deberían buscar otras formas sostenibles para el medio ambiente, económicamente eficientes y socialmente equitativas en cuanto a incrementar la oferta mundial de alimentos? ¿Existen tales alternativas? ¿Cuál es el potencial de las estrategias de producción que dependen más de un manejo agroecológico que de inversiones de capital; más de recursos locales que de insumos externos, y más de procesos biológicos que de aplicaciones de químicos?

Es indudable que en el futuro se necesitará aumentar la producción de alimentos. Ciertamente es crítico y está bien justificado el aumento de las inversiones públicas y privadas en investigación y extensión agrícola, considerando cuánto tiempo habrá de transcurrir antes de que las nuevas prácticas sean ampliamente aceptadas y explotadas en su totalidad.

Tomando en consideración los programas innovadores en Africa, Asia y América Latina, se considera conveniente un creciente intercambio de esfuerzos de investigación y extensión agrícola más enfocados en estrategias basadas en conceptos agroecológicos.

Este enfoque ofrece oportunidades para incrementar la producción de alimentos, no sólo en cantidades sino en múltiplos. Como se ha visto en los estudios de caso, una mejor combinación de cultivo, suelo, agua y manejo de los nutrientes, que integre al ganado o a los peces en los sistemas agrícolas, además de los procesos de manejo integrado de plagas, logra con frecuencia un incremento de la producción de 50 a 100 por ciento o más en una amplia gama de circunstancias, incluso en algunas bastante adversas desde el punto de vista agrícola.

El mensaje central de la conferencia –para los gobiernos, investigadores, agencias donantes y agricultores- es que son numerosas las alternativas en investigación y



desarrollo agrícola que merecen ser investigadas y apoyadas. Es indudable que si se toman en serio estas alternativas –y se refinan, adaptan y diseminan- se podrá determinar si la población del mundo cubrirá con éxito sus necesidades de nutrición y, al mismo tiempo, mantener un ambiente natural y social apropiado a la vida en siglo XXI.

## **LA SITUACIÓN**

Las proyecciones difieren sobre cuándo exactamente, en el próximo siglo, los productores de todo el mundo necesitarán doblar el actual nivel de producción agrícola para satisfacer los requerimientos de una población más grande y, como todos esperan, más próspera. En el presente hay grandes necesidades de alimentos no cubiertas.

Pocos dudan que tarde o temprano se tendrá que incrementar substancialmente la producción. Sin embargo, si la fecha límite es el 2030 o el 2050 lo más importante es cómo encontrar el modo de alcanzar este gigantesco reto de duplicar la provisión mundial de alimentos.

## *CONTRIBUCIONES TECNOLÓGICAS*

Esta pregunta ha sido respondida con optimismo al señalar que la producción de los principales cereales (arroz, trigo, maíz) se ha duplicado en los últimos 30 a 35 años. Esta importante aceleración sin paralelo en la producción de alimentos se logró con el uso de las tecnologías de la “Revolución Verde” –semillas mejoradas de variedades de alto rendimiento, irrigación, fertilizantes y otros agroquímicos- (Crosson y Anderson, 1999).

No está muy claro, sin embargo, qué se necesita hacer de aquí en adelante para lograr la seguridad alimentaria, para todos, en los años venideros. En la década pasada, el aumento de los rendimientos gracias a la tecnología de la Revolución Verde se ha venido desacelerando y en algunos casos se ha detenido (Pingali *et al.*, 1995). Los rendimientos más altos se han obtenido por el uso cada vez mayor de fertilizantes y agua de riego, que en muchos lugares ha sobrepasado el límite de los retornos decrecientes. Por lo tanto, el incremento en el uso de estos insumos ha devenido en una menor productividad. Más aún, con el uso de altos niveles de insumos se han registrado impactos medioambientales adversos en los sistemas de producción bajo uso intensivo de químicos y combustible fósil.

A mediados del próximo siglo habrá aproximadamente un tercio menos de tierras cultivables per capita y tal vez una reducción equivalente en la disponibilidad de agua para fines agrícolas. Para duplicar la provisión de alimentos será necesario incrementar la productividad de la tierra y el agua, pese a la menor disponibilidad de estos recursos naturales clave. Asimismo, a menos que se realicen grandes y exitosos esfuerzos, continuará la reducción de la biodiversidad, que es la fuente del material genético

necesario para lograr mayores avances en el mejoramiento de plantas y animales. Los cambios climáticos globales podrían verse acelerados, con consecuencias indeseables para la agricultura.

Algunos ven a la biotecnología como un medio para obtener mayor incremento de la producción agrícola en el futuro. Pero los principales beneficios de la biotecnología todavía reposan en el horizonte. Dados los incentivos y la predominancia del sector privado en este dominio, son pocas las actuales inversiones en biotecnología que tienen como objetivo aumentar los rendimientos o de que sean útiles para agricultores pobres (Ruttan, 1999). Es posible que algunos adelantos tecnológicos avanzados transformen las posibilidades de la producción en la agricultura. Pero, por la importancia crítica de los alimentos para el bienestar y el mantenimiento de la vitalidad económica de los seres humanos, no es aconsejable poner todas nuestras esperanzas agrícolas en la canasta de la biotecnología. Ni el paradigma tradicional ni el paradigma de la biotecnología parecen ser suficientes.

#### *CAMBIOS EN EL CRECIMIENTO Y LA DEMANDA DE LA POBLACIÓN*

La buena noticia es que la tasa de crecimiento de la población está empezando a descender a nivel global y es bastante drástica en algunos lugares. Por ejemplo, el número promedio de niños nacidos en Bangladesh ha descendido de 6.2 a 3.4, en sólo una década, al tiempo que las tasas de crecimiento de la población están cayendo en la mayoría de los países en desarrollo. Sin embargo, la rápida expansión previa de la población mundial ha creado una estructura juvenil formada por millones de hombres y mujeres que están en sus años más fértiles o cerca de ellos.

Los demógrafos han retrocedido en sus estimados sobre la máxima población humana esperada, de un pico de 15-18 mil millones a 8-10 mil millones de personas. Pero incluso este crecimiento reducido significa que habrá la mitad o dos tercios más de personas sobre la tierra de las que ahora viven en ella. Casi todo el aumento de la población se concentrará en los países menos desarrollados y en gran parte bajo condiciones de pobreza y desnutrición.

Según estimados de FAO, unos 800 millones de personas sobre la tierra viven bajo condiciones de hambre y desnutrición perpetuos (Pinstrup-Andersen y Cohen, 1999). Asegurar la alimentación para ellos y sus descendientes será más difícil si la provisión total de alimentos no crece lo suficiente. La forma en la cual se producen los alimentos debería contribuir a cubrir las necesidades de quienes tienen mayor inseguridad alimentaria.

En la medida en que el crecimiento de la población sea lento, el mayor incremento de la demanda por una mayor producción agrícola significará elevar los ingresos, que es el objetivo de todos los gobiernos y casi todos los individuos.

Aunque los más ricos gastan proporcionalmente una menor parte de sus ingresos en alimentos, en total consumen más cantidad de comida, lo cual en gran parte contribuye a las diferentes clases de enfermedades que sufren los pudientes.

Los cambios en la dieta que a menudo acompañan a las personas de mayores ingresos requerirán mayores incrementos en la producción de animales, y no sólo de granos comestibles, ya que los alimentos de origen animal desplazan parcialmente a los de origen vegetal. De modo que haríamos un estimado conservador si decimos que para cubrir las necesidades económicas y sociales en las próximas tres o cuatro décadas, el mundo debería estar produciendo por lo menos el doble de los alimentos que hoy produce.

### **CONSIDERACIONES ECONÓMICAS Y DE DISTRIBUCIÓN**

Con sólo aumentar la oferta de alimentos no se asegura la alimentación a todos los hogares, comunidades y naciones. Es esencial una distribución más equitativa de los ingresos y de los alimentos porque el acceso a los comestibles finalmente depende del poder de compra, obtenido de cualquier forma. La pobreza, y no la oferta insuficiente, es la primera y la más importante causa del hambre. Sin embargo, esto no cambia el hecho de que una adecuada oferta de alimentos sigue siendo una condición necesaria, aunque no suficiente, para eliminar el hambre y la pobreza. El acceso a la tierra por los pobres para producir sus alimentos también es fundamental.

Debido a que los pobres se alimentan pobremente, son muy débiles y propensos a enfermedades como para sacar el máximo provecho de los recursos que poseen. Esto reduce su escaso poder y por lo tanto reciben una pobre compensación por su trabajo (Hart, 1986).

Cuando hay escasez de alimentos, lo que se recorta es el consumo de los pobres. En forma figurativa, y algunas veces literal, ellos están “al final de la cola” dentro de una distribución de alimentos que empieza en la máxima jerarquía socioeconómica. Cuando se ha repartido todo el alimento disponible, quienes permanecen en la cola pasarán hambre.

Más aún, cuando la demanda excede la oferta, los precios de los alimentos aumentan, muchas veces en forma drástica. Esto reduce el ingreso real y en especial reduce aún más los pequeños ingresos de los pobres y también afecta los modestos ingresos de la clase media.

Está claro que se necesita revisar el tema socioeconómico y político para reducir la pobreza y el hambre. Pero la preocupación por el incremento de la oferta se justifica en términos prácticos y éticos. Quienes están subalimentados necesitan alimentación adecuada y buena nutrición para alcanzar sus potenciales productivos y humanos, lo cual no sólo los beneficiará a ellos mismos sino también a otros miembros de la sociedad.

En la medida en que se presenten deficiencias en la producción y escasez de alimentos, quienes están bien alimentados notarán que el crecimiento de la economía de la cual depende su bienestar se está desacelerando. Los recursos que podrían ser dedicados a otras inversiones y formas de consumo tendrán que ser empleados para cubrir las necesidades básicas de alimentos. La inversión de capitales para la expansión de los sectores no agrícolas tendrá que disminuir en la medida en que el mundo tenga menor capacidad para alimentar a todos sus habitantes.

## **EL CAMBIO Y LA OPORTUNIDAD**

La actual ciencia convencional sostiene que es posible duplicar la oferta de alimentos y, en la opinión de algunos, ello únicamente será posible redoblando los esfuerzos por modernizar la agricultura global. El éxito de la agricultura de alta tecnología basada en la mecanización de la producción, la dependencia en combustibles fósiles para generar poder y producir agroquímicos, y las grandes inversiones de capital por trabajador y por hectárea ha creado en los gobiernos, instituciones de investigación y agencias de donantes la presunción de que “más de lo mismo” es la mejor y tal vez la única estrategia para aumentar la producción de alimentos.

En realidad no existe un único enfoque contrastante sino una variedad de enfoques alternativos a las prácticas y tecnologías corrientes. También se cuenta con importantes complementos potenciales entre los diferentes tipos de prácticas agrícolas<sup>1</sup>. Por lo tanto, el término “agricultura alternativa” no es muy satisfactorio. La denominación de “agricultura sostenible”, ampliamente difundida y sin duda usada por los participantes de muchas conferencias, también es discutible porque sostenibilidad es un contingente de múltiples factores más que una característica inherente a cualquier práctica o sistema agrícola en particular.

Pocos sistemas pueden permanecer productivos ante la posibilidad de cualquier condición adversa. También es más fácil sugerir qué sistema puede no ser sostenible que saber cuál retendrá indefinidamente su productividad. Los participantes en la conferencia aceptaron que los conceptos y terminologías que describen las diferentes prácticas y tecnologías, y sus proponentes, en campos opuestos -más que en continuos- no benefician a los principios y propósitos ni a las personas involucradas en buscar opciones.

Los proponentes de las tecnologías de la Revolución Verde pueden señalar muchos beneficios obtenidos de estas innovaciones. La disminución del precio real de los cereales en las tres décadas pasadas ha sido una contribución importante para aumentar la seguridad alimentaria en todo el mundo (Conway, 1997). Pero este progreso técnico ha dejado de lado a millones de campesinos para quienes las tecnologías no fueron apropiadas por las condiciones ambientales, sociales, de infraestructura, u otras. Es más, estas tecnologías, particularmente cuando se usan en los grandes sistemas agrícolas

<sup>1</sup>Por ejemplo, los fertilizantes químicos y los insumos de materia orgánica (compost y abonos verdes), considerados alternativas competidoras, pueden ser más productivos si se usan complementariamente (ej. Palm et al. 1997; Schlater 1998).

“industrializados”, pueden crear problemas medioambientales que erosionan los ecosistemas y afectan la salud humana.

Mil millones de personas aproximadamente –la sexta parte de la población mundial y en mayor porcentaje los pobres- viven y trabajan en situaciones en las cuales sus actividades agrícolas, ganaderas o pesqueras no se benefician de las tecnologías agrícolas modernas. Factores como el tamaño del terreno, lluvias inadecuadas, pobre fertilidad de los suelos, topografía desfavorable y lejanía de los mercados, infraestructura e instituciones, hacen que estas tecnologías no estén disponibles o no sean apropiadas. Esto no debiera causar sorpresa ya que las tecnologías más modernas han sido desarrolladas y probadas para tener éxito bajo condiciones más bien favorables que desfavorables.

(FOTO PAG 7: PUSING PIZON ARA PEQUENO ARROZAL)

Incluso en las áreas mejor dotadas, la sostenibilidad de estas tecnologías modernas es ahora problemática. La falta de agua y la erosión del suelo ya se han manifestado como problemas serios para la industria agrícola. Las aguas de las cataratas en Punjab (India), en los llanos del norte de China y en las Grandes Llanuras de Estados Unidos, por ejemplo, podrían amainar las prácticas de producción “sedientas” en las décadas venideras. Se debe establecer controles en la agricultura moderna para reducir la escorrentía de químicos, residuos y la concentración de nutrientes tóxicos por el uso de agroquímicos y fertilizantes químicos, especialmente la aplicación a gran escala de grandes cantidades de nitrógeno.

Pero la conferencia no fue convocada para evaluar los futuros potenciales y limitaciones de las tecnologías de la Revolución Verde. Los datos y análisis considerados en Bellagio se relacionan con los potenciales y problemas de diversas alternativas o complementos a estos enfoques intensivos en capital para aumentar la producción agrícola.

#### NUEVOS ENFOQUES PARA LA INNOVACIÓN EN AGRICULTURA

La característica más importante que hemos considerado es que los nuevos enfoques deben estar basados en el pensamiento agroecológico, tácita o explícitamente, para lograr una producción incrementada. Esto significa que deben capitalizar en procesos biológicos y naturales más que depender principalmente de la innovación química, de ingeniería o genética.

Los enfoques agroecológicos buscan crear condiciones óptimas de crecimiento para las plantas y los animales, no como especímenes individuales sino como parte de ecosistemas más grandes, donde se provee y recicla nutrientes y otros servicios ecológicos en forma que les permita beneficios mutuos (Altieri, 1995). En particular, no se ve al suelo como un repositorio para la producción de insumos o como un terreno

sujeto a explotación, sino como un sistema viviente donde macro y microorganismos interaccionan con la materia orgánica y mineral.

Tales enfoques alternativos pueden ser descritos como tecnologías de bajos insumos (e.g. Sánchez y Benites, 1987), pero esta denominación se refiere a los insumos externos requeridos. La cantidad de mano de obra, habilidad y manejo que se requiere como insumos para hacer más productivo el terreno y otros factores de la producción es muy sustancial. Por tanto, en vez de centrarse en lo que no se está usando, es mejor enfocar aquello que es más importante para aumentar la producción de alimentos – mano de obra, conocimientos y manejo.

Los enfoques agroecológicos alternativos se basan en la medida de lo posible en el uso de los recursos locales disponibles, aunque sin rechazar el uso de insumos externos. Los agricultores no pueden beneficiarse de tecnologías que no están disponibles, no pueden pagar o no son apropiadas para sus condiciones. La compra de insumos presenta problemas y riesgos especiales para los agricultores con menor seguridad, particularmente en los lugares donde las ofertas y las facilidades para el crédito son inadecuadas.

Como cualquier buen productor en cualquier lugar, los agricultores pequeños y marginales deben esforzarse para optimizar su producción dentro de las limitaciones reales que enfrentan, Aunque ellos tienen necesidades inmediatas y urgentes para la producción (una tasa de descuentos elevada), la mayoría saben que necesitan conservar la base de los recursos de la cual dependen sus posibilidades de producción.

La conferencia consideró una amplia variedad de sistemas de producción, no entendidos simplemente como “ tecnologías”. En tales sistemas se maneja un rango considerable de insumos y productos que tienen múltiples objetivos.

Los sistemas agroecológicos no están limitados a lograr una baja producción, como algunos críticos han aseverado. El aumento de la producción de 50% a 100 % es bastante común con la mayor parte de los métodos de producción alternativos. En algunos de estos sistemas, los rendimientos de los cultivos de los cuales dependen más los pobres –arroz, frijoles, maíz, yuca, papa, cebada- se han multiplicado varias veces gracias a la mano de obra y el conocimiento, y capitalizando en los procesos de intensificación y sinergia más que comprando insumos caros.

Más importante que los rendimientos, es posible elevar significativamente la producción total por medio de la diversificación de los sistemas agrícolas, tales como criar peces en las pozas de arroz o desarrollar cultivos en los límites de las pozas en Bangladesh, o añadiendo cabras o aves al sistema doméstico en muchos países. Los enfoques agroecológicos aumentaron la estabilidad de la producción como se ve en los menores coeficientes de variancia del rendimiento de cultivos por el uso de un mejor manejo del suelo y el agua (Francis, 1988; también datos de varios estudios de caso). Sin embargo, es difícil cuantificar todo el potencial de tales sistemas diversificados e intensificados

porque se tienen muy pocos resultados de investigación y experiencias para establecer los límites.

Actualmente no puede determinarse cuán sostenibles serán tales sistemas de producción porque muchos están en uso muy recientemente. Pero las prácticas empleadas buscan restablecer la cantidad de nutrientes y mantener la calidad del suelo, la sanidad del cultivo y la biodiversidad. Por tanto no hay razón para pensar que estos nuevos sistemas sean menos sostenibles que aquellos que dependen de los químicos, la mecanización y los insumos externos. Un gran número de sistemas con base agroecológica se reportaron posteriormente, algunos de los cuales han exhibido sostenidas duplicaciones de rendimiento por 25 y hasta 50 años.

Los enfoques agroecológicos están aumentando la producción bajo condiciones ambientales que están lejos de ser las ideales, tal como laderas erosionadas en América Central, altas mesetas áridas en los Andes, áreas semiáridas en el Sahel Occidental africano, tierras exhaustas en África del Este y del Sur, zonas forestales marginales en Madagascar, áreas superpobladas en Malawi, llanos inundados en Bangladesh, las zonas en conflicto de Sri Lanka, las zonas de pendientes de Filipinas y los bosques marginales remotos de Indonesia.

Que se pueda aumentar el rendimiento al doble o más en estas áreas se debe en parte a la escasa base de la producción a partir de la cual comienzan estos agricultores. Sin embargo, los niveles de rendimiento absolutos también pueden ser mayores. Estas son áreas donde la necesidad de incrementar la producción es mayor y donde el suelo, clima y otras condiciones son más desfavorables. Muy relacionado a escasa dotación de recursos y a las necesidades humanas urgentes, los niveles de producción recién obtenidos son bastante significativos y proporcionan alimento directamente a los hogares que son más vulnerables a la inseguridad alimentaria.

Incluso se han obtenido incrementos significativos en la producción. Algunos de los resultados más impresionantes de estos nuevos enfoques se han logrado en África, un continente con serio déficit de alimentos y grandes limitaciones. Con la debida atención al suelo, manejo de los nutrientes y del agua es seguro que se puede lograr una expansión sustancial de la producción.

No todas las innovaciones agrícolas funcionan bajo las mismas condiciones. Por ejemplo, cuando el suelo carece de ciertos nutrientes o la lluvia es escasa o poco confiable, las buenas prácticas agroecológicas pueden superar tales limitaciones y alcanzar niveles de producción razonables. Es indudable que algunas de estas prácticas mejoran el estado de los nutrientes del suelo y la capacidad de retención de agua, introduciendo así la posibilidad de restauración o aprovechamiento del suelo. Las especies leguminosas silvestres como *canavalia* o *tephrosia* pueden crecer e incluso enriquecer el suelo, donde parece imposible que crezcan plantas.

En los lugares donde la mano de obra constituye una limitación, algunas de estas innovaciones no son prácticas porque requieren más trabajo. Sin embargo, cuando se

combina frijol terciopelo (*mucuna*) con maíz, usados como cultivo de cobertura añadido al suelo después de cortado, se reducen los requerimientos de mano de obra y al mismo tiempo el suelo se protege de la erosión y se enriquece por la fijación del nitrógeno en las raíces de las leguminosas, lo cual incrementa el rendimiento en 35 –40 por ciento (Thurston *et al.*, 1994).

Todas las tecnologías que hemos considerado requieren manejo y conocimiento intensivo, y la mayoría de ellas necesita un tiempo considerable para desarrollar y diversificarse en forma satisfactoria para los usuarios. El éxito depende, en gran medida, del mejoramiento de la capacidad humana para tomar decisiones, manejar los recursos, adquirir información y evaluar los resultados. Aunque tales actividades se ven sólo como un costo de producción desde el punto de vista convencional, cuando los agricultores las adoptan, se incrementa su nivel de pericia, conocimientos y toma de decisiones. Esto permite a los agricultores ser más productivos en el futuro.

Por tanto, las actividades que mejoran los recursos humanos deben ser consideradas como *beneficiosas* para los agricultores y no solamente como *un costo*. Practicar una agricultura con mayor intensidad de manejo y conocimientos e involucrarse en la experimentación y evaluación que aumenta el capital humano en el sector agrícola, es una forma más progresista de agricultura. Esto también tiene el efecto de dar mayor confianza y habilidad a los agricultores para resolver problemas.

#### ÉNFASIS EN LOS PROCESOS

Una conclusión importante de la conferencia fue la preocupación por los procesos por medio de los cuales se desarrollan, mejoran y difunden las nuevas prácticas agrícolas, más que por los sistemas de producción y las tecnologías examinados. Estos nuevos enfoques han surgido de la amplia experiencia y experimentación -parte de ella de los propios agricultores- con frecuencia estimuladas por las organizaciones no gubernamentales (ONG), instituciones de investigación y universidades. En algunos casos agencias gubernamentales han empezado a trabajar en una nueva interrelación menos dirigida y más colaborativa con los agricultores.

La práctica está muy por encima de la teoría en esta área, porque la agroecología proporciona un fundamento teórico básico y válido para comprender y ayudar a establecer estos cambios en las prácticas de producción. Lo que ahora se considera innovaciones, con frecuencia no lo son, al menos no para los agricultores.

La Agroforestería, por ejemplo, que fuera “descubierta” por donantes, investigadores y gobiernos en los 70, es casi tan antigua como la propia agricultura y en ella se han combinado plantas perennes con animales y cultivos anuales. (Esta fue una de las razones para el subtítulo de nuestra conferencia, la cual ha yuxtapuesto nuevos paradigmas y prácticas antiguas). La agroforestería se ha convertido en una nueva ciencia aplicada en el campo del manejo de los recursos naturales (Izac y Sánchez, 1999).



Como discutiremos más adelante, hay una metodología emergente para la innovación agrícola que es tan importante como las tecnologías que resultan de ella. Este enfoque se basa en una participación activa de los agricultores –indudablemente, en el liderazgo de los agricultores- en un proceso de identificación de problemas y necesidades para comenzar y guiar los procedimientos; de determinar y escoger entre posibles soluciones; de probar, monitorear y evaluar los resultados de las nuevas prácticas; y de ayudar a difundir los resultados considerados beneficiosos. Este proceso puede ser caracterizado como desarrollo tecnológico participativo, investigación y extensión centradas en el agricultor, o mejoramiento agrícola de agricultor a agricultor.

Esta metodología es más importante que cualquier otra, en particular porque la agricultura sostenible requiere una continua adaptación y cambio en las prácticas y estrategias; algo es necesario para lograr cambios en las condiciones ambientales, económicas y en otras que afectan la productividad y las utilidades de actividades y cultivos específicos.

De este modo, los nuevos enfoques se distinguen tanto por la forma en que son desarrollados por y para los agricultores, como por las tecnologías en sí. El conocimiento local se complementa y se elabora a partir del conocimiento que científicos e investigadores pueden aportar al proceso colaborativo de desarrollar posibilidades tecnológicas.

Hay una especial necesidad por la innovación en las áreas rurales a las cuales no han llegado las opciones de la Revolución Verde. Para que sus problemas de seguridad alimentaria sean resueltos, los medios para aumentar la producción deben estar dentro de los alcances y la comprensión de los propios agricultores.

(FOTO PAG. 11: UN AGRICULTOR DOMINICANO (DERECHA) CONVERSA ....)

### **¿HACIA DÓNDE DEBEN DIRIGIRSE LOS ESFUERZOS?**

La Revolución Verde obtuvo sus mejores resultados de productividad en los lugares de más fácil acceso, en áreas con las mejores condiciones de suelo y clima, y en general con agricultores aventajados, de mayor nivel educativo. El mayor reto ahora es incluir y beneficiar áreas y personas menos dotadas.

Tales regiones y personas son consideradas por lo general “marginales”. Este término se refiere apropiadamente a aquellos ubicados en márgenes de las áreas agrícolas más prósperas y de la corriente económica. Con frecuencia el término implica, sin embargo, que estas personas y lugares no son productivos y por lo tanto no es rentable invertir en ellos.

Esta visión es tomada por algunos como una justificación al hecho de ignorar tales áreas o de darles ayuda en forma caritativa, sin esperar elevar su productividad en forma significativa. Otros, incluyendo la comunidad internacional de investigadores, ven las áreas marginales como oportunidades para obtener mejoras sustanciales en la seguridad alimentaria, disminución de la pobreza y conservación del medio ambiente en una serie de situaciones exitosas.

Hay evidencia creciente de la investigación económica, que dirigir las inversiones principalmente hacia las áreas y poblaciones mejor dotadas, no tiene sustento desde el punto de vista empírico, pues se han hecho inversiones considerables en dichas áreas y éstas registran menores retornos a los insumos de capital.

En consecuencia, no debe causar sorpresa que las inversiones en las áreas más pobres, seriamente descapitalizadas, puedan producir retornos marginales mayores que las inversiones en las áreas más ricas (Hazell y Fan, 2000). Aunque éstas no son las primeras en términos absolutos, con inversiones apropiadas, es decir, favorables para sus condiciones y necesidades, pueden ser más productivas en términos relativos.

¿Cuáles serían las inversiones apropiadas? Sólo en casos especiales las tecnologías desarrolladas para áreas favorecidas podrían ser productivas en áreas marginales y más pobres. Como regla, las nuevas tecnologías tendrán que ser modificadas, adaptadas o desarrolladas *de novo* a partir de prácticas y conocimientos preexistentes.

Las posibilidades para “transferencia de tecnología” desde las áreas favorables a las marginales fueron discutidas en la conferencia. Este aspecto fue considerado en general un concepto no apropiado para las áreas marginales, donde se tiene que tratar con mucha mayor heterogeneidad y variabilidad. Allí, la tecnología tiene que ser ajustada y adaptada más extensivamente que en los lugares donde los buenos climas y suelos favorecen el monocultivo y la inversión de grandes capitales.<sup>2</sup>

Que una tecnología sea productivamente sostenible depende de las condiciones locales y tales condiciones varían ampliamente e incluso cambian. El desarrollo de una agricultura más apropiada y productiva bajo circunstancias cambiantes y diversas será más exitosa en la medida en que se involucre más activamente a la población rural para estructurar y manejar el proceso.

Comprometerse en un proceso de esta naturaleza aumentará los conocimientos, habilidades y confianza de los agricultores, y les dará una mayor capacidad para enfrentar los retos y problemas futuros, ya sea que éstos estén dentro del ámbito de la agricultura o fuera de él. Es crucial que los agricultores tengan más capacidad para adaptarse a los continuos cambios, debido a que no existen soluciones tecnológicas permanentes,

---

<sup>2</sup> Se citaron algunos ejemplos de transferencia de tecnología que eran claramente beneficiosos, tales como las vacunas contra enfermedades transmisibles o bombas manuales baratas y durables para proveer de agua a los poblados. Tales ejemplos, sin embargo, provinieron de las áreas de salud e infraestructura más que de la agricultura, que requiere una mayor adaptación.

especialmente con el crecimiento y fortalecimiento de globalización de la economía y la cultura.

#### PRINCIPIOS AGROECOLÓGICOS

Nos dimos cuenta de que nuestra discusión continuamente iba y venía entre consideraciones biofísicas y socioeconómicas. Es indudable que una perspectiva ecológica debe aclarar que los factores no pueden ser entendidos en forma aislada. El progreso requiere que seamos analíticos, críticos y que evaluemos nuestro modo de pensar, pero también que sinteticemos y tengamos un entendimiento holístico.

Se discutieron ciertos principios agroecológicos claves que podrían aplicarse para elevar la productividad agrícola en forma sostenible (Altieri, 1995):

- *Biodiversidad* a todo nivel, para mantener mayor elasticidad y riqueza en los sistemas ecológicos;
- *Sinergia* para lograr mayor producción a partir de insumos definidos gracias al refuerzo de las interacciones entre cultivos, suelos, insectos, plantas, animales, microorganismos, etc.
- *Dinamismo*, reconociendo y capitalizando un continuo cambio de los organismos y sistemas vivientes, tales como el proceso de reciclaje de los nutrientes.
- *Valor agregado* a la productividad de recursos tales como un mejor mantenimiento de la calidad del suelo;
- *Conservación y regeneración* para minimizar las pérdidas de los sistemas y reforzarlos de acuerdo a los principios anteriores; y
- *Adaptación e innovación* para lograr cambios en las condiciones del medio ambiente y desarrollar continuamente nuevas formas para resolver problemas.

De nuestras discusiones se dedujo que los principios de la agroecología también son apropiados para comprender cómo obtener mayor productividad a partir de los sistemas socioeconómicos y culturales a nivel local y de la comunidad y a partir de sistemas político-económicos a nivel nacional y más allá.

La diversidad, por ejemplo, es un principio que se aplica más allá del campo de los ecosistemas, porque la diversidad cultural brinda beneficios similares que los de la biodiversidad. La sinergia se ve en estos otros campos cuando se añaden positivamente soluciones que surgen de la consulta y el acomodo de múltiples intereses.

Un enfoque agroecológico expande sus horizontes para el análisis y la intervención tomando todo el paisaje o las asociaciones de flora como el punto central y no sólo un cultivo o campo en particular. El control de plagas y enfermedades, por ejemplo, puede ser mejorado si se mantienen diversas combinaciones de cultivos y plantas no cultivables y se usan plantaciones de borde o cercos. También, aunque los cultivos alternos no logran el mejor rendimiento posible de un cultivo en particular, la productividad del área cultivada total se puede incrementar considerablemente en esta forma.

Un enfoque agroecológico busca también mantener un flujo continuo de servicios ecológicos del paisaje, que incluye las áreas cultivadas, los pastizales, áreas silvestres y las zonas de pesca. En la forma convencional en que la agricultura es concebida, evaluada y manejada, se da escasa atención a proteger el suelo de la erosión, retener y almacenar agua, filtrarla para mejorar su calidad, cuidar la fauna que poliniza la flora, controlar los cambios de temperatura y otros servicios.

La agricultura convencional se ha convertido algunas veces en una amenaza para el medio ambiente en los lugares donde prevalece la dependencia en químicos y el monocultivo a gran escala. La agricultura debería ser al menos benigna para el medio ambiente y tener efectos benéficos donde sea posible.

