Interamerican Council for
Sustainable Agriculture

Grupo Interamericano
para el Desarrollo Sostenible
de la Agricultura y
los Recursos Naturales

Grupo Interamericano para
el Desarrollo Sostenible de la Agricultura
y los Recursos Naturales

Cuadernos de Trabajo

1

1995

Agroecología:
Creando Sinergias para una Agricultura Sostenible

Miguel A. Altieri

CONTENIDO

Introducción 9

I. Agroecología. Metas y Conceptos 11

II. La Agroecología de los Agroecosistemas Tradicionales 14

A. Aspectos Ecológicos 14
B. Los Servicios Agroecológicos de la Biodiversidad en los Agroecosistemas Tradicionales 16
C. La Compleja Naturaleza del Conocimiento Etnoecológico de los Campesinos 18

III Programas de Desarrollo Rural Basados en la Agroecología 22

A. Ejemplos de Programas 25
1. Producción de cultivos en callejón en Africa
2. La promoción de los sistemas de agricultura integrada en Bangladesh
3. Conservación de suelos en las laderas centroamericanas
4. Reconstrucción de terrazas abandonadasen los Andes
5. Recreación de la agricultura incas en los Andes Peruanos
6. Agricultores involucrados en programas de conservación genética in-situ de cultivos
7. Mejoramiento de la seguridad alimentaria y el ingreso de los pequeños agricultores en Chile Mediterráneo

B. Evaluando la Sostenibilidad de las Intervenciones Agroecológicas de las ONGs 36

IV La Agroecología de los Sistemas Agrícolas de Gran Escala 42

A. Agricultura Sostenible 42
B. Aspectos Agroecológicos de los Sistemas Diversificados de Producción 46
1. Sistemas múlltiples de cultivo
2. Rotación de cultivos
3. Cultivos de cobertura
4. Sistemas agrosilvícolas
5. Agricultura orgánica
C. Conversión de los Sistemas de Escala Mediana y Grande al Manejo Agroecológico 53

Conclusiones **60**

INTRODUCCION.

La mayoría de los científicos y personas involucradas en el desarrollo de la agricultura, están de acuerdo en que, a pesar de los numerosos proyectos de carácter internacional y los financiados por el estado, la pobreza, la escasez de alimentos, la desnutrición, el deterioro de la salud y la degradación ambiental continúan siendo problemas ampliamente distribuidos en el mundo en desarrollo. En muchas regiones, la modernización agrícola, bajo las premisas de la Revolución Verde, ha procedido en ausencia de una distribución efectiva de la tierra, enfatizando tecnologías intensivas en insumos, las cuales han contribuido a que prevalezcan los problemas ambientales tales como: la erosión del suelo, la desertificación, la contaminación por pesticidas y la pérdida de la biodiversidad.

En el Tercer Mundo, esta crisis se entiende como una crisis del paradigm dominante de desarrollo que ha demostrado ser incapaz de lograr un mejoramiento d la agricultura campesina. Esta crisis también ha demostrado que las estrategias d desarrollo convencional son fundamentalmente limitadas en su habilidad para promove un desarrollo equitativo y sostenible (Altimir, 1982; Annis y Hakim, 1988). En maner alguna el desarrollo ha alcanzado a los pobres, ha resuelto el hambre, la desnutrición los problemas ambientales. La distribución de los beneficios de la Revolución Verd ha sido extremadamente desigual, favoreciendo a los grandes productores, quiene controlan el capital y las tierras óptimas para la agricultura. En consecuencia, la innovaciones tecnológicas no han estado disponibles a los productores pequeños o d pocos recursos en términos favorables, ni son adecuadas para sus condicione agroecológicas y sociales.

Durante los años recientes, el debate acerca de la agricultura sostenible h obtenido una rápida aceptación y ha surgido en respuesta al deterioro de la calidad d la vida rural y a la degradación de la base de recursos naturales, asociados a la agricultu moderna. El concepto de sostenibilidad, aunque polémico y difuso, es útil debido que abarca un conjunto de aspectos sobre la agricultura, concebida como el resulta de la co-evolución de los sistemas socio-económicos y naturales. Un conocimien

más amplio del contexto agrícola, requiere del estudio de las relaciones entre agricultura, ambiente y sistemas sociales dados, ya que el desarrollo agrícola resulta de las interacciones complejas de una multitud de factores. Actualmente, la cuestión de la producción agrícola ha evolucionado de una visión puramente técnica, a una más compleja, condicionada por las dimensiones sociales, culturales, políticas y económicas.

Existe un creciente interés por restaurar la racionalidad ecológica en la producción agrícola y por proceder con ajustes importantes en la agricultura convencional, con el fin de hacerla viable y compatible con el ambiente, la sociedad y la economía. Aunque se han llevado a cabo muchos esfuerzos innovadores de desarrollo tecnológico, en gran medida enfatizando aún el uso de agroquímicos y de tecnologías intensivas en insumos, acentuando un enfoque de sustitución de insumos, encaminado a reemplazar los agroquímicos y tecnologías intensivas, costosas y degradantes, por tecnologías de tono más ambiental, con bajo uso de insumos externos. Este enfoque, sin embargo, no se dirige a las causas ecológicas de los problemas ambientales de la agricultura moderna, que están profundamente enraizados en la estructura del monocultivo prevaleciente en los sistemas de producción de gran escala. Aún prevalece una visión limitada de que causas específicas afectan la productividad, y de que, sobrepasando el factor limitante por la vía de las tecnologías alternativas, se puede continuar logrando la meta principal. Esta visión ha impedido a los científicos agrícolas darse cuenta de que los factores limitantes sólo representan síntomas de un problema sistémico de mayor envergadura, inherente a los desbalances del propio agroecosistema. Se requiere que los científicos e investigadores partan de la apreciación del contexto y la complejidad de los procesos agroecológicos, para así comprender de las causas profundas de las limitaciones agrícolas.

Percibiendo el problema de la sostenibilidad solamente como un cambio tecnológico en la producción, muchos enfoques quedan restringidos en su habilidad para entender y dirigirse a las razones fundamentales por las que los sistemas agrícolas se tornan no sostenibles. Claramente, los nuevos agroecosistemas sostenibles no pueden ser implementados sin modificar los determinantes socioeconómicos que gobiernan lo que se produce, cómo se produce y para quién se produce. Los enfoques debieran relacionarse con los asuntos tecnológicos de una manera en que asuman su rol correspondiente dentro de una agenda que incorpore los aspectos sociales y económicos relevantes dentro de su estrategia de desarrollo. Solamente las políticas y acciones derivadas de la instrumentación de tal estrategia pueden confrontar los factores

estructurales y económicos que determinan la crisis agrícola-ambiental y la pobrez rural prevaleciente a todo lo largo del mundo en desarrollo.

Es a través de un conocimiento más profundo de la ecología humana de lo sistemas agrícolas que se abrirán las puertas a nuevas opciones de manejo, más acorde con los objetivos de una agricultura verdaderamente sostenible. Desde esta perspectiv la emergencia de la agroecología como una ciencia nueva y dinámica, representa u tremendo salto en la dirección correcta. La agroecología proporciona los principi ecológicos básicos para el estudio, diseño y manejo de los agroecosistemas, tanto com para armonizar la conservación y la producción, como para lograr la viabilidad cultura social y económica de los agricultores.

I. AGROECOLOGIA. METAS Y CONCEPTOS.

La agroecología proporciona una metodología para obtener un conocimiento profun de la naturaleza de los agroecosistemas y los principios mediante los cuales funciona La agroecología va más allá de una visión unidimensional de los agroecosistema su genética, agronomía, edafología- para abarcar un conocimiento de los niveles coevolución, estructura y función ecológicos y sociales. La agroecología anima a l investigadores a capitalizar en el conocimiento y la habilidad de los agricultores y identificar el potencial ilimitado de ensamblar la biodiversidad para crear sinergi benéficas que provean a los agroecosistemas con la capacidad de mantenerse o retc nar a un estado innato de estabilidad natural. La idea consiste en desarroll agroecosistemas con dependencia mínima en agroquímicos e insumos energétic enfatizando sistemas agrícolas complejos, en los cuales, las interacciones ecológic y las sinergias entre los componentes biológicos proporcionan los mecanismos pa que los sistemas agroecológicos subsidien su propia fertilidad del suelo, productivid y la protección de cultivos.

El rendimiento sostenible en el agroecosistema deriva del balance adecua entre cultivos, suelos, nutrientes, luz solar, agua y los organismos coexistentes. agroecosistema es productivo y saludable cuando este balance y condiciones ricas crecimiento prevalecen de manera que las plantas cultivadas se mantienen resilen para tolerar el stress y la adversidad. Disturbios ocasionales pueden ser superados por agroecosistema vigoroso, que es suficientemente adaptable y diverso para recobra una vez que la tensión ha pasado. Esporádicamente, medidas más fuertes (i.e. insectici

botánicos, fertilizantes alternativos, etc.) pueden ser requeridos por los productores que emplean métodos alternativos para controlar plagas o problemas específicos del suelo. La agroecología proporciona la guía para hacer ésto con cuidado, sin causar daño innecesario o irreparable. Al mismo tiempo que lucha por combatir la plaga, la enfermedad o deficiencia del suelo, el agroecólogo se esfuerza por restaurar la resilencia y fortaleza del agroecosistema. Si la causa de la enfermedad, plaga, degradación del suelo, por ejemplo, se reconoce como desequilibrio, entonces la meta del tratamiento agroecológico es recuperar el balance. El tratamiento y la recuperación son guiados por un conjunto específico de principios y guías técnicas específicas (Tabla 1).

En agroecología, la biodiversificación es el principio más importante utilizado para asegurar la autorregulación y sostenibilidad. Cuando la biodiversidad se restablece en los agroecosistemas, una cantidad de interacciones complejas emergen entre suelos, plantas y animales. Este es un proceso de explotación de interacciones y sinergias complementarios que puede resultar en efectos benéficos, tales como: (a) cubierta de vegetación continua para la protección del suelo, (b) producción constante de alimentos, asegurando una dieta variada y la producción de varios productos para el mercado, (c) cierre de ciclos de nutrientes y uso efectivo de los recursos locales, (d) conservación de agua y suelo a través de acolchados y cobertura del suelo, (e) énfasis en el control de plagas a través de la provisión de un hábitat para los enemigos naturales, (f) incremento de la capacidad de uso múltiple del paisaje, (g) producción sostenida de cultivos sin el uso de insumos químicos degradantes del ambiente.

Sin embargo, la restauración de la salud ecológica no es la única meta de la agroecología. De hecho, la sostenibilidad no es posible sin la preservación de la diversidad cultural que nutre a las agriculturas locales. Una mirada más de cerca hacia la etnociencia (el sistema de conocimiento de un grupo étnico que se ha originado local y naturalmente), ha revelado que el conocimiento de la gente local sobre el ambiente, la vegetación, los animales y suelos, puede ser muy fino. El conocimiento campesino acerca de los ecosistemas, comúnmente resulta en una utilización multidimensional de estrategias productivas de la tierra que genera, dentro de ciertos límites ecológicos y técnicos, la autosuficiencia alimentaria de las comunidades en regiones particulares. Para los agroecólogos, existen varios aspectos de los sistemas tradicionales de conocimiento que son relevantes: conocimiento de las prácticas agrícolas y sobre el ambiente físico, los sistemas taxonómicos de sujetos biológicos, el uso de tecnologías bajas en insumos, etc. Muchos científicos en los países desarrollados están comenzando a mostrar interés

Tabla 1

Elementos técnicos básicos de una estrategia agroecológica.

1. Conservación y Regeneración de Recursos Naturales.

a. Suelo (control de erosión, fertilidad y salud de las plantas).
b. Agua (acopio, conservación in-situ, manejo, riego).
c. Germoplasma (especies nativas de plantas y animales, especies silvestres, germoplasma adaptado).
d.Fauna y flora benéficas (enemigos naturales, polinizadores, vegetación de uso múltiple).

2. Manejo de Recursos Productivos.

a. Diversificación.
-temporal (rotaciones, secuencias, etc.)
-espacial (policultivos, agrosilvicultura, sistemas mixtos de cultivo/ganado)
-genética (multilíneas, mezclas de variedades)
-regional (zonificación, manejo de cuencas, etc.)

b. Reciclaje de nutrientes y abonos orgánicos.
-biomasa de plantas (abono verde, residuos de los cultivos, fijación de Nitrógeno, etc.)
-reutilización de nutrientes y recursos internos y externos al predio.
-biomasa animal (abono, orina, etc.)

c. Regulación biótica (protección de los cultivos y la salud animal)
-control biológico natural estimulando agentes naturales de control)
-control biológico artificial (importación y aumento de enemigos naturales, insecticidas botánicos, productos veterinarios alternativos, etc.)

3. Instrumentación de Elementos Técnicos.

a. Definición de la regeneración de los recursos, la conservación y el manejo de técnicas diseñadas para las necesidades locales y las circunstancias agroecológicas-socioeconómicas.

b. El nivel de instrumentación puede ser la microrregión, cuenca, granja, y nivel de sistema de cultivos.

c. La instrumentación está guiada por una concepción holística (integrada) y, en consecuencia, no enfatiza elementos aislados.

d. La estrategia debe concordar con la racionalidad campesina y debe incorporar elementos de manejo tradicional de recursos.

por la agricultura tradicional, especialmente en los sistemas de explotación mixtos de pequeña escala, en su búsqueda de formas agroecológicas para remediar las deficiencias de la agricultura moderna. Esta transferencia del aprendizaje debe ocurrir rápidamente, o esta riqueza de conocimiento se perderá para siempre. Mediante la comprensión de los aspectos ecológicos de la agricultura tradicional, tales como: la habilidad para soportar el riesgo, las eficiencias de producción de las mezclas simbióticas de cultivos, el reciclaje de materiales, la base en los recursos y germoplasma locales, la explotación de un abanico completo de microambientes, es posible obtener información importante a utilizarse para desarrollar estrategias agrícolas adecuadas a las necesidades, preferencias y base de recursos de grupos específicos de agricultores y agroecosistemas regionales.

La producción estable sólo puede tener lugar dentro del contexto de una organización social que protege la integridad de sus recursos naturales y que se edifica sobre la interacción armónica de los humanos, el agroecosistema y el ambiente. La agroecología proporciona las herramientas metodológicas para la participación de la comunidad con el fin de llegar a ser la fuerza motriz que defina los objetivos y actividades de desarrollo. La meta es que los campesinos lleguen a ser los arquitectos y actores de su propio desarrollo.

II. La agroecología de los agroecosistemas tradicionales.

A. Aspectos Ecológicos.

Los sistemas agrícolas tradicionales han emergido a partir de siglos de evolución cultural y biológica, y representan experiencias acumuladas de los campesinos en interacción con su entorno sin acceso a insumos externos, capital o conocimiento científico (Chang 1977, Grigg 1974). Utilizando su autosuficiencia creativa, su conocimiento basado en la experiencia, y los recursos disponibles localmente, muchos agricultores tradicionales han desarrollado sistemas agrícolas de producción sostenible (Harwood 1979). Un aspecto prominente de los sistemas agrícolas tradicionales, es su grado de diversidad de plantas en la forma de policultivos y/o patrones agrosilvícolas (Chang 1977, Clawson 1985). Esta estrategia de minimización del riesgo plantando varias especies y variedades de cultivos, estabiliza la producción en el largo plazo, promueve la diversidad de la dieta, y maximiza los retornos en condiciones de bajo nivel tecnológico y recursos limitados (Harwood 1979).

