

Capítulo 1

BASES AGROECOLÓGICAS PARA UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE

INTRODUCCIÓN

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

- Los paquetes tecnológicos homogéneos no son adaptables a la heterogeneidad campesina y sólo funcionan en condiciones similares a las de los países industriales y a las de las estaciones experimentales.
- El cambio tecnológico benefició principalmente la producción de bienes agrícolas de exportación y comerciales, producidos prioritariamente en el sector de grandes predios, impactando marginalmente la productividad de los productos alimenticios, que son cultivados en gran medida por el sector campesino, y
- América Latina se ha convertido en un importador neto de insumos químicos y maquinaria agrícola, aumentando los gastos de los gobiernos y agravando la dependencia tecnológica.

Con el crecimiento de la población y el incremento de la demanda económica y social que se proyecta para la próxima década, se perfilan dos desafíos

Bases agroecológicas para una agricultura sustentable

cruciales que deberán ser enfrentados por el mundo académico y el mundo del desarrollo:

- Incrementar la producción agrícola a nivel regional en casi un 30-40%, sin agravar aún más la degradación ambiental, y
- Proveer un acceso más igualitario a la población, no sólo a alimentos, sino a los recursos necesarios para producirlos.

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

Al respecto, la problemática contemporánea de la producción ha evolucionado de una dimensión meramente técnica a una de dimensiones más sociales, económicas, políticas, culturales y ambientales. En otras palabras, la preocupación central hoy es la de la sustentabilidad de la agricultura. El concepto de sustentabilidad es útil porque recoge un conjunto de preocupaciones sobre la agricultura, concebida como un sistema tanto económico, social y ecológico. La comprensión de estos tópicos más amplios acerca de la agricultura requieren entender la relación entre la agricultura y el ambiente global, ya que el desarrollo rural depende de la interacción de subsistemas biofísicos, técnicos y socioeconómicos. Este enfoque más amplio, que permite entender la problemática agrícola que en términos holísticos se denomina «agroecología».

AGROECOLOGÍA Y AGRICULTURA ALTERNATIVA

La disciplina científica que enfoca el estudio de la agricultura desde una perspectiva ecológica se denomina «agroecología» y se define como un marco teórico cuyo fin es analizar los procesos agrícolas de manera más amplia. El enfoque agroecológico considera a los ecosistemas agrícolas como las unidades fundamentales de estudio; y en estos sistemas, los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas son investigados y analizados como un todo. De este modo, a la investigación

agroecológica le interesa no sólo la maximización de la producción de un componente particular, sino la optimización del agroecosistema total. Esto tiende a reenfocar el énfasis en la investigación agrícola más allá de las consideraciones disciplinarias hacia interacciones complejas entre personas, cultivos, suelo, animales, etcétera.

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

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

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

- Rotaciones de cultivos que disminuyen los problemas de malezas, insectos plaga y enfermedades. Aumentan los niveles de nitrógeno disponible en el suelo, reducen la necesidad de fertilizantes sintéticos y, junto con prácticas de labranza conservadoras del suelo, reducen la erosión edáfica.
- Manejo integrado de plagas (MIP), que reduce la necesidad de plaguicidas mediante la rotación de cultivos, muestreos periódicos, registros meteorológicos, uso de variedades resistentes, sincronización de las plantaciones o siembras y control biológico de plagas.

Bases agroecológicas para una agricultura sustentable

- Sistemas de manejo para mejorar la salud vegetal y la capacidad de los cultivos para resistir plagas y enfermedades.
- Técnicas conservacionistas de labranza de suelo.
- Sistemas de producción animal que enfatizan el manejo preventivo de las enfermedades, reducen el uso del confinamiento de grandes masas ganaderas enfatizando el pastoreo rotatorio, bajan los costos debido a enfermedades y enfatizan el uso de niveles subterapéuticos de antibióticos.
- Mejoramiento genético de cultivos para que resistan plagas y enfermedades y para que logren un mejor uso de los nutrientes.

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

AGROECOLOGÍA Y BIODIVERSIDAD

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

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

La agroecología enfatiza un enfoque de ingeniería ecológica que consiste en ensamblar los componentes del agroecosistema (cultivos, animales, árboles, suelos, etc.), de manera que las interacciones temporales y espaciales entre estos componentes se traduzcan en rendimientos derivados de fuentes internas,

reciclaje de nutrientes y materia orgánica, y de relaciones tróficas entre plantas, insectos, patógenos, etc., que resalten sinergias tales como los mecanismos de control biológico. Tres tipos de interacciones suelen explotarse (**Tabla 1**).