Afortunadamente, la agricultura puede ser diseñada y practicada en diferentes formas para aumentar el potencial productivo en lugar de agotarlo (Power, 1999). Los enfoques agroecológicos que incluyen el poder de recuperación de plantas y microorganismos pueden ayudar a restaurar áreas que antes no fueron productivas o que ahora ya no lo son.

#### EJEMPLOS DE ENFOQUES AGRÍCOLAS INNOVADORES

De los estudios de caso y los análisis comparativos presentados en la conferencia se hizo evidente que el uso de procesos biológicos y potenciales no es una forma de “retroceso” de la agricultura. Los resúmenes siguientes constituyen una muestra de las experiencias compartidas por los participantes en sus presentaciones.

#### **África** ***Kenia***

En el semiárido distrito de Machakos, durante 60 años, las familias invirtieron en una gran variedad de prácticas de mejoramiento del terreno acompañadas de patrones de cultivo que respondían a las oportunidades del mercado. Entre estas prácticas estaban el uso de terrazas, encierro del ganado y uso del estiércol, plantar árboles y cercos, almacenar el agua en lagunas y otras estructuras. La mayoría fue desarrollada por agricultores y llevada a cabo sin ninguna ayuda o guía del gobierno. Esto permitió a las familias de Machakos elevar su productividad agrícola por hectárea once veces más, muy por encima del incremento de la población en cinco veces durante la misma época (Tiffen *et al.*, 1994).

Según Tiffen (1999), “el sistema agrícola practicado en los 90 requiere mucho mayor juicio, conocimiento e información que el antiguo sistema de los años 30 orientado a la subsistencia”. La cantidad de cambios sustanciales aplicados por los agricultores a sus sistemas de producción se puede apreciar en la siguiente tabla, que muestra cómo han sido de innovadores los agricultores activos.

**Principales fuentes de ingreso de dinero en las fincas del Distrito de Machakos, Kenia, 1945-1990**

Poblado	1945	1960	1990
Kagundo	Trigo, garbanzos, culantro, azúcar, banano, otros cultivos, vacunos, leche	Frutales, hortalizas, café	Café, frijoles
Mbooni (hombres)	Ganado, cultivos alimenticios	Azúcar, papas, wattle, ganado	Café, hortalizas, árboles
Mbooni (mujeres)	Ganado, cultivos alimenticios	Cultivos alimenticios, ganado	Café, hortalizas, artesanía
Masli (hombres)	Vacunos, mijo	Ganado, mijo	Algodón, frutales, frijol, pawpaw, tomate, maíz, ganado
Masli (mujeres)	Vacunos, grasa animal	Caprinos, vacunos	Arvejas, frijoles, maíz, mangos
Makueni		Caprinos, arvejas, frijoles, maíz, garbanzos	Frutales, algodón
Ngwata (hombres)		(1965-70) carbón, miel, marfil	Maíz, frijoles, ganado, caupí, carbón, garbanzos  garbanzos
Ngwata (mujeres)		Remesas y ayuda del hogar	Garbanzos, sorgo, caupi, crbon, ganado

Fuente: Entrevistas con líderes de los poblados en 1990, informe de Tiffen *et al* (1994), Cuadro 10.1.

**Madagascar**

El sistema de intensificación del arroz (SRI, en inglés) promovido por la Association Tefy Saina, una ONG de Malagasy, fue desarrollado por un sacerdote francés quien trabajó y experimentó con agricultores de este país durante los 70 y 80. Logró un alto incremento de los rendimientos del arroz en suelos pobres cambiando las prácticas de manejo del complejo planta-suelo-agua-nutrientes. Los cambios fueron bastante radicales: las plántulas transplantadas muy jóvenes, más bien solas que en grupos y dejando gran espacio entre ellas. Durante la etapa de crecimiento vegetativo se regaba y

se dejaba secar el suelo en forma intermitente en vez de mantener el campo con agua constante.

En los lugares donde el arroz irrigado producía 2 toneladas por hectárea, los rendimientos con SRI variaban de 4 a 10 toneladas e incluso más dentro de una amplia variedad de niveles de elevación y precipitación, sin necesidad de nueva semilla ni aplicación de fertilizantes químicos. Los métodos SRI dieron estos resultados con todas las variedades de arroz, aunque algunas variedades mejoradas, si eran apropiadas para el área, producían rendimientos en el rango de 10-20 toneladas. Donde el fertilizante es muy caro o no está disponible se usa compost (Uphoff, 1999). El nombre Tefi Sayna significa “mejorar la mente” porque usa la experiencia con SRI para alentar una mayor experimentación entre los agricultores.

## **Senegal**

El Centro de Agricultura Regenerativa apoyado por el Instituto Rodale, una ONG americana, ha desarrollado medidas con cientos de agricultores en la región semiárida de Thies (precipitación promedio 400 mm) para prevenir la erosión del suelo por el agua y el viento y para mejorar la fertilidad del suelo. Las medidas consistían en introducir árboles y arbustos de leguminosas como rompevientos y fuentes de materiales orgánicos, rotación y alternancia de leguminosas y cereales, particularmente maní y mijo, más el uso de estiércol o compost.

Los ensayos manejados por agricultores en siete localidades en un período de cinco años demostraron que si se añade compost al estiércol se aumenta el rendimiento del mijo y el maní de 30 a 74 por ciento. Compost y estiércol juntos dieron rendimientos de 95 a 105 por ciento mayores que los de las parcelas de control que no recibieron ningún tipo de nutriente orgánico (Diop, 1999). Las barreras de piedra para almacenar agua demostraron que incrementaban de 3 a 5 veces la capacidad del suelo para retener agua en un período de cinco años. Los agricultores están participando en el manejo del Centro así como en el mejoramiento de su propia finca.

## **Mali**

En el distrito de Douentza, una área más árida, con una precipitación anual de tan sólo 150 mm, una estación seca de 9 a 11 meses y sequías frecuentes, el Comité de Servicios Unitarios de Canadá ha estado trabajando con 18 poblados desde 1987. Según los estándares de FAO para estimar los requerimientos de alimentos, el distrito ha estado produciendo no más del 75 por ciento de sus necesidades de alimentos incluso en los mejores años.

Una combinación de prácticas de conservación de suelo y agua ha demostrado que los rendimientos de mijo y sorgo pueden ser incrementados con seguridad en un 50 por ciento, lo que haría por lo menos autosuficiente a la población de esta remota área. Las técnicas de almacenamiento del agua para proteger 4,000 hectáreas de terrenos arables

han ayudado a aumentar los rendimientos hasta 1.7 toneladas por hectárea, bastante lejos del nivel de 0.6 toneladas, previamente considerado un buen rendimiento. Los huertos de hortalizas y árboles frutales contribuyen más a la seguridad alimentaria en esta remota área (Fofana, 1999). Estos cambios se están llevando a cabo por medio de discusiones y planificación con las comunidades.

## **Malawi**

El Centro Internacional para el Manejo de los Recursos Acuáticos Vivos (ICLARM) ha estado trabajando con pequeños agricultores de este país para introducir la acuicultura de una forma integral. Los estanques de las fincas no son operadas como actividades de producción separadas sino que están situadas cerca de huertos de hortalizas a fin de utilizar y reciclar en conjunto el flujo de nutrientes. Cientos de pequeños propietarios producen ahora 1.35 a 1.65 toneladas promedio de pescado por hectárea por año en sus estanques. Esto es 50 a 80 por ciento más que el rendimiento promedio de 0.9 toneladas para las 48 piscigranjas especializadas más productivas del sur de Malawi (Brammett, 1999).

Los estanques, que son alimentadas en su mayor parte de los residuos del huerto y del hogar, generan tres veces más ingresos netos para una familia que el maíz y otros cultivos. El sistema se está difundiendo de un agricultor a otro. Una encuesta en el distrito de Zomba halló que el 80 por ciento de los agricultores que practican la pesca integral en su finca nunca tuvieron una demostración de esta práctica. En Zomba del Este, donde ICLARM trabajó con 34 campesinos en 1991-1995, actualmente 225 tienen piscigranjas en práctica. Este proceso de intensificación está avanzando espontáneamente sin ninguna ayuda exterior.

## ***Nigeria***

Un estudio de largo plazo del cambio agrícola desde 1900 (Tiffen 1976, y 1999) documenta cómo en Gombe, en la parte norte del país, los métodos de bajos insumos externos condujeron a avances significativos en los rendimientos. En particular, el estiércol de vacuno se usó para sembrar maíz, algodón y otros cultivos en una escala creciente.

En años más recientes, sin embargo, estos métodos han sido modificados bajo la presión del incremento de la población, apoyada en parte por los éxitos agrícolas. Este caso señala la capacidad de cambio de la agricultura. En 1967 el maíz no era un cultivo importante; 20 años después, representa un producto de exportación significativo a otras regiones de Nigeria.

(FOTO: PAG 17: Una campesina de Malagasi transplanta, ...)

## **Zambia y Kenia**

El Centro Internacional para la Investigación en Agroforestería (ICRAF) ha estado tratando de solucionar las limitaciones de la fertilidad del suelo en Africa por diversos métodos. Durante un período de barbecho de dos años, las hojas y las raíces de los arbustos de leguminosas acumulan unos 200 kg de nitrógeno por hectárea. Cuando éste se incorpora al suelo, el terreno puede resistir dos o tres cultivos subsecuentes de maíz duplicando o cuadruplicando los rendimientos del maíz (Sánchez 1999). Alrededor de 10,000 agricultores en Africa del Sur están usando ahora sesbania, tephrosia, gliricidia y otras leguminosas en esta forma. Esta práctica les da por hectárea la cantidad de nitrógeno equivalente a unos US\$240 de fertilizante (Kwesiga et al., 1999).

El girasol silvestre (*Tithonia diversifolia*) que tiene altas concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio en su biomasa se está usando como abono verde en Kenia para incrementar los rendimientos del maíz y hortalizas (Buresk et al. 1997). El ingreso de dinero en efectivo de las familias puede aumentar en 10 veces con esta fuente orgánica de mejoramiento de la fertilidad.

Los fosfatos de las rocas fosfóricas de alta reacción se usan para superar las deficiencias de fósforo en el suelo. Estas tecnologías son consideradas como un medio de dar poder, no sólo producción. Sánchez (1999) citó la frase de un agricultor de Zambia: “La agroforestería ha restaurado mi dignidad. Mi familia ya no padece hambre; incluso puedo ayudar a mis vecinos”.

## **RESUMEN DE LA REGIÓN**

El Centro para el Ambiente y la Sociedad de la Universidad de Essex, en el Reino Unido, ha llevado a cabo una evaluación de los proyectos o iniciativas para las alternativas a la agricultura sostenible a lo largo de Africa. Una revisión de 45 de ellos en 17 países africanos fue presentada en la conferencia (Pretty, 1999). Estos proyectos o iniciativas involucran a unas 730,000 familias campesinas cubriendo 600,000 y 900,000 hectáreas de tierra bajo prácticas agroecológicas.

El mejoramiento de los rendimientos del maíz y los bananos en estos países estuvo entre 50 y 100 por ciento; y el de la papa hasta 200 por ciento. Los menores incrementos en rendimiento estuvieron en el rango de 5 a 10 por ciento. Los beneficios adicionales fueron la diversificación de la producción, particularmente por medio de huertos hortícolas que producían todo el año, incluso en la estación seca, o la producción de peces en estanques, y la recuperación de tierras para futura producción.

## **América Latina** *América Central*

La ONG internacional World Neighbors comenzó a trabajar con las comunidades de los alrededores de San Martín Jilotepeque, Guatemala, en 1972, y en los alrededores de



Guinope, Honduras en 1981. Ellos han obtenido algunos incrementos trascendentales donde los agricultores son típicamente pequeños (0.5 y 2.5 hectáreas respectivamente) y la topografía, los suelos y las precipitaciones son limitantes. En siete y ocho años los rendimientos de maíz con los dos programas crecieron de 0.4-0.5 toneladas por hectárea a 2.5 toneladas, un gran salto. Este aumento se logró por medio de medidas de conservación del suelo, agregado de nutrientes –estiércol de pollo, abonos verdes y/o fertilizantes químicos- y otras mejoras en el manejo.

La estrategia de la experimentación del agricultor y la extensión de agricultor-a-agricultor que estos programas desarrollaron, condujeron a continuos incrementos auto-manejados en la productividad. En el caso de Guatemala, sin ayuda externa después de 1979 (y una guerra civil que devastó el área), los rendimientos de maíz aumentaron hasta 4.5 toneladas por hectárea en 1994, y en el caso de Honduras, hasta 3.7 toneladas. Hacia 1994 los rendimientos promedio del frijol eran de 1.35 toneladas por hectárea en los cuatro poblados de los dos países (Bunch, 1999). El enfoque agricultor-a-agricultor desarrollado por medio de estos programas (Bunch 1982) se ha extendido hacia otros países.

### ***Región andina***

World Neighbors comenzó a trabajar con las comunidades rurales en Perú en 1970 y en Bolivia en 1975. Otro programa fue iniciado en Ecuador en 1989. Los métodos de experimentación y extensión para agricultores han sido la base de estos programas. Una vez que los agricultores peruanos se involucraron en las pruebas y evaluaciones sistemáticas de diferentes variedades de papa y cebada, así como en diferentes prácticas de cultivo, lograron diferencias en el rendimiento de hasta 300 por ciento. Este resultado les permitió hacer mejores elecciones y obtener mayores retornos de su terreno y mano de obra. También notaron que las variedades producen resultados muy diferentes según el ambiente particular en el cual se desarrollan.

En Bolivia, donde el promedio de precipitación es sólo 500 mm en las áreas montañosas, los agricultores, iletrados en su mayoría, realizaron experimentos con parcelas randomizadas y mediante pruebas de significación estadística descubrieron que las diferencias en variedades y prácticas de manejo producen gran variación en los rendimientos de la papa. Las parcelas testigo produjeron hasta 44 toneladas por hectárea, comparadas con el promedio tradicional de 2 toneladas, incluso bajo condiciones difíciles de suelo y agua.

La papa es el principal cultivo alimenticio de la región. Se sabe que usando estiércol de oveja en los campos se elevan los rendimientos hasta en 5 toneladas por hectárea. Los agricultores que trabajan con World Neighbors aprendieron de los experimentos que podían alcanzar las 8 toneladas si cultivaban lupino como abono verde y luego lo mezclaban con el suelo para incrementar la materia orgánica y el nitrógeno. Combinando lupino con estiércol de oveja la producción puede llegar hasta 12 toneladas. Los cálculos de costo de producción mostraron que una inversión de \$18 de semilla de lupino más

mano de obra podría producir US\$1200 más de valor de las papas (Ruddell y Beingolea, 1999).

## ***Brasil***

En este país se ha visto una adopción amplia de los abonos verdes y cultivos de cobertura, que incrementan la actividad biológica y la retención del agua en el suelo. Un estimado de 40,000 agricultores usan ahora variaciones de esta tecnología en el sur de Brasil. Algunos usan equipo mecánico pesado y herbicidas, pero otros están desarrollando métodos más amigables para el medio ambiente como labranza mínima sin herbicidas. Desde 1987 los rendimientos del maíz se han elevado de 3 a 5 toneladas por hectárea, y la soya de 2.8 a 4.7 toneladas por hectárea (Altieri, 1999).

Cuando se mantiene la cobertura del suelo en esta forma se mejora enormemente la calidad del suelo y ello genera menor necesidad de mano de obra. Las especies de leguminosas y las prácticas de cultivo que funcionan mejor son específicas para cada lugar, por lo tanto, se requiere mucha experimentación y adaptación. Se está difundiendo ampliamente un proceso de experimentación de agricultores, apoyado por ONGs y otras organizaciones. Los propios agricultores han formado asociaciones para facilitar el intercambio de información.

## ***Otros ejemplos de America Latina***

Desde comienzos de los 80, más de 200 proyectos promovidos por las ONG de América Latina se han concentrado en promover tecnologías agroecológicas apropiadas a las complejidades del sistema campesino. Los cultivos múltiples (policultivos) han demostrado ventaja en el rendimiento de 20 hasta 60 por ciento. En México, una hectárea sembrada con una mezcla de maíz, zapallo y frijoles produce tanto alimento como 1.73 hectáreas de terreno sembrado sólo con maíz. Un campo con múltiples cultivos también produce el doble de materia seca (4 toneladas vs. 2 toneladas) que puede ser incorporada al suelo para mantener la fertilidad (Altieri 1999). Otra ventaja de tales sistemas es la mayor estabilidad del rendimiento cuando se dan variaciones climáticas, con un coeficiente de variabilidad en promedio 30 por ciento menor que con el monocultivo (Francis, 1986).

El uso de cultivos de cobertura se está difundiendo en América Central y del Sur. En Nicaragua, el movimiento de Campesino a Campesino ha movilizadounos 1,000 participantes en una cuenca sembrando leguminosas como cultivo de cobertura para recuperar terrenos degradados. El uso de fertilizantes químicos se redujo de 1.7 toneladas por hectárea a 0.4 toneladas, mientras que los rendimientos se incrementaron de 0.7 a 2 toneladas por hectárea, con una reducción de 20 por ciento en los costos de producción (Buckles et al., 1998). En algunos lugares se ha dejado de usar los cultivos de cobertura por los cambios en el ambiente económico, como el costo de oportunidad de mano de

obra, pero se están extendiendo hacia otras áreas donde existen mejores condiciones biofísicas y socioeconómicas (Neill y Lee, 1999).

## **Asia**

### ***Bangladesh***

El Programa Arroz-Peces fundado por el Departamento para el Desarrollo Internacional del Reino Unido y la Unión Europea, y administrado por CARE/Bangladesh, está trabajando actualmente con unas 150,000 familias rurales para expandir la producción de arroz dentro de sistemas agrícolas integrados que también practican el manejo integrado de plagas (MIP) con bajos insumos externos. El programa busca optimizar el uso de los recursos naturales disponibles y una mayor productividad del uso de la tierra. Aumentando el rendimiento del arroz de 3.8 toneladas por hectárea a 4.1 toneladas con una reducción de costos del 18-30 por ciento se logra elevar los ingresos de los agricultores participantes hasta un 50 por ciento más que los de los agricultores testigo del área, quienes tienen activos similares pero no participan en el proyecto.

Los resultados se han estabilizado con una variancia reducida de la producción del orden del 50 por ciento, comparada con la de los agricultores testigo. Si se crían peces en los arrozales y se usan cultivos de hortalizas en los bordes de las pozas, se puede alcanzar un ingreso de hasta \$240 por hectárea. Esto es casi el doble del ingreso obtenido por una hectárea con sólo arroz. Estas prácticas se han desarrollado y se han extendido por medio de las Escuelas de Campo para Agricultores. Estas escuelas aplican métodos de alta participación y siguen el ejemplo del programa MIP de Indonesia, desarrollado en los últimos 10 años con el apoyo de FAO (Oka, 1997). El programa Arroz-Peces pretende ahora alcanzar a un millón de familias a partir del próximo año (Dessilles, 1999).

### ***Sri Lanka***

Un programa similar de manejo integrado de plagas y cultivo se ha puesto en operación en este país, administrado por CARE y con apoyo técnico del Instituto de Recursos Naturales del Reino Unido. Como el programa MIP de Bangladesh, éste también usa la metodología de las Escuelas de Campo de Agricultores, la cual desarrolla las habilidades analíticas y de observación del agricultor en lugar de sólo enseñarles métodos de control de plagas. En la temporada de 1997-98, los rendimientos de arroz de agricultores que usaron métodos aprendidos en la escuela de campo fueron de 11 a 44 por ciento más elevados que los de agricultores que no recibieron capacitación en los mismos distritos, y sus ingresos netos fueron 38 a 178 por ciento mayores debido al menor costo de producción.

El programa abarca tanto cultivos de hortalizas como arroz. El incremento en los rendimientos con la capacitación en MIP para la producción de hortalizas estuvo entre el

7 y el 44 por ciento, con un incremento en los ingresos entre 12 y 129 por ciento para estos cultivos.

Hay una difusión rápida debido al método de agricultor a agricultor. Los resultados de 20 encuestas indican una expansión 13 veces mayor en el uso de MIP. Con un total de 4,287 agricultores capacitados, unos 55,000 agricultores usan ahora estos métodos (Jones, 1999). Esta difusión muestra el potencial de la diseminación, incluso de tecnologías complejas, liderada por agricultores, cuando los usuarios se involucran activamente en comprenderlas y adaptarlas, y no sólo reciben capacitación de cómo usarlas.

## ***Indonesia***

Un sistema agrícola nativo que no está ampliamente diseminado pero que es muy interesante es el complejo “agroforestal” de Indonesia, fue inventado por los locales que han vivido en las márgenes de los bosques tropicales durante generaciones. Después de hacer preparaciones de roza y quema, los cultivos son sembrados junto con plántulas de árboles que finalmente dan sombra al cultivo, ocupan diferentes estratos y producen cultivos de alto valor como frutas, resinas, plantas medicinales y madera de alta calidad (Michon y de Foresta, 1996).

Estos sistemas dan lugar a un estándar de vida más alto para quienes los manejan que el que disfrutan otras familias de la misma área que sólo plantan cultivos. Aún más, la población de plantas, pájaros y mamíferos asociados con las agroforests son tan extensas y diversas como las de los bosques silvestres adyacentes (Sánchez, 1999).

Las agroforests no fueron citadas como un ejemplo de sistema agrícola que puede expandirse a cualquier otro lugar, pero sí como un ejemplo de coexistencia productiva entre la agricultura y el ambiente natural donde el bienestar de la población puede ser mejorado sin sacrificar la integridad o los servicios del medio ambiente. Estos sistemas tienen un potencial de adopción en los márgenes de los bosques húmedos tropicales<sup>3</sup>. Sin embargo, para que las agroforests permanezcan viables necesitan reconocimiento y protección legal, y el ICRAF ha ayudado a negociar su situación legal con el gobierno.

## ***Filipinas***

Una de las principales limitaciones a la producción en el Sureste de Asia es el grado de pendiente de los terrenos, donde más de la mitad tienen un 8 por ciento de pendiente. Las prácticas convencionales agrícolas contribuyen a la erosión del suelo (60-200 toneladas por hectárea por año) y afectan la fertilidad de éste. Durante muchos años se aconsejó a los agricultores construir terrazas o sembrar cercos en los contornos para controlar la

---

<sup>3</sup>Las principales especies de las agroforests varían en forma natural; los ejemplos incluyen “damar” (para resina) en algunas partes de Sumatra y caucho de la jungla en otras partes de Indonesia; cacao en el sur de Camerún; “bolaina” en Perú; y “peach palm” en Brasil.

erosión, pero estas tecnologías no fueron adoptadas ampliamente, en parte por su requerimiento de mano de obra.

En la región de Claveria, al norte de Mindanao, ahora hay una tecnología más simple y más barata desarrollada por ICRAF y sus asociados, que los agricultores han adoptado ampliamente y están adaptando a sus condiciones. Esta tecnología (NVS en inglés) involucra franjas vegetativas naturales que pueden reducir casi completamente la pérdida del suelo. Los rendimientos de maíz han aumentado de 1 a 2 toneladas por hectárea hasta 2 – 3 toneladas, y la investigación muestra que esas franjas incrementan la fertilidad en el tiempo. Algunos agricultores obtienen 12 toneladas de maíz por hectárea a partir de dos cultivos al año. Las áreas pueden ser plantadas con árboles frutales u otras plantas de valor económico que posteriormente incrementa los ingresos.

Los agricultores estiman que estas franjas incrementan el valor de los terrenos en 35 –50 por ciento (Garrity, 1999). Es muy significativo que ahora los agricultores estén difundiendo esta tecnología de propia iniciativa. En los alrededores de Claveria se han formado más de 100 organizaciones de agricultores con alrededor de 2000 miembros, para promover el uso de estas franjas de vegetación natural. Esto es más o menos análogo al movimiento “LandCare” de Australia. Los grupos realizan experimentos para evaluar plantas o pastos alternativos que se puedan usar en las franjas y establecen viveros para asegurar la provisión de material de siembra. Los gobiernos locales ahora dan apoyo financiero a estas organizaciones que se están difundiendo en Mindanao.

#### **REQUISITOS PARA LA INNOVACIÓN**

Estos ejemplos de innovación agrícola se basan en ideas, recursos y manejo locales, así como en consideraciones científicas referentes al manejo de los recursos naturales (NRM, en inglés). Las innovaciones con frecuencia son estimuladas por las ONG o las instituciones de recursos naturales. La mayoría ilustran con ejemplos los principios del NRM y todas son consistentes con las consideraciones que provienen del análisis agroecológico.

La conferencia reconoció el potencial que tales innovaciones tendrían para cubrir las necesidades de alimentos en el mundo del futuro. Nuestro enfoque inicial estuvo centrado en las tecnologías y prácticas agrícolas que han sido creadas y adaptadas, así como en el incremento del rendimiento que se podría lograr con ellas, a menudo bajo condiciones muy marginales.

El análisis de los casos que consideramos también se centró en un análisis de los *procesos* por los cuales se desarrollaron y difundieron estas innovaciones. En casi todos los casos hubo una impresionante organización social, formal o informal, que se erigió sobre los conocimientos, roles, reglas e incentivos previos de las comunidades rurales y se crearon nuevas responsabilidades e interrelaciones donde era necesario.

Los estudios de caso dieron un testimonio constante de productividad por la participación y liderazgo de los agricultores en estos procesos. No queremos decir que todos los agricultores de las comunidades rurales estén ávidos de innovación. Como en otros grupos de seres humanos, hay grandes diferencias entre sus intereses y talentos.

Pero los participantes que trabajaron directamente en estos programas proporcionaron muchos ejemplos de situaciones en las cuales los agricultores mejoraron los enfoques estándar de la agricultura o generaron nuevas ideas. De este modo, concluimos que la extensión e investigación enfocada en el agricultor no debe considerarse pasada de moda en los proyectos de desarrollo, si no más bien debe ser una estrategia a largo plazo para mejorar la agricultura en sus diferentes dimensiones.

En los estudios de caso no fueron tan evidentes las grandes fuerzas políticas y económicas que dan forma a la evolución de los sistemas agrícolas en determinados países y bajo contextos locales. Muchas de las experiencias recogidas empezaron en una región en particular de un país o a pequeña escala, donde no necesariamente tenían el poder principal.

Algunas veces contaban con el apoyo de centros internacionales de investigación o agencias de donantes que hacían que el trabajo fuera menos vulnerable a la resistencia. Raras veces las innovaciones tenían al apoyo o el favor de las políticas establecidas. Pero como estaban favoreciendo la productividad, conservando recursos y beneficiando a las comunidades rurales, incluso a los miembros más pobres, las innovaciones han gozado de considerable legitimidad y cooperación.

No podemos saber cuáles serán los resultados donde la oposición a estos nuevos enfoques es fuerte, posiblemente secreta. El programa de MIP en Indonesia fue en un momento amenazado por los intereses comerciales que tenían millones de dólares invertidos para la importación de pesticidas químicos. En este caso, sin embargo, el fuerte respaldo de los altos niveles del gobierno ayudó a inhibir a la oposición. Es más, las unidades de gobierno locales contribuyeron a promover el MIP con sus propios presupuestos.

Para los programas promisorios aquí indicados, para lograr un alcance e impacto nacional, se necesitará políticas de apoyo y acuerdos institucionales. Las tecnologías no se difundirán por sí solas, especialmente si encuentran resistencia de sectores poderosos, porque proporcionan alternativas a prácticas que son lucrativas para los intereses comerciales, o si dan poder a la población rural en algunos sistemas políticos opresores. Será necesario investigar y reformar la política como componente integral del proceso de innovación.

En la medida en que los gobiernos y agencias donantes mantengan sus pronunciamientos referentes a la seguridad alimentaria, reducción de la pobreza y auspicio de mayor poder de los ciudadanos, será posible establecer e implementar políticas de apoyo. Que tales políticas sean aceptadas y puestas en práctica en el campo por profesionales del gobierno es uno de los mayores retos. Muchos dudan que los campesinos puedan alguna vez ser muy productivos y por lo tanto prefieren promover más el desarrollo liderado por

empresas de agronegocios con grandes capitales. La reticencia a aceptar que la evidencia de la innovación agroecológica de base popular es impresionante, sigue siendo un obstáculo al cambio rural progresivo.

Algunas nuevas orientaciones de la agricultura que señalamos aquí ya están funcionando y creciendo a una gran escala, tal como el manejo integrado de plagas en Indonesia (más de un millón de agricultores capacitados) y la cero labranza en Brasil (400,000 agricultores). Otros están comenzando a escalar: el programa arroz-peces en Bangladesh comenzará a expandirse a un millón de hogares el próximo año, y diez millones de familias están adoptando las prácticas de agroforestería en el centro y sur de África. En el caso indonesio, cientos de trabajadores del estado se han convertido en capacitadores de MIP porque han visto por sí mismos cuánto pueden mejorar las prácticas agrícolas cuando se establece una asociación con las comunidades. Probablemente habrá un mayor apoyo político a todos los niveles para que este cambio continúe, en la medida en que mayor cantidad de agricultores se involucren y se beneficien de la agricultura agroecológica.

#### **TRANSICIÓN EN LAS ÁREAS RURALES**

Una objeción presentada por algunos críticos es que los sistemas agrícolas que no usan cantidades significativas de capital o químicos conducen a los hogares rurales a la agricultura de pequeña escala por varias generaciones. Los partidarios de la modernización de la agricultura piensan que es un marca del progreso para muchos hogares dejar las áreas rurales y buscar un forma de poner en marcha la consolidación de la tierra, en la cual la agricultura sea a gran escala, más mecanizada y, según ellos, más productiva.

Esta concepción de agricultura, sin embargo, ignora el hecho de que mientras más grandes sean las fincas, serán más rentables para sus propietarios, pero pocas veces son más productivas en términos de retornos de la tierra. Donde la tierra es el factor de producción más escaso, la primera preocupación de la sociedad como un todo debe ser incrementar su productividad. Las propiedades más grandes siempre son trabajadas en menor grado que las pequeñas. En las grandes propiedades, donde el capital (mecanización) es sustituido por mano de obra, con frecuencia los rendimientos disminuyen en vez de aumentar.

¿Serán suficientes los ingresos de las pequeñas propiedades para satisfacer las aspiraciones de la población y sus necesidades? Esta es una pregunta importante. Los pequeños agricultores ya son más productivos por hectárea en todo el mundo que las fincas grandes, excepto cuando las unidades son tan pequeñas que las familias no les dedican mucha atención ni mano de obra (Berry y Cline, 1979; Johnson y Ruttan, 1994). Hemos visto que la intensificación basada en los principios agroecológicos ofrece posibilidades para producir ingresos sustancialmente mayores: hasta unas 10 veces en un caso en Kenia según Sánchez (1999). Donde el terreno es un factor limitante, las pequeñas propiedades usan tecnologías con mano de obra intensiva que, en general, dan

mayores retornos que las grandes fincas donde la mano de obra se emplea en forma extensiva.

Un estilo de vida urbano no es necesariamente el preferido por muchas personas que ahora viven en áreas rurales. Los mayores ingresos de las áreas urbanas están ligados comúnmente a costos de vida más altos, con una calidad de vida menos satisfactoria. Las mayores oportunidades por servicios públicos, diversión y entretenimiento de las áreas urbanas están asociadas con frecuencia al crimen, lugares atestados y otras condiciones no deseadas.

El desarrollo nacional deberá incluir un desarrollo urbano no agrícola. Nadie debería esperar que la agricultura emplee indefinidamente la misma fuerza laboral que ahora. La agroecología no está dirigida a mantener a los pobladores rurales “**abajo, en la finca**” sino a ayudarlos a mejorar su modo de vida y en especial sus recursos humanos, de modo que puedan tener mejores oportunidades.