Los sistemas tradicionales de cultivos múltiples proporcionan alrededor del 2(por ciento de la oferta mundial de alimentos (Francis 1985). Los policultivos constituye por lo menos el 80 por ciento del área cultivada del Africa Occidental (Norman 1979 y gran parte de la producción de cultivos básicos de los trópicos latinoamericanos. Lo agroecosistemas tropicales compuestos de campos agrícolas y de barbecho, solare complejos y parcelas agrosilvícolas comúnmente contienen más de 100 especies d plantas por predio, las cuales se utilizan para materiales de construcción, leña herramientas, medicinas, alimento de ganado y alimento humano. Los solares d México, Indonesia y el Amazonas, son formas altamente eficientes en el uso de l tierra, e incorporan una variedad de cultivos con diferentes hábitos de crecimiento. E resultado es una estructura similar a las selvas tropicales, con diversas especies y un configuración estratificada (Denevan et al. 1984). Las pequeñas áreas alrededor de la casas de los campesinos, comúnmente tienen un promedio de 80-125 plantas útile muchas comestibles y de uso medicinal.

Muchos agroecosistemas tradicionales se localizan en centros de diversidad d cultivos, conteniendo diversas poblaciones de especies y variedades autóctonas adaptadas (Harlan 1976), constituyéndose así en bancos in-situ de conservación de diversidad genética. Clawson (1985) describió varios sistemas en los que los agricultor tropicales plantan diversas variedades de cada cultivo, proporcionando diversidad tan intra como inter específica; asegurando consecuentemente, la seguridad de la cosech Por ejemplo, en los Andes, los agricultores cultivan alrededor de 50 variedades papa en sus campos (Brush 1982). De manera similar, en Tailandia e Indonesia, l agricultores mantienen una diversidad de variedades de arroz en sus campos inundado adaptados a un amplio rango de condiciones ambientales, regularmente intercambian semillas con sus vecinos (Grigg 1974). La diversidad genética resultante eleva resistencia a enfermedades que atacan al cultivo, y permite a los agricultores explot diferentes microclimas y derivar usos nutricionales múltiples y otros usos aprovechan la variación genética dentro de las especies.

La biodiversidad no solamente se preserva dentro del área cultivada. Much campesinos mantienen áreas no cultivadas (tales como selvas, bosquetes, lagos, pa tizales, arroyos y pantanos) dentro de sus campos o adyacentes a ellos, proporcionan productos valiosos que incluyen: comestibles, materiales de construcción, medicina fertilizantes orgánicos, combustibles y artículos religiosos. En condiciones del trópi húmedo, la recolección de recursos de las selvas primarias y secundarias es m

intensiva. En la región de Uxpanapa en Veracruz, México, los campesinos utilizan alrededor de 435 especies de plantas y animales silvestres, de las cuales, se comen 229. En muchas áreas semiáridas, la recolección permite al campesino y grupos tribales mantener sus estándares nutricionales aún cuando golpea la sequía (Toledo et. al., 1985).

Aunque los agroecosistemas tradicionales varían como resultado de diferentes condiciones históricas y geográficas, éstos comparten muchos aspectos estructurales y funcionales:

- Contienen un elevado número de especies;
- Explotan el rango completo de microambientes, difiriendo en características tales como suelo, agua, temperatura, altitud, grado de fertilidad, ya sea dentro de un sólo campo o dentro de una región;
- Mantienen los ciclos de materiales y desperdicios a través de prácticas efectivas de reciclaje.
- Descansan en complejas interdependencias biológicas que resultan en cierto grado de supresión biológica de plagas;
- Se basan en los recursos locales y en la energía humana y animal, utilizando bajos niveles de insumos tecnológicos.
- Descansan en las variedades locales de cultivos y en el uso de plantas y animales silvestres. La producción es comúnmente destinada al consumo local.

B. Los Servicios Agroecológicos de la Biodiversidad en los Agroecosistemas Tradicionales.

En los agroecosistemas tradicionales, la prevalecencia de sistemas de cultivo complejos y diversificados es de vital importancia para los campesinos, ya que en éstos las interacciones entre cultivos, animales y árboles resultan en sinergias benéficas que permiten a los agroecosistemas mantener la fertilidad de sus suelos, el control de plagas y la productividad (Altieri 1987, Harwood 1979 y Richards 1985):

1. Mediante la asociación de cultivos, los agricultores logran la ventaja de que los sistemas de cultivo tengan la habilidad para reutilizar los nutrientes que ellos mismos han almacenado. La tendencia de algunos cultivos a agotar el suelo, se ve contrarrestada por la asociación con otros cultivos que enriquecen el suelo con materia orgánica. El nitrógeno del suelo, por ejemplo, puede aumentarse incorporando leguminosas en la

mezcla de cultivos, y la asimilación de fósforo puede fomentarse con cultivos q estimulan las asociaciones de micorrizas.

2. La compleja estructura de los agroecosistemas tradicionales minimiza pérdida de cultivos por plagas de insectos a través de una variedad de mecanism biológicos. La asociación de cultivos de diversas especies de plantas, ayuda proporcionar hábitats para los enemigos naturales de las plagas de insectos, así cor de plantas huéspedes alternativas que actúan de cultivos trampa para las plagas. U cultivo puede ser plantado como un huésped alternativo, protegiendo de daños serio otros cultivos más susceptibles o de mayor valor económico. La gran diversidad cultivos que crecen simultáneamente en los policultivos, ayuda a prevenir establecimiento de plagas en las plantas comparativamente aisladas de cada espec Donde se practica el cultivo de tumba, roza y quema, la limpieza de pequeñas parce a partir de una vegetación silvestre secundaria también permite la migración fácil predatores naturales desde la selva circundante.

3. El rendimiento total por hectárea con frecuencia es mayor en los policulti que en los monocultivos, aún cuando los rendimientos de los componen individuales sean reducidos. Esta ventaja en rendimientos comúnmente se expr como el uso equivalente de tierra (LER), el área de tierra de monocultivo requer para producir la misma cantidad que una hectárea de policultivo, utilizando la mis población de plantas. Si el LER es mayor que uno, el policultivo tiene ma rendimiento.

4. El fortalecimiento de las especies y/o la diversidad genética de los siste de cultivo, confieren simultáneamente varias fuentes de resistencia como estrategia clave para minimizar las pérdidas por enfermedades y nemátodos. La me de diferentes especies o variedades de cultivos puede retardar el primer ataque d enfermedad, reducir el alcance del inóculo y de las esporas portadoras d enfermedad y modificar las condiciones ambientales tales como humedad, temperatura y movimiento del aire, de modo que las condiciones sean me favorables para la expansión de determinada enfermedad.

5. Muchos sistemas de asociación de cultivos previenen la competenci malezas, principalmente debido a la gran área foliar de sus complejos follajes, la previene de manera suficiente que la luz del sol no alcance a las malezas más sensit

En general, el ámbito en el que las malezas representan un problema, depende del tipo de cultivos y de la proporción de las diferentes especies que se desarrollan, su densidad, el lugar en el que están plantadas, la fertilidad del suelo y las prácticas de su manejo. La supresión de malezas puede ser enfatizada en cultivos asociados, cuando se añaden especies de cultivos que inhiben la germinación y el crecimiento de las malezas a través de la alelopatía. Los cultivos como el centeno, el trigo, el tabaco y la avena, liberan sustancias tóxicas al ambiente, ya sea a través de sus raíces, o a partir del decaimiento del material de la planta. Tales toxinas inhiben la germinación y el crecimiento de algunas especies de maleza como la mala mostaza (**Brassica spp.**) y la amapola.

Quizás el mayor cambio en la forma de entender la manera en que los campesinos manejan la biodiversidad agrícola, es el reconocimiento de que la complejidad de los sistemas de producción está ligada estrechamente a la sofisticación del conocimiento de los campesinos que los manejan. Es por esta razón que los agroecólogos se oponen a esos enfoques que separan el estudio de la biodiversidad agrícola del estudio de las culturas que la mantienen.

C. La Compleja Naturaleza del Conocimiento Etnoecológico de los Campesinos.

La etnoecología es el estudio y descripción de los sistemas de conocimiento del mundo natural por los grupos étnicos indígenas rurales (Toledo, 1992). Este conocimiento tiene muchas dimensiones, incluyendo la lingüística, botánica, zoología, taxonomía biológica y agricultura; y se ha derivado de la interacción directa entre los humanos y el ambiente. La información se extrae del ambiente mediante sistemas cognitivos y de percepción especiales que seleccionan la información más útil o que más se adapta, y las adecuaciones exitosas son preservadas y transmitidas de generación en generación, a través de medios orales o experimentales. El conocimiento de los indígenas sobre suelo, climas, vegetación, animales y ecosistemas, comúnmente resulta en estrategias productivas multidimensionales (i.e. ecosistemas múltiples con especies múltiples), y estas estrategias generan (dentro de ciertos límites ecológicos y técnicos) la autosuficiencia alimentaria de los agricultores de una región (Toledo et. al. 1985).

Para los agroecólogos, cuatro aspectos de estos sistemas de conocimiento tradicional son relevantes (Altieri 1987):

Conocimiento sobre el ambiente. El conocimiento indígena sobre el ambiente con frecuencia es muy detallado. Muchos agricultores han desarrollado calendarios tradicionales para controlar la frecuencia de las actividades agrícolas. Muchos agricultores siembran conforme a las fases de la luna, creyendo que hay fases lunares de la lluvia. Muchos productores también hacen frente a la estacionalidad climática utilizando indicadores basados en las fenologías (i.e. inicio de la floración) de la vegetación local. Los tipos de suelo, grados de fertilidad y categorías de uso del suelo, son también analizadas en detalle por los agricultores. Los tipos de suelo se distinguen comúnmente por el color, la textura y aún el sabor. Los cultivadores que utilizan la tumba, roza y quema, comúnmente clasifican sus suelos con base en la cubierta vegetal. En general los tipos de clasificación que los campesinos hacen del suelo, dependen del tipo de relación que éstos tienen con la tierra. Trabajando con esta energía y las restricciones los pequeños productores han aprendido a reconocer y utilizar los recursos disponibles (Wilken 1977).

Confrontados con los problemas específicos de pendiente, inundación, sequía, plagas, enfermedades y baja fertilidad del suelo, los pequeños productores a todo lo largo y ancho del mundo han desarrollado sistemas únicos de manejo para sobrepasar estas limitaciones (Tabla 2). Los agricultores tradicionales generalmente han enfrentado los requerimientos ambientales de sus sistemas de producción de alimentos, utilizando algunos principios y enfatizando ciertos procesos (Knight 1980).

Diversidad y continuidad espacial y temporal. Se han adoptado múltiples diseños de cultivo para asegurar la producción constante de alimentos y la cubierta vegetal para la protección del suelo. Al asegurar la oferta regular y variada de alimentos, se asegura una dieta diversa y nutricionalmente adecuada. La cosecha diversificada de cultivos, reduce la necesidad de almacenamiento, comúnmente amenazada en climas lluviosos. Una secuencia continua de cultivos también mantiene las relaciones bióticas (complejos predador/presa, bacterias fijadoras de nitrógeno que pueden beneficiar al agricultor.

Uso óptimo de recursos espaciales. Los agrupamientos de plantas con diferentes hábitos de crecimiento, follaje y estructuras de raíces, permiten una mejor utilización de los insumos ambientales tales como nutrientes, agua y radiación solar. Las mezclas de cultivos realizan la más completa utilización de un ambiente particular

lar. En los sistemas agrosilvícolas complejos, los cultivos pueden crecer debajo de las copas de los árboles si se filtra suficiente luz, logrando así una utilización estratificada del espacio.

Reciclaje de nutrientes. Los pequeños agricultores conservan la fertilidad del suelo manteniendo ciclos cerrados de nutrientes, energía, agua y desperdicios. En consecuencia, muchos agricultores enriquecen sus suelos recolectando materiales nutritivos (tales como estiércol y residuos vegetales) provenientes de fuera de sus campos, adoptando sistemas de barbecho o rotación, o bien, incluyendo leguminosas en sus patrones de asociación de cultivos e integrando animales.

Conservación del agua. En áreas temporaleras, el patrón de lluvias es el principal determinante del sistema de cultivo, y los agricultores utilizan patrones de cultivo adaptados a la cantidad y distribución de la lluvia. En consecuencia, en las áreas con poca humedad, los agricultores prefieren cultivos tolerantes a sequías (como **Cajanus**, papa dulce, yuca, mijo y sorgo), y las técnicas de manejo que enfatizan la cubierta del suelo (tales como **mulch** o cubierta de estiércol y paja para eliminar la evaporación y el deslave). Donde la precipitación es de más de 1,500mm/año, la mayor parte de los sistemas de cultivo se basan en el arroz. Bajo condiciones de inundación constante, en lugar de invertir en sistemas costosos de drenaje, los agricultores desarrollan sistemas integrados de agricultura/acuacultura, tales como las chinampas del México central.

Control de la sucesión y protección de los cultivos. Los agricultores han desarrollado una cantidad de estrategias que tienen que ver con la regulación de la competencia por parte de organismos indeseables. Las asociaciones de cultivos y las mezclas de variedades proporcionan seguridad contra ataques catastróficos de insectos plaga o enfermedades. El follaje de los policultivos pueden suprimir de manera efectiva el crecimiento de malezas y minimizar la necesidad de su control. Además, las prácticas culturales tales como mulch, cambios en la época de siembra y en la densidad de los cultivos, uso de variedades resistentes, de insecticidas botánicos y/o repelentes, puede minimizar la interferencia de las plagas.