Tabla 1. Integración y sinergias en agroecosistemas

1. Niveles de integración y diversificación en agroecosistemas

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

2. Complementariedades en agroecosistemas

- Exploración por raíces de diferentes profundidades en el perfil del suelo
 - Utilización diferencial de nutrientes y humedad
 - Utilización diferencial de intensidades de luz y humedad del aire
 - Adaptabilidad diferencial a heterogeneidad edáfica y microclimática
 - Susceptibilidad o tolerancia diferencial a plagas, enfermedades y malezas.
-

3. Sinergias en agroecosistemas

- Creación de microclimas favorables o desfavorables
 - Producción de sustancias químicas para estimular componentes deseados y suprimir componentes indeseables (sustancias aleloquímicas, repelentes, etc.)
 - Producción y movilización de nutrientes (micorrizas, fijación de nitrógeno, etc.)
 - Producción de biomasa para alimento, abono verde o *mulch*
 - Raíces profundas que recuperan y reciclan nutrientes
 - Provisión de cobertura de suelo para conservación de suelo y agua
 - Promoción de insectos benéficos y antagonistas mediante adición de diversidad y materia orgánica
 - Promoción de biología del suelo por adición de materia orgánica y excreciones radiculares.
-

Interacciones temporales a nivel de sistemas de cultivo

Las rotaciones establecen secuencias temporales en las que se obtienen aportes de nitrógeno al rotarse los cultivos de cereales con las leguminosas, o se regulan los insectos, malezas y enfermedades al romper los cultivos en secuen-

cia sus ciclos de vida. Mediante rotaciones bien diseñadas se pueden incrementar los rendimientos y reducir además los requerimientos de energía, al reducir la necesidad de fertilizantes. Por ejemplo, la incorporación de alfalfa en una rotación con maíz puede reducir los aportes de energía en 39%. Muchas rotaciones no requieren mayores modificaciones de los patrones de producción existentes.

Interacciones espaciales a nivel de sistemas de cultivo

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

Tabla 2. Ejemplos de policultivos que exhiben mayores rendimientos que los monocultivos correspondientes

Policultivo	Incremento de rendimientos
maíz seguido de caupi	70%
sorgo seguido de caupi	80%
maíz/arroz	33%
maíz/yuca	15%
yuca/arroz	35%
maíz/arroz/yuca	62%
maíz/frijol	38%
sorgo/frijol	55%
maíz/soya	22%

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

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

Interacciones a nivel del predio

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

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

En agroecosistemas modernos, la evidencia experimental sugiere que la biodiversidad puede ser utilizada para mejorar el manejo de plagas. Algunos estudios han demostrado que es posible estabilizar las poblaciones de insectos en los agroecosistemas mediante el diseño y la construcción de arquitecturas vegetales que mantengan las poblaciones de enemigos naturales o que posean efectos disuasivos directos sobre los herbívoros plaga.

Al reemplazar los sistemas simples por sistemas diversos o agregar diversidad a los sistemas existentes, es posible ejercer cambios en la diversidad del hábitat que favorecen la abundancia de los enemigos naturales y su efectividad al:

- Proveer huéspedes/presas alternativas en momentos de escasez de la plaga,
- Proveer alimentación alternativa (polen y néctar) para los parasitoides y depredadores adultos.
- Mantener poblaciones aceptables de la plaga por períodos extendidos a manera de asegurar la sobrevivencia continua de los insectos benéficos.

La restauración de la diversidad agrícola en el tiempo y en el espacio se puede lograr mediante el uso de rotaciones de cultivos, cultivos de cobertura, cultivos intercalados, mezclas de cultivo/ganado, etc. Se dispone de diferentes opciones para diversificar los sistemas de cultivo, dependiendo de si los siste-

Bases agroecológicas para una agricultura sustentable

mas de monocultivos a ser modificados están basados en cultivos anuales o perennes. La diversificación puede tomar también lugar fuera de la finca, por ejemplo, en los bordes de los cultivos con barreras cortavientos, cinturones de protección y cercos vivos, los cuales pueden mejorar el hábitat para la vida silvestre y para los insectos benéficos, proveer fuentes de madera, materia orgánica, recursos para abejas polinizadoras y además, modificar la velocidad del viento y el microclima.

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

- Alta diversidad a través de mezclas de plantas en el tiempo y en el espacio.
- Discontinuidad del monocultivo en el tiempo mediante rotaciones, uso de variedades de maduración temprana, uso de periodos sin cultivo o periodos preferenciales sin hospederos, etc.
- Campos pequeños y esparcidos en un mosaico estructural de cultivos adyacentes y tierra no cultivada que proporciona refugio y alimentación alternativos para los enemigos naturales. Las plagas también pueden proliferar en estos ambientes, dependiendo de la composición de especies de plantas. Sin embargo, la presencia de bajos niveles poblacionales de plagas y huéspedes alternativos puede ser necesaria para mantener a los enemigos naturales del área.
- Fincas con un componente de cultivo dominante perenne. Los huertos de frutales son considerados ecosistemas semipermanentes y más estables que los sistemas de cultivos anuales. Los huertos frutales sufren menos alteraciones y se caracterizan por una mayor diversidad estructural, especialmente si se estimula una diversidad floral en el suelo basal.
- Altas densidades de cultivo o presencia de niveles tolerables de malezas dentro o fuera del cultivo.
- Alta diversidad genética como resultado del uso de mezclas varietales o de varias líneas del mismo cultivo.