Es necesario que los gobiernos y agencias externas ayuden a aumentar las oportunidades de la población rural. Los campesinos no deben estar confinados a una vida de pobreza rural debido a la baja productividad y disminución de la calidad de los recursos naturales. Tampoco tendrían que sentirse presionados a migrar a las zonas urbanas por las circunstancias económicas, más por desesperación que por deseo. Hay muchas oportunidades que la agroindustria rural puede crear para añadir valor y aumentar los ingresos a las áreas rurales, creando efectos beneficiosos a partir de la agricultura. Un ejemplo es el procesamiento de la resina de “damar” en los poblados de Sumatra, en Indonesia. Otra es la posibilidad de fabricar medicinas para una enfermedad de la próstata a partir de *Prunus* africana en la zona rural de Kenia, Madagascar y Camerún en los lugares cercanos a donde crece este raro pero muy valioso árbol.

Los tipos de mejoramiento agrícola señalados aquí, y otros más que pueden surgir si se siguen principios agroecológicos y enfoques participativos similares, reforzarán la posición de los pobladores rurales que ahora son marginales en términos económicos, sociales y políticos. Una vez que sean más productivos, seguros y confiables podrán mejorar sus medio ambiente rural con los recursos y la capacidad de organización que han adquirido. O pueden tener una vida más exitosa en las poblaciones rurales, centros regionales o aglomeraciones urbanas si éstos se ven más atractivos.

La falta de promoción de un desarrollo agrícola y rural enfocado hacia los pobladores, en la forma en que hemos presentado aquí, acelerará la migración hacia las áreas urbanas, sin considerar las oportunidades productivas que allí pueden usar para dar apoyo a la población. La experiencia recibida de Bolivia indica que mientras la tecnología concebida y desarrollada externamente puede ser un agregado a la producción agrícola, ésta contribuye poco al desarrollo humano, necesario para el avance en todos los sectores. Los agricultores que han desarrollado habilidades analíticas y confianza a partir de la experimentación agrícola tendrán mayor capacidad para ser productivos en las ciudades si alguna vez son desplazados a un ambiente urbano.



(FOTO PAG 25: DONDE LA PRODUCTIVIDAD RURAL ES BAJA, ...)

La agroecología no está ligada exclusivamente al uso de los recursos locales. Como se ha visto en el caso de Nigeria, cuando la población se hace más densa no es posible sostener suficiente ganado que produzca el abono necesario para mantener la fertilidad de los campos o cultivar suficiente biomasa para el compost. Esto hace necesario el uso de fertilizantes químicos. La roca fosfatada es un componente esencial de la recuperación en los suelos deficientes en fósforo de Africa. Mientras la recuperación del nitrógeno puede ser bien manejada por la agroecología, el fósforo debe provenir de fuentes minerales, aunque la solubilización biológica también es posible.

En Madagascar la mayoría de agricultores no pueden gastar en fertilizantes debido a los bajos rendimientos y ganancias que obtienen del arroz. El sistema de intensificación del cultivo de arroz introducido allí puede multiplicar los rendimientos en varias veces. Tarde o temprano será necesario añadir componentes inorgánicos al suelo, dado el nivel extremadamente bajo de fósforo en la mayor parte de las áreas. En los alrededores del Parque Nacional Ranomafana, el nivel es 3-4 ppm y menos de 10 ppm en los mejores lugares.

Pero si en 5 o 10 años se pueden lograr mejores rendimientos, los agricultores podrán comprar fertilizantes para mantener la fertilidad de su suelo, que depende en grado sumo de la disponibilidad de fósforo.

#### CAMBIOS EN LAS PRÁCTICAS Y ROLES

La conferencia llegó a la conclusión optimista que los pequeños agricultores en la mayor parte del mundo en desarrollo no necesitan vivir con un déficit de alimentos ni ser tan pobres como ahora los son. Los productores que no se beneficiaron de las tecnologías basadas en el uso intensivo de capitales o químicos porque éstas no eran apropiadas a sus condiciones, pueden obtener ganancias a partir de los métodos de producción que se basan en el uso intensivo del conocimiento, habilidades y manejo de una agricultura agroecológica.

Es indudable que las unidades agrícolas de gran escala en todo el mundo también se pueden beneficiar de la comprensión y adaptación de los principios y prácticas de tales sistemas, como lo están haciendo cada vez más en Estados Unidos y Europa (Pretty, 1998; Thrupp, 1998). Muchos tipos de agricultura pueden ser más productivos y eficientes si pueden incorporar biodiversidad, sinergia y otros aspectos de los ecosistemas que funcionan bien.

Brindándoles el apoyo apropiado, la mayoría de pequeños propietarios podrían alimentar a sus familias y comunidades, y elevar significativamente sus ingresos con el uso de estos

enfoques que combinan los principios participativos y agroecológicos. Más aún, muchas de las tecnologías pueden incrementar la producción más allá de las necesidades, de subsistencia de modo que estos hogares puedan contribuir a la seguridad alimentaria nacional e incluso alimentar a las crecientes poblaciones urbanas, y aun exportar productos de alto valor.

El potencial que se puede lograr se ha visto en los estudios de caso presentados. Que este potencial se haga realidad es incierto debido a que ello depende de mayores y más apropiadas inversiones y de políticas consistentes.

Es así que la inversión en los enfoques agrícolas alternativos ha sido mínima, una pequeña fracción de los recursos que han ingresado a la agricultura convencional. La mayor parte proviene de los propios agricultores, a los que se ha añadido recursos de instituciones de investigación, las ONG y universidades simpatizantes.

Las oportunidades para elevar la producción agrícola en una forma económicamente provechosa, positiva para el medio ambiente y que levante el nivel social están siendo abandonadas. Se justifica dirigir las inversiones en política e infraestructura hacia las denominadas áreas marginales por la creciente evidencia de que los retornos a la inversión son mayores en promedio que en las áreas con mayores ventajas, siempre y cuando las inversiones no sean escasas y esporádicas (Hazel y Fan, 2000).

Se sugirió que las comunidades rurales sean consideradas como una unidad de esfuerzo científico. No todos los agricultores tienen la misma capacidad o motivación para asumir el papel principal en experimentación y evaluación. Pero quienes tienen ese talento pueden motivar a otros a participar cuando se muestran resultados positivos. Hay gran cantidad de campesinos que son tan inteligentes como las personas de mayor nivel educativo que trabajan con ellos y quienes tienen una comprensión de los avances científicos así como de su aplicación para el logro de las metas agrícolas.

El desarrollo científico popular no debe ser aislado. Los ejemplos más exitosos, y los que pueden tener mayor impacto, están ligados a las ONG, instituciones de investigación nacionales e internacionales, universidades y oficinas del gobierno. Esos enlaces verticales son importantes, pero no más que los enlaces horizontales entre las propias comunidades, para intercambiar experiencias y apoyarse entre sí en el proceso. La extensión de agricultor a agricultor se ha podido apreciar en nuestro caso en Bolivia, Guatemala, Honduras, Kenia, Malawi, Filipinas, Sri Lanka y Zambia.

En lugar del modelo “lineal” de investigación y extensión, en el cual los científicos desarrollan nuevas tecnologías que se transmiten de los extensionistas a los agricultores, nuestra experiencia y observación apoya el modelo “triangular” formulado por Merrill Sands y sus colaboradores (1990) para el Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional (ISNAR). Este modelo considera a científicos, extensionistas y agricultores interactuando directamente en una relación de tres vértices. Tales esfuerzos colaborativos pueden ser productivos en distintas formas, según ha documentado Thrupp (1996, resumido en 1999).

El análisis económico es importante en este proceso, sobre todo si se considera el insumo mano de obra, porque para los agricultores el éxito agronómico no es suficiente. La mano de obra en las comunidades rurales tiene cero costo de oportunidad. La lenta difusión de muchas prácticas, que son sólidas desde el punto de vista agroecológico, se debe con frecuencia a su costo de mano de obra. Los retornos a la mano de obra en particular necesitan ser evaluados cuando se consideran las posibilidades de adopción y difusión de los sistemas agroecológicos.

Una vez aceptado esto, los participantes en la conferencia añadieron que el beneficio económico no es el único criterio que afecta las decisiones de los agricultores. Si bien los ingresos son importantes, especialmente para los pobres, no es la única preocupación. El riesgo es omnipresente en los ambientes rurales y es siempre una razón para descontar las proyecciones de los retornos. Aún más, en los lugares donde los mercados no son confiables o tienen difícil acceso (son caros), los hogares continuarán considerando el auto-abastecimiento como la estrategia más sabia para la seguridad alimentaria, no importa cuáles sean las ventajas atribuidas en principio a la participación en el mercado.

Los hogares tienen también valores culturales que necesitan ser respetados y la mayoría de padres dan gran importancia a las oportunidades para la siguiente generación. Mantener intacta y atractiva las comunidades rurales es de por sí un valor que está considerado junto con el incremento individual de los ingresos. Por lo tanto, aun cuando se necesita evaluar la economía, porque los agricultores quieren saber cómo afectarán las innovaciones a sus ingresos netos, ésta no debe ser considerada como el único determinante. Ésta es sólo uno de los muchos factores que tomarán en cuenta los agricultores al evaluar las prácticas agrícolas alternativas.

Debido a que las ganancias financieras de las innovaciones dependen del acceso a mercados remunerativos, el desarrollo de mercados y el acceso a ellos es particularmente importante. Este proceso puede involucrar esfuerzos tan complejos como anular controles y distorsiones, o cosas más simples como mejorar las carreteras. El acceso al crédito es menos crucial que cuando se promueve agricultura intensiva a base de capitales, porque se necesita comprar menos insumos externos, pero puede ser un acelerador en la adopción y difusión de nuevas prácticas.

La seguridad de la tenencia es importante en lugares donde se requiere inversión de mano de obra, si no dinero, para aumentar la fertilidad y productividad del suelo –por rotación de cultivos, sembrando abonos verdes o cultivos de cobertura, usando mulch o compost, construyendo terrazas, almacenando el agua, etc. Esto no siempre significa que los agricultores deben tener títulos legal-formales de los terrenos. Pero ellos deben sentirse seguros en su derecho a ganar el producto de su trabajo y a continuar haciendo uso de la tierra que está en proceso de mejoramiento. Esta es un área de reforma política e institucional que debería estar presente en todos los esfuerzos, agroecológicos u otros, para mejorar la agricultura.

Finalmente, este proceso de intensificación agrícola será beneficioso si tiene un apoyo funcional de los grupos de gobierno local y, en general, de un proceso de descentralización de las operaciones y de los poderes del gobierno. En el caso de Filipinas señalado aquí, con un mejoramiento de los presupuestos y autoridad a través de la descentralización, los gobiernos locales están contribuyendo a la difusión de los sistemas agrícolas NVS. El programa de MIP en Indonesia obtuvo logros importantes de las contribuciones a la expansión del gobierno central por parte de los gobiernos provinciales y distritales (*kakupaten*).

En Bolivia, el uso de abonos verdes de leguminosas comenzó cuando el país aún estaba altamente centralizado (una cuarta parte del área no tenía siquiera unidades de gobierno local). Después de la descentralización de 1993, muchos de los representantes locales elegidos habían sido agricultores o profesores para el programa de World Neighbors, quienes trajeron un elevado nivel de compromiso e integridad a esos cargos así como apoyo para difundir el desarrollo agrícola participativo.

Una conclusión general documentada por Thrupp (1996) es que estos tipos de desarrollo agrícola pueden ser acelerados y mejor guiados por la creación de múltiples y diversas alianzas o asociaciones. Esta ha sido también una experiencia en varios programas nacionales de CIIFAD (Uphoff, 1996).

A menudo se ha asumido que las asociaciones son más exitosas cuando son homogéneas. Puede ser cierto, pero los mayores beneficios van a los agricultores y más conocimientos llegan a otras asociaciones a partir de alianzas heterogéneas o arreglos de redes informales.

Cuando hay una variedad de asociados que trabajan juntos para resolver problemas y generar conocimientos, que van desde las comunidades a las oficinas nacionales de gobierno e incluso a las instituciones en otros países, hay un grupo más diverso de experiencia y recursos sobre el cual basarse. Cada socio puede contribuir a unir esfuerzos según su ventaja comparativa.

#### **DIFUSIÓN DE LA INNOVACIÓN**

Con frecuencia surge la pregunta de si los éxitos en pequeña escala logrados con estos nuevos lineamientos pueden ser aplicados a mayor escala y convertirse en programas nacionales. Esta pregunta podría ser replanteada para evitar las implicaciones de lo que se considera una “réplica”. Esto es inconsistente con la experiencia y filosofía de este enfoque.

Más apropiado sería desarrollar y difundir los efectos acumulativos de la “adición” de los esfuerzos individuales y comunitarios que tienen motivaciones similares, pero que deben ser evaluados y rediseñados cuidadosamente de acuerdo con la situación y las necesidades locales. Puede haber una amplia difusión de las tecnologías y prácticas en esta

forma, si los agricultores y grupos de agricultores se involucran por sí mismos en probar, evaluar y adaptar opciones más que en adoptarlas simplemente por el hecho que les han dicho que sería bueno hacerlo.

Para que los agricultores marginales y pequeños contribuyan en forma significativa a la producción futura de alimentos es necesario propiciar cambios institucionales y de inversión que hagan realidad este potencial. Estos cambios adquieren mayor importancia en la medida en que los procesos de globalización de la economía y la cultura se expanden más. Para que los agricultores puedan competir en los grandes mercados deben tener la “habilidad en finca”.

Los cambios en las oportunidades y en las fuerzas globales implican que el agricultor debe elegir entre varias opciones y hacer adaptaciones rápidas. La especialización económica se vuelve más apropiada conforme aumenta el acceso a los mercados, pero la lógica de la especialización no necesariamente debe ser extrema porque las fuerzas de los mercados están en constante cambio. Ceñirse a un solo tipo de producción puede ser fatal desde el punto de vista económico.

#### NECESIDAD DE CONOCIMIENTOS

El proceso de transformar las prácticas agrícolas en agroecológicas y apropiadas sigue siendo un reto, en parte debido a nuestro insuficiente conocimiento. Los casos presentados en la conferencia justifican algo de optimismo.

El concepto “síndrome de producción” (Andow y Hidaka, 1989) fue considerado útil porque reconocía la importancia de la sinergia entre las prácticas. Esto también ayuda a explicar las dificultades cuando se trata de cambiar un patrón de producción en “equilibrio” a uno más promisorio (Power, 1999).

En forma particular, todavía es insuficiente el conocimiento sobre los procesos y la dinámica ecológica del suelo. El suelo es el fundamento de toda la productividad en agricultura.

Ya que investigar para entender la dinámica y la integración de los agroecosistemas no parece ser una prioridad de los agricultores, este proceso debe ser principalmente una responsabilidad de los científicos, aunque esa investigación debe involucrar a los agricultores. Las áreas de investigación en el contexto agrícola en las cuales debe ser mayor la participación de los agricultores son: reciclaje y aplicación de los nutrientes (Fernandes, 1999); agroforestería (Sánchez, 1999); acuicultura como un componente integral de los sistemas agrícolas (Brammett, 1999); abonos verdes, cultivos de cobertura y mejoramiento del barbecho; uso de compost y mulch; uso de medios biológicos para control de plagas, enfermedades y malezas (Bunch, 1999; Desilles, 1997; Jones 1997; y otros); la contribución de los animales a los sistemas agrícolas integrados; y el manejo de

la tierra y el agua, particularmente el almacenamiento y cosecha del agua en pequeña escala.

En el campo socioeconómico, es preciso hacer estudios con agricultores sobre la adopción y adaptación de tecnologías agroecológicas, así como la “desadopción” donde es necesario. Hubo evidencia en los estudios de caso de una difusión amplia y rápida de algunas prácticas, pero también circunstancias de adopción lenta o interrumpida e incluso abandonada, por ejemplo, el sistema de cultivos mixtos mucuna-maíz usado en algunos lugares de Honduras (Neill y Lee, 1999) y el sistema agrícola empleado para cultivar camas en Bolivia (Lines, 1998; y Palacios, 1999).

Otras áreas donde el conocimiento es inadecuado como para apoyar con mayor eficiencia los procesos de extensión e investigación centrados en el agricultor son: ¿Qué tipo de políticas son las que apoyan o limitan más la iniciativa del agricultor? ¿Qué requisitos e impedimentos institucionales afectan estos procesos? ¿Cómo se puede desarrollar mercados más favorables para que la extensión y el desarrollo de tales procesos sea sostenible?

#### **Oportunidades**

Se sugirieron dos oportunidades particulares de innovación institucional. La primera es reorientar los sistemas de extensión actuales y contar con personal para dar apoyo al desarrollo y disseminación de la tecnología participativa. Esto significa apartarse de la instrucción de arriba hacia abajo para facilitar el aprendizaje de agricultores, investigadores y extensionistas en conjunto. La otra oportunidad es involucrar a los profesores y las escuelas en los procesos de experimentación y evaluación, ya que ello reforzará la participación de los padres y preparará mejor a las generaciones venideras de agricultores-experimentadores.

El enfoque al desarrollo agrícola propuesto, al tiempo que se basa en el conocimiento y la experiencia dentro de las comunidades agrícolas, mira mucho más allá. Los principios sinérgicos de la agroecología ayudarán a superar algunas de las limitaciones que resultan de los enfoques que dependen grandemente del capital, químicos y maquinarias, capitalizando al máximo el poder de la biología, lo que puede hacerse a un costo relativamente bajo. La educación formal y la alfabetización son importantes pero no suficientes de por sí. Estamos hablando de formas de agricultura basadas en el conocimiento intensivo, que transforman a la población rural a partir de sus papeles subordinados a través de la historia.

Hace tres décadas, cuando se lanzó la Revolución Verde, las elevadas expectativas para la población rural fueron conducidas por pocas personas fuera de las áreas rurales. No se consideró que cambios progresivos podrían ser iniciados por los propios agricultores. Sin embargo, los casos presentados en la conferencia dan abundante evidencia de que las

capacidades humanas disponibles, que pueden ser consideradas en un nuevo tipo de modernización agrícola, han sido subestimadas y concebidas en forma muy limitada.

Las tecnologías de la era posterior a la Revolución Verde todavía requieren la contribución extensiva de los científicos. Sin embargo, el desarrollo tecnológico será mucho más efectivo si caminamos con las dos “piernas”, la agroecología y la participación. La primera abarca todos los recursos y aspectos de los sistemas vivientes y la segunda se basa en una variedad de roles y talentos, con énfasis en los agricultores como co-generadores así como en todos los usuarios de la nueva tecnología.

### PREGUNTAS PARA LA DISCUSION

1. Cuales serian factores comunes que explican el éxito de los programas de desarrollo rural descritos en el capitulo?
2. Cómo se podrían difundir mas estos programas en su país? Que cambios serán necesarios a nivel institucional, de políticas, de mercado y a nivel de investigación y extensión agrícola?
3. Porque es importante que los agricultores participen en el proceso de desarrollo? Cuál es el rol que ellos deben tener en la definición, ejecución y evaluación de una iniciativa de desarrollo?



Agricultores en Republica Dominicana a cargo de un vivero comunitario para reproducir plantas para implementar sistemas agroforestales





Ladera degradada antes de sufrir intervencion agroecologica



Ladera tres años después de un manejo agroecológico enfatizando una sucesión de cultivos, comenzando con anuales y paulatinamente agregando especies perennes para finalizar con un diseño agroforestal

## CAPITULO 7

### **AGROECOLOGIA: PRINCIPIOS Y ESTRATEGIAS PARA UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE EN LA AMÉRICA LATINA DEL SIGLO XXI**

Durante “ la década perdida” y los años 90s, América Latina paso por periodos de crisis económica caracterizada por extraordinarios costos ambientales y sociales, en la mayoría de los casos no contabilizados por la economía neoliberal. A pesar de numerosos proyectos internacionales/nacionales de desarrollo rural, la pobreza, la inseguridad alimentaria, el deterioro de la salud y la degradación ambiental fueron problemas que continuaba aquejando a la población rural. Cada vez se hacia mas evidente que los modelos convencionales de modernización de la agricultura, basados en monocultivo dependientes de un alto nivel de insumos agroquímicos, eran un modelo no viable desde el punto de vista social y ecológico.

En la medida que los países Latinoamericanos se insertaban en el orden económico internacional, el modelo agro exportador se expandía en ausencia de una distribución efectiva de las tierras, beneficiando en primer lugar a los productores más ricos que controlaban los mejores terrenos. Estos cambios acentuaron la brecha entre campesinos y agricultores empresariales desencadenando una serie de procesos y tendencias preocupantes que se reflejaban en el aumento de la pobreza rural, la inseguridad alimentaria y la degradación de los recursos naturales. Este escenario no ha cambiado desde que el nuevo siglo empezó y aun constituye un desafío inmenso para científicos, políticos y agricultores para articular una visión de una agricultura que sea económicamente viable y más competitiva pero que a la vez sea socialmente mas justa y ecológicamente mas sana. Hay que reconocer que a pesar de las deficiencias internas, fuerzas externas a la región como la globalización, la emergencia de la biotecnología y el creciente control corporativo del sistema alimentario han jugado un papel clave en determinar el paupérrimo estado del arte de la agricultura Latinoamericana a comienzos del siglo XXI.

#### **LOS ULTIMOS 10 AÑOS**

Desde la Cumbre de Rio hasta hoy, la situación de la agricultura en América Latina no ha cambiado, mas bien se ha empeorado:

- 73 millones de los 123 millones de personas que habitan las zonas rurales aun viven en la pobreza, cifras que tienden a agravarse, especialmente entre la población indígena. La población campesina en las laderas representa el 40-50% de la población rural pobre.
- La agricultura campesina ocupa unas 60 millones de hectáreas, caracterizándose por un tamaño medio de finca de 1.8 hectáreas ( las cuales se continúan subdividiendo), sistemas en los cuales se genera el 41% de la producción agrícola para el consumo domestico, o sea el 51% del maíz, 77% de los frijoles y 61% de

- las papas. Esta producción campesina continua subsidiando la demanda urbana por alimentos al recibir precios bajos por sus productos. La caída de precios de los productos campesinos, la falta de crédito y la distancia a mercados son todos factores que contribuyen al empobrecimiento de los agricultores pequeños.
- Los campesinos además continúan siendo marginados por los avances tecnológicos; en México menos del 12 % adoptaron variedades mejoradas y solo el 25 % han incorporado fertilizantes. En los Andes, menos del 10% de los campesinos han tenido acceso a fertilizantes y variedades nuevas de papas. En otras palabras la mayoría del campesinado aun maneja sus sistemas con tecnologías de bajo insumo, en algunos casos por condiciones de pobreza, pero en muchos casos voluntariamente por tradición etnoecologica.
  - La producción de alimentos básicos ha crecido muy por debajo de la producción de forrajes para el ganado y de cultivos comerciales (no tradicionales) para la exportación. Mientras que los ingresos por exportación han declinado para café, cacao y algodón, las exportaciones de soya, flores y hortalizas se han incrementado entre 4-11%.
  - La tenencia de la tierra se torna cada vez mas concentrada en manos de grandes empresarios y corporaciones que controlan las mejores tierras, suelos y recursos hídricos para la producción de cultivos de alto valor comercial. La falta de oportunidades económicas en el área rural forzan a la migración de miles de personas, en especial jóvenes, contribuyendo a la feminización y ancianización del agro.
  - La agricultura comercial y de exportación ha conllevado al incremento en el uso de agroquímicos. La región consume el 9,3% de los pesticidas utilizados en el mundo. Solo en América del Sur se invierten mas de 2.700 millones de dólares anuales en importación de pesticidas, muchos de ellos prohibidos en el norte por razones ambientales o de salud humana. Muy pocos estudios han medido el impacto ambiental y social de esta intensificación agroquímica, pero se sospecha que supera los 10 mil millones de dólares al año, si se cuantificaran los costos ambientales de contaminación de aguas y suelos, danos a la vida silvestre y el envenenamiento de personas. Estos costos no incluyen los impactos ambientales asociados (contaminación de aguas con nitratos, eutrofización de ríos y lagos, etc.) con el incremento del uso de fertilizantes nitrogenados ni los problemas de salinización ligados al riego en zonas no apropiadas.

Hacia fines del siglo XX ya existían fuerzas que determinaban no solo que se produce, cuanto y como, sino también que se investiga, como, por y para quien. Aunque hay muchas fuerzas en juego, se podría afirmar que las principales son:

- La emergencia del sector privado como actor predominante en la investigación, y la dominancia del Mercado agrícola y tecnológico por un conglomerado de corporaciones que, combinado a un monopolio de patentes, tienen un control sin precedente sobre la base biológica de la agricultura y del sistema alimentario en general. Los sistemas actuales de protección de derechos de propiedad intelectual han tendido a aumentar el costo de transferencia tecnológica norte-sur, los cuales pueden dejar a los países latinoamericanos ( en especial el

campesinado) literalmente fuera del ámbito del acceso al nuevo conocimiento. De hecho, los derechos corporativos sobre los genes obligan a cualquier institución pública a negociar licencias con varias compañías biotecnológicas antes de que estas puedan liberar al campo una variedad de cultivo genéticamente modificada, que pudiera ser de utilidad a agricultores pobres. Esta tendencia puede constituir una oportunidad mas que un obstáculo para re-orientar la producción hacia una línea mas agroecologica basada en el bien común.

- Aunque se piensa que la apertura de la economía mundial conjuntamente con la liberación arancelaria trae consigo la posibilidad de que los agricultores de la región puedan vender en mercados hasta ahora inaccesibles; Como sabemos esto no es real ya que en la ausencia de subsidios, los precios agrícolas tienden a aumentar y los primeros en beneficiarse son los agricultores del Norte cuya agricultura se subsidia cada vez más. La globalización obliga a los países latinoamericanos a reducir los niveles de protección para los productos domésticos y eliminar las barreras para la importación ilimitada de productos europeos y norteamericanos. La experiencia de Haití uno de los países más pobres es ilustrativa. En 1986 Haití importaba alrededor de 7000 toneladas de arroz, porque la mayor parte se producía en la isla. Cuando abrió su economía, la isla fue inundada por arroz subsidiado de USA, llegando a importar en 1996, 196 mil toneladas de arroz a un costo de US \$ 100 millones anuales. No-solo Haití se hizo dependiente de importar arroz sino que el hambre se incremento.
- La difusión de la biotecnología como paradigma tecnológico prioritario, desplaza a otros enfoques mas integradores y holísticos en las universidades y centros de investigación y la siembra masiva de cultivos transgenicos ( en especial en Argentina, Chile y por contrabando en Paraguay y Brasil) comienza a desencadenar un proceso con efectos socioeconómicos y ambientales más dramáticos que los experimentados con la Revolución Verde. En Argentina la siembra de soya transgenica resistente al Round-up al facilitar el manejo de malezas, ha sido un instrumento efectivo para concentrar tierra, ya que la manera de sobrevivir en la agricultura de ese país es hacerse cada vez más grande, con el consiguiente aumento en área de soya transgenica, uso de glifosato y un decremento en el numero de propiedades agrícolas. En México la contaminación de variedades criollas de maíz en Oaxaca es el primer signo de que la integridad genética del centro de origen mundial de maíz se puede ver comprometida. En Chile, las corporaciones usan el doble verano del sur para multiplicar sus semillas transgenicas, en ausencia de todo monitoreo sobre posibles impactos del flujo de genes en el polen sobre poblaciones de insectos lepidópteros o plantas silvestres emparentadas, o de los cultivos BT sobre organismos benéficos en el suelo. Los efectos ecológicos de los cultivos obtenidos vía ingeniería genética no se limitan a la resistencia de plagas o a la creación de nuevas malezas o razas de virus. Los cultivos transgénicos pueden producir toxinas ambientales que se movilizan a través de la cadena alimentaria y que pueden llegar hasta el suelo y el agua afectando así a los invertebrados y probablemente alteren procesos ecológicos como el ciclo de los nutrientes. Aún más, la homogeneización en gran escala de

los terrenos con cultivos transgénicos exacerbará la vulnerabilidad ecológica asociada con la agricultura en base a monocultivos . No es aconsejable la expansión de esta tecnología a los países de la región. Hay fortaleza en la diversidad agrícola de muchos de estos países, la cual no debiera ser inhibida o reducida por el monocultivo extensivo, especialmente si el hacerlo ocasiona serios problemas sociales y ambientales.

- La dominancia del Internet y otros medios modernos de información podrían abrir una avenida importante para el desarrollo agrícola basado en el conocimiento, si es que estos medios no solo beneficiaran a aquellos con acceso a capital y la tecnología, dejando fuera del acceso al conocimiento a millones de pobres en la región. No hay duda que el conocimiento científico de punta será cada vez más costoso, restringido y poderoso. Las instituciones públicas dedicadas a la investigación y extensión agrícolas están cada vez más debilitadas sin posibilidades de resguardar de que el conocimiento llegue por otras vías accesibles a los miles de agricultores de menores recursos. Por otro lado han surgido varias iniciativas de base, como redes de agricultor a agricultor que han servido para la difusión masiva de conocimiento agroecológico.

Es claro que ha comienzos del siglo XXI la modernización agrícola no ha ayudado a solucionar el problema generalizado de la pobreza rural, ni ha mejorado la distribución de la tierra agrícola. Las opciones que se han ofrecido para modernizar la agricultura han sido buenas en el corto plazo para los agricultores de mejores recursos, pero no han sido adecuadas a las necesidades ni condiciones de los campesinos. Todo esto en presencia de políticas agrarias sesgadas contra la agricultura campesina, favoreciendo los cultivos de exportación no tradicionales que desplazan a los no tradicionales y a la producción de granos para consumo doméstico. La integración de los países al mercado internacional ignora las necesidades de los mercados locales-regionales y socaba las oportunidades de mejorar la balanza de pagos regionales a través de un programa de seguridad alimentaria que podría establecer las bases para reducir la pobreza masiva y crear un modelo más equitativo y sustentable de desarrollo.

### **EL DESAFIO PARA LA REGION EN LA PRIMERA DECADA DEL SIGLO XXI**

Toda visión seria y realista de la agricultura Latino Americana, ineludiblemente debe considerar los siguientes objetivos para mejorar la situación agrícola de la región:

- Reducir la pobreza
- Conservar y regenerar la base de recursos naturales (suelo, agua, biodiversidad, etc.)
- Promover la seguridad alimentaria a nivel local y regional
- Potenciar (empower) las comunidades rurales para que participen en los procesos de desarrollo
- Crear alianzas institucionales que faciliten un proceso participativo y autóctono de desarrollo

- Fomentar políticas agrarias que favorezcan el desarrollo agrícola sustentable y los mercados locales

Es importante recalcar que en esta visión de desarrollo sustentable no se trata de encajar la cuestión ambiental dentro de regímenes agrícolas ya establecidos, sino de buscar una sinergia real entre ecología, economía y ciencias agrarias y de implementar estrategias que vayan a la raíz de la pobreza, la degradación ambiental y la inequidad. Concretar esta visión significara reorientar la investigación, enseñanza y extensión agrícolas para enfrentar los desafíos de la gran masa de campesinos pobres y sus ecosistemas frágiles, pero asegurando también la sustentabilidad de la agricultura comercial en zonas más favorables y en áreas intensivas de producción. Para esto será necesario introducir una racionalidad ecológica en la agricultura para minimizar el uso de insumos agroquímicos y transgénicos, complementar los programas de conservación de agua, suelo y biodiversidad, planificar el paisaje productivo en función de las potencialidades del suelo y clima de cada eco región, y potenciar el rol multifuncional de la agricultura como generadora de ingresos, alimentos y servicios ambientales y culturales.