Tabla 2

Algunos ejemplos de sistemas de manejo de suelo, espacio, agua y vegetación utilizados pc agricultores tradicionales de todo el mundo (después de Klee, 1980)

CONTRACCION AMBIENTAL	OBJETIVO	PRACTICA RECOMENDADA
Espacio limitado	Maximizar el uso de recursos ambientales y tierra	Asociación de cultivos, agrosilvicultura, cultivos de much estratos, solares, zonificación altitudinal de cultivc fragmentación de la explotación, rotación.
Pendiente	Control de la erosión y conservación del agua	Terrazas, siembras en contorno, barreras vivas y muert **mulch**, nivelaciones, cubierta continua de cultivos y barbecho, paredes de piedra.
Fertilidad marginal del suelo	Sostener la fertilidad del suelo y reciclar el abono natural	Barbecho natural o mejorado, rotaciones de cultivos y asoc ciones con leguminosas, ganado que abone, composta, estiérc abono verde, ganado en los campos barbechados, suelo noctur apilar con azadón, material de nido de hormiga como una fue fertilizante, uso de depósitos aluviales, uso de malezas act ticas, cultivos en canaletas con leguminosas, hojas provenien de la poda y otros residuos, quema de vegetación, etc.
Inundación o exceso de agua	Integrar la agricultura con el suplemento de agua	Agricultura de campo elevado (chinampas, waru-war tablones), campos con diques, etc.
Exceso de agua	Canalizar o dirigir el agua disponible	Control del flujo de agua a través de canales y gabiones. H dimiento de los campos, bajando el nivel de agua del su Irrigación por salpicamiento. Canales de irrigación alim tados del agua del suelo ponderados, pozos, lagos, depósi
Lluvia incierta	Mejor utilización de la humedad disponible	Uso de especies y variedades de cultivos tolerantes a la seq **mulch**, indicadores de humedad, cultivos mixtos que utili el principio o el final de la época de lluvias, cultivos períodos cortos de crecimiento, labranza mínima.
Condiciones extremas de temperatura o radiación	Modificar el microclima	La reducción de la sombra o su fomento, espaciamiento de plantas, poda, cultivos tolerantes a la sombra; aumento e densidad de las plantas, mantillos, manejo del viento con cer vivas, hileras de árboles, escardas, arado superficial, labra mínima, asociación de cultivos, agrosilvicultura, cultivc canaletas, etc.
Incidencia de plagas (invertebrados, vertebrados)	Proteger los cultivos, minimizar las poblaciones de plagas	Sobresiembra, permitiendo el daño de algunas espec vigilancia del cultivo, cercado, uso de variedades resisten cutivos mixtos, fomento de enemigos naturales, caza re lección, uso de insecticidas botánicos, repelentes, sien en momentos de bajo potencial de las plagas.

III. Programas de desarrollo rural basados en la agroecología

La apremiante necesidad de combatir la pobreza rural y regenerar la deteriorada base de recursos de los pequeños agricultores, ha estimulado a diversas organizaciones no gubernamentales (ONGs) a iniciar una búsqueda activa mundial de nuevos tipos de desarrollo agrícola y estrategias de manejo de recursos que, basados en la participación, el conocimiento y recursos locales, estimulen la productividad y al mismo tiempo conserven la base de recursos. El conocimiento local de los agricultores acerca del ambiente, las plantas, suelos y procesos ecológicos cobra una significación sin precedentes dentro de este nuevo paradigma agroecológico (Altieri y Yurjevic, 1991). La idea central que inspira el trabajo de las ONGs, es que la investigación y el desarrollo agrícolas deben operar sobre la base de un enfoque "desde abajo", comenzando con lo que ya existe allí: gente local, sus necesidades y aspiraciones, su conocimiento agrícola y sus recursos naturales autóctonos.

Algunas ONGs involucradas en programas de desarrollo rural (PDRs) han demostrado una habilidad única para entender la naturaleza específica y diferenciada de la pequeña producción agrícola y han promovido experiencias exitosas en la generación y transferencia de tecnología campesina. Un punto clave ha sido la definición de un nuevo enfoque agrícola al proceso de producción campesina, basado en principios agroecológicos. Este enfoque no sólo difiere técnicamente del enfoque de la Revolución Verde el enfatizar las técnicas bajas en insumos, sino que también en aspectos más amplios relacionados con los cultivos afectados, los beneficiarios, los requerimientos de investigación, la participación local y otros criterios socioeconómicos (Tabla 3). Los enfoques agroecológicos también son más sensibles a las complejidades de las agriculturas locales, ampliando sus criterios de ejecución para incluir propiedades de sostenibilidad, seguridad alimentaria, estabilidad biológica, conservación de recursos y equidad, junto con la meta de aumentar la producción. En las regiones de agricultura heterogénea, el problema con la Revolución Verde, radica en la concentración de sus esfuerzos en los agricultores de lo alto del gradiente (Figura 1), esperando que "los agricultores más avanzados" sirvan como ejemplos para otros en un proceso de difusión tecnológica como una especie de "goteo hacia abajo". Opuestamente, los agroecólogos enfatizan que, para que el desarrollo realmente proceda desde abajo hacia arriba, debe comenzar con aquellos agricultores pobres en recursos que están en la parte inferior del gradiente. Haciendo esto, el enfoque agroecológico ha probado ser culturalmente compatible, ya que se construye sobre el conocimiento tradicional de los agricultores, combinándolo con elementos de la ciencia agrícola moderna.

Las técnicas resultantes también son de tono ecológico porque no modifican c transforman radicalmente el ecosistema campesino, pero en vez de ello identifican lo: elementos tradicionales y/o nuevos de manejo que, una vez incorporados, conducen : la optimización de la unidad de producción. Enfatizando el uso de los recurso localmente disponibles, los costos de producción se minimizan, por lo que la tecnologías agroecológicas también se vuelven más viables económicamente. Más aún los diseños y técnicas agroecológicos activan a la sociedad, ya que requieren un alt nivel de participación popular.

En términos prácticos, la aplicación de los principios agroecológicos en lc programas de desarrollo rural se han traducido en una variedad de programas c investigación y demostración sobre sistemas alternativos de producción.

Tabla 3

Comparación entre las tecnologías de la revolución verde y las agroecológicas.

CARACTERISTICA TECNICA	REVOLUCION VERDE	AGROECOLOGIA
Cultivos afectados	Trigo, maíz, arroz y algunos otros	Todos los cultivos
Areas afectadas	Principalmente las áreas planas e irrigadas	Todas las áreas, especialmente l marginales (temporaleras, c pendientes inclinadas)
Sistema dominante de cultivos	Monocultivos, genéticamente uniformes	Policultivos, genéticamen heterogéneos.
Insumos dominantes	Agroquímicos, maquinaria; alta dependencia de insumos externos y combustibles fósiles	Fijación de nitrógeno, contr biológico de plagas, enmiend orgánicas, gran descanso sob los recursos locales renovable
AMBIENTAL		
Impactos en los riesgos contra la salud	Medios a elevados (contaminación química, erosión, salinización, resistencia a pesticidas, etc. Riesgos de salud por presencia de residuos de pesticidas en los alimentos).	Bajos
Desplazamiento de cultivos	Principalmente variedades tradicionales.	Bajo

ECONOMICA		
Costos monetarios de la investigación	Relativamente altos	Relativamente bajos
Necesidades de capital	Altas. Todos los insumos deben comprarse en el mercado	Bajas. La mayor parte de los insumos se encuentran disponibles a nivel local.
Retornos de inversión	Altos. Resultados rápidos. Elevada productividad del trabajo.	Medios. El logro de los mayores rendimientos requiere de tiempo. Productividad del trabajo baja a media.
INSTITUCIONAL		
Desarrollo tecnológico	Sector cuasi-público, compañías privadas.	En gran medida público; gran participación de ONGs.
Consideraciones sobre la propiedad	Variedades y productos patentables y protegibles por intereses privados.	Variedades y tecnologías bajo el control de los agricultores.
SOCIO-CULTURAL		
Investigación	Ciencias agrícolas, convencionales y especializadas.	Expertos en ecología y ciencias multidisciplinarias.
Participación	Baja. (Principalmente enfoques de arriba hacia abajo).	Alta. La agroecología activa procesos sociales e induce el compromiso de la comunidad.
Opinión del agricultor	Utilizada para determinar las barreras a la adopción de tecnología.	
Integración cultural	Muy baja.	Alta . Uso extenso del conocimiento tradicional y las formas locales de organización.

Modificado de la fuente Kenny y Buttel (1985)

FIGURA 1

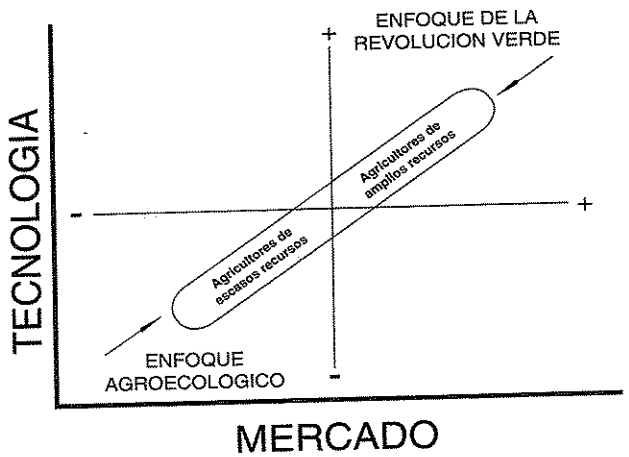

Figura 1. La heterogeneidad de los agricultores cruza el gradiente de los insumos tecnológico eslabonamientos con los mercados, mostrando el énfasis de la agroecología en los agricultores de esca recursos como el punto inicial de una estrategia de desarrollo sostenible desde abajo.

A. Ejemplos de Programas.

1. Producción de cultivos en callejón en Africa. En el Africa húmeda tropical, áreas con barbechos acortados exhiben una declinación rápida en la fertilidad de suelos y en el rendimiento de los cultivos. Estas áreas necesitan sistemas intensivos cultivo, tales como los basados en el cultivo en callejones, un sistema de barbe mejorado en que arbustos leguminosos se plantan en asociación con cultivos alimentic para acelerar la regeneración de los nutrientes del suelo y, consecuentemente, acortar el período de barbecho. En el sistema de callejones, los árboles y arbustos proporcio abono verde para los cultivos asociados y los materiales de la poda son utiliza como **mulch** y sombra durante el barbecho para prevenir malezas. Las podas tamb sirven como alimento animal, material de soporte y leña (Kang et al. 1984). El cult en callejones es en sí un sistema de uso múltiple.

En estos sistemas, los cultivos alimenticios crecen en callejones (de dos a cuatro metros de ancho) formados por árboles o arbustos. En los ensayos donde la **Leucaena leucocephala** se intercaló con maíz, se documentaron incrementos sustanciales en la producción del cultivo. El nitrógeno proveniente de las ramas y hojas podadas de **Leucaena** dejadas como **mulch** o incorporadas al suelo contribuyó a un incremento porcentual significativo de 23 por ciento en los rendimientos de maíz sobre el control.

Las evaluaciones del cultivo en callejones sugieren que para la estabilización adecuada de los sistemas de cultivo de tumba, roza y quema, es necesario permitir un descanso efectivo o barbecho, acompañado de una serie de mejoras durante el período de cultivo que disminuyan la erosión y ayuden a mantener un suelo fértil. Estabilizando los sistemas de cultivo de tumba, roza y quema, se puede lograr un nivel de producción que sostenga los rendimientos, cubra las necesidades de la gente local y respete la importancia de un barbecho adecuado, obteniéndose así beneficios tanto ecológicos como sociales. La erosión del suelo, la pérdida de fertilidad y la invasión por malezas se minimiza y la gente tiende a permanecer más en una localidad.

En las áreas donde las siembras sólidas de **L. leucopephala** se han adoptado ampliamente, esta leguminosa ha sido sujeto de ataque de psílidos; en consecuencia, se recomienda que una mezcla de especies y variedades de leguminosas crezcan en los callejones para eliminar la uniformidad genética y la vulnerabilidad a las plagas.

2. La promoción de los sistemas de agricultura integrada en Bangladesh. En los proyectos promovidos por ICLARM (Centro Internacional de Manejo de Recursos Acuáticos Vivos) los científicos asistieron a instituciones locales en Bangladesh para desarrollar tecnologías para acuacultura sostenible que estén en consonancia con los recursos locales de las familias y los sistemas existentes de producción. Las tecnologías permiten la acuacultura de ciclo corto, utilizando especies de peces tales como lengüeta plateada (**Puntius gonionotus**) y tilapia del nilo (**Oreochromis niloticus**) en la estación (4-6 meses), en pequeños cuerpos de agua (100-200m2), integrados al sistema de producción agrícola existente.

Los productores han expresado satisfacción con la integración de la acuacultura y otras empresas granjeras y planean continuar y expandir estas prácticas. Sus razones para hacerlo son más diversas y complejas que el dinero o la comida. Las familias adoptan estos sistemas en los tiempos libres para obtener insumos para otras empresas

y para fomentar el crecimiento rápido de los peces para un pronto retorno económico. Los agricultores pueden producir pescado por una fracción del precio de mercado: US$0.12 - 0.30 el Kg., comparado con US$0.81-1.16 Kg. Algunos agricultores con fosos estacionales tan pequeños como de 170m^2 pueden alcanzar de 25 a 30 Kg. de pescado entre 4 y 6 meses de agua disponible. Un estanque de alrededor de 300 m^2 puede proporcionar a una familia de seis miembros el nivel de consumo presente anual de 7.9 Kg. por cabeza.

Este trabajo ahora está ayudando a las ONGs, tales como el Comité de Avance Rural de Bangladesh (BRAC) Y Proshika, para apoyar a más de 30,000 granjeros piscícolas, (de los cuales cerca del 60 por ciento son mujeres), principalmente en la utilización de estanques y fosos estacionales abandonados. La adopción de la acuacultura integrada por parte de las mujeres, no solo potencia a las mujeres rurales, sino que también mejora la nutrición de sus familias. Un 98 por ciento de la taza de retorno sobre el crédito prueba su éxito (Lightfoot et al, 1992).

3. Conservación de suelos en las laderas centroamericanas. Loma Linda, una ONG hondureña desarrolló un sistema simple de labranza cero para la producción de cultivos. Inicialmente las malezas en el área de barbecho son cortadas con un machete u otra herramientas apropiadas pero sin que el suelo sea removido. Utilizando un azadón, un arado chico, se abren surcos pequeños siguiendo el contorno cada 50-60 cms. La semillas del cultivo y la composta y/o gallinácea se colocan en el surco y se cubren con tierra. Conforme crece el cultivo, la maleza se mantiene segada para eliminar la competencia excesiva, con la biomasa de la maleza dejada en la zona de la raíz del cultivo como un mulch para cubrir y como insumo de materia orgánica. Puede obtenerse rendimientos excelentes sin el uso de fertilizantes químicos, y, más importante sin experimentar pérdidas significativas de suelo por erosión (Altieri, 1991).

En un proyecto similar en Guinope, Honduras, la organización privada voluntaria Vecinos Mundiales, inició y desarrolló un programa de capacitación agrícola para controlar la erosión y restablecer la fertilidad del suelo. El programa introdujo prácticas de conservación del suelo tales como los fosos de drenaje y la siembra en contorno, las barreras vivas de pasto y las paredes de piedra, y enfatizó los métodos de fertilización orgánica, tales como utilizar la gallinácea y la asociación de plantas leguminosas. Durante el primer año, los rendimientos de maíz se triplicaron o cuadruplicaron, pasando de 400 Kilogramos por hectárea, a 1,200-1,600 kilogramos. Esta triplicación en

producción granera por hectárea ha asegurado que las 1200 familias participen en la amplia oferta granera del programa para el siguiente año.

En los últimos cinco años, otras 40 comunidades han solicitado entrenamiento en las prácticas de conservación (Bunch, 1988). La creciente productividad por hectárea, ha significado que la mayor parte de los agricultores ahora están produciendo en menos tierra que antes, permitiendo que más tierra se dedique al desarrollo de bosque de pinos y que se utilice para producir pasturas, árboles frutales y cafetales. El resultado neto es que cientos de hectáreas inicialmente utilizadas para agricultura erosiva, ahora están cubiertas de árboles.