Para promover los cambios necesarios, será importante que los profesionales agrícolas que determinan políticas económicas y de manejo de recursos entiendan que:

- la maximización de los rendimientos y de la rentabilidad no se puede lograr sin considerar los límites ecológicos de la producción, ni tampoco sin considerar la equidad de como los beneficios de la producción serán distribuidos entre los que participan en el proceso de producción y consumo
- los problemas de la sostenibilidad no se pueden considerar aisladamente, ya que los sistemas de producción están ligados no solo a condiciones e instituciones locales, sino que también responden a presiones económicas y de mercado a nivel nacional y global
- No será posible continuar realizando análisis económico que excluya el valor de cambios en productividad o de las externalidades asociadas a la intensificación agrícola. Ignorar los costos ambientales “escondidos” solo sobre valora las prácticas agrícolas degradantes y subestima el valor de prácticas agroecológicas que conservan recursos.
- Las políticas agrícolas que ignoran la productividad y calidad de los recursos naturales contribuyen a disminuir la sustentabilidad y a causar pérdidas económicas significativas. Cuando se incluyen los costos de la degradación ambiental en el cálculo de la rentabilidad agrícola, las prácticas agroecológicas se perfilan competitivas con las de corte convencional.

Para realizar un cambio importante de la trayectoria agrícola en la región será fundamental centrar acciones en las siguientes áreas:

- Desarrollo y difusión de prácticas y tecnologías de base agroecológica

- Estimular organización social en comunidades rurales, facilitar acceso a tierra y recursos productivos, así como a servicios sociales e infraestructura
- Reformar instituciones de investigación y de extensión, de manera que la agenda de investigación responda a las necesidades y problemas locales.
- Cambios curriculares en las Universidades agrícolas para preparar los profesionales del futuro con una sólida base agroecológica
- Creación de sistemas de precios justos y de mercados solidarios y locales, así como incentivos (micro crédito, etc) para que los agricultores puedan adoptar practicas regeneradoras y comiencen la transición hacia una agricultura sustentable.

### **LA PROPUESTA AGROECOLOGICA**

Los defensores de la Revolución Verde sostienen que los países de América Latina deberían optar por un modelo industrial basado en variedades mejoradas ( en especial transgenicos) y en el creciente uso de fertilizantes y pesticidas a fin de proporcionar una provisión adicional de alimentos a sus crecientes poblaciones y economías. El problema es que la biotecnología no reduce el uso de agroquímicos ni aumenta los rendimientos. Tampoco beneficia a los consumidores ni a los agricultores pobres. Dado este escenario, un creciente número de agricultores, ONGs y otros propulsores de la agricultura sostenible propone que en lugar de este enfoque intensivo en capital e insumos, los países de la región deberían propiciar un modelo agroecológico que de énfasis a la biodiversidad, el reciclaje de los nutrientes, la sinergia entre cultivos, animales, suelos y otros componentes biológicos, así como a la regeneración y conservación de los recursos.

Una estrategia de desarrollo agrícola sostenible que mejora el medio ambiente debe estar basada en principios agroecológicos y en un método participativo en el desarrollo y difusión de tecnología. La agroecología es la ciencia que se basa en los principios ecológicos para el diseño y manejo de sistemas agrícolas sostenibles y de conservación de recursos, y que ofrece muchas ventajas para el desarrollo de tecnologías más favorables para el agricultor. La agroecología se erige sobre el conocimiento indígena y tecnologías modernas selectas de bajos insumos para diversificar la producción. El sistema incorpora principios biológicos y los recursos locales para el manejo de los sistemas agrícolas, proporcionando a los pequeños agricultores una forma ambientalmente sólida y rentable de intensificar la producción en áreas marginales.

En la búsqueda por reinstalar una racionalidad más ecológica en la producción agrícola los científicos y promotores han ignorado un aspecto esencial o central en el desarrollo de una agricultura más autosuficiente y sustentable: un entendimiento más profundo de la naturaleza de los agroecosistemas y de los principios por los cuales estos funcionan. Dada esta limitación, la agroecología emerge como una disciplina que provee los principios ecológicos básicos sobre cómo estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que son productivos y a su vez conservadores de los recursos naturales y que además, son culturalmente sensibles y socialmente y económicamente viables. La agroecología va más allá de un punto de vista unidimensional de los agroecosistemas(su genética, edafología y otros) para abrazar un entendimiento de los niveles ecológicos y sociales de



coevolución, estructura y función. En lugar de centrar su atención en algún componente particular del agroecosistema, la agroecología enfatiza las interrelaciones entre sus componentes y la dinámica compleja de los procesos ecológicos (Vandermeer, 1995). Los agroecosistemas son comunidades de plantas y animales interactuando con su ambiente físico y químico que ha sido modificado para producir alimentos, fibra, combustible y otros productos para el consumo y procesamiento humano. La agroecología es el estudio holístico de los agroecosistemas, incluidos todos los elementos ambientales y humanos. Centra su atención sobre la forma, la dinámica y función de sus interrelaciones y los procesos en el cual están envueltas. Un área usada para producción agrícola, por ejemplo un campo, es visto como un sistema complejo en el cual los procesos ecológicos que se encuentran en forma natural pueden ocurrir, por ejemplo: ciclaje de nutrientes, interacciones predador-presa, competencia, simbiosis y cambios sucesionales. Una idea implícita en las investigaciones agroecológicas es que, entendiendo estas relaciones y procesos ecológicos, los agroecosistemas pueden ser manejados para mejorar la producción de forma más sustentable, con menores impactos negativos ambientales y sociales y un menor uso de insumos externos. El diseño de tales sistemas está basado en la aplicación de los siguientes principios ecológicos (Reinjtjes *et al.*, 1992):

- Aumentar el reciclado de biomasa y optimizar la disponibilidad y el flujo balanceado de nutrientes.
- Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumentando la actividad biótica del suelo.
- Minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo de suelo a través del aumento en la cobertura.
- Diversificar específica y genéticamente el agroecosistema en el tiempo y el espacio.
- Aumentar las interacciones biológicas y los sinergismos entre los componentes de la biodiversidad promoviendo procesos y servicios ecológicos claves.

Estos principios pueden ser aplicados a través de varias técnicas y estrategias. Cada una de ellas tiene diferentes efectos sobre la productividad, estabilidad y resiliencia dentro del sistema de finca, dependiendo de las oportunidades locales, la disponibilidad de recursos y, en muchos casos, del mercado. El objetivo final del diseño agroecológico es integrar los componentes de manera tal de aumentar la eficiencia biológica general, y mantener la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistema (Tabla 1). El objetivo es diseñar una trama de agroecosistemas dentro de una unidad de paisaje, miméticos con la estructura y función de los ecosistemas naturales.

**Tabla 1. Procesos ecológicos que deben optimizarse en agroecosistemas**

• Fortalecer la inmunidad del sistema (funcionamiento apropiado del sistema natural de control de plagas)
• Disminuir la toxicidad a través de la eliminación de agroquímicos
• Optimizar la función metabólica (descomposición de la materia orgánica y ciclaje de nutrientes)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balance de los sistemas regulatorios (ciclos de nutrientes, balance de agua, flujo y energía, regulación de poblaciones, etc.)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar la conservación y regeneración de los recursos de suelo y agua y la biodiversidad</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar y sostener la productividad en el largo plazo</li> </ul>

#### AGROECOLOGIA Y EL DISEÑO DE AGROECOSISTEMAS SOSTENIBLES

Mucha gente involucrada en la promoción de la agricultura sustentable busca crear una forma de agricultura que mantenga la productividad en el largo plazo a través de (Pretty 1997; Vandermeer, 1995):

- Optimizar el uso de insumos localmente disponibles combinando los diferentes componentes del sistema de finca, por ejemplo, plantas, animales, suelo, agua, clima y gente de manera tal que se complementen los unos a los otros y tengan los mayores efectos sinérgicos posibles.
- Reducir el uso de insumos externos a la finca y los no renovables con gran potencial de daño al ambiente y a la salud de productores y consumidores, y un uso más restringido y localizado de los insumos remanentes, con la visión de minimizar los costos variables;
- Basarse principalmente en los recursos del agroecosistema reemplazando los insumos externos por reciclaje de nutrientes, una mejor conservación y un uso eficiente de insumos locales.
- Mejorar la relación entre los diseños de cultivo, el potencial productivo y las limitantes ambientales de clima y el paisaje, para asegurar la sustentabilidad en el largo plazo de los niveles actuales de producción.
- Trabajar para valorar y conservar la biodiversidad, tanto en regiones silvestres como domesticadas, haciendo un uso óptimo del potencial biológico y genético de las especies de plantas y animales presentes dentro y alrededor del agroecosistema.
- Aprovechar el conocimiento y las prácticas locales, incluidas las aproximaciones innovativas no siempre plenamente comprendidas todavía por los científicos, aunque ampliamente adoptadas por los agricultores

La agroecología provee el conocimiento y la metodología necesaria para desarrollar una agricultura que sea, por un lado, ambientalmente adecuada y, por el otro lado, altamente productiva, socialmente equitativa y económicamente viable. A través de la aplicación de los principios agroecológicos, el desafío básico de la agricultura sustentable de hacer un mejor uso de los recursos internos puede ser fácilmente alcanzado, minimizando el uso de insumos externos y preferentemente generando los recursos internos más eficientemente, a través de las estrategias de diversificación que aumenten los sinergismos entre los componentes clave del agroecosistema.

El objetivo final del diseño agroecológico es integrar los componentes de manera tal de aumentar la eficiencia biológica general, preservar la biodiversidad y mantener la capacidad productiva y autorregulatoria del agroecosistema. El objetivo es diseñar un

agroecosistema que imite la estructura y función de los ecosistemas naturales locales; esto es, un sistema con una alta diversidad de especies y un suelo biológicamente activo; un sistema que promueva el control natural de plagas, el reciclaje de nutrientes y una alta cobertura del suelo que prevenga las pérdidas de recursos edáficos.

#### AGROECOLOGIA Y AGRICULTURA CAMPESINA

Se estima que a nivel global, aproximadamente 1.9 a 2.2 mil millones de personas aún no han sido tocadas directa o indirectamente por la tecnología agrícola moderna. En América Latina la proyección es que la población rural permanecerá estable en 135 millones hasta el año 2005, pero 61 por ciento de esta población es pobre y la expectativa es que aumente. La mayor parte de la pobreza rural (cerca de 370 millones) se centra en áreas de escasos recursos, muy heterogéneas y predispuestas a riesgos. Sus sistemas agrícolas son de pequeña escala, complejos y diversos. La mayor pobreza se encuentra con más frecuencia en las zonas áridas o semiáridas, y en las montañas y laderas que son vulnerables desde el punto de vista ecológico. Tales fincas y sus complejos sistemas agrícolas constituyen grandes retos para los investigadores.

Para que beneficie a los campesinos pobres, la investigación y el desarrollo agrícolas deberían operar sobre la base de un enfoque «de abajo hacia arriba», usando y construyendo sobre los recursos disponibles -la población local, sus conocimientos y sus recursos naturales nativos. Debe tomarse muy en serio las necesidades, aspiraciones y circunstancias particulares de los pequeños agricultores, por medio de métodos participativos. Esto significa que desde la perspectiva de los agricultores pobres, las innovaciones tecnológicas deben:

- Ahorrar insumos y reducir costos
- Reducir riesgos
- Expandirse hacia las tierras marginales frágiles
- Ser congruentes con los sistemas agrícolas campesinos
- Mejorar la nutrición, la salud y el medio ambiente

Precisamente es debido a estos requerimientos que la agroecología ofrece más ventajas que la Revolución Verde y los métodos biotecnológicos. Entre las características promisorias de las técnicas agroecológicas esta el hecho que:

- Se basan en el conocimiento indígena y la racionalidad campesina
- Son económicamente viables, accesibles y basadas en los recursos locales
- Son sanas para el medio ambiente, sensibles desde el punto de vista social y cultural
- Evitan el riesgo y se adaptan a las condiciones del agricultor

- Mejoran la estabilidad y la productividad total de la finca y no sólo de cultivos particulares.

Hay miles de casos de productores rurales que, en asociación con ONGs y otras organizaciones, promueven sistemas agrícolas y conservan los recursos, manteniendo altos rendimientos, y que cumplen con los criterios antes mencionados. Aumentos de 50 a 100 por ciento en la producción son bastante comunes con la mayoría de métodos agroecológicos. En ocasiones, los rendimientos de los cultivos que constituyen el sustento de los pobres- arroz, frijoles, maíz, yuca, papa, cebada- se han multiplicado gracias al trabajo y al conocimiento local más que a la compra de insumos costosos, y capitalizando sobre los procesos de intensificación y sinergia. Más importante tal vez que sólo los rendimientos, es posible aumentar la producción total en forma significativa diversificando los sistemas agrícolas, usando al máximo los recursos disponibles.

Muchos ejemplos sustentan la efectividad de la aplicación de la agroecología en el mundo en desarrollo. Se estima que alrededor de 1.45 millones de familias rurales pobres que viven en 3.25 millones de hectáreas han adoptado tecnologías regeneradoras de los recursos incluyendo en Brasil, 200,000 agricultores que usan abonos verdes y cultivos de cobertura duplicando el rendimiento del maíz y trigo, y en Guatemala-Honduras donde 45,000 agricultores usaron la leguminosa *Mucuna* como cobertura para conservación del suelo triplicando los rendimientos del maíz en las laderas. En México aproximadamente 100,000 pequeños productores de café orgánico aumentaron su producción en 50 por ciento. Es claro que existen muchos ejemplos de iniciativas para mejorar la seguridad alimentaria a nivel de comunidades, las cuales han emergido a pesar de la existencia del orden macro-económico imperante. Cada una de estas iniciativas representa un “espacio de esperanza” (o faro agroecológico) para la gente involucrada, que pese a su estado disperso actual comienzan a constituirse en una masa crítica que desafía el orden imperante que perpetua el hambre y la inseguridad alimentaria. Muchas de estas iniciativas constituyen ejemplos exitosos de acción colectiva y representan lecciones valiosas de innovación local. La sistematización de principios agroecológicos y sociales que soslayan el éxito de tales iniciativas puede contribuir a la emergencia de guías metodológicas para promover acciones hacia la seguridad alimentaria en otras comunidades afectadas por el hambre. De hecho a pesar de la diversidad de iniciativas a lo largo de América Latina, las experiencias exitosas comparten una serie de comunalidades metodológicas:

- Incluyen participación social activa sobre todo de mujeres y jóvenes
- Se basan en conocimiento tradicional y recursos locales
- Usan enfoques y principios agroecológicos
- Usan metodologías participativas en la generación tecnológica
- Las comunidades están organizadas
- Se fomentan los mercados locales
- Se utilizan sistemas de micro-crédito y financiamiento.

Aspectos comunes a todas estas iniciativas es el foco en la innovación local, tecnologías y la conservación y uso recursos naturales autóctonos, el énfasis en evitar el riesgo y la

dependencia, el empoderamiento de las comunidades y la construcción de capital humano, fomentando que la juventud se quede en las áreas rurales.

## **HISTORIAS EXITOSAS EN AMÉRICA LATINA**

***Estabilización de las laderas en América Central:*** Quizás el principal reto de la agricultura en América Latina ha sido diseñar sistemas de cultivo para las áreas de laderas, que sean productivos y reduzcan la erosión. Vecinos Mundiales asumió este reto en Honduras a mediados de la década de los 80. El programa introdujo prácticas de conservación del suelo como el drenaje y el diseño de canales, barreras vegetales y paredes de roca, así como métodos de fertilización como el uso de abono de excremento de pollos y cultivos intercalados con leguminosas. Los rendimientos de granos se triplicaron y en algunos casos se cuadruplicaron, de 400 kg por hectárea a 1200-1600 kg. El aumento del rendimiento aseguró una amplia provisión de granos a las 1200 familias participantes en el programa.

Varias ONGs de América Central han promovido el uso de leguminosas como abono verde, una fuente gratuita de fertilizante orgánico. Los agricultores del norte de Honduras están usando el frijol velloso con excelentes resultados. Los rendimientos de maíz son ahora más del doble del promedio nacional, la erosión y las malezas están controladas y los costos de preparación del terreno son menores. Aprovechando la bien establecida red agricultor-a agricultor en Nicaragua, más de 1000 campesinos recuperaron tierras degradadas en la cuenca de San Juan en sólo un año de aplicación de esta sencilla tecnología. Estos agricultores han disminuido el uso de fertilizantes químicos de 1900 a 400 kg por hectárea, y han incrementado los rendimientos de 700 a 2000 kg por hectárea. Sus costos de producción son 22 por ciento menores que los de agricultores que usan fertilizantes químicos y monocultivo.

***Re-creando la Agricultura Inca:*** En 1984 varias ONGs y agencias estatales ayudaron a los agricultores locales en Puno-Perú, a reconstruir sus antiguos sistemas (waru-warus) que consisten en campos elevados rodeados de canales llenos de agua. Estos campos producen abundantes cultivos a pesar de las heladas destructoras comunes a altitudes de 4000 metros. La combinación de camas elevadas y canales modera la temperatura del suelo, alarga la temporada de cultivo y conduce a una mayor productividad en los waru-warus que en los suelos normales de las pampas con fertilización química. En el distrito de Huatta, los waru-warus produjeron rendimientos anuales de papa de 14 toneladas por hectárea, un contraste favorable con el promedio regional de rendimiento de papa que es de 1-4 toneladas por hectárea.

Varias ONGs y agencias gubernamentales en el Valle del Colca al sur del Perú han apoyado la reconstrucción de los andenes, ofreciendo a los campesinos préstamos con bajos intereses o semillas y otros insumos para restaurar los andenes abandonados. El primer año, los rendimientos de papa, maíz y cebada mostraron 43-65 por ciento de incremento comparado con los rendimientos de los campos en declive. Una leguminosa nativa (tarwi) se usó en rotación o como cultivo asociado en los andenes, para fijar el

nitrógeno, minimizar la necesidad de fertilizantes e incrementar la producción. Estudios en Bolivia, donde las leguminosas nativas se han usado en rotación de cultivos, muestran que aunque los rendimientos son mayores en campos de papas fertilizados químicamente y operados con maquinarias, los costos de energía son mayores y los beneficios económicos netos son menores que con el sistema agroecológico que enfatiza el tarwi (*Lupinus mutabilis*).

**Fincas integradas:** Numerosas ONGs han promovido fincas diversificadas en las cuales cada componente del sistema refuerza biológicamente a los otros componentes -por ejemplo, los residuos de un componente se convierten en insumos de otro-. Desde 1989 la ONG CET ha ayudado a los campesinos del Sur-Centro de Chile a producir alimento autosuficiente para todo el año reconstruyendo la capacidad productiva de la tierra. Se establecieron sistemas de finca modelo pequeñas, que consisten en policultivos y secuencias de rotación de forraje y cultivos alimenticios, bosques y árboles frutales, y animales. Los componentes se escogen de acuerdo a su contribución nutricional en subsiguientes rotaciones, a su adaptabilidad a las condiciones agroclimáticas locales, a los patrones de consumo de los campesinos locales y a las oportunidades de mercado.

La fertilidad del suelo de estas fincas ha mejorado y no han aparecido problemas serios de plagas o enfermedades. Los árboles frutales y los forrajes obtienen rendimientos mayores que el promedio, y la producción de leche y huevos supera con creces a la de las fincas convencionales de altos insumos. Un análisis nutricional del sistema demuestra que una familia típica produce 250 por ciento de proteína adicional, 80 y 550 por ciento de exceso de vitamina A y C, respectivamente, y 330 por ciento de calcio adicional. Si todos los productos de la finca se vendieran a precio de mayorista, la familia podría generar un ingreso neto mensual 1.5 veces mayor que el salario mínimo legal mensual en Chile, dedicando sólo unas pocas horas por semana a la finca. El tiempo libre lo usan los agricultores para otras actividades, dentro y fuera de la finca, que les generan ingresos.

En Cuba el Grupo gestor de agricultura orgánica del ACTAF ayudó a establecer numerosos sistemas agrícolas integrados en cooperativas de la provincia de La Habana. Se probaron diferentes policultivos en las cooperativas, como yuca-fríjol-maíz, tomate-yuca-maíz y camote-maíz. La productividad de estos policultivos fue 1.45 a 2.82 veces más elevada que la productividad de los monocultivos. El uso de abonos verdes aseguró una producción de zapallo equivalente a la que se obtiene aplicando 175 kg de úrea por hectárea. Además, las leguminosas mejoraron las características físicas y químicas del suelo y rompieron eficazmente el ciclo de infestación de insectos plaga claves.

Los casos resumidos son sólo un pequeño ejemplo de las miles de experiencias exitosas de agricultura sostenible implementada a nivel local. Los datos muestran que los sistemas agroecológicos, a través del tiempo, exhiben niveles más estables de producción total por unidad de área que los sistemas de altos insumos; producen tasas de retorno económicamente favorables; proveen retornos a la mano de obra y otros insumos suficientes para una vida aceptable para los pequeños agricultores y sus familias; y aseguran la protección y conservación del suelo, al tiempo que mejoran la biodiversidad. Lo que es más importante, estas experiencias que ponen énfasis en la investigación agricultor-a agricultor y adoptan métodos de extensión popular, representan incontables demostraciones de talento, creatividad y capacidad científica en las comunidades rurales.

Ello demuestra el hecho de que el recurso humano es la piedra angular de cualquier estrategia dirigida a incrementar las opciones para la población rural y especialmente para los agricultores de escasos recursos.

## **SISTEMAS ORGÁNICOS**

Los enfoques agroecológicos también pueden beneficiar a los agricultores medianos y grandes involucrados en la agricultura comercial, tanto en el mundo en desarrollo como en Estados Unidos y Europa. Gran parte del área manejada con agricultura orgánica se basa en la agroecología y se ha extendido en el mundo hasta alcanzar unos siete millones de hectáreas, de las cuales la mitad está en Europa y cerca de 1.1 millones en Estados Unidos. Sólo en Alemania hay alrededor de ocho mil fincas orgánicas que ocupan el 2 por ciento del total del área cultivada. En Italia las fincas orgánicas llegan a 18,000 y en Austria unas 20,000 fincas orgánicas constituyen el 10 por ciento del total de la producción agrícola.

En 1980 el Departamento de Agricultura de Estados Unidos estimó que había por lo menos once mil fincas orgánicas en Estados Unidos y por lo menos 24 mil que usaban alguna técnica orgánica. En California, los alimentos orgánicos constituyen uno de los segmentos de mayor crecimiento en la economía agrícola, con ventas al por menor creciendo de 20 a 25 por ciento al año. Cuba es el único país que está llevando a cabo una conversión masiva hacia los sistemas orgánicos, promovida por la caída de las importaciones de fertilizantes, pesticidas y petróleo luego del colapso de las relaciones con el bloque soviético en 1990. Los niveles de productividad de la isla se han recuperado rápidamente gracias a la promoción masiva de las técnicas agroecológicas tanto en áreas urbanas como rurales. En Argentina, Brasil y Chile la producción orgánica de hortalizas y frutas se ha expandido dramáticamente, al igual que la producción de café orgánico en México y América Central. La mayor parte de esta producción es para la exportación. El gran desafío es estimular mercados locales a precios justos, para que las poblaciones locales y en especial la de bajos recursos tenga acceso a alimentos más sanos, por ahora de acceso exclusivo a clases más pudientes.

Las investigaciones han demostrado que las fincas orgánicas pueden ser tan productivas como las convencionales, pero sin usar agroquímicos, consumiendo menos energía y conservando el suelo y el agua. En resumen, hay fuerte evidencia de que los métodos orgánicos pueden producir suficiente alimento para todos, y hacerlo de una generación a la siguiente sin disminuir los recursos naturales ni dañar el medio ambiente. En 1989 el Consejo Nacional de Investigación de USA describió estudios de caso de ocho fincas orgánicas abarcando un rango de fincas mixtas de granos/ganado de 400 acres en Ohio; hasta una de 1400 acres de uvas en California y Arizona. Los rendimientos en las fincas orgánicas fueron iguales o mejores que los promedios de rendimiento de las fincas convencionales intensivas de los alrededores. Una vez más estas fincas pudieron sostener su producción año tras año sin usar insumos sintéticos costosos, ni degradando el suelo.

En un estudio de largo plazo realizado por el Instituto Rodale en Pennsylvania, se probaron tres tipos de parcelas experimentales por casi dos décadas. Una sometida a una alta intensidad de rotación estándar de maíz y frijol soya, usando fertilizantes y pesticidas comerciales. Otra es un sistema orgánico al cual se ha añadido una rotación de pasto/leguminosas de forraje para alimentar al ganado vacuno, y cuyo estiércol se ha devuelto al terreno. La tercera es una rotación orgánica donde se ha mantenido la fertilidad del suelo únicamente con leguminosas como cultivos de cobertura que se incorporan al suelo durante la labranza. Los tres tipos de parcelas han dado ganancias iguales en términos de mercado. El rendimiento del maíz mostró una diferencia de menos del 1 por ciento. La rotación con estiércol ha sobrepasado a las otras dos en la acumulación de materia orgánica del suelo y nitrógeno y ha perdido pocos nutrientes que contaminan el agua del subsuelo. Durante la sequía récord de 1999, las parcelas dependientes de químicos rindieron sólo 16 bushels de frijol soya por acre; los campos orgánicos con leguminosas produjeron 30 bushels por acre y los que aplicaron estiércol obtuvieron 24.

Un estudio en el estado de Washington, demostró que después de un periodo de conversión de 5 años, las manzanas orgánicas alcanzaron niveles similares de productividad que las convencionales, pero causando un impacto ambiental 20 veces mas bajo que la manzana convencional. Si estos agricultores orgánicos fueran premiados por sus servicios ambientales, no hay duda que económicamente serian muchísimo más rentables que los convencionales.

La evidencia demuestra que la agricultura orgánica conserva los recursos naturales y protege el medio ambiente más que los sistemas convencionales. La investigación también muestra que las tasas de erosión del suelo son menores en las fincas orgánicas y que los niveles de biodiversidad son mayores. El razonamiento de ambos sistemas es totalmente diferente: los sistemas orgánicos se basan en la suposición que en cualquier momento el área se siembra con abono verde de leguminosas o cultivos de forraje que servirá para alimentar a las vacas, cuyo estiércol a la vez se incorporará al suelo. Las fincas químicas se basan en una suposición totalmente diferente: que su supervivencia depende de una fábrica de fertilizantes remota que a la vez está consumiendo vastas cantidades de combustibles fósiles y emitiendo gases. La experiencia agrícola orgánica de Norte América y Europa es directamente transferible a los países del cono sur (incluyendo el sur de Brasil), de hecho ya comienza a servir de guía para la conversión de muchos sistemas de producción, que incluso muestran signos de innovación local.

## CONCLUSIONES

La Agroecología provee una guía para desarrollar agroecosistemas que tomen ventaja de los efectos de la integración de la biodiversidad de plantas y animales. Tal integración aumenta las complejas interacciones y sinergismos y optimiza las funciones y procesos del agroecosistema tales como la regulación biótica de organismos perjudiciales, reciclado de nutrientes y la producción y acumulación de biomasa, permitiendo así al agroecosistema solventar su propio funcionamiento. El resultado final del diseño agroecológico es mejorar la sustentabilidad económica y ecológica del agroecosistema,



con un sistema de manejo propuesto a tono con la base local de recursos y con una estructura operacional acorde con las condiciones ambientales y socioeconómicas existentes. En una estrategia agroecológica los componentes de manejo son dirigidos con el objetivo de resaltar la conservación y mejoramiento de los recursos locales (germoplasma, suelo, fauna benéfica, diversidad vegetal, etc.) enfatizando el desarrollo de una metodología que valore la participación de los agricultores, el uso del conocimiento tradicional y la adaptación de las explotaciones agrícolas a las necesidades locales y las condiciones socioeconómicas y biofísicas.

No hay duda que aplicando los principios agroecológicos, una gran cantidad de pequeños agricultores que viven en los ambientes marginales de la región pueden producir mucho del alimento requerido para la soberanía alimentaria. La evidencia es concluyente: nuevos enfoques y tecnologías lideradas por agricultores, gobiernos locales y ONGs en todo el mundo ya están haciendo suficientes contribuciones a la seguridad alimentaria a nivel familiar, nacional y regional. Una gran variedad de métodos agroecológicos y participativos en muchos países muestran resultados incluso ante condiciones adversas. El potencial incluye: aumento de los rendimientos de los cereales de 50 a 200 por ciento, aumento de la estabilidad de la producción por medio de la diversificación y la conservación del agua y del suelo, mejora de las dietas y los ingresos con apoyo apropiado y difusión de estos métodos, y contribución a la seguridad alimentaria nacional y a las exportaciones.

El escalonamiento de las iniciativas exitosas es necesario para expandir los efectos positivos de estos “faros agroecológicos” para beneficiar a miles de familias y comunidades adicionales. Elementos esenciales a considerarse en el escalonamiento incluyen:

- Programas de educación popular
- Alianzas entre comunidades y agencias externas (ONGs, universidades, servicios de extensión, etc.)
- Intercambios y redes agricultor-agricultor
- Aplicación de principios agroecológicos
- Políticas agrícolas conducentes y voluntad política local
- Desarrollo de mercados justos locales-regionales
- Fortalecimiento institucional, etc.

La difusión de estas miles de innovaciones ecológicas también dependerá de las inversiones, políticas y cambios de actitud de parte de investigadores y de quienes toman decisiones. Los mayores cambios deben darse en políticas e instituciones de investigación y desarrollo para asegurar la difusión y adopción de las alternativas agroecológicas de manera equitativa, cosa que éstas sean multiplicadas y escalonadas a fin de que su beneficio total para la seguridad alimentaria sostenible pueda hacerse realidad. Deben desaparecer los subsidios y las políticas de incentivos que promueven los métodos químicos convencionales. Debe objetarse el control corporativo sobre el sistema alimentario. Los gobiernos y organizaciones públicas internacionales deben alentar y apoyar las asociaciones positivas entre las ONG, universidades locales y organizaciones campesinas para ayudar a los agricultores a lograr la seguridad alimentaria, la generación de ingresos y la conservación de los recursos naturales.

Se deben desarrollar oportunidades de mercado equitativas, con énfasis en el comercio justo y otros mecanismos que enlacen más directamente a agricultores y consumidores a nivel local, y que generen un precio justo a los agricultores. El reto final es incrementar la inversión y la investigación en agroecología y poner en práctica proyectos que hayan probado tener éxito para miles de agricultores. Sin embargo es crítico que para que el escalonamiento alcance niveles significativos, las acciones comunitarias deberán ligarse a movimientos sociales que desafían las raíces de la pobreza, el hambre y la inseguridad alimentaria y que demandan derechos básicos tales como acceso a la tierra, la soberanía alimentaria, servicios básicos de educación y salud, representación política, respeto a la diversidad cultural.

El escalonamiento masivo de las experiencias agroecologicas debería generar un impacto significativo en el ingreso, la seguridad alimentaria y bienestar medioambiental de la población en general, pero en especial de los millones de agricultores pobres a quienes todavía no ha llegado la tecnología agrícola moderna, y a los cuales la biotecnología no tiene nada que ofrecer.

#### **PREGUNTAS PARA LA DISCUSION**

1. Podría resumir cual fue la trayectoria y cual fueron los efectos de los programas de desarrollo agrícola en América Latina desde 1960 hasta el fin del siglo XX? Podría hacer este análisis para su país? Se diferencia de la situación general de América latina y como?
2. Cuales cree que serán los mayores impactos de la apertura económica, la biotecnología, los derechos intelectuales de propiedad y la nueva informática el desarrollo de la agricultura en su país?
3. Describa algunos proyectos de desarrollo rural con base agroecologica en su zona, y analice cuales han sido los beneficios que resultaron y las lecciones aprendidas de estas iniciativas?

## Capítulo 8

### BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA: MITOS, RIESGOS AMBIENTALES Y ALTERNATIVAS

Hasta hace unas cuatro décadas, los rendimientos agrícolas en los Estados Unidos se basaban en los recursos internos, el reciclaje de la materia orgánica, mecanismos de control biológico y patrones de lluvias. Los rendimientos agrícolas eran modestos pero estables. La producción estaba salvaguardada porque en el campo se cultivaba más de un producto o variedad en el tiempo y el espacio, como un seguro contra la aparición de plagas o la severidad climática. El nitrógeno del suelo era restablecido por la rotación de los principales cultivos con leguminosas. Las rotaciones destruían insectos, malezas y enfermedades gracias a la ruptura efectiva de los ciclos de vida de estas plagas. Un típico agricultor de maíz sembraba maíz en rotación con diversos cultivos, como soya, y la producción de granos menores era intrínseca para mantener ganado en la finca. La mayor parte del trabajo lo hacía la familia, que era dueña de la finca, con ayuda externa ocasional. No se compraba equipo ni se usaban insumos externos (Altieri 1994; Audirac 1997).

En el mundo en desarrollo, los pequeños agricultores impulsaron sistemas agrícolas aun más complejos y biodiversos, guiados por un conocimiento indígena que ha superado la prueba del tiempo (Thrupp, 1998). En este tipo de sistemas, la conexión entre agricultura y ecología era bastante fuerte y rara vez se evidenciaban signos de degradación ambiental.

Pero conforme la modernización agrícola avanzó, la conexión ecología-sistema agrícola fue destruida, ya que los principios ecológicos fueron ignorados u omitidos. El lucro, y no las necesidades de la gente o la preocupación por el ambiente, determinó la producción agrícola. Los intereses de los agronegocios y las políticas prevalecientes favorecieron las grandes fincas, la producción especializada, el monocultivo y la mecanización.

Hoy el monocultivo ha aumentado de manera drástica en todo el mundo, principalmente a través de la expansión geográfica anual de los terrenos dedicados a cultivos individuales. El monocultivo implicó la simplificación de la biodiversidad, dando como resultado final un ecosistema artificial que requiere constante intervención humana bajo la forma de insumos agroquímicos, los cuales, además de mejorar los rendimientos sólo temporalmente, dan como resultado altos costos ambientales y sociales no deseados. Conscientes de tales impactos, muchos científicos agrícolas han llegado al consenso general de que la agricultura moderna se enfrenta a una severa crisis ecológica (Conway y Pretty, 1991).

La pérdida anual en rendimientos debida a plagas en muchos cultivos (que en la mayoría llega hasta el 30 por ciento), a pesar del aumento sustancial en el uso de pesticidas

(alrededor de 500 millones de kg de ingrediente activo en todo el mundo), es un síntoma de la crisis ambiental que afecta la agricultura. Las plantas cultivadas que crecen como monocultivos genéticamente homogéneos no poseen los mecanismos ecológicos de defensa necesarios para tolerar el impacto de las poblaciones epidémicas de plagas (Altieri, 1994).

Cuando estos modelos agrícolas se exportaron a los países del Tercer Mundo a través de la llamada Revolución Verde, se exacerbaban aún más los problemas ambientales y sociales. La mayor parte de agricultores de escasos recursos de América Latina, Asia y África ganaron muy poco en este proceso de desarrollo y transferencia de tecnología de la Revolución Verde, porque las tecnologías propuestas no fueron neutras en cuanto a escala. Los agricultores con tierras más extensas y mejor mantenidas ganaron más, pero los agricultores con menores recursos que viven en ambientes marginales perdieron con mayor frecuencia y la disparidad de los ingresos se vio acentuada (Conway, 1997).

El cambio tecnológico ha favorecido principalmente la producción y/o exportación de cultivos comerciales producidos, sobre todo, por el sector de las grandes fincas, con un impacto marginal en la productividad de los cultivos para la seguridad alimentaria, mayormente en manos del sector campesino (Pretty, 1995). En las áreas donde se realizó el cambio progresivo de una agricultura de subsistencia a otra de economía monetaria, se pusieron en evidencia gran cantidad de problemas ecológicos y sociales: pérdida de autosuficiencia alimentaria, erosión genética, pérdida de la biodiversidad y del conocimiento tradicional, e incremento de la pobreza rural (Conroy *et al.* 1996).

Para sostener tales sistemas agro exportadores, muchos países en desarrollo se han convertido en importadores netos de insumos químicos y maquinaria agrícola, aumentando así los gastos gubernamentales y exacerbando la dependencia tecnológica. Por ejemplo, entre 1980 y 1984 América Latina importó cerca de US\$430 millones en pesticidas y unas 6.5 millones de toneladas de fertilizantes (Nicholls y Altieri, 1997). Este uso masivo de agroquímicos condujo a una enorme crisis ambiental de proporciones sociales y económicas inmensurables.

Lo irónico es el hecho de que los mismos intereses económicos que promovieron la primera ola de agricultura basada en agroquímicos están ahora celebrando y promoviendo la emergencia de la biotecnología como la más reciente varita mágica. La biotecnología, dicen, revolucionará la agricultura con productos basados en los métodos propios de la naturaleza, logrando una agricultura más amigable para el ambiente y más lucrativa para los agricultores, así como más saludable y nutritiva para los consumidores (Hobbelink, 1991).

La lucha global por conquistar el mercado está conduciendo a las grandes corporaciones a producir plantas desarrolladas con ingeniería genética (cultivos transgénicos) en todo el mundo (más de 40 millones de hectáreas en 1999) sin las apropiadas pruebas previas de impacto sobre la salud humana y los ecosistemas, a corto y largo plazo. Esta expansión ha recibido el apoyo de acuerdos de comercialización y distribución realizados por

corporaciones y marketeros (por ejemplo Ciba Seeds con Growmark y Mycogen Plant Sciences con Cargill) debido a la falta de reglamentación en muchos países en desarrollo.

En Estados Unidos las políticas del Food and Drug Organization (FDA) y la Environmental Protection Agency (EPA) consideran a los cultivos modificados genéticamente "sustancialmente equivalentes" a los cultivos convencionales. Estas políticas han sido desarrolladas en el contexto de un marco regulador inadecuado y en algunos casos inexistentes.

Las corporaciones de agroquímicos, las cuales controlan cada vez más la orientación y las metas de la innovación agrícola, sostienen que la ingeniería genética mejorará la sostenibilidad de la agricultura al resolver los muchos problemas que afectan a la agricultura convencional y librará al Tercer Mundo de la baja productividad, la pobreza y el hambre.

Comparando mito y realidad, el objetivo de este libro es cuestionar las falsas promesas hechas por la industria de la ingeniería genética. Ellos han prometido que los cultivos producidos por ingeniería genética impulsarán la agricultura lejos de la dependencia en insumos químicos, aumentarán la productividad, disminuirán los costos de insumos y ayudarán a reducir los problemas ambientales (Oficina de Evaluación Tecnológica, 1992). Al cuestionar los mitos de la biotecnología, aquí se muestra a la ingeniería genética como lo que realmente es: otro enredo tecnológico o "varita mágica" destinado a entrapar los problemas ambientales de la agricultura (que son el producto de un enredo tecnológico previo) sin cuestionar las suposiciones defectuosas que ocasionaron los problemas la primera vez (Hindmarsh, 1991). La biotecnología promueve soluciones basadas en el uso de genes individuales para los problemas derivados de sistemas de monocultivo ecológicamente inestables diseñados sobre modelos industriales de eficiencia. Tal enfoque unilateral y reduccionista ya ha probado que no es ecológicamente sólido en el caso de los pesticidas, enfoque que también adoptó un enfoque similar, usando el paradigma "un químico-una plaga" comparable al enfoque "un gen-una plaga" promovido por la biotecnología (Pimentel *et al.* 1992).

La agricultura industrial moderna, hoy convertida en epítome por la biotecnología, se basa en una premisa filosófica que es fundamentalmente errónea y que necesita ser expuesta y criticada para avanzar hacia una agricultura verdaderamente sostenible. Esto es particularmente relevante en el caso de la biotecnología, donde la alianza de la ciencia reduccionista y la industria multinacional monopolizadora llevan a la agricultura por un camino equivocado. La biotecnología percibe los problemas agrícolas como deficiencias genéticas de los organismos y trata a la naturaleza como una mercancía, y en el camino hace a los agricultores más dependientes de un sector de agronegocios que concentra cada vez más su poder sobre el sistema alimentario.

## **LA BIOTECNOLOGÍA, EL HAMBRE EN EL MUNDO Y EL BIENESTAR DE LOS AGRICULTORES**

### ***Poblaciones hambrientas en medio de la abundancia***

Las compañías de biotecnología sostienen que los organismos genéticamente modificados (GMOs en inglés) -específicamente las semillas genéticamente alteradas- son hallazgos científicos necesarios para alimentar al mundo y reducir la pobreza en los países en desarrollo. La mayoría de las organizaciones internacionales encargadas de la política y la investigación para el mejoramiento de la seguridad alimentaria en el mundo en desarrollo hacen eco de este punto de vista. Este punto se basa en dos suposiciones críticas: que el hambre se debe a una brecha entre la producción de alimentos y la densidad de la población humana o la tasa de crecimiento; y que la ingeniería genética es la única o la mejor forma de incrementar la producción agrícola y por lo tanto cubrir las futuras necesidades de alimento.

Un punto inicial para aclarar estas falsas concepciones es entender que no hay una relación entre la presencia del hambre en un país determinado y su población. Por cada nación hambrienta y densamente poblada como Bangladesh o Haití, hay un país escasamente poblado y hambriento como Brasil o Indonesia. El mundo hoy produce más alimentos por habitante que nunca antes. Hay suficiente alimento disponible para proveer 4,3 libras por persona cada día: 2,5 libras de granos, frijoles y nueces; alrededor de una libra de carne, leche y huevos y otra de frutas y verduras (Lappe *et al.* 1998).

En 1999 se produjo suficiente cantidad de granos en el mundo para alimentar una población de ocho mil millones de personas (seis mil millones habitaron el planeta en el 2000), si estos se distribuyeran equitativamente o no se dieran como alimento a los animales. Siete de cada diez libras de granos se usan para alimentar animales en Estados Unidos. Países como Brasil, Paraguay, Tailandia e Indonesia dedican miles de acres de tierras agrícolas a la producción de soya y yuca para exportar a Europa como alimento del ganado. Canalizando un tercio de los granos producidos en el mundo hacia la población hambrienta y necesitada, el hambre terminaría instantáneamente (Lappe *et al.* 1998).

El hambre también ha sido creado por la globalización, especialmente cuando los países en desarrollo adoptan las políticas de libre comercio recomendadas por agencias internacionales (reduciendo los aranceles y permitiendo el flujo de los productos de los países industrializados). La experiencia de Haití, uno de los países más pobres del mundo, es ilustrativa. En 1986 Haití importó sólo 7,000 toneladas de arroz, porque la mayor parte se producía en la isla. Cuando abrió su economía al mundo, los inundó un arroz más barato proveniente de los Estados Unidos, donde la industria del arroz es subsidiada. En 1996, Haití importó 196,000 toneladas de arroz foráneo al costo de US\$ 100 millones anuales. La producción de arroz haitiano se volvió insignificante cuando se concretó la dependencia en el arroz extranjero. El hambre se incrementó (Aristide, 2000).

Las causas reales del hambre son la pobreza, la desigualdad y la falta de acceso a los alimentos y a la tierra. Demasiada gente es muy pobre (alrededor de dos mil millones sobreviven con menos de un dólar al día) para comprar los alimentos disponibles (a menudo con una pobre distribución) o carecen de tierras y los recursos para sembrarla (Lappe *et al.* 1998). Porque la verdadera raíz del hambre es la desigualdad, cualquier

método diseñado para reforzar la producción de alimentos, pero que agudice esta desigualdad, fracasará en reducir el hambre. Por el contrario, sólo las tecnologías que tengan efectos positivos en la distribución de la riqueza, el ingreso y los activos, que estén a favor de los pobres, podrán en realidad reducir el hambre. Afortunadamente tales tecnologías existen y pueden agruparse bajo la disciplina de la agroecología, cuyo potencial es ampliamente demostrado y analizado más profundamente a lo largo de este libro (Altieri *et al.* 1998; Uphoff y Altieri, 1999).

Atacando la desigualdad por medio de reformas agrarias se mantiene la promesa de un aumento de la productividad que sobrepasa el potencial de la biotecnología agrícola. Mientras que los defensores de la industria hacen una promesa de 15, 20 e incluso 30 por ciento de aumento de los rendimientos por la biotecnología, los pequeños agricultores producen hoy de 200 a 1,000 por ciento más por unidad de área que las grandes fincas a nivel mundial (Rosset, 1999). Una estrategia clara para tomar ventaja de la productividad de las pequeñas fincas es impulsar reformas agrarias que reduzcan las grandes propiedades ineficientes e improductivas a un tamaño pequeño óptimo, y así proporcionar las bases para el incremento de la producción en fincas de pequeños agricultores, incrementos ante los cuales empalidecería la publicitada promesa productiva de la biotecnología.

Es importante entender que la mayor parte de innovaciones en la biotecnología agrícola se orientan a las ganancias más que a las necesidades. El verdadero motor de la industria de la ingeniería genética no es hacer la agricultura más productiva, sino generar mayores ingresos (Busch *et al.* 1990). Esto se ilustra revisando las principales tecnologías del mercado de hoy: (1) cultivos resistentes a los herbicidas, tales como la Soya Ready Roundup de Monsanto, semillas que son tolerantes al herbicida Roundup de Monsanto, y (2) los cultivos Bt (*Bacillus thuringiensis*) que han sido desarrollados por ingeniería genética para producir su propio insecticida. En el primer caso, la meta es ganar más participación de mercado de los herbicidas para un producto exclusivo, y en el segundo, aumentar las ventas de semillas aun a costa de dañar la utilidad de un producto clave para el manejo de plagas (el insecticida microbiano a base de Bt) en el que confían muchos agricultores, incluyendo a la mayoría de agricultores de cultivos orgánicos, como una poderosa alternativa a los insecticidas.

Estas tecnologías responden a la necesidad de las compañías de biotecnología de intensificar la dependencia de los agricultores en semillas protegidas por la llamada "propiedad intelectual" que entra en conflicto directamente con los antiguos derechos de los agricultores a reproducir, compartir o almacenar semillas (Fowler y Mooney 1990). Cada vez que pueden, las corporaciones obligan a los agricultores a comprar una marca de insumos de la compañía y les prohíben guardar o vender la semilla. Si los agricultores de los Estados Unidos adoptan soya transgénica, deben firmar un acuerdo con Monsanto. Si siembran soya transgénica al año siguiente, la multa es de unos \$3,000 por acre, dependiendo del área. Esta multa puede costarle al agricultor su finca, su hogar. Controlando el germoplasma desde la producción de semillas hasta su venta y obligando a los agricultores a pagar precios inflados por paquetes de semillas-químicos, las

compañías están decididas a extraer el máximo beneficio de su inversión (Krimsky y Wrubel, 1996).

### *¿QUÉ HAY DEL ARROZ DORADO?*

Los científicos que apoyan la biotecnología y están en desacuerdo con la afirmación que la mayor parte de la investigación en biotecnología está basada en el lucro más que en la necesidad, usan como parte de su retórica humanitaria, el recientemente desarrollado, pero todavía no comercializado, arroz dorado. Este arroz experimental es rico en beta caroteno, el precursor de la vitamina A, que es un producto nutritivo importante para millones de niños, especialmente en Asia, quienes sufren de deficiencia de Vitamina A que puede conducir a la ceguera.

Quienes han creado el arroz dorado dicen que este nuevo cultivo fue desarrollado con fondos públicos y que una vez que se demuestre su viabilidad en campos de cultivo, será distribuido gratuitamente entre los pobres. La idea de que un arroz genéticamente alterado es la forma apropiada de tratar la condición de dos millones de niños en riesgo de ceguera - inducida por la deficiencia de Vitamina A- revela una tremenda ingenuidad sobre las causas reales de la malnutrición por falta de vitaminas y micronutrientes. Si nos remitimos a los patrones de desarrollo y nutrición humanos, rápidamente nos damos cuenta que la deficiencia de Vitamina A no está caracterizada como un problema sino como un síntoma, una señal de alerta. Nos alerta de mayores deficiencias asociadas tanto con la pobreza como con el cambio en la agricultura, desde sistemas de cultivo diversificados hacia monocultivos, promovido por la Revolución Verde.

La gente no presenta deficiencia de Vitamina A porque el arroz contiene muy poca Vitamina A, o beta caroteno, sino porque su dieta se reduce solamente a arroz y a casi nada más, y sufren de otras enfermedades nutricionales que no se pueden tratar con beta caroteno, pero que podrían ser tratadas, junto con la deficiencia de Vitamina A, con una dieta más variada. El arroz dorado debe ser considerado un intento unidimensional de reparar un problema creado por la Revolución Verde: el problema de la disminución de la variedad de cultivos y la diversidad en la dieta.

Una solución de "varita mágica" que coloca beta caroteno en el arroz -con potencial daño ecológico y a la salud-, al tiempo que deja intacta a la pobreza, las dietas pobres y el monocultivo extensivo, no puede hacer ninguna contribución duradera al bienestar. Usando la frase de Vandana Shiva, "un enfoque de esa naturaleza revela ceguera ante las soluciones sencillas disponibles para combatir la ceguera inducida por la deficiencia de Vitamina A, que incluye a muchas plantas, que cuando son introducidas (o reintroducidas) en la dieta proporcionan el beta caroteno y otras vitaminas y micronutrientes."

Aunque los vegetales silvestres han sido considerados periféricos en los hogares campesinos, su recolección como se practica actualmente en muchas comunidades rurales constituye un aditivo significativo a la nutrición y subsistencia de las familias campesinas. Dentro y fuera de la periferia de las pozas de arroz hay abundantes vegetales



de hoja verde, silvestres y cultivados, ricos en vitaminas y nutrientes, muchos de los cuales son eliminados cuando los agricultores adoptan el monocultivo y los herbicidas asociados (Greenland, 1997).

Los biotecnólogos en arroz no entienden las profundas tradiciones culturales populares que determinan las preferencias de alimentos entre la población asiática, especialmente el significado social e incluso religioso del arroz blanco. Es altamente improbable que el arroz dorado reemplace al arroz blanco que por milenios ha jugado variados papeles en aspectos nutricionales, culinarios y ceremoniales. No cabe duda que el arroz dorado sacudirá las tradiciones asociadas con el arroz blanco en la misma forma en que lo harían las papas fritas verdes o azules en las preferencias de la gente de los Estados Unidos.

Pero incluso si el arroz dorado ingresa en los platos de los pobres de Asia, no hay una garantía de que ello beneficiará a la gente pobre que no come alimentos ricos en grasas o aceites. El beta caroteno es soluble en grasas y su ingestión por el intestino depende de la grasa o aceite de la dieta. Aún más, las personas que sufren de desnutrición proteica y carecen de dietas ricas en grasas no pueden almacenar bien la Vitamina A en el hígado ni pueden transportarla a los diferentes tejidos corporales donde se requiere. Debido a la baja concentración de beta caroteno en el arroz milagroso, las personas tendrían que comer más de un kilogramo de arroz diario para obtener la ración diaria recomendada de Vitamina A.

#### ¿AUMENTA LA BIOTECNOLOGÍA LOS RENDIMIENTOS?

Un importante argumento propuesto por los biotecnólogos es que los cultivos transgénicos aumentarán significativamente el rendimiento de los cultivos. Estas expectativas han sido examinadas por el informe (1999) del Servicio de Investigación Económica (Economic Research Service, ERS) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), a partir de datos recolectados en 1997 y 1998 para 112 y 18 combinaciones región/cultivo de Estados Unidos. Los cultivos observados fueron maíz Bt y algodón, y maíz, algodón y soya tolerantes a herbicidas (HT), y su contraparte de cultivos convencionales.

En 1997 los rendimientos no mostraron diferencias significativas entre los cultivos con y sin ingeniería genética en 7 de las 12 combinaciones cultivo/región. Cuatro de las 12 regiones mostraron incrementos significativos (13-21 %) en el rendimiento de las plantas con ingeniería (soya tolerante en tres regiones y algodón Bt en una región). El algodón tolerante a herbicidas en una región mostró una reducción significativa en el rendimiento (12 %) comparado con su contraparte convencional.

En 1998 los rendimientos no tuvieron diferencias significativas entre cultivos con y sin ingeniería en 12 de 18 combinaciones cultivo/región. Cinco combinaciones (maíz BT en dos regiones, maíz HT en una región, algodón Bt en dos regiones) mostraron aumentos significativos en el rendimiento (5 a 30%) de las plantas con ingeniería, pero sólo bajo presión alta del barrenador europeo del maíz, que es esporádico. De hecho muchos entomólogos piensan que la mayoría de los agricultores no se beneficiaran de las

tecnologías Bt bajo niveles promedios de ingestación del gusano barrenador, dado que niveles poblacionales negativos de esta plaga se dan esporádicamente una vez cada 4- 8 años. El algodón tolerante a herbicidas (tolerante al glifosato o Roundup) fue el único cultivo con ingeniería que no mostró aumentos significativos en el rendimiento en ninguna de las regiones donde fue probado.

En 1999, investigadores del Instituto de Agricultura y Recursos Naturales de la Universidad de Nebraska plantaron cinco diferentes variedades de soya de Monsanto, junto con sus parientes convencionales más cercanos y las variedades tradicionales de más alto rendimiento en cuatro localidades del estado, usando tierras de secano y campos irrigados. En promedio, los investigadores encontraron que las variedades tratadas por ingeniería genética -aunque más costosas- producían 6% menos que sus parientes cercanos sin ingeniería, y 11% menos que los cultivos convencionales de mayor rendimiento. Informes de Argentina muestran los mismos resultados de ausencia de un mejor rendimiento de la soya HT, la cual universalmente parece mostrar problemas de rendimiento.

Las pérdidas en el rendimiento se amplifican en cultivos como el maíz Bt donde se requiere que los agricultores dejen el 20 por ciento de su tierra como refugios de maíz no transgénico. Se espera que parcelas alternantes de maíz transgénico y no transgénico retarden la evolución de la resistencia a las plagas al proveer refugios a los insectos susceptibles a fin de que puedan cruzarse con insectos resistentes. Los cultivos en el refugio posiblemente sufran fuerte daño y de este modo los agricultores tendrán pérdidas en el rendimiento. Un refugio totalmente libre de pesticidas debe tener el 20 a 30% del tamaño de una parcela sometida a ingeniería, pero si se usan insecticidas, entonces el refugio debe tener alrededor del 40 por ciento del tamaño de la parcela biotecnológica porque asperjar con insecticidas incrementa el desarrollo de la resistencia al Bt (Mellon y Rissler, 1999).

Si por el contrario se dedicara el 30 por ciento de los terrenos cultivables a plantar soya bajo un diseño de cultivos en franjas con maíz (como muchos agricultores alternativos hacen en el medio oeste), se obtendrían rendimientos de más del 10% que con los monocultivos comparativos de maíz y soya, al tiempo que se introducirían potenciales para la rotación interna en el campo donde los arreglos contorneados minimizan la erosión en las laderas (Ghaffarzadeh *et al.* 1999), Más aún, el barrenador europeo del maíz sería minimizado porque las poblaciones de esta plaga tienden a ser menores en los sistemas de cultivos mixtos y rotativos (Andow, 1991).

En el caso del algodón no hay una necesidad demostrada de introducir la toxina Bt en el cultivo ya que la mayor parte de Lepidópteros (mariposas y polillas) que atacan este cultivo son plagas secundarias inducidas por los pesticidas. La mejor forma de enfrentarlas no es asperjando insecticidas sino usando el control biológico o técnicas culturales como la rotación o los cultivos alternados con alfalfa. En el sureste, la plaga clave es el gorgojo (boll weevil), inmune a la toxina Bt.

**¿CUÁLES SON LOS COSTOS PARA LOS AGRICULTORES AMERICANOS?**

Para evaluar la economía de la finca y el impacto de los cultivos transgénicos en las fincas de los Estados Unidos, es bueno examinar la realidad que enfrentan los agricultores de Iowa, quienes viven en el corazón de las tierras del maíz y la soya transgénicos. Aunque las malezas son una preocupación, el problema real que ellos enfrentan es la caída de los precios de sus productos debido a la superproducción a largo plazo. De 1990 a 1998 el precio promedio de una tonelada métrica de soya disminuyó en 62 por ciento y los retornos de los costos descendieron de \$532 a \$182 por hectárea, una caída del 66 por ciento. Frente a la caída de los retornos por hectárea los agricultores no tienen elección excepto "hacerse más grande o abandonar las tierras". Los agricultores sólo se podrán mantener en el negocio si incrementan el área de cultivo para compensar la caída en las ganancias por unidad de área. Cualquier tecnología que facilite el crecimiento será "adoptada", incluso si las ganancias de corto plazo son consumidas por los precios que continúan cayendo en la medida en que se expande el modelo agrícola industrial.

Para estos agricultores de Iowa la reducción de los retornos por unidad de tierra de cultivo ha reforzado la importancia de los herbicidas dentro del proceso productivo porque reducen el tiempo que dedican al cultivo mecanizado y permiten a un determinado agricultor sembrar más acres. Una encuesta llevada a cabo entre los agricultores de Iowa en 1998 indicó que el uso de glifosato con variedades de soya resistentes al glifosato redujo los costos del control de malezas en cerca del 30 por ciento comparado con el manejo convencional de malezas para las variedades no transgénicas. Sin embargo, los rendimientos de la soya resistente al glifosato fueron menores en cuatro por ciento y los retornos netos por unidad de área de terreno fueron casi idénticos en la soya resistente y en la convencional (Duffy, 1999).

Desde el punto de vista de la conveniencia y la reducción de costos, el uso de herbicidas de amplio espectro en combinación con variedades resistentes a los herbicidas atrae a los agricultores. Tales sistemas combinan muy bien con las operaciones en gran escala, la producción sin labranza y los subcontratos para la aplicación de químicos. Sin embargo, desde el punto de vista de precios, cualquier fluctuación en el precio de las variedades transgénicas en el mercado empeorará el impacto de los actuales precios bajos. Tomando en consideración que las exportaciones americanas de soya a la Unión Europea decayeron de 11 millones de toneladas a seis millones en 1999 debido al rechazo de los consumidores europeos a los organismos genéticamente modificados (GMOs), es fácil predecir un desastre para los agricultores que dependen de los cultivos transgénicos. Las soluciones duraderas al dilema que enfrentan los agricultores de Iowa no vendrán de los cultivos tolerantes a los herbicidas sino de una reestructuración general de la agricultura del medio oeste (Brummer, 1998).

La integración de las industrias de semillas y químicos puede acelerar el incremento de los gastos por hectárea de paquetes "semilla más químicos" trayendo retornos significativamente más bajos a los agricultores. Las compañías que desarrollan cultivos tolerantes a herbicidas están tratando de desviar el mayor costo posible por acre desde los herbicidas hacia la semilla vía mayores costos de semilla. En Illinois, la adopción de

cultivos resistentes a herbicidas ha convertido al sistema de semilla-manejo de malezas de la soya en el más caro en la historia moderna -entre \$40 y \$69 por acre, dependiendo de las tasas, la presión de las malezas, etc. Tres años antes, el promedio de costos de la semilla-más-control de malezas era de \$26 por acre y representaba el 23% de los costos variables. Hoy representa el 35-40% (Carpenter & Gianessi 1999). Muchos agricultores están deseosos de pagar por la simplicidad y efectividad de este nuevo sistema de manejo de malezas, pero tales ventajas pueden tener corta vida tan pronto como se presenten problemas ecológicos.

En el caso de cultivos BT la información demuestra que el uso de insectidas ha bajado especialmente en algodón. La mayoría de los estudios sugieren que se han bajado el número de aplicaciones por hectárea / año, resultando en una reducción en el uso nacional en USA de 450,000 kg de ingrediente activo (i.a.), pero esto representa solo una reducción de 0.18 kg i.a. por hectárea, o 9% reducción del promedio de 2.01 kg i.a. por hectárea. Para maíz Bt la reducción por hectárea equivale a 0.04-0.08 kg de i.a. por hectárea, un ahorro mínimo comparado con reducciones de 50% con manejo integrado y de 100% con agricultura orgánica.

Pero como se enfatizó antes, el costo final que los agricultores pagan es su creciente dependencia de los insumos biotecnológicos protegidos por un sistema severo de derechos de propiedad intelectual que legalmente inhibe el derecho de los agricultores a reproducir, compartir y almacenar semillas (Busch *et al.* 1990). Los agricultores que ejercen este derecho pero a la vez rompen el contrato firmado con una corporación pueden perder sus fincas ya que el contrato estipula que deben pagar \$ 3 mil dólares por acre por infringir el acuerdo. Para un agricultor con más de 100 acres el costo es desastroso.

### ¿LA BIOTECNOLOGÍA BENEFICIARÁ A LOS AGRICULTORES POBRES?

Muchas de las innovaciones de la biotecnología disponibles hoy eluden a los agricultores pobres, ya que estos agricultores no pueden pagar por las semillas protegidas por patentes, propiedad de las corporaciones biotecnológicas. La extensión de la tecnología moderna hacia los agricultores de escasos recursos ha estado históricamente limitada por considerables obstáculos ambientales. Se estima que 850 millones de personas viven en tierras amenazadas por la desertificación. Otros 500 millones viven en terrenos demasiado abruptos para ser cultivados. Debido a éstas y otras limitaciones, alrededor de dos millones de personas ni siquiera han sido alcanzadas por la ciencia agrícola moderna. La mayor parte de la pobreza rural se desarrolla en la banda latitudinal entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, la región más vulnerable a los efectos del recalentamiento global. En tales ambientes, una gran cantidad de tecnologías baratas y accesibles localmente están disponibles para mejorar y no limitar las opciones de los agricultores, una tendencia que es inhibida por la biotecnología controlada por las corporaciones.

Los investigadores en biotecnología piensan solucionar los problemas asociados con la producción de alimentos en esas áreas marginales desarrollando cultivos GM con características que los pequeños agricultores consideran deseables, tales como mayor

competitividad frente a las malezas y tolerancia a la sequía. Sin embargo, estos nuevos atributos no son necesariamente una panacea. Características como la tolerancia a la sequía son poligénicas (determinadas por la interacción de genes múltiples). En consecuencia, el desarrollo de cultivos con tales características es un proceso que tomaría por lo menos 10 años. Bajo estas circunstancias, la ingeniería genética no da algo por nada. Cuando se trabaja con genes múltiples para crear un rasgo determinado, es inevitable sacrificar otras características como la productividad. Como resultado, el uso de una planta tolerante a la sequía incrementaría los rendimientos de un cultivo sólo en 30-40 por ciento. Cualquier rendimiento adicional deberá provenir del mejoramiento de las prácticas ambientales (como la cosecha del agua o el mejoramiento de la materia orgánica del suelo para mejorar la retención de la humedad) más que de la manipulación genética de características específicas (Persley y Lantin, 2000).

Aun cuando la biotecnología pudiera contribuir a incrementar la cosecha en un cultivo, eso no significa que la pobreza disminuiría. Muchos agricultores pobres en los países en desarrollo no tienen acceso al dinero, al crédito, a la asistencia técnica o al mercado. La llamada Revolución Verde de los 50 y 60 ignoró a esos agricultores porque la siembra de las nuevas medidas de alto rendimiento y su mantenimiento por medio de pesticidas y fertilizantes era demasiado costosa para los campesinos pobres. Los datos, tanto de Asia como de América Latina, demuestran que los agricultores ricos con tierras más extensas y mejor llevadas obtuvieron más de la Revolución Verde, mientras los agricultores con menores recursos en general ganaron muy poco (Lappe *et al.* 1998). La nueva "Revolución Genética" sólo podría terminar repitiendo los errores de su predecesora.