4. Reconstrucción de terrazas abandonadas en los Andes. En Perú, varias ONGs, así como agencias gubernamentales, se han comprometido con programas para la restauración de terrazas abandonadas y la construcción de andenes nuevos en diversas regiones del país. Por ejemplo, en el Valle Colca del sur de Perú, PRATVIR (Programa de Acondicionamiento Territorial y Vivienda Rural) financia la reconstrucción de terrazas, ofreciendo a las comunidades campesinas préstamos a bajo interés o semillas y otros insumos para restablecer áreas grandes (de más de 30 hectáreas) de terrazas abandonadas. Las ventajas principales de la utilización de terrazas, es que minimizan los riesgos en tiempos de heladas y/o sequías, reducen la pérdida de suelos, amplían las opciones de cultivo debido a las ventajas microclimáticas e hidráulicas de las terrazas, y mejoran el rendimiento de los cultivos. Los datos sobre los rendimientos del primer año en las nuevas terrazas mostró un incremento de 43-65 por ciento de incremento en los rendimientos de papas, maíz y trigo, comparado con los obtenidos en los cultivos sembrados directamente en las laderas (Treacey 1989). En Cajamarca, Perú, EDAC-CIED, una ONG, junto con varias comunidades campesinas inició un proyecto de conservación de suelo. En 10 años, se plantaron más de 550 mil especies nativas y de árboles exóticos y se construyeron cerca de 850 has. de terrazas y 173 has. de canales de drenaje e infiltración. El resultado final, es que cerca de 1,124 has. de tierra bajo medidas de conservación (aprox. 32 por ciento del total de tierra arable) benefició a 1,274 familias (cerca del 52 por ciento del total).

Los rendimientos de los cultivos han mejorado significativamente (por ejemplo, los rendimientos de papa alcanzaron niveles de 5t/ha a 8t/ha y los rendimientos de Oca brincaron de 3 a 8 t/ha). El desarrollo de ganado vacuno para la engorda y de alpaca para la lana, y un impluso a los rendimientos de los cultivos han incrementado el

ingreso de las familias de un promedio de $108 por año en 1983 a más de $50 actualmente. Una de las principales limitantes de esta tecnología, es que es altamen intensiva en trabajo. Se estima que requerirá 2,000 días-hombre para completar reconstrucción de una hectárea, aunque en otras áreas de Perú, la reconstrucción terrazas ha probado ser significativamente menos laboriosa, requiriendo solamente 350 a 500 días -hombre/ha.

5. Recreación de la agricultura inca en los Andes Peruanos. En Perú, el nue entusiasmo por las tecnologías antiguas también se extendió al rescate de un siste ingenioso de campos elevados que existió en el altiplano de los Andes Peruan desde hace 3,000 años. Estos waru-waru, que consisten en plataformas de sue rodeadas de canales llenos de agua, fueron capaces de producir cultivos enmedio inundaciones, sequías y heladas devastadoras comunes en altitudes de casi 4,0 metros. Alrededor del Lago Titicaca, se pueden encontrar restos de cerca de 80,0 estructuras tipo waru-waru.

En 1984, varias ONGs y agencias estatales crearon el Proyecto Interinstitucion de Rehabilitación de Waru-Warus en el Altiplano (PIWA) para apoyar a los agricultor locales en la reconstrucción de las antiguas explotaciones (Sanchez 1989). combinación de las camas elevadas y los canales ha probado tener efectos ambiental remarcadamente sofisticados. Durante las sequías, la humedad de los canales poc poco ascienden a las raíces por acción capilar, y durante las inundaciones, los surc drenan todo el exceso de agua. Los waru-warus también reducen el impacto de temperaturas extremas. El agua de los canales absorbe el calor del sol diariamente y irradia nuevamente en la noche, ayudando de paso a proteger los cultivos contra heladas. En las camas cultivadas, las temperaturas nocturnas pueden ser varios grad más altas que en la región circundante. El sistema también mantiene su propia fertilid del suelo. Los aluviones, sedimentos algas, plantas y animales remanentes que qued en los canales, se convierten en una capa rica en nutrientes que puede ser desaloja estacionalmente y adicionada a las camas cultivadas. El análisis del suelo de los wa waru constituidos condujo a ejemplos que mostraron aumento en los niveles nitrógeno, nitrato, fósforo y potasio, y una estabilización del PH en un rango de 4. 6.5, óptimo para el cultivo de papa (Erickson y Chandler, 1989).

Todos estos efectos ambientales determinan la mayor productividad de los wa warus comparados con aquellos obtenidos en suelos de pampa fertilizad

químicamente. En el distrito de Huatta, los campos reconstruidos produjeron cosechas impresionantes, mostrando una producción sostenida de papa de 8-14t/ha. al año. Estas cifras contrastan favorablemente con el promedio de los rendimientos de papa en Puno, de 1-4t/ha/año (Erickson y Chandler, 1989). En Camjata, los rendimientos de papa alcanzaron 13 t/ha/año y los rendimientos de quinoa alcanzaron 2t/ha/año en las waru-waru reconstruidas por los agricultores locales en un área de cerca de 12 has. con el apoyo de una ONG local, la CIED (Centro de Investigación, Educación y Desarrollo).

Esta tecnología ancestral está probando ser productiva y barata, de modo que está siendo promovida activamente a través del Altiplano con preferencia sobre la agricultura moderna. No requiere herramientas o fertilizantes modernos; el gasto principal se destina al trabajo para hacer los canales y construir las plataformas. Los requerimientos de trabajo varían ampliamente, de los 200 a los 1000 días laborables por hectárea.

6. Agricultores involucrados en programas de conservación genética in-situ de cultivos. En un esfuerzo por disminuir la erosión genética desatada por la introducción de variedades modernas de papa y para recuperar algo del germoplasma de papa nativa, el Centro de Educación y Tecnología (CET) inició un programa de conservación in-situ en su centro de capacitación campesino en la isla Chiloe, Chile y en varias comunidades vecinas.

En 1988, los técnicos del CET examinaron diversas áreas agrícolas de Chiloe y recolectaron cientos de muestras de papas nativas que todavía eran cultivadas por algunos productores pequeños, especialmente los Indios Huilliche, a todo lo largo de la gran isla. En 1989, el CET estableció una colección "Eva" (banco de semillas-jardín) de 96 variedades nativas de papa en su centro de Notuco, cada una plantada en un rango de 5-10 plantas en un parcela de 1/2 ha. Estas variedades se desarrollan año tras año y están sujetas a selección y encarecimiento de semillas.

En 1990, los técnicos del CET iniciaron un programa de conservación in-situ, involucrando a 21 agricultores de cinco diferentes comunidades rurales (Dicham, Petanes, Huitauque, Notue y Huicha). A cada agricultor se le dio una muestra de cinco variedades nativas distintas, las cuales ellos tenían la responsabilidad de desarrollar en sus campos de papa. Después de la cosecha, los agricultores regresaron parte de la producción de semilla al CET (para el banco de semillas de jardín), cambiaron las semillas con otros productores, o plantaron nuevamente las semillas en sus campos

para el consumo y posterior reproducción del material genético. La Figura 2 describe la dinámica de conservación e intercambio de las 96 variedades que se mantuvieron en el banco de semillas y cultivadas por los 21 agricultores que colaboraron.

Se espera que más agricultores lleguen a involucrarse en el proyecto, y que el CET será capaz de seleccionar las variedades, basado en las necesidades y característica deseables que los agricultores enfatizan. Las variedades seleccionadas serán propaga das y distribuidas entre los agricultores participantes. El excedente de semillas también podría ser vendido a otros agricultores o intercambiado por semillas de variedade tradicionales todavía no disponibles en la colección del CET. Esta estrategia no sól permitirá una oferta continua de semillas de valor para la subsistencia de los agricultore de escasos recursos, sino que también contribuirá a la reposición de la diversida genética, vital para la reintroducción de la variabilidad genética dentro de los campo campesinos y para programas regionales futuros de mejoramiento de cultivos.

FIGURA 2

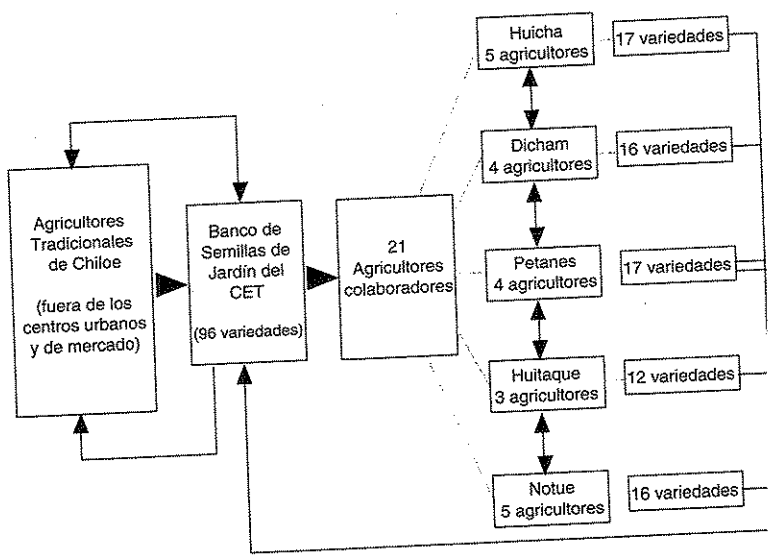

Figura 2. La estrategia de conservación in-situ de recursos genéticos tradicionales de la papa por part Centro de Educación y Tecnología (CET) en Chiloe, al sur de Chile (Montecinos y Altieri, 1991).

7. Mejoramiento de la seguridad alimentaria y el ingreso de los pequeños agricultores en Chile Mediterráneo. Desde 1980, el CET se ha comprometido a un programa rural de desarrollo que busca ayudar a los campesinos a alcanzar la autosuficiencia alimentaria mientras reconstruye la capacidad productiva de sus pequeñas posesiones familiares de tierra. El enfoque ha consistido en establecer diversas parcelas modelo de 0.5 has. que constan de una combinación de cultivos forrajeros y básicos, vegetales, árboles forestales y frutales, y animales (Figura 3). Los componentes se eligen según las contribuciones nutricionales de los cultivos o animales, su adaptación a las condiciones agroclimáticas locales, los patrones de consumo de los campesinos del lugar y, finalmente, según las condiciones del mercado. La mayor parte de las verduras se cultivan en camas elevadas con altos niveles de composta (5x1 metro cada una), localizadas en la sección del jardín, cada una de las cuales puede dar un rendimiento hasta de 83 Kg. de vegetales frescos al mes. El resto del área de 200 metros cuadrados alrededor de la casa se utiliza como huerto y para los animales (una vaca Jersey, una Holstein, 10 gallinas ponedoras, tres conejos y dos colmenas Langstroth). El resto de los vegetales, cereales, legumbres y plantas forrajeras son producidos en un sistema de rotación de seis años dentro de un área adyacente al jardín de 4200 m^2. Se logra una producción relativamente constante (cerca de seis toneladas anuales de biomasa útil proveniente de 13 especies diferentes de cultivos) dividiendo la tierra en tantas pequeñas parcelas de igual capacidad productiva conforme sean los años de rotación.

La rotación fue diseñada para producir la máxima variedad de cultivos básicos en seis parcelas, tomando la ventaja de las propiedades de restauración del suelo y los aspectos inherentes de control biológico provenientes de la rotación. A través de los años, la fertilidad del suelo en la parcela ha mejorado (niveles de P_2O_5, que fueron limitantes al inicio, se incrementaron de 5 a 15 partes por millón) y sin problemas serios detectados por plagas o enfermedades. Los árboles frutales del huerto y alrededor de los campos de rotación producen cerca de 842 Kg. de fruta por año (uvas, membrillo, peras y ciruelas). La producción forrajera alcanza las 18 tons. por 0.21 has anualmente. La producción de leche promedio es de 3200 litros anuales, y la producción de huevo llega al nivel de 2531 unidades. Un análisis nutricional del sistema basado en sus componentes producidos (leche, huevos, carne, fruta, vegetales y miel) muestra que produce un 250 por ciento de valor adicional de proteína, 80 y 550 por ciento de valor adicional de vitaminas A y C, respectivamente, y un 330 por ciento de excedente de calcio. Un análisis económico familiar indica que, dada una lista de preferencias, el balance entre la venta de los excedentes y la compra de artículos representa un ingreso neto de US$ 790. Si todo el producto de la explotación se vende a precios de mayoreo, la familia puede generar un ingreso mensual neto 1.5 veces mayor que el salario mínimo legal chileno.

FIGURA 3

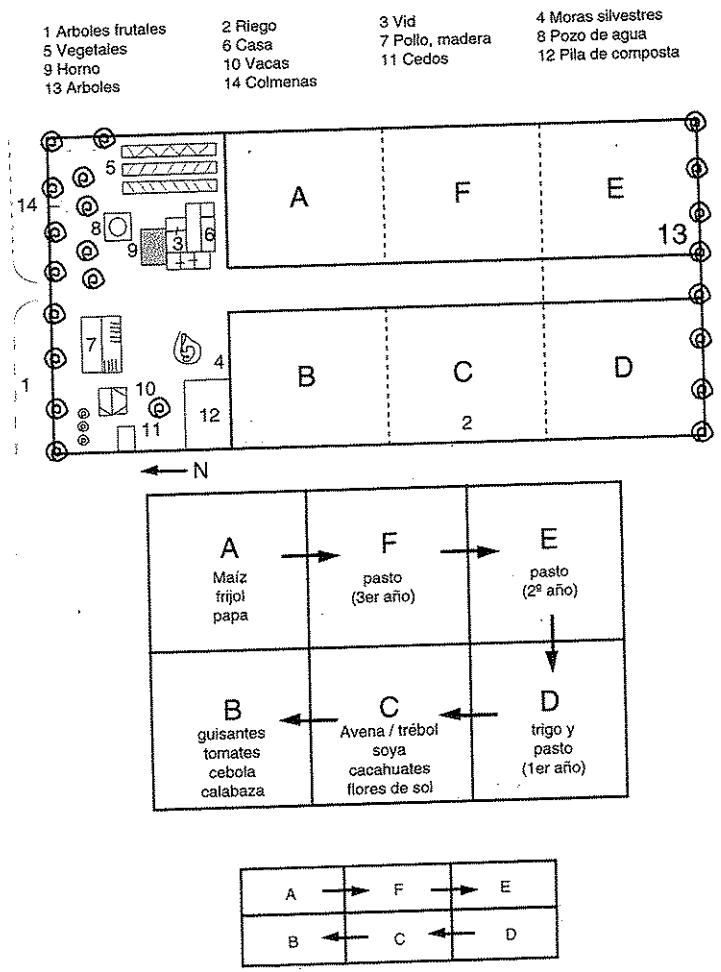

Figura 3. Diseño del modelo de un sistema agropecuario autosuficiente, basado en un esquema rotac de siete años, adaptable a los ambientes mediterráneos de Chile Central (adaptado de la CET, 1983).

En las áreas en donde los agricultores poseen tierra limitada, éstos son animados para adoptar sistemas integrados cultivo-ganado que poseen dos fases: una fase de praderas de tres años que carga con nutrientes y materia orgánica, y una fase trianual de cultivo que "extracta" los nutrientes acumulados, mientras que trae los beneficios de la producción de cultivos, cubierta del suelo, interrupción de los ciclos de vida de las plagas, etc. (Figura 4). La integración animal es crucial, aunque las razas ganaderas son cuidadosamente seleccionadas por su tamaño y necesidades nutricionales para no colocar una demanda demasiado elevada sobre los pastos. El pastoreo rotacional prueba ser una manera efectiva de proveer al ganado en forma constante con forraje, permitiendo el rápido crecimiento del pasto y eventualmente, distribuir más uniformemente el estiércol en el campo.

FIGURA 4

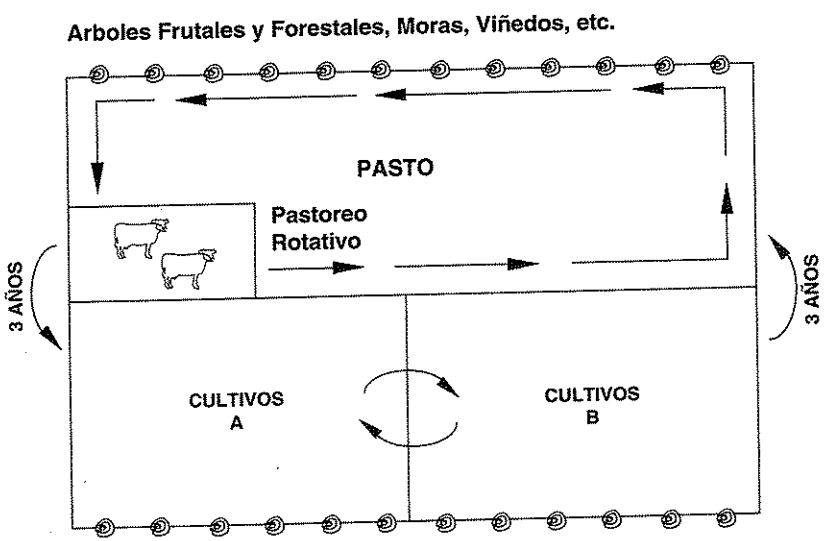

Figura 4. Diseño básico de una granja integrada con diseños espaciales y temporales de cultivos, pasto, animales y árboles. La pradera constituye la "fase que carga" al sistema con nutrientes. Los animales son manejados con pastoreo rotativo.

Este diseño ha mostrado su efectividad en la Isla de Chiloe, en el sur de Chile donde los niveles de fósforo y la producción de cultivos aumenta dramáticament después de una rotación de seis años de cultivos-pastura en tierras marginales deficiente en P (Figura 5). Después de seis años, los rendimientos de papa se duplicaron solamente se requiere de la mitad del fertilizante químico y de estiércol de vaca par sostenerlos. Después de un tercer ciclo completo de rotación, se espera que no se requier de insumos externos para mantener niveles aceptables de producción. La estructuració biológica sostendrá la productividad del sistema.

FIGURA 5

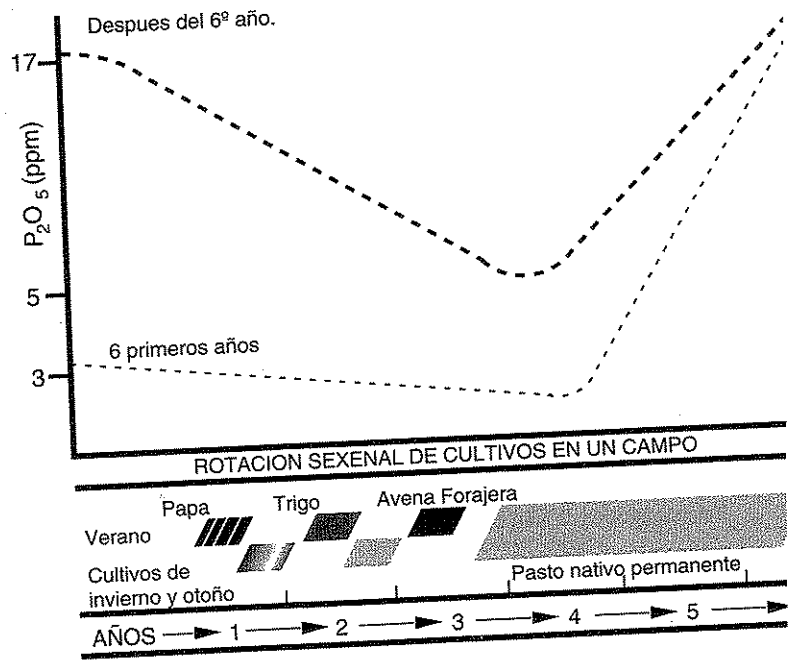

Figura 5. La dinámica del fósforo (el nutriente limitante) en una secuencia rotativa de cultivos y pr dentro de una pequeña parcela, durante y después de una fase rotativa de seis años en la isla de Chiloe, (

B. Evaluando la Sostenibilidad de las Intervenciones Agroecológicas de las ONGs.

Aunque se carece de evaluaciones formales y detalladas de muchos proyectos de las ONGs que enfaticen el enfoque agroecológico, hay una fuerte evidencia de que muchas ONGs han generado y adaptado innovaciones tecnológicas que contribuyen significativamente a mejorar las condiciones de vida de los campesinos mediante el incremento de la autosuficiencia alimentaria, el fortalecimiento de la producción de subsistencia, la generación de fuentes de ingreso, y el mejoramiento de la base de recursos naturales. Ellos han logrado estos éxitos a través de innovadoras tecnologías y arreglos institucionales, así como a través de novedosas metodologías participativas de trabajo con las comunidades rurales. Los efectos documentados de prácticas agroecológicas enfatizadas por las diversas ONGs desde varios parámetros agroproductivos, están dados en la Tabla 4.

Tabla 4

Efectos documentados sobre la producción de estrategias agroecológicas implementadas por las ONGs.

Efectos sobre el suelo.

1. Incremento del contenido de materia orgánica.
   Estimulación de la actividad biológica.
   Incremento en la mineralización de nutrientes.

2. Disminución de la erosión.
   Conservación de agua y suelo.

3. Mejoramiento de la estructura y de las condiciones generales del suelo.
   Mejoramiento de la retención y reciclaje de nutrientes.
   Balance positivo de nutrientes.

4. Fomento de la actividad micorrítica y antagonista.

Efectos sobre plagas, enfermedades y malezas.

1. La diversificación afecta las plagas de insectos, reduciendo a los hervíboros y estimulando a los enemigos naturales.

2. Las multilíneas y las variedades mezcladas reducen los patógenos.

3. Los policultivos de elevada cobertura vegetal del suelo suprimen las malezas.

4. Los cultivos de cobertura en huertos frutales disminuyen las infestaciones de insectos y malezas.

5. La labranza mínima puede reducir las enfermedades del suelo.

Efectos sobre los rendimientos.

1. Los rendimientos por unidad de área pueden ser de 5 a 10 por ciento menores, pero los rendimientos en relación con otros factores (i. e., por unidad de energía, de pérdidas de suelo, etc.) son mucho mayores.

2. Los policultivos tienen mayor rendimiento que los monocultivos.

3. Una pérdida inicial de producción puede ocurrir durante la conversión al manejo orgánico, pero puede ser minimizada a través de la sustitución de insumos.

4. La variabilidad de rendimientos es más baja, la estabilidad de los rendimientos es mayor y existen menos riesgos en el proceso.

Efectos sobre aspectos económicos.

1. Bajos costos de producción.

2. Bajos costos ambientales (externalidades), menor depreciación del suelo, menores costos de contaminación.

3. Mayor eficiencia energética y utilización menor de energía.

4. Los requerimientos de trabajo son mayores debido a algunas prácticas, y menores por otras. Una dilución del efecto de expansión de las necesidades de trabajo debe existe durante la estación, anulando los picos en la demanda de trabajo.

Aunque todavía se carece de metodologías adecuadas para sopesar los resultados de estos esfuerzos, hay cientos de esfuerzos individuales que sostienen la gran promesa de desarrollar formas más sostenibles de producción de alimentos. Como ya se ha hecho notar, aún no existen los medios adecuados para la evaluación del impacto de tales programas, ni un conjunto satisfactorio de indicadores para juzgar su viabilidad, adaptabilidad y durabilidad. Sin embargo, se ha progresado en la evaluación utilizando dos procedimientos relativamente nuevos: la evaluación rural rápida (RRA) y la contabilidad de recursos naturales (NRA). Las técnicas de RRA enfatizan la recopilación y presentación informal de la información, para el fomento de los procesos participativos entre la gente local y los investigadores. Para conducir trabajos multidisciplinarios, el equipo aplica con la comunidad el RRA que consise en un conjunto de pasos metodológicos que se inician con la selección del sitio y terminan con la evaluación y monitoreo del proyecto. La meta consiste en ayudar a movilizar a las comunidades para definir los problemas y las oportunidades prioritarias y preparar los planes específicos de intervención para solucionar los problemas del lugar. La recopilación de datos y su presentación se basan en entrevistas individuales y grupales. Las tecnologías son evaluadas a través de criterios generales dirigidos a aspectos ambientales, económicos y sociales expresados por los residentes locales.

Los diagramas resultantes del RRA pueden ser utilizados para resaltar aspectos particulares de una estructura de evaluación propuesta, por ejemplo, cuando se comparan tecnologías agroecológicas y de la Revolución Verde (Figura 6). El diagrama permite definir las virtudes relativas de cada tecnología en relación con los impactos sociales y ambientales, la accesibilidad, los costos, los requerimientos técnicos y la prioridad entre los agricultores locales.

Las técnicas de NRA incorporan las externalidades ambientales al análisis convencional de costos y beneficios (Hufschmidt et al., 1983, Dixon et al., 1990) y pueden ser utilizadas para evaluar la rentabilidad de los sistemas alternativos de producción agrícola cuando se consideran los recursos naturales (Faeth et al., 1991). En un intento por comparar la rentabilidad, productividad, utilización de insumos y productividad del suelo en sistemas campesinos de trigo bajo manejo convencional y agroecológico en Chile, se utilizó un modelo de programación lineal. El sistema de cultivo alternativo evaluado incluyó la utilización de trigo cultivado con un trébol rojo que actuó como cobertura, fertilizado con 15 toneladas métricas de gallinácea por hectárea, y fue comparado con un monocultivo convencional de producción de trigo.

FIGURA 6

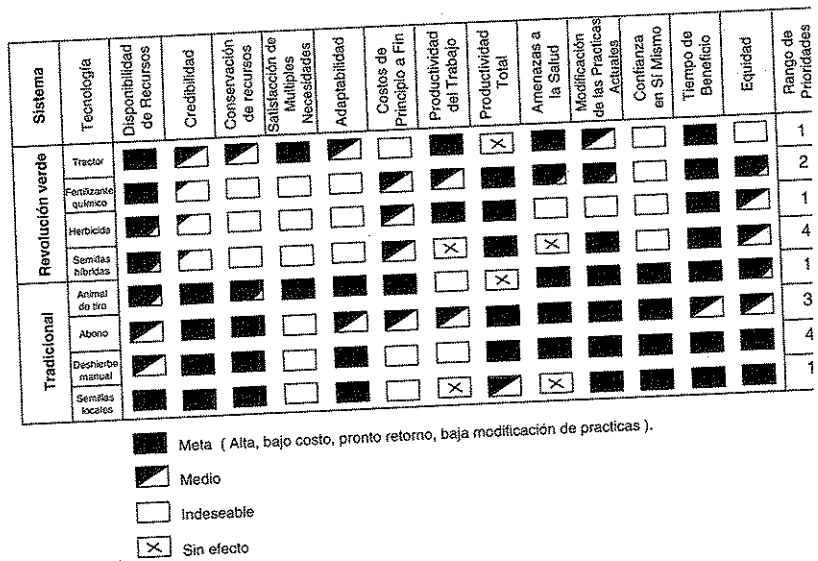

Figura 6. Evaluación de dos sistemas tecnológicos para la producción de maíz en la comunidad indígena Cheranatzicurin, México. La gráfica ilustra una comparación entre las técnicas de la Revolución Verde y agricultura tradicional para pequeños agricultores. El diagrama permite la fácil identificación de los siguien aspectos: (a) las opciones de la Revolución Verde poseen una productividad del trabajo mayor y produ retornos económicos más rápidos que las tecnologías tradicionales, las cuales se comportan mejor en criterios ambientales y socioculturales; (b) los herbicidas y fertilizantes químicos son relativamente baratos (debido a los subsidios del gobierno) y disponibles, mientras que algunos recursos locales, como la mano de obra y el abono son escasos en la comunidad; (c) las prioridades de los agricultore dirigen hacia las opciones que incrementan la productividad del trabajo. En consecuencia, el éxito d enfoque agroecológico en esta región dependerá mucho de la habilidad de las técnicas propuestas construir mejores características ambientales y sociales, y al mismo tiempo, incrementar la productiv del trabajo de estas tecnologías. En los casos en donde las técnicas agroecológicas no producen gananc beneficios inmediatos (i. e., la fertilización con composta da mejores resultados después de 2 o 3 a deben proporcionarse incentivos a los agricultores locales, que los compensen por los rendimientos me durante la conversión, en comparación con los que ofrecen las opciones convencionales (Fuente: Alti Masera 1993).

El sistema alternativo de manejo mostró menores pérdidas acumulativas estimadas de suelo después de 30 años, lo cual mantuvo los rendimientos relativamente estables en el largo plazo (Figuras 7a y b). El monocultivo convencional de trigo mostró tasas más elevadas de pérdida de suelo, lo que provocó declinaciones significativas de rendimientos al paso del tiempo. El modelo predice que para los campesinos, la adopción de prácticas de conservación de recursos depende de la disponibilidad de mano de obra, de la existencia de nuevas tecnologías agroecológicas y de un sistema adecuado de extensión para diseminarlas. El modelo mostró un sesgo total hacia las prácticas agrícolas orgánicas en las áreas temporaleras de Chile cuando los campesinos tuvieron suficiente conocimiento acerca de las prácticas y de mano de obra para utilizarlas, y cuando no ignoraron o subestimaron la importancia de la degradación de los recursos naturales.

Aunque que estas técnicas parecen ser promisorias en la evaluación de la economía de la agricultura sostenible, enfrentan barreras formidables si se aplican en el contexto de la agricultura campesina. La razón de esto es que en la agricultura campesina, los mercados son imperfectos o inexistentes para algunos productos y es difícil obtener datos correctos sobre erosión del suelo o sobre otros impactos ambientales para estimar las pérdidas monetarias de la degradación ambiental. Una desventaja de las técnicas NRA es que perpetúan los métodos económicos que reducen todo el proceso de evaluación a un indicador económico (i.e., costos de los recursos en la parcela, fuera de la parcela).