Las semillas genéticamente modificadas están bajo control corporativo y bajo la protección de patentes y, como consecuencia, son muy caras. Ya que la mayor parte de las naciones en desarrollo todavía carecen de infraestructura institucional y crédito con bajos intereses, elementos necesarios para llevar estas semillas a los agricultores pobres, la biotecnología sólo exacerbará la marginalización.

Los agricultores pobres no tienen cabida en el nicho de mercado de las compañías privadas, cuyo enfoque está dirigido a las innovaciones biotecnológicas para los sectores agrícolas-comerciales de los países industrializados y desarrollados, donde tales corporaciones pueden esperar grandes retornos a su inversión en investigación. El sector privado a menudo ignora cultivos importantes como la yuca, que es un alimento fundamental para 500 millones de personas en el mundo. Los pocos agricultores empobrecidos que tendrán acceso a la biotecnología se volverán peligrosamente dependientes de las compras anuales de semillas genéticamente modificadas. Estos agricultores tendrán que atenerse a los onerosos acuerdos de propiedad intelectual y no sembrar las semillas obtenidas de una cosecha de las plantas producto de la bioingeniería. Tales condiciones constituyen una afrenta para los agricultores tradicionales, quienes por siglos han guardado y compartido semillas como parte de su legado cultural (Kloppenborg, 1998). Algunos científicos y formuladores de políticas sugieren que las grandes inversiones a través de asociaciones públicas-privadas pueden ayudar a los países en desarrollo a adquirir la capacidad científica e institucional para delinear la biotecnología de manera que se adapte a las necesidades y circunstancias de los pequeños

agricultores. Pero, una vez más, los derechos corporativos de propiedad intelectual sobre los genes y la tecnología de clonación de genes arruinarían tales planes. Por ejemplo, EMBRAPA (el Instituto Nacional de Investigación Agrícola de Brasil) debe negociar licencias con nueve diferentes compañías antes de poder lanzar una papaya resistente a virus, desarrollada con investigadores de la Universidad de Cornell (Persley y Lantin, 2000).

## **LOS ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS Y LA SALUD HUMANA**

### ***¿SON LOS CULTIVOS TRANSGÉNICOS SIMILARES A LOS CONVENCIONALES?***

Las agencias gubernamentales que regulan los cultivos obtenidos por la biotecnología consideran a estos "sustancialmente equivalentes" a los cultivos convencionales. Esta conjetura es inexacta y carece de base científica. La evidencia demuestra que la transferencia genética usando técnicas del ADNr es sustancialmente diferente de los procesos que gobiernan la transferencia de genes en el mejoramiento tradicional. En este esfuerzo, los mejoradores de plantas desarrollan nuevas variedades a través del proceso de selección y buscan la expresión de material genético que ya está presente dentro de una especie. El cruzamiento convencional involucra el movimiento de grupos de genes ligados funcionalmente, principalmente entre cromosomas similares, e incluye a los promotores relevantes, secuencias reguladoras y genes asociados involucrados en la expresión coordinada de la característica de interés en la planta.

La ingeniería genética trabaja principalmente por medio de la inserción de material genético, generalmente de fuentes sin precedentes, es decir, material genético que proviene de especies, familias e incluso reinos que anteriormente no podían ser fuentes de material genético para una especie en particular. El proceso involucra el uso de una "pistola inserta genes" (gene gun) y un "gen promotor" de un virus y un marcador como parte del paquete o construcción que se inserta en la célula de la planta hospedera. Las actuales tecnologías del ADNr consisten en la inserción al azar de genes en ausencia de secuencias normales del promotor y los genes reguladores asociados. Como hay pocos ejemplos de caracteres de plantas en las cuales se han identificado los genes reguladores asociados, actualmente no es posible introducir un gen totalmente "funcional" usando las técnicas de ADNr. Estas técnicas también involucran la inserción simultánea de promotores virales y marcadores selectivos que facilitan la introducción de genes de especies no compatibles. Estas transformaciones genéticas no pueden suceder cuando se usan los métodos tradicionales, lo cual explica ampliamente la forma tan abismal en que estos dos procesos difieren (Hansen, 1999).

En resumen, el proceso de ingeniería genética difiere claramente del mejoramiento convencional ya que éste se basa sobre todo en la selección a través de procesos naturales de reproducción sexual o asexual entre una especie o dentro de géneros estrechamente relacionados. La ingeniería genética usa un proceso de inserción de material genético, vía un "gene gun" o un transportador bacteriano especial, cosa que no ocurre en la naturaleza. Los biotecnólogos pueden insertar material genético en una especie a partir de cualquier

forma viviente, creando así organismos nuevos con los cuales no se tiene experiencia evolutiva.

### ***¿SE PUEDEN INGERIR LOS CULTIVOS TRANSGÉNICOS SIN PELIGRO?***

El prematuro lanzamiento comercial de los cultivos transgénicos, debido a la presión comercial y a las políticas de la FDA y la EPA que consideran a los cultivos genéticamente modificados "sustancialmente equivalentes" a los cultivos convencionales, ha tenido lugar en el contexto de un marco regulador aparentemente inadecuado, no transparente y, en algunos casos, inexistente. De hecho, la aprobación del lanzamiento comercial de los cultivos transgénicos se basa en la información científica proporcionada voluntariamente por las compañías que los producen.

Se estima que cerca del 50 % de los alimentos preparados basándose en maíz y soya en Estados Unidos proviene de maíz y frijol soya genéticamente modificados. La mayor parte de los consumidores desconocen esto y no tienen posibilidad de determinar si un alimento es transgénico, ya que estos no llevan una etiqueta que lo diga. Dado que ningún científico puede aseverar que tales alimentos están completamente libres de riesgos, se puede considerar que la mayoría de la población de los Estados Unidos está siendo sujeta a un experimento de alimentación en gran escala. Los consumidores de la Unión Europea (UE) han rechazado los alimentos genéticamente modificados (Lappe y Bailey, 1998).

Debido a los métodos no usuales utilizados para producir cultivos GM, algunos temen que las variantes genéticas producidas puedan introducir sustancias extrañas en la provisión de alimentos con efectos negativos inesperados sobre la salud humana. Una preocupación importante es que alguna proteína codificada por un gen introducido pueda ser un alérgeno y causar reacciones alérgicas en las poblaciones expuestas (Burks y Fuchs, 1995).

La biotecnología se emplea para introducir genes en diversas plantas que son fuentes de alimentos o componentes de varios alimentos. Los caracteres que se introducen incluyen resistencia a virus e insectos, tolerancia a los herbicidas y cambios en la composición o el contenido nutricional. Dada la diversidad de caracteres, es fácil predecir el potencial alérgico de las proteínas introducidas en los alimentos que provienen de fuentes sin registros de poseer alérgenos o que tienen secuencias de aminoácidos similares a las de alérgenos conocidos presentes en proteínas de mani, almendras, leche, huevos, soya, mariscos, pescado y trigo.

Hay una pequeña pero real posibilidad de que la ingeniería genética pueda transferir proteínas nuevas y no identificadas en los alimentos, provocando así reacciones alérgicas en millones de consumidores sensibles a los alérgenos, pero sin que haya posibilidad de identificarlos o de autoprotgerse de tales alimentos dañinos.

Otra preocupación está asociada con el hecho de que casi en todos los cultivos genéticamente modificados se incorporan genes de resistencia a los antibióticos como marcadores, para indicar que una planta ha sido modificada con éxito. Es de esperar que

estos genes y sus productos enzimáticos, que causan la inactivación de los antibióticos, estén presentes en los alimentos modificados y sean incorporados por las bacterias presentes en el estómago humano. Esto trae a colación importantes preguntas sobre las consecuencias en la salud humana, particularmente si comprometen la inmunidad (Ticciati y Ticciati, 1998).

El tratamiento con ingeniería genética puede eliminar o inactivar sustancias nutritivas valiosas en los alimentos. Investigaciones recientes demuestran que la soya modificada resistente a los herbicidas tiene menores niveles de isoflavonas (12-14 por ciento), fitoestrógenos clave (principalmente genistina) presentes en forma natural en la soya y que constituyen un potencial protector contra algunas formas de cáncer en la mujer (Lappe *et al.* 1998).

No hay científico que pueda negar la posibilidad de que cambiando la estructura genética fundamental de un alimento se puedan causar nuevas enfermedades o problemas de salud. No hay estudios de largo plazo que prueben la inocuidad de los cultivos genéticamente modificados. Estos productos no han sido probados en forma exhaustiva antes de llegar a los estantes de las tiendas. A pesar de esto, los cultivos transgénicos están siendo probados en los consumidores.

#### **BIOTECNOLOGÍA, AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE**

La biotecnología se está usando para reparar los problemas causados por previas tecnologías agroquímicas (resistencia a los pesticidas, polución, degradación del suelo, etc.) desarrolladas por las mismas compañías que ahora lideran la biorevolución. Los cultivos transgénicos creados para el control de plagas siguen de cerca los paradigmas de usar un solo mecanismo de control (un pesticida) que ha demostrado repetidas veces su fracaso frente a insectos, patógenos y plagas (Consejo Nacional de Investigación 1996). El promocionado enfoque "un gen - una plaga" será fácilmente superado por plagas que continuamente se adaptan a nuevas situaciones y desarrollan mecanismos de detoxificación (Robinson, 1996).

La agricultura desarrollada con cultivos transgénicos favorece los monocultivos que se caracterizan por niveles peligrosamente altos de homogeneidad genética, que a su vez conducen a una mayor vulnerabilidad de los sistemas agrícolas ante situaciones de estrés biótico y abiótico (Robinson, 1996). Cuando se promueve el monocultivo también se inhiben los métodos agrícolas ecológicos, como las rotaciones y los cultivos múltiples, exacerbando así los problemas de la agricultura convencional (Altieri, 2000).

En la medida en que las semillas obtenidas por ingeniería genética reemplacen a las antiguas variedades tradicionales y sus parientes silvestres, la erosión genética se acelerará en el Tercer Mundo (Fowler y Mooney, 1990). La búsqueda de uniformidad no sólo destruirá la diversidad de los recursos genéticos sino que alterará la complejidad biológica en la cual se basa la sostenibilidad de los sistemas tradicionales de cultivo (Altieri, 1996).



Hay muchas preguntas ecológicas sin respuesta sobre el impacto del lanzamiento de plantas y microorganismos transgénicos en el medio ambiente y la evidencia disponible apoya la posición de que el impacto puede ser sustancial. Entre los principales riesgos ambientales asociados con las plantas producidas por ingeniería genética están la transferencia involuntaria de "transgenes" a las especies silvestres relacionadas, con efectos ecológicos impredecibles.

### **El impacto de los cultivos resistentes a herbicidas**

#### *Resistencia a los herbicidas*

Al crear cultivos resistentes a sus herbicidas, las compañías biotecnológicas pueden expandir mercados para sus productos químicos patentados. (En 1997, 50 mil agricultores plantaron 3.6 millones de hectáreas de soya resistente a los herbicidas, equivalente al 13 % de los 71 millones de acres de soya a nivel nacional en Estados Unidos, Duke 1996). Los observadores dieron un valor de \$75 millones a los cultivos resistentes a los herbicidas en 1995, el primer año de comercialización, lo que indica que para el año 2000 el mercado sería de unos 805 millones de dólares, que representan un crecimiento del 61 por ciento (Carpenter y Gianessi, 1999).

El uso continuo de herbicidas como bromoxynil y glifosato (también conocido como Roundup de Monsanto), tolerados por cultivos resistentes a estos herbicidas, puede acarrear problemas (Goldberg, 1992). Se sabe muy bien que cuando un solo herbicida se usa continuamente en un cultivo, se incrementa enormemente el riesgo de desarrollo de resistencia al herbicida en las poblaciones de malezas (Holt *et al.* 1993). Se conocen unos 216 casos de resistencia a una o más familias de herbicidas (Holt y Le Baron 1990). Los herbicidas del grupo Trizzinas registran la mayor cantidad de especies de malezas resistentes (alrededor de 60).

Dada la presión de la industria para incrementar las ventas de herbicidas, el área tratada con herbicidas de amplio espectro se expandirá, intensificando así el problema de la resistencia. Por ejemplo, se ha proyectado que el área tratada con glifosato se incrementará en unos 150 millones de acres. Aunque el glifosato se considera menos propicio para crear resistencia en malezas, el aumento en el uso del herbicida dará como resultado resistencia de las malezas, aun cuando sea más lenta. Esto ya ha sido registrado en poblaciones australianas de pastos como ryegrass, quackgrass, *Eleusine indica* y *Cirsium arvense* (Gill, 1995).

#### *Los herbicidas destruyen más que las malezas*

Las compañías biotecnológicas sostienen que el bromoxynil y el glifosato se degradan rápidamente en el suelo cuando se aplican con propiedad, no se acumulan en el agua subterránea, no tienen efectos sobre otros organismos y no dejan residuos en los alimentos. Sin embargo, hay evidencia de que el bromoxynil causa defectos congénitos en animales, es tóxico para los peces y puede causar cáncer en los seres humanos (Goldberg 1992). Debido a que el bromoxynil se absorbe a través de la piel, y porque

causa defectos congénitos en roedores, es probable que sea peligrosos para los agricultores y trabajadores del campo. Asimismo, se ha informado que el glifosato es tóxico para algunas especies que habitan en el suelo, incluyendo predadores, como arañas, escarabajos carábidos y coccinélidos, y para otros que se alimentan de detritos como los gusanos de tierra, así como para organismos acuáticos, incluyendo peces (Paoletti y Pimentel, 1996). Se sabe que este herbicida se acumula en frutas y tubérculos porque sufre relativamente poca degradación metabólica en las plantas, por lo que surgen preguntas sobre su inocuidad, especialmente ahora que se usan anualmente más de 37 millones de libras de este herbicida sólo en Estados Unidos. Más aún, las investigaciones demuestran que el glyphosate tiende a actuar en una forma similar a la de los antibióticos, alterando en una forma todavía desconocida la biología del suelo y causando efectos tales como:

- Reducir la habilidad de la soya y del trébol para fijar nitrógeno
- Hacer más vulnerables a las enfermedades a las plantas de frijol
- Reducir el crecimiento de las micorrizas que moran en el suelo, hongos clave para ayudar a las plantas a extraer el fósforo del suelo.

### *Creación de "supermalezas"*

Aunque hay cierta preocupación porque los cultivos transgénicos por sí mismos puedan convertirse en malezas, el principal riesgo ecológico es que el lanzamiento en gran escala de los cultivos transgénicos promueva la transferencia de transgenes de los cultivos a otras plantas, las cuales podrían transformarse en malezas (Darmency, 1994). Los transgenes que confieren ventajas biológicas significativas, que pueden transformar plantas silvestres en nuevas o peores malezas (Rissler y Mello, 1996). El proceso biológico que nos preocupa es la introgresión-hibridación entre especies de plantas diferentes pero emparentadas. La evidencia señala que tales intercambios genéticos ya se realizan entre plantas silvestres, malezas y especies cultivadas. La incidencia de *Sorghum bicolor*, una maleza emparentada con el sorgo y el flujo genético entre el maíz y el teosinte demuestran el potencial de que los parientes de los cultivos puedan convertirse en malezas peligrosas. Esto es preocupante dada la cantidad de cultivos que crecen en las proximidades de sus parientes silvestres sexualmente compatibles en Estados Unidos (Lutman, 1999). Debe tenerse extremo cuidado en los sistemas agrícolas que se caracterizan por polinización cruzada, como avena, cebada, girasoles y sus parientes silvestres, y entre el raps y otras crucíferas relacionadas (Snow y Moran, 1997).

En Europa hay una gran preocupación sobre la posible transferencia de polen de genes tolerantes a los herbicidas de las semillas oleosas de Brassica a las especies *Brassica nigra* y *Sinapsis arvensis* (Casper y Landsmann, 1992). Algunos cultivos crecen cerca de plantas silvestres que no son sus parientes cercanos pero que pueden tener cierto grado de compatibilidad cruzada como los cruces de *Raphanus raphanistrum* x *R. sativus* (rábanos) y el sorgo alepo x maíz-sorgo (Radosevich *et al.* 1996). Repercusiones en cascada de estas transferencias pueden en última instancia significar cambios en la estructura de las comunidades vegetales. Los intercambios genéticos constituyen una amenaza grande en los centros de diversidad, porque en los sistemas agrícolas

biodiversos la probabilidad que los cultivos transgénicos encuentren parientes silvestres sexualmente compatibles es muy alta.

La transferencia de genes de los cultivos transgénicos a cultivos orgánicos representa un problema específico para los agricultores orgánicos; la certificación orgánica se basa en que los productores puedan garantizar que sus cultivos no tengan transgenes insertados. Algunos cultivos que pueden cruzarse con otras especies, como el maíz o el raps se verán afectados en mayor grado, pero todos los que desarrollan agricultura orgánica corren el riesgo de contaminación genética. No hay reglamentos que obliguen a un mínimo de separación entre los campos transgénicos y orgánicos (Royal Society, 1998).

En conclusión, el hecho de que la hibridación y la introgresión interespecíficas sea algo común en especies como girasol, maíz, sorgo, raps, arroz, trigo y papa, provee una base para anticipar flujos genéticos entre los cultivos transgénicos y sus parientes silvestres, que pueden dar lugar a nuevas malezas resistentes a los herbicidas (Lutman 1999). Hay consenso entre los científicos de que los cultivos transgénicos en algún momento permitirán el escape de los transgenes hacia las poblaciones de sus parientes silvestres. El desacuerdo está en cuán serio será el impacto de tales transferencias (Snow y Moran, 1997).

### **Riesgos ambientales de los cultivos resistentes a insectos (Cultivos Bt)**

#### *Resistencia*

Según la industria biotecnológica, la promesa de los cultivos transgénicos insertados con genes Bt son el reemplazo de los insecticidas sintéticos que ahora se usan para controlar insectos plaga. Pero esto no es muy claro ya que la mayor parte de los cultivos son atacados por diversas plagas y las plagas que no pertenecen al orden Lepidoptera de todos modos tendrán que ser combatidas con insecticidas porque no son susceptibles a la toxina Bt expresada en el cultivo (Gould, 1994). En un reciente informe (USDA 1999) que analiza el uso de pesticidas en la temporada agrícola 1997 en Estados Unidos en 12 combinaciones de regiones y cultivos, se demostró que en siete localidades no hubo diferencia estadística en el uso de pesticidas entre cultivos con Bt y cultivos convencionales sin Bt. En el Delta del Mississippi se usó una cantidad significativamente mayor de pesticidas en algodón Bt versus algodón sin Bt.

Por otro lado, se sabe que varias especies de lepidópteros han desarrollado resistencia a la toxina BT tanto en pruebas de campo como en laboratorio, lo que sugiere la posibilidad de aparición de importantes problemas de resistencia en los cultivos Bt a través de los cuales la continua expresión de la toxina crea una fuerte presión de selección (Tabashnik, 1994). Ningún entomólogo serio puede cuestionar si la resistencia se desarrollará o no. La pregunta es ¿qué tan rápido sucederá?. Los científicos ya han detectado el desarrollo de "resistencia de comportamiento" en algunos insectos que aprovechan la expresión irregular de la potencia de la toxina en el follaje del cultivo, atacando sólo las partes con bajas concentraciones de toxina. Es más, ya que las toxinas insertadas por medios genéticos con frecuencia disminuyen en los tejidos hojas y tallo conforme el cultivo

madura, la baja dosis sólo puede matar o debilitar completamente las larvas susceptibles (homocigotes); en consecuencia, puede presentarse una adaptación mucho más rápida a la toxina Bt si la concentración permanece siempre alta. La observación de las plantas de maíz transgénico a finales de octubre indicaron que la mayoría de los barrenadores europeos del maíz que sobrevivieron, habían entrado en dormancia preparándose para emerger como adultos en la siguiente primavera (Onstad y Gould, 1998).

Para retrasar el inevitable desarrollo de resistencia de los insectos a los cultivos Bt, los bioingenieros están preparando planes de manejo de resistencia que consisten en mosaicos de parcelas transgénicas y no transgénicas (llamadas refugios) para demorar la evolución de la resistencia proporcionando poblaciones de insectos susceptibles que puedan cruzarse con los insectos resistentes. Aunque estos refugios deben tener un tamaño de por lo menos 30% del área cultivada, el nuevo plan de Monsanto recomienda refugios de sólo 20% incluso cuando se usen insecticidas. Adicionalmente, el plan no ofrece detalles en cuanto a si los refugios se plantarán junto con los cultivos transgénicos, o a cierta distancia, donde según los estudios son menos efectivos (Mallet y Porter, 1992). Además, debido a que los refugios requieren el difícil objetivo de la coordinación regional con los agricultores, no es realista esperar que los agricultores medianos y pequeños dediquen 30-40 % de su área de cultivo a refugios, especialmente si los cultivos en estas áreas van a soportar fuertes daños por plagas.

Los agricultores que enfrentan los mayores riesgos del desarrollo de resistencia de los insectos al Bt son los agricultores orgánicos de los alrededores, quienes siembran maíz y soya sin agroquímicos. Una vez que la resistencia aparece en una población de insectos, los agricultores orgánicos no podrán usar *Bacillus thuringiensis* en la forma de insecticida microbiano para el control de plagas de lepidópteros que se trasladen de los campos transgénicos vecinos. Además, la contaminación genética de los cultivos orgánicos, resultado del flujo de genes (polen) de los cultivos transgénicos puede comprometer la certificación de los cultivos orgánicos y los agricultores pueden perder sus mercados. ¿Quién compensará a los agricultores orgánicos por tales pérdidas?

Sabemos por la historia de la agricultura, que las enfermedades de las plantas, las plagas de insectos y las malezas se vuelven más severas con el desarrollo de monocultivos, y que los cultivos genéticamente manipulados de manejo intensivo pronto pierden diversidad genética (Altieri 1994; Robinson 1996). Basados en estos hechos, no hay razón para creer que la resistencia a los cultivos transgénicos no evolucionará entre los insectos, plagas y patógenos como ha sucedido con los pesticidas. No importa qué estrategia de manejo de la resistencia se use, las plagas se adaptarán y superarán las limitaciones agronómicas (Green, 1990). Los estudios de resistencia a los pesticidas demuestran que puede aparecer una selección no intencional y resultar en problemas de plagas mayores que los que existían antes del desarrollo de nuevos insecticidas. Las enfermedades y plagas siempre han sido amplificadas por los cambios hacia una agricultura genéticamente homogénea, precisamente el tipo de sistema que la biotecnología promueve (Robinson, 1996).

*Efectos sobre especies benéficas*

Manteniendo las poblaciones de plagas a niveles muy bajos, los cultivos Bt podrían potencialmente dejar morir de hambre a los enemigos naturales, porque los predadores y avispa parásitas que se alimentan de las plagas necesitan una pequeña cantidad de presas para sobrevivir en el agroecosistema. Entre los enemigos naturales que viven exclusivamente de los insectos a los cuales los cultivos transgénicos están diseñados para destruir (lepidoptera), parasitoides de huevos y de larvas serían los más afectados porque son totalmente dependientes de hospederos vivos para su desarrollo y supervivencia. Algunos predadores podrían teóricamente prosperar en organismos muertos (Schuler *et al.* 1999).

Los enemigos naturales podrían verse afectados directamente por efecto de los niveles intertróficos de la toxina. La posibilidad de que las toxinas Bt se muevan a través de la cadena alimentaria de los insectos presenta serias implicaciones para el biocontrol natural en campos de agricultores. Evidencias recientes muestran que la toxina Bt puede afectar a insectos benéficos predadores que se alimentan de las plagas de insectos presentes en los cultivos Bt (Hilbeck, 1998). Estudios en Suiza muestran que la media de la mortalidad total de las larvas del Crisopas predadoras (Chrysopidae) criado en presas alimentadas con Bt fue de 62 por ciento, comparada con 37 por ciento cuando se alimentaron con presas libres de Bt. Estas especies de Chrysopidae alimentadas con Bt también mostraron un tiempo más prolongado de desarrollo a lo largo de su estado de vida inmadura (Hilbeck, 1998).

Estos hallazgos son preocupantes, especialmente para los pequeños agricultores que confían en el rico complejo de predadores y parásitos, asociados con sus sistemas de cultivo mixto, para el control de las plagas de insectos (Altieri, 1994). Los efectos a nivel intertrófico de la toxina Bt traen a colación serias posibilidades de causar rupturas del control natural de plagas. Los predadores polípagos que se mueven dentro y entre cultivos mixtos encontrarán presas que contienen Bt, durante toda la temporada (Hilbeck, 1999). La ruptura de los mecanismos de biocontrol puede dar como resultado un incremento de las pérdidas del cultivo debido a plagas o conllevar a un uso más intensivo de pesticidas, con consecuencias para la salud y riesgos para el medio ambiente.

También se sabe que el polen transportado por el viento desde los cultivos Bt que se deposita en la vegetación natural que rodea los campos transgénicos puede matar otras especies de insectos. Un estudio de la Universidad de Cornell (Losey *et al.* 1999) demostró que el polen de maíz que contiene toxina Bt puede ser transportado varios metros por el viento y depositarse en el follaje de la planta *Asclepias* con efectos potencialmente dañinos sobre las poblaciones de la mariposas monarca. Estos hallazgos abren toda una nueva dimensión de los impactos inesperados de los cultivos transgénicos sobre otros organismos que juegan papeles clave pero muchas veces desconocidos en el ecosistema.

Pero los efectos ambientales no se limitan a cultivos e insectos. Las toxinas Bt pueden ser incorporadas en el suelo junto con los residuos de hojas cuando los agricultores aran la tierra con los restos de los cultivos transgénicos luego de la cosecha. Las toxinas pueden

persistir por dos o tres meses, porque resisten la degradación cuando se unen a la arcilla y a los ácidos húmicos en el suelo en tanto que mantienen su actividad tóxica (Palm *et al.* 1996). Tales toxinas Bt activas que se acumulan en el suelo y el agua, junto con los residuos de hojas transgénicas, pueden tener impactos negativos sobre el suelo y los invertebrados acuáticos, así como sobre el reciclaje de nutrientes (Donnegan y Seidler, 1999).

El hecho que el Bt retenga sus propiedades insecticidas y que se vea protegido de la degradación microbiana al unirse a las partículas del suelo, persistiendo en varios suelos por lo menos 234 días, es una seria preocupación para los agricultores pobres quienes no pueden comprar los costosos fertilizantes químicos. Por el contrario, estos agricultores usan los residuos locales, materia orgánica y microorganismos del suelo para mejorar la fertilidad (especies clave, invertebrados, hongos o bacterias) que pueden verse afectados negativamente por la toxina ligada al suelo (Saxena *et al.* 1999).

#### **HACIA LA ADOPCIÓN DEL PRINCIPIO DE LA PRECAUCIÓN**

Los efectos ecológicos de los cultivos obtenidos vía ingeniería genética no se limitan a la resistencia de plagas o a la creación de nuevas malezas o razas de virus. Como discutimos aquí, los cultivos transgénicos pueden producir toxinas ambientales que se movilizan a través de la cadena alimentaria y que pueden llegar hasta el suelo y el agua afectando así a los invertebrados y probablemente alteren los procesos ecológicos como el ciclo de los nutrientes. Aún más, la homogeneización en gran escala de los terrenos con cultivos transgénicos exacerbará la vulnerabilidad ecológica asociada con la agricultura en base a monocultivos (Altieri, 2000). No es aconsejable la expansión de esta tecnología a los países en desarrollo. Hay fortaleza en la diversidad agrícola de muchos de estos países que no debiera ser inhibida o reducida por el monocultivo extensivo, especialmente si el hacerlo ocasiona serios problemas sociales y ambientales (Thrupp, 1998).

A pesar de estas consideraciones, los cultivos transgénicos han ingresado rápidamente en los mercados internacionales y se han ubicado en forma masiva en los terrenos agrícolas de Estados Unidos, Canadá, Argentina, China y otros países alcanzando más de 40 millones de hectáreas. Es una pena que recién hoy, después de 4 años de comercialización masiva de los cultivos transgénicos, el ex Secretario de Agricultura de Estados Unidos, Dan Glickman, haya solicitado estudios para evaluar los efectos de largo plazo de estos cultivos, tanto ecológicos como sobre la salud. Esta iniciativa es tardía, ya que la liberación ecológica de genes no es recuperable y sus efectos son irreversibles.

El rápido lanzamiento de los cultivos transgénicos y el consecuente desarreglo financiero (los precios de las acciones de las compañías de biotecnología están declinando) es una reminiscencia perturbadora de los previos incidentes con la energía nuclear y los pesticidas clorados como el DDT. Una combinación de oposición pública y obligaciones financieras forzó la paralización de estas tecnologías luego que sus efectos sobre el medio ambiente y la salud humana demostraron que eran mucho más complejos, difusos y persistentes que las promesas que acompañaron su rápida comercialización.

En el contexto de las negociaciones al interior de la Convención de Diversidad Biológica (CBD, en inglés) el año pasado, 130 países han demostrado sabiduría al adoptar el "principio de precaución" firmando un acuerdo global que controla el comercio de los organismos genéticamente modificados (OGM). Este principio que es la base para un acuerdo internacional sobre bioseguridad (International Biosafety Protocol) sostiene que cuando se sospecha que una tecnología nueva puede causar daño, la incertidumbre científica sobre el alcance y la severidad de la tecnología no debe obstaculizar la toma de precauciones. Esto da el derecho a países a oponerse a la importación de productos transgénicos sobre los cuales hay sospechas mínimas de que representan un peligro para la salud o el medio ambiente. Desgraciadamente un bloque de países exportadores de granos encabezado por EUA se opone a este acuerdo internacional argumentando que los productos agrícolas deben eximirse de tales regulaciones por atentar contra el mercado libre. El principio de la precaución establece que en lugar de que los críticos sean los que prueben los daños potenciales de la tecnología, los productores de dicha tecnología deberán presentar evidencia de que ésta es inocua. Hay una clara necesidad de pruebas independientes y monitoreo para asegurar que los datos autogenerados presentados a las agencias reguladoras gubernamentales no están parcializados o inclinados hacia los intereses de la industria. Además, se debiera propiciar una moratoria mundial en contra de los OGM hasta que las interrogantes lanzadas tanto por científicos de renombre -quienes están haciendo investigaciones serias sobre el impacto ecológico y en la salud de los cultivos transgénicos- como por el público en general sean aclaradas por grupos de científicos independientes.

Muchos grupos ambientalistas y de consumidores que abogan por una agricultura más sostenible demandan el apoyo continuo a la investigación agrícola con base ecológica ya que existen soluciones agroecológicas a todos los problemas biológicos que la biotecnología quiere resolver. El problema es que la investigación en las instituciones públicas refleja cada vez más los intereses de grupos privados dejando de lado los bienes de investigación pública como el control biológico, los sistemas orgánicos y las técnicas agroecológicas en general (Busch, 1990). La sociedad civil debe exigir más investigación sobre alternativas a la biotecnología, desarrollada por universidades y otras organizaciones públicas. Hay también una urgente necesidad de rechazar el sistema de patentes y los derechos de propiedad intelectual intrínsecos de la Organización Mundial de Comercio (OMC) que no sólo provee a las corporaciones multinacionales el derecho de apropiarse y patentar recursos genéticos, sino que también acentúa la velocidad a la cual las fuerzas del mercado estimulan el monocultivo con variedades transgénicas genéticamente uniformes.