Como quiera que sea el método que se utilice para considerar la sostenibilidad de la pequeña agricultura, por lo menos cuatro criterios deben ser usados, los cuales pueden ser evaluados al aplicar los indicadores enlistados en la Tabla 5:

- La manutención de la capacidad productiva del agroecosistema (capacidad productiva)
- La preservación de la base de recursos naturales y de la biodiversidad funcional (integridad ecológica)
- La organización social y la reducción de la pobreza (salud social)
- El potenciamiento de las comunidades locales, manteniendo su tradición, y su participación popular en el proceso de desarrollo (identidad cultural).

Cuando se evalúan los sistemas agroecológicos, es importante darse cuenta de que un atributo clave de las tecnologías alternativas, es que ellas deben mantener un

FIGURA 7a

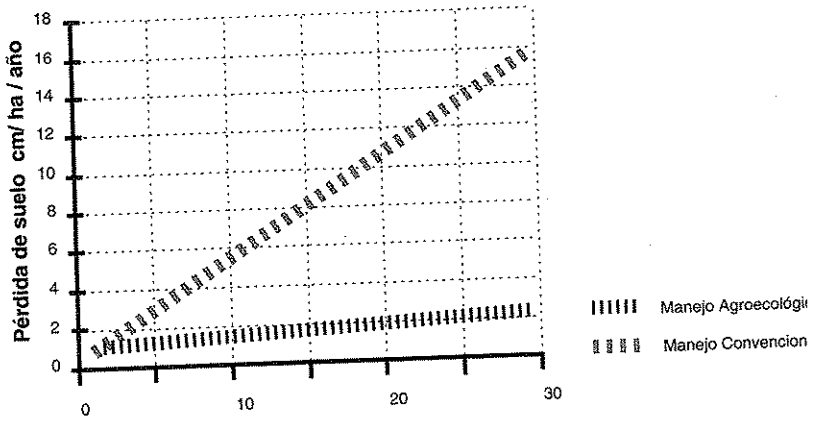

FIGURA 7b

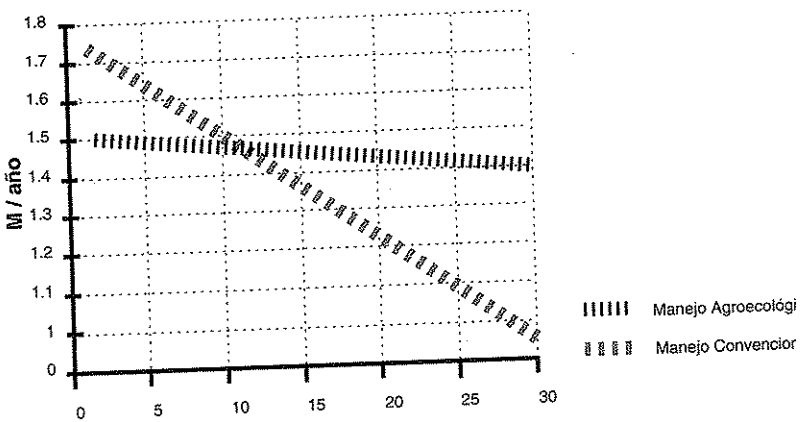

Figura 7a. Pérdidas acumuladas de suelo en sistemas de producción de trigo bajo manejos convencior agroecológico.
Figura 7b. Rendimientos de trigo como una función de la pérdida de suelo en dos sistemas campesino cultivo de trigo.

rendimiento que no decline con el tiempo, dentro de un amplio rango de condiciones ambientales y que deben evitar la degradación de ecosistemas frágiles y marginales. A su vez, el desarrollo de la pequeña agricultura consiste en que la producción agrícola requiere de un nivel aceptable de conservación de recursos. Este balance entre producción y conservación debe ser logrado en el contexto de superar la pobreza rural. En consecuencia, el monitoreo de la productividad, de la integridad ecológica y de la equidad social debe ir más allá de la cuantificación de la producción de alimentos y del monitoreo del status del suelo y agua, para incluir niveles de seguridad alimentaria de los campesinos, activación social, potencial económico e independencia o autonomía.

IV La agroecología de los sistemas agrícolas de gran escala.

A. Agricultura Sostenible.

La búsqueda de sistemas agrícolas auto-sostenibles diversificados, de insumos bajos y eficientes en energía representa actualmente un punto de gran interés para el mundo de los investigadores, agricultores y diseñadores de política. La agricultura sostenible, generalmente se refiere a una forma de producir que intenta proporcionar rendimientos sostenidos en el largo plazo a través del uso de tecnologías de manejo de corte ecológico. Esto requiere que la agricultura sea considerada como un ecosistema (por lo tanto, el término agroecosistema) y, como tal, la investigación agrícola no se centra en obtener altos rendimientos de un cultivo particular, sino que se centra en la optimización del sistema como un todo. Además de los aspectos de la producción, la investigación que considera aspectos de la estabilidad y la sostenibilidad ecológica.

Los principios básicos de un agroecosistema sostenible son: la conservación de recursos renovables, la adaptación de los cultivos al ambiente, y el sostenimiento de un nivel moderado pero sostenible de productividad. Para enfatizar la sostenibilidad ecológica de largo plazo, más que la productividad de corto plazo, el sistema de producción debe:

1. Reducir el uso de energía y recursos, y regular el consumo global de energía de modo que el radio de producto/insumo sea elevado.

2. Reducir la pérdida de nutrientes mediante la contención efectiva de la lixiviación, el deslave y erosión, así como mejorando el reciclaje de nutrientes a través del uso de leguminosas abonos orgánicos, compostas y mecanismos efectivos de reciclaje.

Tabla 5

Asociación entre criterios de evolución del desarrollo rural y los indicadores de sostenibilida

INDICADOR	CAPACIDAD PRODUCTIVA	INTEGRIDAD ECOLÓGICA	SALUD SOCIAL	IDENTIDA CULTURA
Poductividad del cultivo	X			
Fertilidad del suelo y capacidad de reciclaje de nutrientes	X	X		
Erosión del suelo		X		
Salud del cultivo (incidencia de plagas y enfermedades	X			
Estado de la biodiversidad (germoplasma y bosques nativos, etc.)	X	X		
Salud del paisaje (estado de cuencas, corredores biológicos, etc.)		X		X
Estado nutricional y de salud			X	
Participación y solidaridad de la comunidad			X	X
Ingreso y empleo			X	X
Insumos externos requeridos, costos de producción	X		X	
Aceptabilidad cultural de las tecnologías				X

3. Fomentar la producción local de cultivos adaptados al entorno natural y socioeconómico.

4. Sostener un producto neto deseable mediante la preservación de los recursos naturales, esto es, minimizando la degradación del suelo.

5. Reducir los costos e incrementar la eficiencia y viabilidad económica de pequeños y medianos agricultores, promoviendo, de paso, un sistema de agricultura diverso y potencialmente resilente.

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

1. Cubierta vegetal como medida efectiva de conservación de suelo y agua, lograda a través de la utilización de prácticas de labranza cero, agricultura de **mulch**, uso de cultivos de cobertura, etc.

2. Oferta regular de materia orgánica a través de la adición de materia orgánica (abono, composta) y la promoción de la actividad biótica del suelo.

3. Mecanismos de reciclaje de nutrientes a través de la rotación de cultivos, sistemas mixtos de cultivo/ganado, agrosilvicultura y sistemas de asociación de cultivos basados en leguminosas, etc.

4. La regulación de plagas potenciando la actividad de los agentes biológicos de control natural, mediante las manipulaciones de la biodiversidad y mediante la introducción y/o conservación de enemigos naturales.

Los conceptos básicos para construir un agroecosistema auto-sostenible de bajos insumos, y de alta diversidad y eficiencia agrícola, deben ser sintetizados en sistemas prácticos alternativos que cubran las necesidades básicas de las comunidades agrícolas en diferentes regiones agroecológicas del mundo. Una estrategia importante en la agricultura sostenible, consiste en restaurar la diversidad agrícola en el tiempo y en el espacio a través de la rotación de cultivos, cultivos de cobertura, asociación de cultivos, mezclas de cultivo/ganado, etc. (Altieri 1987). Como se aprecia en la Figura 8, las diferentes opciones disponibles para diversificar los sistemas de cultivo dependen de

si los sistemas de monocultivo existentes a modificarse se basan en cultivos anuales o perennes. La diversificación también puede tener lugar fuera del campo agrícola, por ejemplo, en los límites de las áreas sembradas con rompevientos, cinturones de protección y cercas vivas, los cuales pueden mejorar el hábitat para la vida silvestre e insectos benéficos, proporcionar fuentes de madera, materia orgánica, recursos para abejas polinizadoras y, además, modificar la velocidad del viento y el microclima (Altieri y Letourneau, 1982).

FIGURA 8

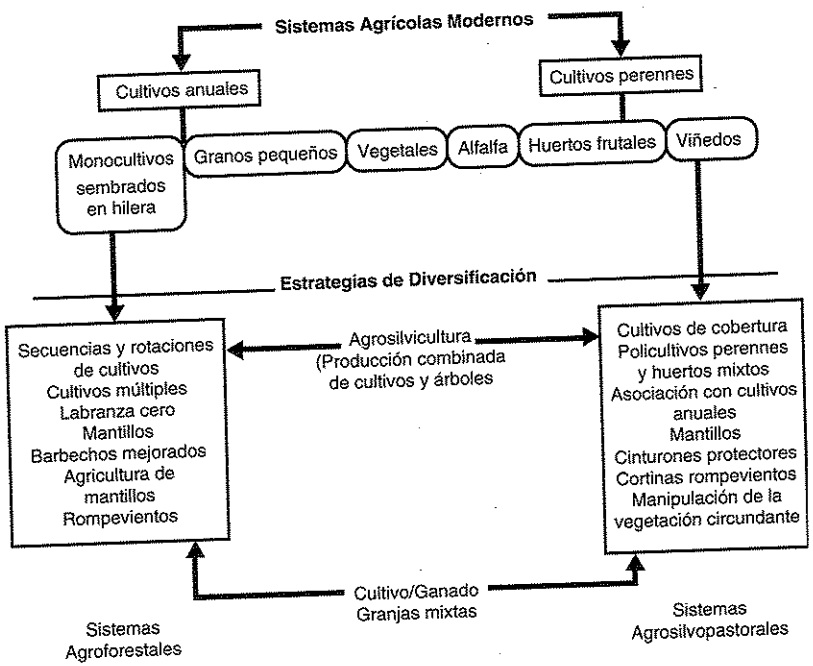

Figura 8. Opciones de diversificación para sistemas de cultivo anuales o perennes.

Existen muchas estrategias alternativas de diversificación que muestran efectos benéficos sobre la fertilidad del suelo, la protección de los cultivos y sus rendimientos. Si se utiliza uno o más de estos sistemas alternativos de producción, las posibilidades de interacciones complementarias entre los componentes de los agroecosistemas se refuerzan, resultando en uno o más de los siguientes efectos:

1. Cubierta vegetal continua para la protección del suelo.

2. Producción constante de alimentos, asegurando una dieta variada y la producción de varios artículos para el mercado.

3. Cerrado de los ciclos de nutrientes y la utilización efectiva de los recursos locales.

4. Conservación de suelo y agua a través del mulch y la protección del suelo.

5. Reforzamiento del control natural de plagas a través de la diversificación.

6. Aumento del uso de la capacidad múltiple del paisaje.

7. Producción sostenida de cultivos sin utilizar insumos químicos degradantes del ambiente.

B. Aspectos Agroecológicos de los Sistemas Diversificados de Producción.

1. Sistemas múltiples de cultivo: Una de las razones principales por la que muchos agricultores de todo el mundo eligen los policultivos, es que, con frecuencia, se puede obtener un mayor rendimiento de un área con policultivos, que de un área equivalente cultivada en parcelas individuales de monocultivos. Este incremento en la eficiencia del uso de la tierra, es particularmente importante en áreas del mundo en las cuales los agricultores son pequeños y tienen restricciones socioeconómicas; y donde la producción de cultivos está limitada por la cantidad de tierra que puede ser limpiada, preparada y escardada (normalmente de forma manual) en un tiempo limitado.

Un policultivo produce un rendimiento combinado más alto en un área dada de lo que podría obtenerse en monocultivos de especies que lo componen, siempre que el

LER sea mayor que 1. Los valores del LER reportados de experimentos con sisten de policultivos indican que incrementos sustanciales en la eficiencia del uso del su son posibles. Aunque los agricultores frecuentemente utilizan los policultivos sin apli fertilizantes o pesticidas, las ventajas en rendimientos de los policultivos no se restring sólo a las condiciones de bajos insumos. Valores elevados de LER han sido reportac cuando se utilizan grandes cantidades de fertilizantes y pesticidas. Esto es importa porque sugiere que los agricultores pueden continuar explotando eficiencias mayo del uso de tierra con policultivos conforme la productividad de sus sistemas agríco mejora.

Conforme la atención de los investigadores se dirige hacia los patrones desarrollo de cultivos y utilización de recursos en los policultivos y monocultivos, se tá logrando aclarar que las ventajas en rendimientos de los policultivos es frecuentemente correlacionadas con el uso de una mayor proporción de luz, agu nutrientes disponibles (captación mayor de recursos) o por el uso más eficiente de t unidad dada de recursos (mayor eficiencia de conversión de recursos) (Willey 19 Estas mejoras en la utilización de recursos reflejan tres fenómenos: complementariedad en la utilización de los recursos, la facilitación entre las especie los cambios en la repartición de los recursos.

Si los cultivos difieren en la manera en que utilizan los recursos ambienta cuando crecen en monocultivos, entonces, cuando crecen juntos, puec "complementarse" uno a otro combinándose mejor en el uso de recursos que cua crecen separadamente (Vandermeer, 1989; Willey, 1990). En términos ecológicos complementariedad minimiza la coincidencia de nichos entre las especies asociada consecuentemente, minimiza la competencia por los recursos. La complementarie puede considerarse como **temporal**, cuando los cultivos realizan sus deman principales de recursos a diferentes tiempos; espacial donde los follajes o raíces cap los recursos en diferentes zonas; o **fisiológica**, cuando existen diferencias bioquími entre los cultivos en sus respuestas a los recursos ambientales.

El papel de los policultivos en los sectores comerciales de la agricult probablemente se expandan conforme se incrementa la conciencia sobre los cos económicos y ambientales del uso intensivo de químicos agrícolas (Horwith 19 Aunque la agricultura de gran escala es extensamente mecanizada, los sistemas policultivo pueden ser compatibes con la mecanizaciön (i. e., las leguminosas co

abono verde sembradas entre los granos, la soya cultivada en relevo con el trigo, los cultivos de cobertura en huerto, etc.) En los países en desarrollo, se necesitan nuevas variedades de cultivo y prácticas de manejo que resalten los beneficios de los sistemas de policultivo. El incremento en la atención al diseño de máquinas para varios tipos de mezclas de cultivos pueden permitir que se obtengan los beneficios biológicos potenciales de estos sistemas, alcanzando así a los agricultores de una manera práctica.

2. Rotación de cultivos: La rotación de cultivos es un sistema en el cual diferentes cultivos crecen en sucesión recurrente y con una secuencia definida en el mismo suelo (Page, 1972). La evidencia indica que las rotaciones de cultivo influencian la producción de plantas afectando la fertilidad del suelo, la sobrevivencia de patógenos, las propiedades físicas del suelo, la erosión del suelo, así como su microbiología y la prevalecencia de nemátodos, insectos, malezas y fitotoxinas (Summer 1982). Las rotaciones son el medio principal de mantener la fertilidad del suelo y lograr el control de malezas, plagas y enfermedades en muchos sistemas agrícolas. Aunque muchas rotaciones pueden ser aceptables, las secuencias exitosas deben considerar los siguientes principios:

- Fertilidad balanceada utilizando secuencias de cultivos explotadores y reconstructores del recurso suelo.
- Incluir el cultivo de leguminosas.
- Incluir cultivos con diferentes sistemas radiculares.
- Separación de cultivos con similar susceptibilidad a plagas y enfermedades.
- Variar cultivos susceptibles a malezas con cultivos supresores de malezas.
- Emplear cultivos como abono verde y cobertura invernal de suelos.
- Incrementar el contenido de materia orgánica del suelo.

Obviamente, la secuencia particular del cultivo utilizada en una rotación puede variar con el clima, la tradición, la economía y otros factores. Debe esperarse, sin embargo, que las rotaciones de cultivos ampliarán la base económica de la empresa agrícola, extenderán la demanda de trabajo a lo largo del año y permitirán una producción

de cultivos de alto valor, incrementando de paso las oportunidades de ingreso (Brig y Courtney 1985). Las rotaciones son muy específicas para cada sembradío particul y las generalizaciones comúnmente no son de valor real.

3. Cultivos de cobertura: Los cultivos de cobertura constituyen u práctica para cultivar leguminosas, cereales o una mezcla adecuada de plant en el piso de huertos y viñedos específicamente para proteger el suelo contra erosión, mejorar el microclima, fortalecer la estructura y la fertilidad del sue así como para suprimir plagas, incluyendo malezas, insectos y patógenos. L diversos beneficios de los cultivos de cobertura en los huertos y viñedos incluy (Finch y Sharp, 1976, Haynes 1980):

a. Mejora de la estructura del suelo y penetración del agua, debido a que adición de materia orgánica y raíces incrementa el aireado del suelo y el porcentaje agregados estables. Los requerimientos de cultivo y el paso de maquinaria se reduc al mismo tiempo que se reduce la compactación del suelo y las cazoletas alrededor cultivo; la cubierta vegetal puede soportar mejor la maquinaria durante los perío húmedos; y el cultivo de cobertura intercepta las gotas de agua, reduciendo su fuerz previniendo la formación de costras.

b. La prevención de la erosión del suelo por el esparcimiento y detención d movimiento del agua de la superficie, reduciendo el deslave y mantenien el suelo en su lugar, con los sistemas radiculares.

c. Mejoramiento de la fertilidad del suelo mediante la adición de material orgánico al suelo durante la descomposición y haciendo que los nutriente del suelo estén más disponibles, a través de la fijación del nitrógeno.

d. Control del polvo mediante la mantenimiento del suelo en su lugar con l sistemas radiculares.

e. Contribuye al control de plagas de insectos al proveer albergue a insecto benéficos predadores y parásitos.

f. Modificación del microclima y la temperatura por la reducción de la reflex de la luz solar y el calor, así como por el incremento de la humedad dura el verano.

g. Minimización de la competencia entre los cultivos principales y las malezas nocivas.

h. Reducción de las temperaturas del suelo.

Algunos agroecólogos consideran el establecimiento de un cultivo de cobertura permanente o temporal como una práctica clave en el manejo para transformar los huertos y viñedos de monocultivo en agroecosistemas de creciente diversidad y estabilidad. La flora del cultivo de cobertura funciona como una especie de "computador" al activar e influenciar procesos y componentes claves del agroecosistema: el complejo de fauna benéfica, la biología del suelo y el ciclo del nitrógeno.

FIGURA 9

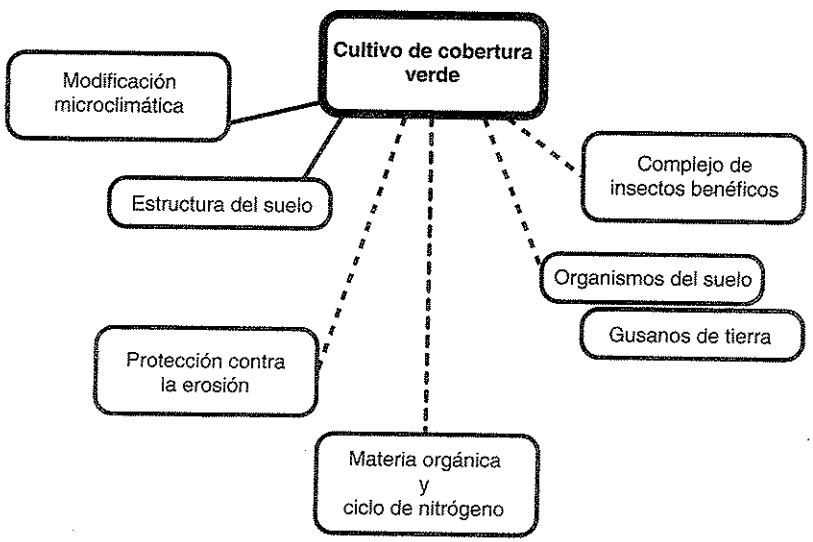

Figura 9. Los efectos y cambios ecológicos en un viñedo diversificado promovidos por un cultivo verde.

4. Sistemas agrosilvícolas: agrosilvicultura o agroforestería es el nombre genérico utilizado para describir un sistema de uso del suelo en el cual, los árboles están mezclados y combinados espacial y/o temporalmente con los cultivos agrícolas y/o animales. Combina elementos de silvicultura y representa un concepto de utilización integral de la tierra que está particularmente diseñado para áreas marginales y sistemas de bajos insumos. El objetivo de los sistemas agroforestales es optimizar los efectos benéficos de las interacciones de los componentes maderables con el componente de cultivo o animal para obtener un patrón de producción que se compara con lo que normalmente se obtiene de los mismos recursos disponibles bajo el monocultivo, bajo condiciones sociales, ecológicas y económicas determinadas (Nair 1982).

Combinando la producción agrícola y forestal, pueden lograrse varios objetivos y funciones de la producción silvícola y alimentaria. Existen ventajas ambientales de tales sistemas integrados sobre los monocultivos agrícolas y/o silvícolas (Wiersum, 1981):

a. Se lleva a cabo un uso más eficiente de los recursos naturales. La capa diversa de vegetación permite la utilización eficiente de la radiación solar; los diferentes tipos de sistemas de raíces a varias profundidades hacen un buen uso del suelo; y las plantas agrícolas de corta vida de la parte superficial del suelo se enriquecen como resultado del reciclaje mineral que efectúan los árboles. Si se incluyen animales en el sistema, la producción primaria no utilizada puede también ocuparse para una producción secundaria y reciclaje de nutrientes.

b. La función protectora de los árboles en relación con el suelo, la hidrología y la protección de las plantas, puede ser utilizada para disminuir la amenaza de degradación ambiental. Debe tenerse en mente, sin embargo, que en muchos sistemas agroforestales, los componentes pueden ser competitivos en cuanto a luz, humedad y nutrientes; en consecuencia, pueden ocurrir pérdidas productivas. El buen manejo puede minimizar esta interferencia y resaltar las interacciones complementarias.

5. Agricultura orgánica: La agricultura orgánica es un sistema de producción que sostiene la producción agrícola eliminando o excluyendo en gran medida los fertilizantes y pesticidas sintéticos. Donde es posible, los recursos externos, tales como los agroquímicos y combustibles comprados comercialmente, son reemplazados por recursos encontrados en o cerca de la finca. Estos recursos internos incluyen: la energía

solar o del viento, los controladores biológicos de plagas, la fijación de nitrógeno y otros nutrientes, liberados por la materia orgánica o las reservas del suelo. Las opciones específicas de la agricultura orgánica descansan en la máxima inclusión de rotación de cultivos, uso de residuos de los cultivos, desechos animales y otros desperdicios orgánicos, labranza mecánica, utilización de rocas minerales y aspectos del control biológico de plagas. Todas estas prácticas ayudan a mantener la productividad, proteger el suelo, aumentar la oferta de nutrientes para las plantas y complementar el control de insectos, malezas y enfermedades (USDA 1980).

Los elementos más comunes de los sistemas de cultivo orgánicos son los siguientes (Roberts 1992):

- Construcción de materia orgánica del suelo.
- Eliminación de los residuos químicos potencialmente tóxicos derivados de los pesticidas, herbicidas y fertilizantes.
- Utilización de leguminosas como fuente principal de nitrógeno.
- Aplicación de fertilizantes naturales.
- Utilización de la rotación de cultivos para minimizar el daño por plagas y malezas.
- Incorporación de un rango diverso de cultivos para obtener estabilidad.
- Integración de árboles, cultivos y animales para lograr un sistema naturalmente balanceado.
- Almacenamiento de agua para utilizar todas las fuentes de agua previniendo la escorrentía, lixiviación y evaporación.

Varios estudios han comparado los sistemas de agricultura convencional y orgánica. Estos estudios concluyen que:

1. Bajo condiciones altamente favorables de crecimiento, los rendimientos convencionales fueron considerablemente mayores que aquellos de las explotaciones

orgánicas. Sin embargo, bajo condiciones de sequedad, la producción orgánica s comportó igual o mejor que en fincas vecinas convencionales. Alrededor del tercer cuarto año después de que las rotaciones se estabilizan, los rendimientos de la producció orgánica comienzan a incrementarse, de modo que sus rendimientos se acercan e inclus superan los obtenidos bajo métodos convencionales.

2. Las explotaciones convencionales consumieron considerablemente má energía que las orgánicas, en gran parte debido a que utilizaron más petroquímicos Las explotaciones orgánicas también fueron consideradas como más eficientes en e uso de la energía que las convencionales.

3. Muchas explotaciones orgánicas son altamente mecanizadas y utilizan sól un poco más de mano de obra que las explotaciones convencionales. Un estudio dio conocer que los requerimientos de trabajo tienen un promedio de 3.3 hombres-día po hectárea en las granjas orgánicas y 3.2 en las granjas convencionales. Sin embargo cuando considera el valor del cultivo producido, se requirió 11 por ciento más de manc de obra en las explotaciones orgánicas debido a que la producción de los cultivos fue menor (Lockeretz et. al. 1978, 1981). Los requerimientos de mano de obra de las explotaciones orgánicas de este estudio fueron similares a aquellas de los productores convencionales de maíz y granos pequeños, pero más elevados para soya, debido a que se requería de más deshierbe, lo que es intensivo en trabajo.

d. Los sistemas orgánicos bien manejados de producción usan menos pesticidas, fertilizantes y antibióticos químicos sintéticos por unidad de producción, en comparación con la producción convencional. La utilización reducida de estos insumos baja los costos de producción y disminuye el potencial de efectos ambientales y de salud, sin que necesariamente decrezcan los rendimientos de los cultivos.

C. Conversión de los sistemas de escala mediana y grande al manejo agroecológico.

La conversión de los sistemas de producción de cultivos basados en el monocultivo, a un sistema de bajos insumos, caracterizado por sucesiones intensivas de cultivos dentro de cada estación o por arreglos flexibles de dos o más cultivos, especies de árboles y animales en el tiempo y en el espacio, no es solamente un proceso de eliminación de insumos externos, sin reemplazo compensatorio o manejo alternativo.

Se requiere de conocimientos ecológicos considerables para dirigir los flujos naturales necesarios para sostener los rendimientos en un sistema diversificado de bajos insumos.

El proceso de conversión de un manejo convencional intensivo en insumos a un manejo agrícola con bajos insumos externos, constituye un proceso de transición con cuatro fases marcadas (Figura 10):

1. Eliminación progresiva de los agroquimicos.

2. Racionalización y eficiencia en el uso de agroquímicos a través del manejo integrado de plagas (IPM) y manejo integral de nutrientes.

3. Sustitución de insumos, utilización de tecnologías alternativas, bajas en insumos energéticos.

FIGURA 10

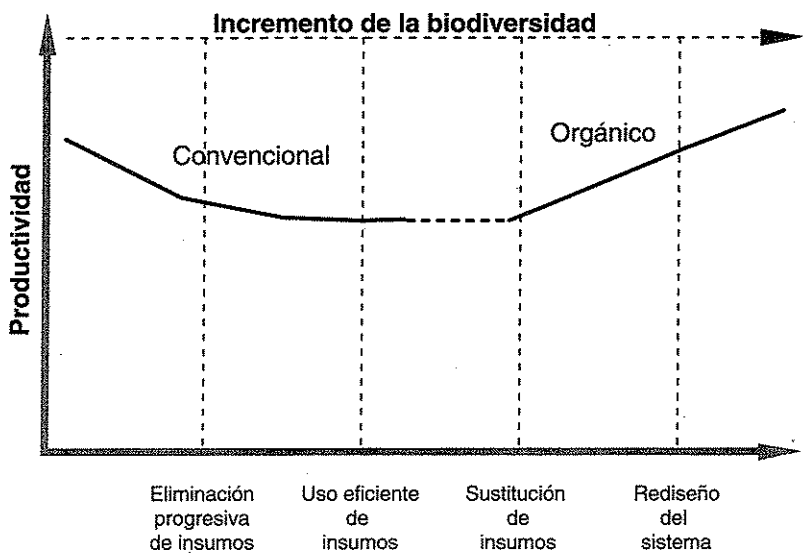

Figura 10. Etapas de la conversión agroecológica de los sistemas agrícolas convencionales.

4. Rediseño de sistemas de agricultura diversificados con una integración óptima de cultivos/animales que refuerce la sinergia, de modo que el sistema pueda subsidiar su propia fertilidad del suelo, la regulación natural de plagas y la productividad de los cultivos.

Durante las cuatro fases, el manejo está encaminado a asegurar los siguientes procesos:

1. Incrementar la biodiversidad tanto en el suelo como en los cultivos y en el campo circundante.

2. Incrementar la producción de biomasa y el contenido de materia orgánica del suelo.

3. Disminuir los niveles de residuos de pesticidas y pérdidas de nutrientes y agua.

4. Establecimiento de relaciones funcionales entre los diversos componentes de la explotación.

5. Planificación óptima de las secuencias y combinaciones de los cultivos y el uso eficiente de los recursos disponibles localmente.

Es importante notar que el proceso de conversión puede tomar de 1 a 4 años, dependiendo del nivel de artificialización y/o degradación del sistema original intensivo en insumos. Además, no todos los enfoques de sustitución de insumos son de tono ecológico, como ya se estableció en algunas prácticas ampliamente difundidas entre los entusiastas de la producción orgánica, tales como la quema de malezas y las aplicaciones de insecticidas botánicos de amplio espectro, que pueden tener serios efectos colaterales e impactos ambientales.