## **ALTERNATIVAS MÁS SOSTENIBLES QUE LA BIOTECNOLOGÍA**

### ***¿QUÉ ES AGROECOLOGÍA?***

Los defensores de la Revolución Verde sostienen que los países en desarrollo deberían optar por un modelo industrial basado en variedades mejoradas y en el creciente uso de fertilizantes y pesticidas a fin de proporcionar una provisión adicional de alimentos a sus

crecientes poblaciones y economías. Pero como hemos analizado anteriormente la información disponible demuestra que la biotecnología no reduce el uso de agroquímicos ni aumenta los rendimientos. Tampoco beneficia a los consumidores ni a los agricultores pobres. Dado este escenario, un creciente número de agricultores, ONGs y defensores de la agricultura sostenible propone que en lugar de este enfoque intensivo en capital e insumos, los países en desarrollo deberían propiciar un modelo agroecológico que da énfasis a la biodiversidad, el reciclaje de los nutrientes, la sinergia entre cultivos, animales, suelos y otros componentes biológicos, así como a la regeneración y conservación de los recursos (Altieri, 1996).

Una estrategia de desarrollo agrícola sostenible que mejora el medio ambiente debe estar basada en principios agroecológicos y en un método de mayor participación para el desarrollo y difusión de tecnología. La agroecología es la ciencia que se basa en los principios ecológicos para el diseño y manejo de sistemas agrícolas sostenibles y de conservación de recursos, y que ofrece muchas ventajas para el desarrollo de tecnologías más favorables para el agricultor. La agroecología se erige sobre el conocimiento indígena y tecnologías modernas selectas de bajos insumos para diversificar la producción. El sistema incorpora principios biológicos y los recursos locales para el manejo de los sistemas agrícolas, proporcionando a los pequeños agricultores una forma ambientalmente sólida y rentable de intensificar la producción en áreas marginales (Altieri *et al.* 1998).

Se estima que aproximadamente 1.9 a 2.2 mil millones de personas aún no han sido tocadas directa o indirectamente por la tecnología agrícola moderna. En América Latina la proyección es que la población rural permanecería estable en 125 millones hasta el año 2000, pero 61 por ciento de esta población es pobre y la expectativa es que aumente. Las proyecciones para Africa son aún más dramáticas. La mayor parte de la pobreza rural (cerca de 370 millones) se centra en áreas de escasos recursos, muy heterogéneas y predispuestas a riesgos. Sus sistemas agrícolas son de pequeña escala, complejos y diversos. La mayor pobreza se encuentra con más frecuencia en las zonas áridas o semiáridas, y en las montañas y laderas que son vulnerables desde el punto de vista ecológico. Tales fincas y sus complejos sistemas agrícolas constituyen grandes retos para los investigadores.

Para que beneficie a los campesinos pobres, la investigación y el desarrollo agrícolas deberían operar sobre la base de un enfoque "de abajo hacia arriba", usando y construyendo sobre los recursos disponibles -la población local, sus conocimientos y sus recursos naturales nativos-. Debe tomarse muy en serio las necesidades, aspiraciones y circunstancias particulares de los pequeños agricultores, por medio de métodos participativos. Esto significa que desde la perspectiva de los agricultores pobres, las innovaciones tecnológicas deben:

- Ahorrar insumos y reducir costos
- Reducir riesgos
- Expandirse hacia las tierras marginales frágiles
- Ser congruentes con los sistemas agrícolas campesinos



- Mejorar la nutrición, la salud y el medio ambiente

Precisamente es debido a estos requerimientos que la agroecología ofrece más ventajas que la Revolución Verde y los métodos biotecnológicos. Las características de las técnicas agroecológicas:

- Se basan en el conocimiento indígena y la racionalidad campesina
- Son económicamente viables, accesibles y basadas en los recursos locales
- Son sanas para el medio ambiente, sensibles desde el punto de vista social y cultural
- Evitan el riesgo y se adaptan a las condiciones del agricultor
- Mejoran la estabilidad y la productividad total de la finca y no sólo de cultivos particulares.

Hay miles de casos de productores rurales que, en asociación con ONGs y otras organizaciones, promueven sistemas agrícolas y conservan los recursos, manteniendo altos rendimientos, y que cumplen con los criterios antes mencionados. Aumentos de 50 a 100 por ciento en la producción son bastante comunes con la mayoría de métodos de producción. En ocasiones, los rendimientos de los cultivos que constituyen el sustento de los pobres- arroz, frijoles, maíz, yuca, papa, cebada- se han multiplicado gracias al trabajo y al conocimiento local más que a la compra de insumos costosos, y capitalizando sobre los procesos de intensificación y sinergia. Más importante tal vez que sólo los rendimientos, es posible aumentar la producción total en forma significativa diversificando los sistemas agrícolas, usando al máximo los recursos disponibles (Uphoff y Altieri, 1999).

Muchos ejemplos sustentan efectividad de la aplicación de la agroecología en el mundo en desarrollo. Se estima que alrededor de 1.45 millones de familias rurales pobres que viven en 3.25 millones de hectáreas han adoptado tecnologías regeneradoras de los recursos. Citamos algunos ejemplos (Pretty, 1995):

- Brasil: 200,000 agricultores que usan abonos verdes y cultivos de cobertura duplicaron el rendimiento del maíz y el trigo.
- Guatemala-Honduras: 45,000 agricultores usaron la leguminosa *Mucuna* como cobertura para conservación del suelo triplicando los rendimientos del maíz en las laderas.
- México: 100,000 pequeños productores de café orgánico aumentaron su producción en 50 por ciento.
- Sureste de Asia: 100,000 pequeños productores de arroz que participaron en las escuelas para agricultores de MIP aumentaron sustancialmente sus rendimientos sin usar pesticidas.
- Kenia: 200,000 agricultores duplicaron sus rendimientos de maíz usando agroforestería basada en leguminosas e insumos orgánicos.

## SISTEMAS ORGÁNICOS

Los enfoques agroecológicos también pueden beneficiar a los agricultores medianos y grandes involucrados en la agricultura comercial, tanto en el mundo en desarrollo como en Estados Unidos y Europa (Lampkin, 1990). Gran parte del área manejada con agricultura orgánica se basa en la agroecología y se ha extendido en el mundo hasta alcanzar unos siete millones de hectáreas, de las cuales la mitad está en Europa y cerca de 1.1 millones en Estados Unidos. Sólo en Alemania hay alrededor de ocho mil fincas orgánicas que ocupan el 2 por ciento del total del área cultivada. En Italia las fincas orgánicas llegan a 18,000 y en Austria unas 20,000 fincas orgánicas constituyen el 10 por ciento del total de la producción agrícola.

En 1980 el Departamento de Agricultura de Estados Unidos estimó que había por lo menos once mil fincas orgánicas en Estados Unidos y por lo menos 24 mil que usaban alguna técnica orgánica. En California, los alimentos orgánicos constituyen uno de los segmentos de mayor crecimiento en la economía agrícola, con ventas al por menor creciendo de 20 a 25 por ciento al año. Cuba es el único país que está llevando a cabo una conversión masiva hacia los sistemas orgánicos, promovida por la caída de las importaciones de fertilizantes, pesticidas y petróleo luego del colapso de las relaciones con el bloque soviético en 1990. Los niveles de productividad de la isla se han recuperado gracias a la promoción masiva de las técnicas agroecológicas tanto en áreas urbanas como rurales.

Las investigaciones han demostrado que las fincas orgánicas pueden ser tan productivas como las convencionales, pero sin usar agroquímicos, consumiendo menos energía y conservando el suelo y el agua. En resumen, hay fuerte evidencia de que los métodos orgánicos pueden producir suficiente alimento para todos, y hacerlo de una generación a la siguiente sin disminuir los recursos naturales ni dañar el medio ambiente. En 1989 el Consejo Nacional de Investigación describió estudios de caso de ocho fincas orgánicas abarcando un rango de fincas mixtas de granos/ganado de 400 acres en Ohio; hasta una de 1400 acres de uvas en California y Arizona. Los rendimientos en las fincas orgánicas fueron iguales o mejores que los promedios de rendimiento de las fincas convencionales intensivas de los alrededores. Una vez más estas fincas pudieron sostener su producción año tras año sin usar insumos sintéticos costosos (NRC, 1984).

Estudios de largo plazo han sido realizados por el Farming Systems Trial (Experimentos de Sistemas Agrícolas) del Instituto Rodale, un centro de investigación sin fines de lucro cerca de Kutztown, Pennsylvania. Se probaron tres tipos de parcelas experimentales por casi dos décadas. Una sometida a una alta intensidad de rotación estándar de maíz y frijol soya, usando fertilizantes y pesticidas comerciales. Otra es un sistema orgánico al cual se ha añadido una rotación de pasto/leguminosas de forraje para alimentar al ganado vacuno, y cuyo estiércol se ha devuelto al terreno. La tercera es una rotación orgánica donde se ha mantenido la fertilidad del suelo únicamente con leguminosas como cultivos de cobertura que se incorporan al suelo durante la labranza. Los tres tipos de parcelas han dado ganancias iguales en términos de mercado. El rendimiento del maíz mostró una diferencia de menos del 1 por ciento. La rotación con estiércol ha sobrepasado a las otras dos en la acumulación de materia orgánica del suelo y nitrógeno y ha perdido pocos nutrientes que contaminan el agua del subsuelo. Durante la sequía récord de 1999, las

parcelas dependientes de químicos rindieron sólo 16 bushels de fríjol soya por acre; los campos orgánicos con leguminosas produjeron 30 bushels por acre y los que aplicaron estiércol obtuvieron 24.

En lo que debe ser el experimento orgánico más extenso en el mundo -150 años- en la Estación Experimental de Rothamsted, Inglaterra, se reporta que sus parcelas orgánicas con estiércol han logrado rendimientos de trigo de 1.58 toneladas por acre, comparados con 1.55 toneladas por acre en las parcelas con fertilización sintética. No parece haber mucha diferencia, pero las parcelas con estiércol contienen seis veces más materia orgánica que las parcelas tratadas con químicos.

La evidencia demuestra en muchas formas que la agricultura orgánica conserva los recursos naturales y protege el medio ambiente más que los sistemas convencionales. La investigación también muestra que las tasas de erosión del suelo son menores en las fincas orgánicas y que los niveles de biodiversidad son mayores. El razonamiento de ambos sistemas es totalmente diferente: los sistemas orgánicos se basan en la suposición que en cualquier momento el área se siembra con abono verde de leguminosas o cultivos de forraje que servirá para alimentar a las vacas, cuyo estiércol a la vez se incorporará al suelo. Las fincas químicas se basan en una suposición totalmente diferente: que su supervivencia depende de una fábrica de fertilizantes remota que a la vez está consumiendo vastas cantidades de combustibles fósiles y emitiendo gases.

### ¿QUÉ SE NECESITA?

No hay duda que los pequeños agricultores que viven en los ambientes marginales en el mundo en desarrollo pueden producir mucho del alimento que requieren. La evidencia es concluyente: nuevos enfoques y tecnologías lideradas por agricultores, gobiernos locales y ONGs en todo el mundo ya están haciendo suficientes contribuciones a la seguridad alimentaria a nivel familiar, nacional y regional. Una gran variedad de métodos agroecológicos y participativos en muchos países muestran resultados incluso ante condiciones adversas. El potencial incluye: aumento de los rendimientos de los cereales de 50 a 200 por ciento, aumento de la estabilidad de la producción por medio de la diversificación y la conservación del agua y del suelo, mejora de las dietas y los ingresos con apoyo apropiado y difusión de estos métodos, y contribución a la seguridad alimentaria nacional y a las exportaciones (Uphoff y Altieri, 1999).

La difusión de estas miles de innovaciones ecológicas dependerá de las inversiones, políticas y cambios de actitud de parte de investigadores y quienes toman decisiones. Los mayores cambios deben darse en políticas e instituciones de investigación y desarrollo para asegurar la difusión y adopción de las alternativas agroecológicas de manera equitativa, cosa que éstas sean multiplicadas y escalonadas a fin de que su beneficio total para la seguridad alimentaria sostenible pueda hacerse realidad. Deben desaparecer los subsidios y las políticas de incentivos que promueven los métodos químicos convencionales. Debe objetarse el control corporativo sobre el sistema alimentario. Los gobiernos y organizaciones públicas internacionales deben alentar y apoyar las

asociaciones positivas entre las ONG, universidades locales y organizaciones campesinas para ayudar a los agricultores lograr la seguridad alimentaria, la generación de ingresos y la conservación de los recursos naturales.

Se deben desarrollar oportunidades de mercado equitativas con énfasis en el comercio justo y otros mecanismos que enlacen más directamente a agricultores y consumidores. El reto final es incrementar la inversión y la investigación en agroecología y poner en práctica proyectos que hayan probado tener éxito para miles de agricultores. Esto generará un impacto significativo en el ingreso, la seguridad alimentaria y bienestar medioambiental de la población mundial, especialmente de los millones de agricultores pobres a quienes todavía no ha llegado la tecnología agrícola moderna, y a los cuales la biotecnología no tiene nada que ofrecerles.

### **PREGUNTAS PARA LA DISCUSION**

1. Porque los cultivos transgenicos causan tanta discusión? Podría Ud. resumir los argumentos a favor y en contra de cultivar cultivos transgenicos en su país?
2. Cuales serian las implicaciones ecológicas y sociales si se decidiera introducir papas transgenicas en los Andes, siendo esta zona centro de origen de papas?
3. Cuál puede ser el papel de las ferias de semillas ( ver foto) en la conservación de variedades tradicionales y para revertir el proceso de erosión genética en muchas zonas de América Latina? Es importante que los campesinos se enteren sobre la biotecnología, la globalización y discutan sus implicancias? Por que sí o no?





## **BIBLIOGRAFIA CHAPTER 1.**

- Altieri, M.A. 1992. Agroecological foundations of alternative agriculture in California. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 39: 23-53.
- Altieri, M.A. 1995. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Westview Press, Boulder
- Altieri, M.A. and P.M. Rosset 1995. Agroecology and the conversion of large-scale conventional systems to sustainable management. *International Journal of Environmental Studies* 50: 165-185.
- Audirac, Y. 1997. *Rural sustainable development in America*. John Wiley and Sons, N.Y.
- Buttel, F.H. and M.E. Gertler 1982. Agricultural structure, agricultural policy and environmental quality. *Agriculture and Environment* 7: 101-119.
- Conway, G.R. and Pretty, J.N. 1991. *Unwelcome harvest: agriculture and pollution*. Earthscan Publisher, London.
- Conway, G.R. and Pretty, J.N. 1991. *Unwelcome harvest: agriculture and pollution*. Earthscan Publisher, London.
- Gliessman, S.R. 1997. *Agroecology: ecological processes in agriculture*. Ann Arbor Press, Michigan.
- James, C. 1997. *Global status of transgenic crops in 1997*. ISAA Briefs, Ithaca, N.Y.
- Krimsky, S. and R.P. Wrubel 1996. *Agricultural biotechnology and the environment: science, policy and social issues*. University of Illinois Press, Urbana.
- Liebman, J. 1997. *Rising toxic tide: pesticide use in California, 1991-1995*. Report of Californians for Pesticide Reform and Pesticide Action Network. San Francisco.
- Mc Guinnes, H. 1993. *Living soils: sustainable alternatives to chemical fertilizers for developing countries*. Unpublished manuscript, Consumers Policy Institute, New York.
- Mc Isaac, G. and W.R. Edwards 1994. *Sustainable agriculture in the American midwest*. University of Illinois Press, Urbana.
- Pimentel, D. and H. Lehman 1993. *The pesticide question*. Chapman and Hall, N.Y.
- Rissler, J. and M. Mellon 1996. *The ecological risks of engineered crops*. MIT Press, Cambridge.
- Rosset, P.M. and M.A. Altieri 1997. Agroecology versus input substitution: a fundamental contradiction in sustainable agriculture. *Society and Natural Resources* 10: 283-295.

## **BIBLIOGRAFIA CAPITULO 2**

- Altieri MA & CI Nicholls (1999) Biodiversity, ecosystem function and insect pest management in agricultural systems. In: *Biodiversity in Agroecosystems*. CollinsWW & CO Qualset (Eds.) CRC Press, Boca Raton.
- Altieri MA (1994) *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. Hayworth Press, New York. 185 pp.
- Carrol CR, JH Vandermeer & PM Rosset (1990) *Agroecology*. McGraw Hill Publishing Company, New York.

- Finch CV & CW Sharp (1976) Cover crops in California orchards and vineyards. USDA Soil Conservation Service, Washington, D.C.
- Gliessman SR (1998) Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture. Ann Arbor Press, Michigan.
- Nair PKR (1982) Soil productivity aspects of agroforestry. ICRAF, Nairobi.
- Pearson CJ & RL Ison (1987) Agronomy of grassland systems. Cambridge University Press, Cambridge.
- Pret JN (1994) Regenerating agriculture. Earthscan Publications Ltd., London. 320 pp.
- Reijntjes CB, Haverkort & A Waters-Bayer (1992). Farming for the future. MacMillan Press Ltd., London.
- Sumner DR (1982). Crop rotation and plant productivity. In: Handbook of Agricultural Productivity. M.
- Recheigl, (Ed) CRC, Vol I, CRC Press, Florida.
- Vandermeer J (1989). The ecology of intercropping. Cambridge University Press, Cambridge.
- Vandermeer J (1995). The ecological basis of alternative agriculture. Annual Review of Ecological Systems, 26: 201-224.

### **Bibliografía Capítulo 3**

- Altieri, M.A. (1987), Agroecology: The scientific basis of alternative agriculture, Westview Press, Boulder.
- Altieri, M.A. (1991), "How best can we use biodiversity in agroecosystems", *Outlook on Agriculture* 20: 15-23.
- Altieri, M.A. (1991), "Traditional farming in Latin América", *The Ecologist*, 21: 93-96.
- Altieri, M.A. (1992), *Biodiversidad, agroecología y manejo de plagas*, CETAL Ediciones, Valparaíso, Chile.
- Altieri, M.A. y M.K. Anderson (1986), "An ecological basis for the development of alternative agricultural systems for small farmers in the Third World", *J. Alternative Agriculture* 1: 30-38.
- Altieri, M.A. y S.B. Hecht (1991), *Agroecology and Small Farm Development*. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Altieri, M.A. y A. Yurjevic (1989), "The Latin American Consortium on Agroecology and Development: A new institutional arrangement to foster sustainable agriculture among resource-poor farmers" en *Boletín Inst. of Development Anthropology* 7: 17-19.
- Altieri, M.A. y A. Yurjevic (1991), "La agroecología y el desarrollo rural sostenible en América Latina" en *Agroecología y Desarrollo* 1: 25-36.
- Augstburger, F. (1983), "Agroeconomic and economic potential of manure in Bolivian valleys and highlands" en *Agriculture Ecosystem and Environment* 10: 335-346.

- Bunch, R. (1988), Case study: Guinope an integrated development program in Honduras, World Neighbors, Oklahoma.
- Brush, S.B. (1982), "The natural and human environment of the Central Andes", *Mountain Research and Development* 2: 14-38.
- Byerlee, D., M. y otros (1980), *Planning Technologies Appropriate to Farmers: Concepts and Procedures*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México D.F.
- Conway, G.R. (1985), "Agroecosystems analysis", *Agricultural Administration* 20: 31-55.
- Conway, G.R. y E.B. Barbier (1990), *After the Green Revolution: Sustainable Agriculture for development*. Earthscan Pub., London.
- Erickson, C.L. y K.L. Chandler (1989), "Raised fields and sustainable agriculture in the Lake Titicaca basin of Perú" en J.O. Browder (ed.), *Fragile Lands of Latin América*, Westview Press. Boulder, CO. de Janvry, A., D. Runstem, and E. Sadoulet. (1987), *Technological Innovations in Latin American Agriculture*, IICA Program Paper Series. San José, Costa Rica. Faeth, P. y otros (1991), *Paying the Farm Bill: U.S. Agricultural Policy and the Transition to Sustainable Agriculture*. World Resources Institute, Washington, D.C. Heichel, G.H. (1987), "Stabilizing agricultural needs: Role of forages, rotations and nitrogen fixation" en *Soil and Water Conservation*. Noviembre-Diciembre: 279-282.
- Harwood, R.R. (1979), *Small farm development-understanding and improving farming systems in the humid tropics*. Westview Press, Boulder. 160 pp. Gliessman, S.R., E.R. Garcia y A.M. Amador (1981), "The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agro-ecosystems" en *agroecosystems* 7: 173-185.
- Denevan, W.M. y otros (1984), "Indigenous agroforestry in the Peruvian Amazon: Bora indian management of swidden fallows" en *Interciencia* 9: 346-357.
- Lacroix, R.L.J. (1985), "Integrated Rural Development in Latin América" en *World Bank Staff Working Papers* No. 716. The World Bank, Washington, D.C.
- Latin American Commission on Development and Environment (LACDE) (1990), *Our Own Agenda*, Inter-American Development Bank-UNEP, New York.
- Ortega, E. (1986), *Peasant Agriculture in Latin América and the Caribbean*, Joint ECLAC/ FAO, Agriculture Division. Santiago, Chile.
- Pimentel, D. y M. Pimentel (1979), *Food, Energy and Society*. Edward Arnold, London. Posner, J.L. y M.F. McPherson (1982), "Agriculture on the steep slopes of tropical América: Current situation and prospects for the year 2000" en *World Development* 10: 341-353.
- Reijntjes, C., B. Haverkort and A. Water-Bayer (1992), *Farming for the future: an introduction to low-external-input and sustainable agriculture*, McMillan, London.



Toledo, V.M., J. Carabias, C. Mapes y C. Toledo (1985), *Ecología y Autosuficiencia Alimentaria*. Siglo Veintiuno Editores. México, D.F.

#### **BIBLIOGRAFIA CAPITULO 4**

- Altieri, M.A. and J. Farrell. 1984. Traditional farming systems of south-central Chile, with special emphasis on agroforestry. *Agroforestry systems* 2:3-18
- Altieri, M.A. and L. C. Merrick. 1987. Peasant Agriculture and the conservation of crop and wild plant resources. *J. Cons. Biol.* 1: 49-58.
- Altieri, M.A. and S.B. Hecht 1991. Agroecology and small farm development. CRC Press, Boca Raton.
- Altieri, M.A. and D.L. Letourneau. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1: 405-430.
- Altieri, M.A. and D.K. Letourneau. 1984. Vegetation diversity and insect pest outbreaks. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences* 2: 131-169.
- Altieri, M.A. 1994. *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. Haworth Press, New York.
- Altieri, M.A. 1995. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Westview Press, Boulder.
- Altieri, M.A., P. Rosset and L.A. Thrupp 1998. The potential of agroecology to combat hunger in the developing world. *2020 Brief*. IFPRI, Washington, DC.
- Andow, D.A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36: 561-586.
- Beets, W.C. 1990. Raising and sustaining productivity of smallholders farming systems in the Tropics. AgBe Publishing, Holland.
- Blauert, J. and S. Zadek 1998. *Mediating sustainability*. Kumarian Press, Connecticut.
- Brookfield, H. and C. Padoch 1994. Appreciating agrobiodiversity: a look at the dynamism and diversity of indigenous farming practices. *Environment* 36: 7-20.
- Browder, J.O. 1989. *Fragile Lands of Latin America: strategies for sustainable development*. Westview Press, Boulder.
- Brush, S.B. 1982. The natural and human environment of the central Andes. *Mountain Research and Development* 2:14-38.
- Buckles, D., B. Triophe and G. Sain 1998. Cover crops in hillside agriculture. IDRC-CIMMYJ, Mexico D.F.
- Bunch, R. 1987. Case study of the Guinope Integrated Development Program. Proceedings IIED Conference on sustainable Development, London.
- Bunch, R. 1990. Low-input soil restoration in Honduras: the Cantarranas farmer-to-farmer extension project. *Sustainable Agriculture Gatekeeper Series SA23*. IIED, London.
- Caballero, J.N. and C. Mapes 1985. Gathering and subsistence patterns among the P'urepecha Indians of Mexico. *J. Ethnobiol.* 5: 31-47
- Chang, J.H. 1977. Tropical agriculture: crop diversity and crop yields. *Econ. Geogr.* 53:241-254.
- Clarke, W.C. and R.R. Thaman 1993. *Agroforestry in the Pacific: systems for sustainability*. United Nations university Press, Tokyo.
- Clawson, D.L. 1985. Harvest security and intraspecific diversity in traditional tropical

- agriculture. *Econ. Bot.* 39:56-67.
- Denevan, W.M. 1995. Prehistoric agricultural methods as models for sustainability. *Advanced Plant Pathology* 11:21-43.
- Francis, C.A. 1986. Multiple cropping systems. MacMillan, New York.
- Fry, G. 1995. Landscape ecology of insect movement in arable ecosystems. IN: *Ecology and integrated farming systems*. D.M. Glen et al. (eds). John Wiley and Sons, Bristol, UK.
- Gliessman, S.R. 1998. *Agroecology: ecological process in sustainable agriculture*. Ann Arbor Press, Michigan.
- Gomez, S y J. Echenique 1988 La agricultura chilena: las dos caras de lamodernizacion. FLACSO-AGRARIA, Santiago.
- Guijt, I. 1998. Assessing the merits of participatory development of sustainable agriculture: experiences from Brazil and Central America. In J. Blauert and S. Zadek (eds) *Mediating Sustainability* pp. 100-128. Kumarian Press, Conn.
- Harwood, R.R. 1979. Small Farm Development -- Understanding and Improving Farming Systems in the Humid Tropics. Westview Press, Boulder.
- Holt-Gimenez, E. 1996. The campesino a campesino movement: farmer-led, sustainable agriculture in Central America and Mexico. *Food First Development Report* No. 10.
- Institute of food and Development Policy, Oakland.
- Jimenez-Osormio, J. and S. del Amo 1986. An intensive Mexican traditional agroecosystem: the chiampa. Proc. 6<sup>th</sup> International Scientific Conference IFOAM, Santa Cruz, California.
- Lentz, D.I. 1986. Ethnobotany of the Jicaque of Honduras. *Econ. Bot.* 40: 210-219
- Marten, G.C. 1986. Traditional agriculture in South-east Asia: a human ecology perspective. Westview Press, Boulder.
- Muchnick, E y L.F. Errazuriz 1998 Desafios de la agricultura y el comercio exterior agropecuario en Chile en los anos noventa. En: *Agricultores, medio ambiente y pobreza rural en America latina*. L.G. Roca y R Echeverria (Eds) pp. 395-419. Interamerican development Bank, Washington DC.
- Pretty, J. 1995. Regenerating agriculture. Earthscan, London.
- Pretty, J. 1997. The sustainable intensification of agriculture. *Natural Resources Forum* 21: 247-256.
- PRODECAM. 1997. Programa de recuperacion y Educacion Ambiental de Malleco. Universidad Catolica de Temuco y Centro de Educacion y Tecnologia. Temuco, Chile.
- Reinjets, C., B. Haverkort and Ann Waters-Bayer 1992. Farming for the future. MacMillan, London.
- Richards, P. 1985. Indigenous Agricultural Revolution. Westview Press, Boulder.
- Rosset, P.M. 1997. Alternative agriculture and crisis in Cuba. *Technology and Society* 16: 19-25.
- SANE 1998. *Farmers, NGOs and Lighthouses: learning from three years of training, networking and field activities*. SANE-UNDP, Berkeley.
- Swift, M.S., J. Vandermeer, P.S. Ramakrishnan, J.M. Anderson, C.K. Ong and B. Hawkins 1996. Biodiversity and agroecosystem function. *H.A. Mooney et al. (eds.)*. roles of biodiversity: a global perspective. J. Wiley and Sons, N.Y., pp.

- 261-298.
- Thrupp, L.A. 1996. *New Partnerships for sustainable agriculture*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Thrupp, L.A. 1998. *Cultivating diversity: agrobiodiversity and food security*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Thurston H.D. et al. 1994. *Slash/Mulch: How Farmers use It and What Researchers Know About It*. CIIFAD-CATIE, Ithaca, NY.
- Tilman, D., D. Wedin and J. Knops 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379: 718-720.
- Toledo, V.M., J. Carabias, C. Mapes, and C. Toledo. 1985. *Ecología y Autosuficiencia Alimentaria*. Siglo Vientiumo Editors, Mexico City.
- Toledo, V.M. 1995. Peasantry, agroindustriality and sustainability. *Interamerican Council for Sustainable Agriculture. Working Paper 3*. Michoacan, Mexico
- Vandermeer, J. and I. Perfecto 1995. *Breakfast of biodiversity: the truth about rainforest destruction*. Food First Books, Oakland.
- Wilken, G.C. 1987. *Good Farmers: traditional agricultural resource management in Mexico and Guatemala*. University of California Press, Berkeley.

#### **BIBLIOGRAFIA CAPITULO 5**

- Altieri, M. A. y D. L. Letourneau. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1: 405-430.
- Altieri, M. A. y D. K. Letourneau. 1984. Vegetation diversity and insect pest outbreaks. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences* 2: 131-169.
- Altieri, M. A. 1994. *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. Haworth Press, New York.
- Altieri, M. A. 1995. *Agroecology: the Science of Sustainable Agriculture*. Westview Press, Boulder.
- Andow, D. A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36: 561-586.
- Baker, K. F. And R. J. Cook. 1974. *Biological control of plant pathogens*. San Francisco. W.H. Freeman.
- Browning, J. A., and K. J. Frey. 1969. Multiline cultivars as a means of disease control. *Annu. Rev. Phytopathol.* 7: 355-382.
- Cambell, R. 1989. *Biological control of microbial plant pathogens*. Cambridge. Cambridge University Press.
- Cromartie, W. J. 1981. The environmental control of insects using crop diversity. In: Pimentel, D. (ed.). *CRC Handbook of Pest Management*. CRC Press, Boca Raton, pp. 223-251.
- Dempster, J. P. y Coaker, T. H. 1974. Diversification of crop ecosystems as a means of controlling pests. In: Jones, D. P. and Solomon, M. E. (eds.). *Biology in Pest and Disease Control*. John Wiley, New York, pp. 106-114.
- Doutt, R. L. And Nakata, J. 1973. The *Rubus* leafhopper and its egg parasitoid: an endemic biotic system useful in grape pest management. *Environmental Entomology* 2: 381-386.

- Edland, T. 1995. Integrated pest management in fruit orchards. In: H.M.T. Hokkanen and J.M. Lynch (eds.). *Biological control: benefits and risks*. Cambridge University. pp. 97-105
- Flint, M. L. y Roberts, P. A. 1988. Using crop diversity to manage pest problems: some California examples. *American Journal of Alternative Agriculture* 3: 164-167.
- Fry, G. 1995. Landscape ecology of insect movement in arable ecosystems. In: D. M. Glen et al. (eds.). *Ecology and integrated farming systems*. John Wiley and Sons, Bristol, UK.
- Huffaker, C. B. and P.S. Messenger. 1976. *Theory and Practice of Biological control*. New York. Academic Press.
- Kareiva, P. 1986. Trivial movement and foraging by crop colonizers. In: Kogan, M. (ed.). *Ecological Theory and Integrated Pest Management Practice*. J. Wiley & Sons, New York, pp. 59-82.
- Manners, J. G. 1993. *Principles of plant pathology*. Cambridge. Cambridge University Press.
- McSorley, R. 1998. Alternative practices for managing plant-parasitic nematodes. *Ann. J. Alternative Agriculture* 13: 274-279.
- Nicholls, C. I.; M. Parrella and M. A. Altieri. 2001. The effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern California organic vineyard. *Landscape Ecology* 16: 133-146.
- Palti, J. 1981. *Cultural practices and infectious crop diseases*. New York. Springer-Verlag.
- Perrin, R. M. 1980. The role of environmental diversity in crop protection. *Protection Ecology* 2, 77-114.
- Pyndji, M. M. and P. Trutmann. 1992. Managing angular leaf spot on common bean in Africa by supplementary farmer mixtures with resident varieties. *Plant Disease* 76: 1144-1147.
- Risch, S. J., Andow, D. and Altieri, M. A. 1983. Agroecosystem diversity and pest control: data, tentative conclusions and new research directions. *Environmental Entomology* 12: 625-629.
- Root, R. B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassicae oleraceae*). *Ecological Monographs* 43: 95-124.
- Schroth, M. N. And J. G. Hancock. 1985. Soil antagonists in IPM systems. In: M.A. Hoy and D. C. Herzog (eds.). *Biological control in agricultural IPM systems*. Florida. Academic Press. pp 422-423.
- Southwood, T. R. E. and Way, M. J. 1970. Ecological background to pest management. In: Rabb, R. L. And Guthrie, F. E. (eds.). *Concepts of Pest Management*. North Carolina State University, Raleigh, pp. 6-29.
- Thresh, J. M. 1981. Pest, pathogens and vegetation: the role of weeds and wild plants in the ecology of crop pest and diseases. Massachusetts, Pitman Pub. Inc.
- Tilman, D., D. Wedin and J. Knops. 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379: 718-720.
- van den Bosch, R. And Telford, A. D. 1964. Environmental modification and biological control. In: DeBach, P. (ed.). *Biological Control of Insect Pests and Weeds*. Chapman and Hall, London, pp. 459-488.