Las evaluaciones económicas recientes, sugieren que las ganancias provenientes de la agricultura orgánica pueden exceder a aquellas de la agricultura convencional. Los ingresos en efectivo por acre de los dos tipos de explotaciones fueron comparables por dos años, pero debido a que los costos de los insumos de la agricultura sostenible son menores, los retornos son 22.4 por ciento más altos. Los costos variables incluyen

aquellos para combustible, mantenimiento de maquinaria, semillas, fertilizantes, pesticidas y trabajo. Entre los costos fijos están los impuestos a la propiedad y los intereses de los préstamos (Figura 11).

FIGURA 11

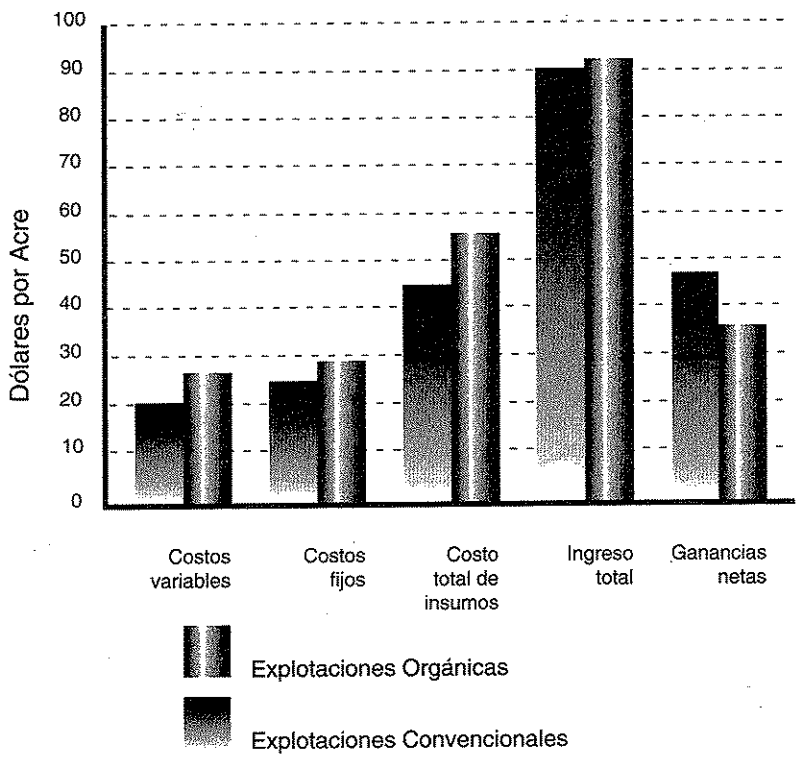

Figura 11. Comparación económica entre explotaciones orgánicas y convencionales ((tomado de Reganold, et. al., 1990).

Partiendo de que las dinámicas de ingreso son variables durante la conve un cambio clave en el proceso de transición consiste en mantener un equil económico para apoyar a los agricultores en la absorción de la posible pérdi ingreso, debida a los rendimientos menores en la fase inicial de la conversión. P que se necesiten incentivos y/o subsidios por parte de algunos agricultores conf esperan que sus sistemas productivos generen las ganancias que el proceso de conve asegura (Figura 12). En muchos casos, obtener un precio premio por los cul orgánicos comerciales, determina un incremento sustancial en el ingreso neto explotación como resultado de la conversión, sin oponerse a la necesidad de em trabajo adicional para hacer frente a nuevas empresas, tales como la integraci animal. Si los precios premio son removidos, el resultado puede ser una redu significativa en el ingreso neto por finca.

FIGURA 12

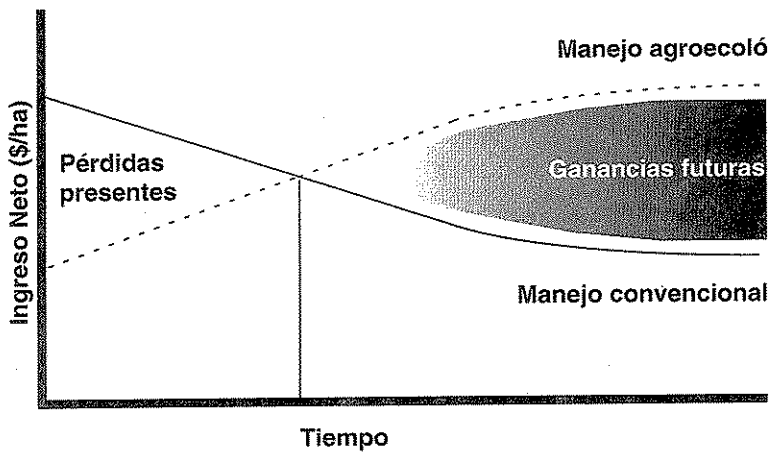

FIGURA 12. Dinámica hipotética del ingreso de los agricultores durante el proceso de conversión al r agroecológico.

En muchos casos, la pérdida de rendimientos durante el período inicial de transición no siempre ocurre. En experimentos de campo en el Valle de Aconcagua de Chile mostraron que los viñedos sujetos a conversión con un cultivo de cubierta sembrado (**Vicia atropurpurea**) exhibieron un incremento en sus rendimientos del 10 al 20 por ciento durante los primeros dos años de conversión, y el tamaño y la calidad (porcentaje de azúcar) de las uvas provenientes de las parcelas orgánicas excedía el de las parcelas convencionales (Figura 13). Una plaga insectil clave, el "chanchito blanco"

FIGURA 13

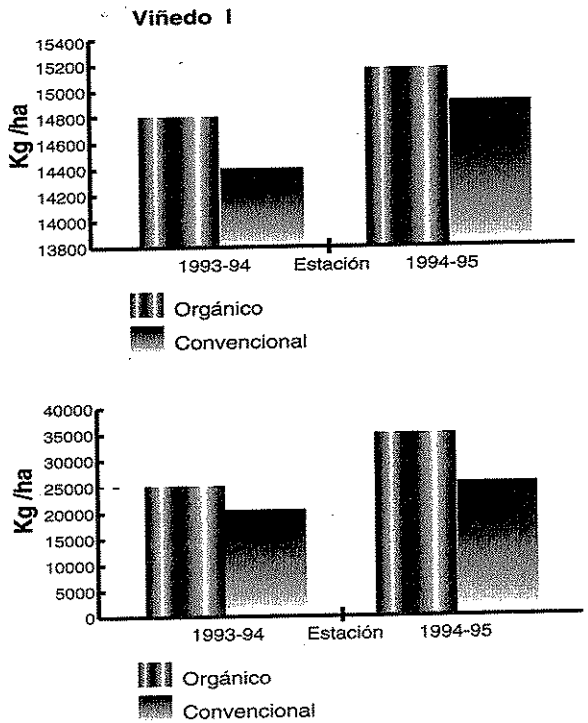

Figura 13. Tendencias de la producción de uva en los viñedos orgánico y tradicional durante las temporadas de cultivo después de su conversión en el Valle de Aconcagua, Chile.

(**Pseudococus maritimus**) fue controlado por enemigos naturales abrigados por cultivos de cobertura, aunque en ocasiones las liberaciones masivas de parasito **Pseudaphycus flavidulus** fue requerida en ciertas áreas del viñedo. La incide de **Botrytis cinera**, la mayor enfermedad de las uvas, fue reducida a través del ma de follaje, incluyendo podas selectivas que permitieron la ventilación y consecuencia la modificación del microclima y también con aplicaciones preparaciones basadas en composta que contienen antagonistas (i. e. **Thrichoder Pseudomonas,** etc.). Después de dos años de manejo de cultivos de cobertura, e tratamientos de sustitución de insumos son necesarios solamente en "mancha áreas problemáticas" de los viñedos. Las interacciones biológicas y siner disparados por el cultivo protector de sustrato, el sostenimiento de mecanismo regulación de plagas y de productividad sostenida.

CONCLUSIONES.

Actualmente existe un gran interés acerca del proceso de empobrecimiento sistemático que enfrenta la agricultura campesina, con una población creciente, extensiones de tierra familiares cada vez más pequeñas, ambientes en degradación y producción de alimentos **per cápita** constantes o declinantes. Enfocando esta profunda crisis, una meta importante de los programas de desarrollo rural, debe ser prevenir el colapso de la agricultura campesina mediante su transformación en una agricultura más sostenible y productiva. Tal transformación puede ocurrir solamente si los proyectos son capaces de considerar las contribuciones potenciales de la agroecología y de incorporarlas a las estrategias de desarrollo rural de modo que:

1. Mejoren la calidad de vida de aquellos campesinos que producen en pequeñas explotaciones familiares y/o en tierras marginales a través del desarrollo de estrategias de subsistencia basadas en la ecología.

2. Elevar la productividad del suelo de aquellos campesinos que compiten en el mercado a través del diseño y promoción de tecnologías bajas en insumos que reducen los costos de producción.

3. Promover la generación de ingreso y trabajo mediante el diseño de tecnologías apropiadas centradas en las actividades de procesamiento de alimentos que promueva un valor agregado a que se produce en las unidades campesinas.

Actualmente se reconoce cada vez más que las técnicas agroecológicas pueden producir altos rendimientos de varios cultivos, mientras que mantienen la fertilidad del suelo y reducen la dependencia de los agricultores de los insumos químicos y los mercados inestables. Los sistemas de cultivo y las técnicas especialmente adaptadas a las necesidades de los agroecosistemas específicos resultan en una agricultura de mayor calidad, basada en un mosaico de variedades genéticas apropiadas, tradicionales y mejoradas, insumos locales y técnicas en las que cada combinación llena un particular nicho ecológico, social y económico. La idea consiste en optimizar la utilización de los recursos localmente disponibles a través de la combinación de diferentes componentes del sistema agrícola,

i. e., plantas, animales, suelo, agua, clima y gente, de modo que ellos se complemer uno a otro y tengan el mejor efecto sinergético posible.

En la conversión de sistemas de monocultivo con altos insumos al man agroecológico, el cambio consiste en buscar las formas de utilización de los insur externos sólo en la medida en que se requieran para proporcionar elementos que deficientes en el ecosistema y para fortalecer los recursos biológicos, físicos y huma disponibles. En la utilización de insumos externos, la atención se presta principalme al reciclaje máximo y al impacto mínimo en detrimento del ambiente.

El desarrollo de agroecosistemas autosuficientes, diversificados, económi mente viables de pequeña escala provendrá del diseño novedoso de sistemas agríco basados en la agroecología, manejados con tecnologías adaptadas al ambiente lo que estén dentro de las posibilidades del agricultor. En la parcela, a nivel regiona nacional, la agricultura sostenible implica la necesidad de monitorear muy de cerc manejar cuidadosamente los elementos de los ciclos de nutrientes, agua y energía c el fin de lograr un balance al más elevado nivel de producción. Los principios de ma jo incluyen la colección de agua y nutrientes de la cuenca, el reciclaje de nutrien dentro de la explotación, el manejo del flujo de nutrientes de la agricultura a consumidores y de regreso, utilizando juiciosamente los mantos acuíferos, resaltan la biodiversidad y utilizando las fuentes renovables de energía. En la medida en q estos flujos no se circunscriban a los límites de la explotación, la agricultura sosteni requerirá un manejo no sólo al nivel de la explotación, sino a niveles de distrito, region nacional y aún internacional.

La conservación de energía y recursos, la calidad del ambiente, la salud públi y el desarrollo socioeconómico con equidad, deben ser considerados en la toma decisiones sobre las especies de cultivo, rotaciones, espaciamiento de raíce fertilización, control de plagas y los métodos de cosecha. Muchos agricultores adoptarán sistemas alternativos a menos que haya buenas posibilidades de obten ganancias monetarias provenientes, ya sea por un mayor producto incrementado o p la disminución de los costos de producción. Las actitudes diferentes depender principalmente de las percepciones de los agricultores sobre los beneficios de agricultura sostenible en el corto plazo y el largo plazo.

Es crucial que los científicos involucrados en la búsqueda de tecnologías agricultura sostenible, se interesen por quién será el último beneficiario de ellas. Es requiere reconocer que los determinantes políticos entran a escena cuando las pregunt

científicas se hacen, no sólo al momento en que las tecnologías son entregadas a la sociedad. En consecuencia, qué se produce, cómo se produce y para quién se produce son cuestiones clave que necesitan atención si es que se pretende que surja la agricultura sostenible con equidad. Cuando tales cuestiones se examinan, los asuntos de la tenencia de la tierra, las condiciones de trabajo, la tecnología adecuada, la salud pública, la política de investigación, etc., surgen como temas imposibles de ignorarse. Es claro que mejorar el acceso de los campesinos a la tierra, agua y otros recursos naturales, así como al crédito, mercados y tecnologías apropiadas en términos equitativos, etc., es vital para asegurar el desarrollo sostenible. Asegurar el control y acceso a los recursos solo puede ser posible a través de reformas políticas o acciones bien organizadas en la base de las comunidades. Es crucial entonces que los científicos interesados en la promoción de la agricultura sostenible, se involucren en la búsqueda de escenarios políticos adecuados que promuevan la sostenibilidad.

Finalmente, además del desarrollo y difusión de las tecnologías agroecológicas, la promoción de la agricultura sostenible requiere de cambios en las agendas de investigación y de educación agrícola, en las políticas agrarias y en los sistemas económicos, incluyendo mercados más grandes y de mejores precios, así como incentivos gubernamentales (Figura 14).

FIGURA 14

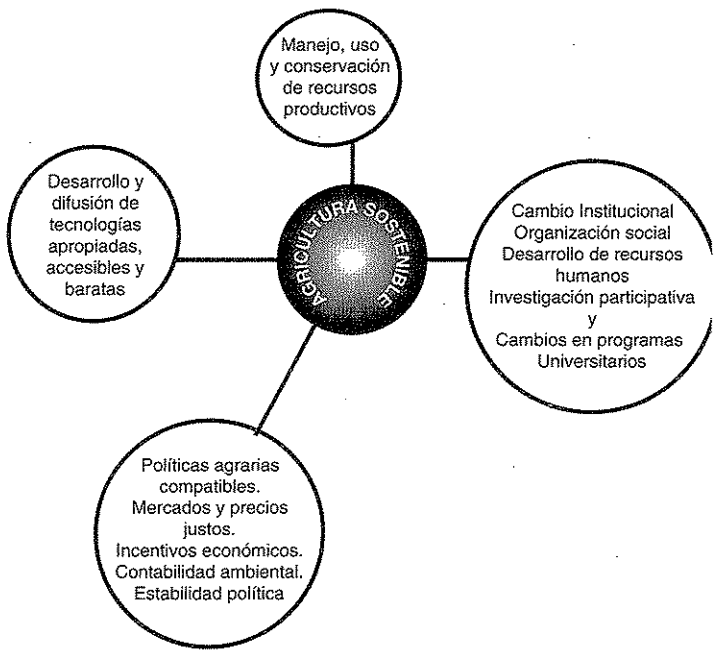

Figura 14. Los requerimientos de una agricultura sostenible.