- Vandermeer, J. 1989. The ecology of intercropping. Cambridge Univ. Press. Cambridge, UK.
- Vandermeer, J. 1995. The ecological basis of alternative agriculture. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 26:201-224.
- van Emden, H. F. 1965. The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. *Scientific Horticulture* 17: 121-126.
- van Emden, H. F. 1990. Plant diversity and natural enemy efficiency in agroecosystems. In: MacKauer, M., Ehler, L. and Roland, J. (eds.). *Critical Issues in Biological Control*. Intercept, Andover, pp. 63-80.
- Wolfe, M.S. 1985. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. *Ann. Rev. of Phytophology* 23: 251-273.
- Zadoks, J. C. and R. D. Schein. 1979. Epidemiology and plant disease management. New York, Oxford University Press.
- Zhu, Y.; H. Chen; J. Fan; Y. Wang; Y. Li; J.Chen; J.Fan;S.Yang; L. Hu; H. Leung; T. W. Mew; P. S. Teng; Z. Wang and C. C. Mundt. 2000. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature* 406: 718-722.

## BIBLIOGRAFÍA CAPITULO 6

- Altieri, Miguel (1995). *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. Boulder, CO:Westview Press.
- \_\_\_\_\_ (1999). Enhancing the Productivity of Latin American Traditional Peasant Farming Systems through an Agroecological Approach. Paper prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.
- Andow, David A. and K. Hidaka (1989). Experimental Natural History of Sustainable Agriculture: Syndromes of Production. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 27: 447-462.
- Berry, R. Albert and William Cline (1979). *Agrarian Structure and Productivity in Developing Countries*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Buckles, Daniel, Bernard Triomphe and G. Sain (1998). *Cover Crops in Hillside Agriculture*. Ottawa: International Development Research Centre, and Mexico, D.F.: CIMMYT.
- Brummert, Randall (1999). The Potential of Integrated Aquaculture in Sub-Saharan Africa. Paper prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.
- Bunch, Roland (1982). *Two Ears of Corn: A Guide for People-Centered Agricultural Development*. Oklahoma City, OK: World Neighbors.
- \_\_\_\_\_ (1999). Greener Fields with Green Technology: Case Studies of Sustainable Low-Input Agricultural Development in Central America. Paper prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.
- Carroll, C. Ronald, John Vandermeer and Peter Rosset (1990). *Agroecology*. New York: McGraw Hill.
- Conway, Gordon (1997). *The Doubly Green Revolution: Food for All in the 21 st Century*. London: Penguin Books. Reprinted by Cornell University Press in 1999.

- Crosson, Pierre and Jock Anderson (1999). Technologies for Meeting Future Global Demands for Food. Paper prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.
- Dessilles, Sylvie (1999). Sustaining and Managing Private Natural Resources: The Way to Step Out of the Cycle of High-Input Agriculture. Paper prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.
- Diop, Amadou Makhtar (1999). Increasing Production with Management of Organic Inputs in Senegal. Paper prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.
- Fernandes, E. C. M. (1999). Integrated Nutrient Management for Sustainable Agriculture: Alternatives to Slash-and-Burn Agriculture. Paper prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.**
- Fofana, Mamby (1999). Traditional Knowledge and New Research Combine to Improve Food Security in a Sahelian Zone of Mali. Paper prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.
- Francis, Charles A. (1986). *Multiple Cropping Systems*. New York: Macmillan.
- Garrity, Dennis (1999). Contour Farming Based on Natural Vegetative Strips: Expanding the Scope for Increased Food Crop Production on Sloping Lands in Asia. Paper prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.
- Hart, Gillian (1986). *Power, Land and Livelihood: Processes of Change in Rural Java*. Berkeley: University of California Press.
- Hazell, Peter and Shenggen Fan (2000). Balancing Regional Development Priorities to Achieve Sustainable and Equitable Agricultural Growth. In David R. Lee and Christopher B. Barrett, eds., *Critical Tradeoffs: Agricultural Intensification, Economic Development and the Environment in Developing Countries*. London: CAB International, forthcoming.
- Izac, Ann-Marie and Pedro A. Sanchez (1999). Towards a Natural Resource Management Paradigm for International Agriculture: Example of Agroforestry Research. *Agricultural Systems* (in press).
- Johnson, Nancy L. And Vernon R. Ruttan (1994). Why Are Farms So Small? *World Development*, 24: 691-706.
- Jones, Keith (1999). Integrated Pest and Crop Management in Sri Lanka. Paper prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.
- Kwesiga, F.R., S. Franzel, F. Place, D. Phiri and C. P. Simwanza (1999). *Sesbania sesban* Improved Fallows in Eastern Zambia: Their Inception, Development and Farmer Enthusiasm. *Agroforestry Systems* (in press).
- Lines, Glenn (1998). An Analysis of the Economic Viability of Raised-bed and Traditional Potato Production Systems in the Northern Altiplano of Bolivia. Draft master's thesis for Department of Agricultural, Resource and Managerial Economics, Cornell University.
- Merrill-Sands, Deborah and David Kaimowitz, with others (1990). *The Technology Triangle: Linking Farmers, Technology Transfer Agents, and Agricultural Researchers*. The Hague: International Service for National Agricultural Research.
- Michon, Geneviene and Hubert de Foresta (1996). Agroforests as an Alternative to Pure Plantations for the Domestication and Commercialization of NTFPs. In R. R. B.

- Leaky et al., eds., *Domestication and Commercialization of Non-Timber Forest Products for Agroforestry*, 160-175. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Neill, Sean and David Lee (1999). Adoption and Disadoption of the Maize-*Mucuna* System in Northern Honduras. Draft paper, Department of Agricultural, Resource and Managerial Economics, Cornell University.
- Oka, Ido Nyoman (1997). Integrated Crop Pest Management with Farmer Participation in Indonesia. In Anirudh Krishna, Norman Uphoff, and Milton J. Esman, eds., *Reasons for Hope: Instructive Experiences in Rural Development*, 184-199. West Hartford, CT: Kumarian Press.
- Palacios, Felix (1999). Adoption and Abandonment of Raised-Fields Technology in Bolivia. Draft Ph. D. Thesis, Department of Anthropology, Cornell University.
- Palm, Cheryl A., R. J. K. Myers and S. M. Nandwa (1997). Combined Use of Organic and Inorganic Nutrient Sources for Soil Fertility Maintenance and Replenishment. In R. J. Buresh, P.A. Sanchez, and F. Calhoun, eds., *Replenishing Soil Fertility in Africa*, 193-217. Soil Science Society of America Special Publication 51. Madison, WI: Soil Science Society of America, and Agronomic Society of America.
- P.A. Sanchez, and F. Calhoun, eds., *Replenishing Soil Fertility in Africa*, 193-217. Soil Science Society of America Special Publication 51. Madison, WI: Soil Science Society of America, and Agronomic Society of America.
- Pinstrup-Anderson and Marc Cohen (1999). World Food Needs and the Challenge to Sustainable Agriculture. Paper prepared for the Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.
- Pingali, Prabhu, M. Hossein and R. V. Gerpacio (1995). *Asian Rice Bowls: The Returning Crisis*. Wallingford, UK: CAB International, with IRRI.
- Power, Alison (1999). Ecological Perspectives on Sustainable Agriculture. Paper Prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.
- Pretty, Jules (1998). *The Living Land: Agriculture, Food and Community Regeneration in Rural Europe*. London: Earthscan.
- \_\_\_\_\_ (1999). Can Sustainable Agriculture Feed Africa? New Evidence on Progress, Processes and Impacts. Paper prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.
- Ruddell, Edward and Julio Beingolea (1999). Increasing Smallholder Agricultural and Livestock Production in Andean Mountain Regions. Paper Prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.
- Ruttan, Vernon R. (1999). Biotechnology and Agriculture: A Skeptical Perspective. World Wide Web AgBioForum (<http://www.agbioforum.missouri.edu/BioForum/General/archives.html>).
- Sanchez, Pedro A. (1999). Delivering on the Promise of Agroforestry. Paper prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.
- Sanchez, Pedro A. and J. R. Benites (1987). Low-Input Cropping for Acid Soils in the Humid Tropics. *Science*, 238: 1521-1527.
- Schlather, Ken (1998). The Dynamics and Cycling of Phosphorus in Mulched and Unmulched Bean Production Systems Indigenous to the Humid Tropics of Central

- America. Ph. D. thesis, Department of Soil, Crop and Atmospheric Sciences, Cornell University.
- Thrupp, Lori Ann (1996). *New Partnerships for Sustainable Agriculture*. Washington: World Resources Institute.
- \_\_\_\_\_ (1998). *Cultivating Diversity: Agrobiodiversity and Food Security*. Washington: World Resources Institute.
- \_\_\_\_\_ (1999). Grassroots Initiatives for “Growing Green”: Lessons from Promising Sustainable Agriculture Initiatives. Paper prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.
- Thurston, H. David, et al., eds. (1994). *Slash/ Mulch: How Farmers Use It and What Researchers Know About It*. Ithaca, NY: Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development, and Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Tiffen, Mary (1976). *The Enterprising Peasant: Economic Development in Gombe Emirate, North Eastern State, Nigeria, 1900-1968*. London: Her Majesty’s Stationery Office.
- \_\_\_\_\_ (1999). **Sustainable Agriculture Is Changing Agriculture: Illustrations from Africa and Elsewhere. Paper prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.**
- Tiffen, Mary, Michael Mortimore and Francis Gichuki. *More People, Less Erosion: Environmental Recovery in Kenya*. New York: John Wiley.
- Uphoff, Norman (1996). Collaborations as an Alternative to Projects: Cornell Experience with University-NGO-Government Networking. *Agriculture and Human Values*, 13:2, 42-51.
- \_\_\_\_\_ (1999). What Can Be Learned from the System of Rice Intensification in Madagascar about Meeting Future Food Needs. Paper prepared for Bellagio Conference on Sustainable Agriculture.

## **Bibliografia Capitulo 7**

- Alcorn, J.B. 1981. Huastec noncrop resource management. *Human Ecol.* 9: 395.
- Alcorn, J. B. 1984. Huastec Mayan Ethnobotany. University of Texas Press, Austin.
- Altieri, M.A. and M.K. Anderson. 1986. An ecological basis for the development of alternative agricultural systems for small farmers in the Third World. *American Journal of Alternative Agriculture* 1:30-38
- Altieri, M.A. and L. C. Merrick. 1987. Peasant Agriculture and the conservation of crop and wild plant resources. *J. Cons. Biol.* 1: 49-58.
- Altieri, M.A. and L. C. Merrick. 1987. In situ conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany* 4:86-96.
- Altieri, M.A. 1990 Stabilizing hillside farming systems in the Sierra of Dominican Republic. IAHS-AISH Pub No 192, pp. 355-363.



- Altieri, M.A. 1991. Traditional Farming in Latin America. *The Ecologist* 21:93-96.
- Altieri, M.A. and S.B. Hecht 1991. Agroecology and small farm development. CRC Press, Boca Raton.
- Altieri, M.A. and O. Masera 1993. Sustainable rural development in Latin America: building from the bottom up. *Ecological Economics* 7: 93-121.
- Altieri, M.A. 1994. *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. Haworth Press, New York.
- Altieri, M.A. 1995. Agroecology: the science of sustainable agriculture. Westview Press, Boulder.
- Altieri, M.A. 1996. Enfoque agroecológico para el desarrollo de sistemas de producción sostenibles en los Andes. Centro de Investigación, Educación y Desarrollo, Lima.
- Altieri, M.A., P. Rosset and L.A. Thrupp 1998. The potential of agroecology to combat hunger in the developing world. *2020 Brief*. IFPRI, Washington, DC.
- Alvarado de la Fuente, F. and H. Wiener 1998. Ofertas agroecológicas para pequeños agricultores: doce experiencias exitosas de agricultura ecológica. Centro IDEAS, Lima.
- Augustburger, F. 1983. Agronomic and economic potential of manure in Bolivian valleys and highlands. *Agric. Ecosystem Environ.* 10: 335-346.
- Beets, W.C. 1982. Multiple Cropping and Tropical Farming Systems. Westview Press, Boulder.
- Beets, W.C. 1990. Raising and sustaining productivity of smallholders farming systems in the Tropics. AgBe Publishing, Holland.
- Blauert, J. and S. Zadek 1998. *Mediating sustainability*. Kumarian Press, Connecticut.
- Brokenshaw, D.W., D.M. Warren and O. Werner. 1980. Indigenous Knowledge Systems and Development. University Press of America, Lanham.
- Brookfield, H. and C. Padoch 1994. Appreciating agrobiodiversity: a look at the dynamism and diversity of indigenous farming practices. *Environment* 36: 7-20.
- Browder, J.O. 1989. *Fragile Lands of Latin America: strategies for sustainable development*. Westview Press, Boulder.
- Brush, S.B. 1982. The natural and human environment of the central Andes. *Mountain Research and Development* 2:14-38.
- Buckles, D., B. Triomphe and G. Sain 1998. Cover crops in hillside agriculture. IDRC-CIMMYT, Mexico D.F.

- Bunch, R. 1987. Case study of the Guinope Integrated Development Program. Proceedings IIED Conference on Sustainable Development, London.
- Bunch, R. 1990. Low-input soil restoration in Honduras: the Cantarranas farmer-to-farmer extension project. *Sustainable Agriculture Gatekeeper Series SA23*. IIED, London.
- Chambers, R. 1983. Rural Development: putting the last first. Longman Group Limited, Essex.
- Chavez, J. et al. 1989. Propuesta de agricultura organica para la sierra. IDEAS-CONYCET, Lima
- Chang, J.H. 1977. Tropical agriculture: crop diversity and crop yields. *Econ. Geogr.* 53:241-254.
- Clawson, D.L. 1985. Harvest security and intraspecific diversity in traditional tropical agriculture. *Econ. Bot.* 39:56-67.
- Denevan, W.M., J.M. Treacey, J.B. Alcorn, C. Padoch, J. Denslow and S.T. Paitan. 1984. Indigenous agroforestry in the Peruvian Amazon: Bora Indian management of swidden fallows. *Interciencia* 9:346-357.
- Denevan, W.M. 1995. Prehistoric agricultural methods as models for sustainability. *Advanced Plant Pathology* 11:21-43.
- Erickson, C.L. and K.L. Chandler 1989. Raised fields and sustainable agriculture in lake Titicaca Basin of Peru. In: J.O. Browder (ed), *Fragile Lands of Latin America*. pp. 230-243 Westview Press, Boulder.
- Flores, M. 1989 Velvetbeans: an alternative to improve small farmers' agriculture ILEIA Newsletter 5: 8-9
- Francis, C.A. 1986. Multiple cropping systems. MacMillan, New York.
- Gliessman, S.R., E. Garcia and A. Amador. 1981. The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agroecosystems. *Agro-Ecosystems* 7:173-185.
- Gliessman, S.R. 1998. *Agroecology: ecological process in sustainable agriculture*. Ann Arbor Press, Michigan.
- Grigg, D.B. 1974. The Agricultural Systems of the World: an evolutionary approach. Cambridge University Press, Cambridge.
- Guijt, I. 1998. Assessing the merits of participatory development of sustainable agriculture: experiences from Brazil and Central America. In J. Blauert and S. Zadek (eds) *Mediating Sustainability* pp. 100-128. Kumarian Press, Conn.
- Harwood, R.R. 1979. Small Farm Development -- Understanding and Improving Farming Systems in the Humid Tropics. Westview Press, Boulder.

- Hecht, S.B. 1984. Indigenous soil management in the Amazon basin: some implications for development *In* J.O. Browder (ed) *Fragile Lands of Latin America* pp. 166-181. Westview Press, Boulder.
- Holtz-Gimenez, E. 1996. The campesino a campesino movement: farmer-led, sustainable agriculture in Central America and Mexico. *Food First Development Report* No. 10. Institute of Food and Development Policy, Oakland.
- Jimenez-Osornio, J. and S. del Amo 1986. An intensive Mexican traditional agroecosystem: the chinampa. Proc. 6<sup>th</sup> International Scientific Conference IFOAM, Santa Cruz, California.
- Lampkin, N. 1992. *Organic Farming*. Farming Press, Ipswich, England.
- Nair, P.K.R. 1984. Soil productivity aspects of agroforestry. ICRAF, Nairobi.
- Norman, M.J. T. 1979. Annual Cropping Systems in the Tropics. University Presses of Florida, Gainesville.
- Ortega, E. 1986 Peasant agriculture in Latin America. Joint ECLAC/FAO Agriculture Division, Santiago
- Pimentel, D. and M. Pimentel 1979. *Food, Energy and Society*. Edward Arnold, London.
- Posey, D.A. 1985 Indigenous management of tropical forest ecosystems: the case of the Kayapo indians of the Brazilian Amazon. *Agroforestry Systems* 3:139-158.
- Posner, J.L. and M.F. McPherson 1982 Agriculture on the steep slopes of tropical America. *World Development* 10:341-53.
- Pretty, J. 1995. Regenerating agriculture. World Resources Institute. Washington, DC.
- Pretty, J. 1997. The sustainable intensification of agriculture. *Natural Resources Forum* 21: 247-256.
- Reinjtes, C., B. Haverkort and Ann Waters-Bayer 1992. Farming for the future. MacMillan, London.
- Richards, P. 1985. Indigenous Agricultural Revolution. Westview Press, Boulder.
- Rist, S. 1992. Ecologia, economia y tecnologia campesina. *Ruralter* 10: 205-227.
- Rosset, P.M. 1997. Alternative agriculture and crisis in Cuba. *Technology and Society* 16: 19-25.
- Sanchez, J.B. 1994. A seed for rural development: the experience of EDAC-CIED in the Mashcon watershed of Peru. *Journal of Learnings* 1: 13-21.
- Sanders, W.T. 1957. *Tierra y agua: a study of the ecological factors in the development of Meso-American civilizations*. PhD Dissertation, Harvard University.

- SANE 1998. *Farmers, NGOs and Lighthouses: learning from three years of training, networking and field activities*. SANE-UNDP, Berkeley.
- Thrupp, L.A. 1996. *New Partnerships for sustainable agriculture*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Thrupp, L.A. 1998. *Cultivating diversity: agrobiodiversity and food security*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Thurston, H.D. 1991. *Sustainable practices for plant disease management in traditional farming systems*. Westview Press, Boulder.
- Thurston H.D. et al. 1994. *Slash/Mulch: How Farmers use It and What Researchers Know About It*. CIIFAD-CATIE, Ithaca, NY.
- Toledo, V.M. 1980. La ecología del modo campesino de producción. *Antropología y Marxismo* 3:35-55.
- Toledo, V.M., J. Carabias, C. Mapes, and C. Toledo. 1985. *Ecología y Autosuficiencia Alimentaria*. Siglo Veintiuno Editores, Mexico City.
- Treacey, J.M. 1989. Agricultural terraces in Peru's Colca Valley: promises and problems of an ancient technology. *In Fragile lands of Latin America*. J.O. Browder (ed). Westview Press, Boulder.
- VonderWeid, J.M. 1994. Agroecology in Taua (AS-PTA) *Journal of Learnings* 1: 28-37
- UNDP 1995. *Benefits of Diversity*. UNDP, New York.
- Wilken, G.C. 1987. *Good Farmers: traditional agricultural resource management in Mexico and Guatemala*. University of California Press, Berkeley.

## **BIBLIOGRAFÍA Capítulo 8**

- Altieri, M.A. (1994) *Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems*. New York: Haworth Press.
- Altieri, M.A. (1996) *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. Boulder: Westview Press.
- Altieri, M.A. (2000) The ecological impacts of transgenic crops on agroecosystem health. *Ecosystem Health* 6:13-23.
- Altieri, M.A. (2000) Developing sustainable agricultural systems for small farmers in Latin America. *Natural Resources Forum* 24: 97-105.
- Altieri, M.A., P. Rosset, and L.A. Thrupp (1998) *The Potential of Agroecology to Combat Hunger in the Developing World (IFPRI 2020 Brief No. 55)*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Andow, D.A. (1991) Vegetation diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36:561-586.
- Aristide, J.B. (2000) *Eyes of the Heart: Seeking a Path for the Poor in the Age of*

- Globalization. Monroe, ME: Common Courage Press.
- Audirac, Y. (1997) Rural sustainable development in America. John Wiley and Sons. New York.
- Boucher, D.H. (ed.) (1999) The Paradox of Plenty: Hunger in a Bountiful World. Oakland, CA: Food First Books.
- Brummer, E.C. (1998) Diversity, stability and sustainable American agriculture. *Agronomy Journal* 90: 1-2.
- Burks, A.W. and R.L. Fuchs (1995) Assessment of the endogenous allergens in glyphosate-tolerant and commercial soybean varieties. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 96: 6-13.
- Busch, L., Lacy, W.B., Burkhardt, J. and L. Lacy (1990) *Plants, Power and Profit*. Oxford, UK: Basil Blackwell.
- Carpenter, J.E. and L.P. Gianessi (1999) Herbicide tolerant soybeans: why growers are adopting roundup ready varieties. *Agbioforum* 2: 2-9.
- Casper, R. and J. Landsmann (1992) The biosafety results of field tests of genetically modified plants and microorganisms. P.K. Launders (ed.). *Proceeding of the Second International Symposium Goslar*, pp. 89-97. Braunschweig, Germany: Biologische Bundensantalt.
- Conroy, M.T., D.L. Murray and P. Rosset (1996) *A Cautionary Fable: Failed US Development Policy in Central America*. Boulder, CO: Lynne Rienner Publishers.
- Conway, G.R. (1997) *The Doubly Green Revolution: Food for All in the 21st Century*. London, UK: Penguin Books.
- Darmency, H. (1994) The impact of hybrids between genetically modified crop plants and their related species: introgression and weediness. *Molecular Ecology* 3:37-40.
- Donnegan, K.K., C.J. Palm, V.J. Fieland, L.A. Porteus, L.M. Ganis, D.L. Scheller, and R.J. Seidler (1995) Changes in levels, species, and DNA fingerprints of soil microorganisms associated with cotton expressing the *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* endotoxin. *Applied Soil Ecology* 2:111-124.
- Donnegan, K.K. and R. Seidler (1999) Effects of transgenic plants on soil and plant microorganisms. *Recent Research Developments in Microbiology* 3:415-424.
- Duffy, M. (1999) Does planting GMO seed boost farmers' profits? *Leopold Center for Sustainable Agriculture Letter* 11(3):1-5.
- Duke, S.O. (1996) *Herbicide Resistant Crops: Agricultural, Environmental, Economic, Regulatory, and Technical Aspects*, pg. 420. Boca Raton, LA: Lewis Publishers.
- Fowler, C. and Mooney, P. (1990) *Shattering: Food, Politics, and the Loss of Genetic Diversity*. Tucson: University of Arizona Press.
- Ghaffarzadeh, M.F., G. Prechac and R.M. Cruse (1999) Grain yield response of corn, soybean and oat grain in a strip intercropping system. *American Journal of Alternative Agriculture* 4: 171-175.
- Gill, D.S. (1995) Development of herbicide resistance in annual ryegrass populations in the cropping belt of western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 3: 67-72.
- Goldberg, R.J. (1992) Environmental concerns with the development of herbicide-tolerant plants. *Weed Technology* 6: 647-652.
- Gould, F. (1994) Potential and problems with high-dose strategies for pesticidal

- engineered crops. *Biocontrol Science and Technology* 4: 451-461.
- Green, M.B.; A.M. LeBaron, and W.K. Moberg (eds.) (1990) *Managing Resistance to Agrochemicals*. Washington, DC: American Chemical Society.
- Greenland, D.J. (1997) *The Sustainability of Rice Farming*. Wallingford, England: CAB International.
- Hansen, M.K. (1999) *Genetic Engineering is Not an Extension of Conventional Plant Breeding*. New York: Consumer Policy Institute.
- Hilbeck, A., Am Baumgartner, P.M. Fried, and F. Bigler (1998) Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn fed prey on mortality and development time of immature *Crysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology* 27: 460-487.
- Hilbeck, A., W.J. Moar, M. Putzai-carey, A. Filippini, and F. Bigler (1999) Prey-mediated effects of Cry1Ab toxin and protoxin on the predator *Crysoperla carnea*. *Entomology, Experimental and Applied* 91: 305-316.
- Hindmarsh, R. (1991) The flawed sustainable promise of genetic engineering. *The* 21: 196-205.
- Hobbelink, H. (1991) *Biotechnology and the Future of World Agriculture*. London: Zed Books, pg. 159.
- Holt, J.S., S. Powles, and J.A.M. Holtum (1993) Mechanisms and agronomic aspects of herbicide resistance. *Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology* 44: 203-229.
- Holt, J.S. and H.M. Le Baron (1990) Significance and distribution of herbicide resistance. *Weed Technology* 4: 141-149.
- Kendall, H.W., R. Beachy, T. Eismer, F. Gould, R. Herdt, P.H. Ravon, J. Schell, and M.S. Swaminathan (1997) *Biotechnology of crops*. Report of the World Bank Panel on Transgenic Crops, pp. 1-30. Washington DC: World Bank.
- Kloppenburg, J. (1998) *First the Seed: The Political Economy of Plant Technology*, pp. 1492-2000. Cambridge: Cambridge University Press.
- Krimsky, S. and R. P. Wrubel (1996) *Agricultural Biotechnology and the Environment: Science, Policy and Social Issues*. Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Lampkin, N. (1990) *Organic Farming*. Ipswich, NY: Farming Press.
- Lappe, F.M. and B. Bailey (1998) *Against the Grain: Biotechnology and the Corporate takeover of Food*. Monroe, ME: Common Courage Press.
- Lappe, F.M., J. Collins, P. Rosset, and L. Esparza (1998) *World Hunger: Twelve Myths* (second edition), pg. 270. New York: Grove Press.
- Lappe, M.A., E.B. Bailey, C.H. Childers, and K.D.R. Setchell (1999) Alterations in clinically important phytoestrogens in genetically modified, herbicide tolerant soybeans. *Journal of Medicinal Food* 1: 241-245.
- Losey, J.J.E., L.S. Rayor, and M.E. Carter (1999) Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399: 214.
- Lutman, P.J.W. (ed.) (1999) *Gene flow and agriculture: relevance for transgenic crops*. British Crop Protection Council Symposium Proceedings No. 72, pp. 43-64. Staffordshire, England: British Crop Protection Council.
- Mallet, J. and P. Porter (1992) Preventing insect adaptations to insect resistant crops: are seed mixtures or refuge the best strategy? *Proceeding of the Royal Society of*

- London Series B Biology Science 250: 165-169.
- Mellon, M. and J. Rissler (1999) *Now or Never: Serious New Plans to Save a Natural Pest Control*. Washington, DC: Union of Concerned Scientists.
- National Research Council (1996) *Ecologically Based Pest Management*. Washington, DC: National Academy of Sciences.
- National Research Council (1984) *Alternative Agriculture*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nicholls, C.I. and M.A. Altieri (1997) Conventional agricultural development models and the persistence of the pesticide treadmill in Latin America. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 4: 93-111.
- Office of Technology Assessment (1992) *A New Technological Era for American Agriculture*. Washington DC: US Government Printing Office.
- Onstad, D.W. and F. Gould (1998) Do dynamics of crop maturation and herbivorous insect life cycle influence the risk of adaptation to toxins in transgenic host plants? *Environmental Entomology* 27: 517-522.
- Palm, C.J., D.L. Schaller, K.K. Donegan, and R.J. Seidler (1996) Persistence in soil of transgenic plant produced *Bacillus thuringiensis* var. *Kustaki* endotoxin. *Canadian Journal of Microbiology* 42: 1258-1262.
- Paoletti, M.G. and D. Pimentel (1996) Genetic engineering in agriculture and the environment: assessing risks and benefits. *BioScience* 46: 665-671.
- Persley, G.J. and M.M. Lantin (2000) *Agricultural Biotechnology and the Poor*. Washington DC: Consultative Group on International Agricultural Research.
- Pimentel, D. and H. Lehman (1993) *The pesticides question*. Chapman and Hall. New York.
- Pretty, J. (1995) *Regenerating Agriculture: Policies and Practices for Sustainability and Self-reliance*. London, UK: Earthscan.
- Radosevich, S.R., J.S. Holt, and C.M. Ghersa (1996) *Weed Ecology: Implications for Weed Management* (second edition). New York: John Wiley and Sons.
- Rissler, J. and M. Mellon (1996) *The Ecological Risks of Engineered Crops*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Robinson, R.A. (1996) *Return to Resistance: Breeding Crops to Reduce Pesticide Resistance*. Davis, California: AgAccess.
- Rosset, P. (1999) The multiple functions and benefits of small farm agriculture in the context of global trade negotiations, *Food First Policy Brief No. 4*. Oakland, CA: Institute for Food and Development Policy.
- Royal Society (1998) *Genetically modified plants for food use. Statement 2/98*. London, UK: Royal Society.
- Saxena, D., S. Flores and G. Stotzky (1999) Insecticidal toxin in root exudates from Bt corn. *Nature* 40: 480.
- Schuler, T.H., R.P.J. Potting, I Dunholm, and G.M. Poppy (1999) Parasitic behavior and Bt plants. *Nature* 400: 825.
- Snow, A.A. and P. Moran (1997) Commercialization of transgenic plants: potential ecological risks. *BioScience* 47: 86-96.
- Steinbrecher, R.A. (1996) From green to gene revolution: the environmental risks of genetically engineered crops. *The Ecologist* 26: 273-282.
- Tabashnik, B.E. (1994<sup>a</sup>) Genetics of resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Annual Review*

- of Entomology 39: 47-49.
- Tabashnik, B.E. (1994b) Delaying insect adaptation to transgenic plants: seed mixtures and refugia reconsidered. *Proceedings of the Royal Society, London* 255: 7-12.
- Ticciati, L. and R. Ticciati (1998) *Genetically Engineered Foods: Are They Safe?* New Canaan, CT: Keats Publishing.
- Thrupp, L.A. (1998) *Cultivating Biodiversity: Agrobiodiversity for Food Security*. Washington DC: World Resources Institute.
- United States Department of Agriculture (1999) *Genetically Engineered Crops for Pest Management*. Washington DC: USDA Economic Research Service.
- Uphoff, N. and M.A. Altieri (1999) *Alternatives to conventional modern agriculture for meeting world food needs in the next century (Report of a Bellagio Conference)*. Ithaca, NY: Cornell International Institute for Food, Agriculture, and Development.