Estas generalizaciones pueden servir en la planificación de estrategias del manejo de la vegetación en los agroecosistemas; sin embargo, ellas deben considerar las variaciones locales del clima, geografía, cultivos, vegetación, complejos de plagas, etc., las cuales podrían aumentar o disminuir el potencial para el desarrollo de las plagas bajo algunas condiciones de manejo de la vegetación.

La selección de la o las especies de plantas puede ser también crítica. Se necesitan estudios sistemáticos sobre la «calidad» de la diversificación vegetal en relación a la abundancia y eficiencia de los enemigos naturales. Lo que parece importar es la diversidad «funcional» y no la diversidad *per se*. Los estudios mecanísticos para determinar los elementos clave de las mezclas de plantas que alteran la invasión de plagas y que favorecen la colonización y el crecimiento poblacional de los enemigos naturales permitirá la planificación más precisa de esquemas de cultivos estables y aumentará las posibilidades de efectos benéficos más allá de los niveles actuales.

AGRICULTURA SUSTENTABLE

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

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

- Producción estable y eficiente de recursos productivos.
- Seguridad y autosuficiencia alimentaria.
- Uso de prácticas agroecológicas o tradicionales de manejo.
- Preservación de la cultura local y de la pequeña propiedad.

Bases agroecológicas para una agricultura sustentable

- Asistencia de los más pobres a través de un proceso de autogestión.
- Un alto nivel de participación de la comunidad en decidir la dirección de su propio desarrollo agrícola.
- Conservación y regeneración de los recursos naturales.

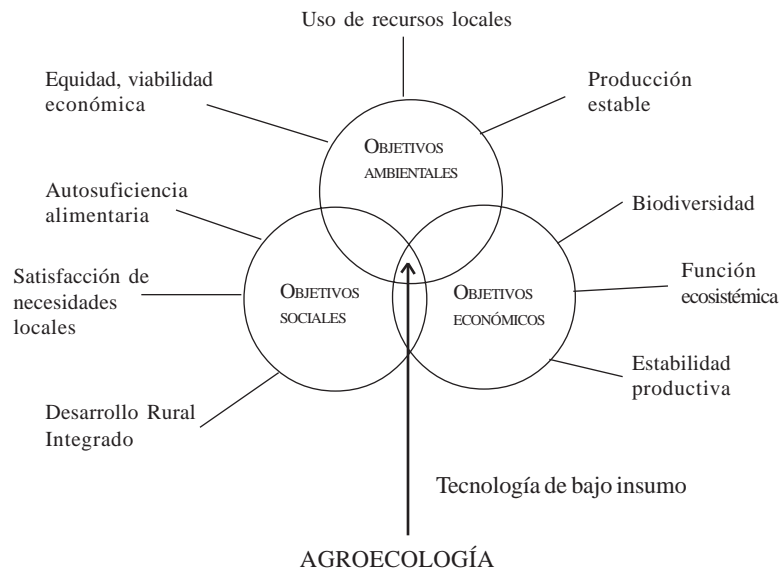


Figura 1. El rol de la agroecología en la satisfacción de los objetivos múltiples de la agricultura sustentable.

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

Bases agroecológicas para una agricultura sustentable

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

- Reducir el uso de energía y recursos y regular la inversión total de energía para obtener una alta relación de producción/inversión.
- Reducir las pérdidas de nutrientes mediante la contención efectiva de la lixiviación, escurrimiento, erosión y mejorar el reciclado de nutrientes, mediante la utilización de leguminosas, abonos orgánicos, composta y otros mecanismos efectivos de reciclado.
- Estimular la producción local de cultivos adaptados al conjunto natural y socioeconómico.
- Sustentar una producción neta deseada mediante la preservación de los recursos naturales, esto es, mediante la minimización de la degradación del suelo
- Reducir los costos y aumentar la eficiencia y viabilidad económica de las fincas de pequeño y mediano tamaño, promoviendo así un sistema agrícola diverso y flexible.

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

- Cubierta vegetal como medida efectiva de conservación del suelo y el agua, mediante el uso de prácticas de labranza cero, cultivos con *mulches*, uso de cultivos de cobertura, etc.
- Suplementación regular de materia orgánica mediante la incorporación continua de abono orgánico y composta y promoción de la actividad biótica del suelo.
- Mecanismos de reciclado de nutrientes mediante el uso de rotaciones de cultivos, sistemas de mezclas cultivos/ganado, sistemas agroforestales y de intercultivos basados en leguminosas, etc.
- Regulación de plagas asegurada mediante la actividad estimulada de los agentes de control biológico, alcanzada mediante la manipulación de la biodiversidad y por la introducción y conservación de los enemigos naturales.

INDICADORES DE LA SUSTENTABILIDAD

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

1. Sustentabilidad

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

2. Equidad

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

3. Estabilidad

Es la constancia de la producción bajo un grupo de condiciones ambientales, económicas y de manejo. Algunas de las presiones ecológicas constituyen

Bases agroecológicas para una agricultura sustentable

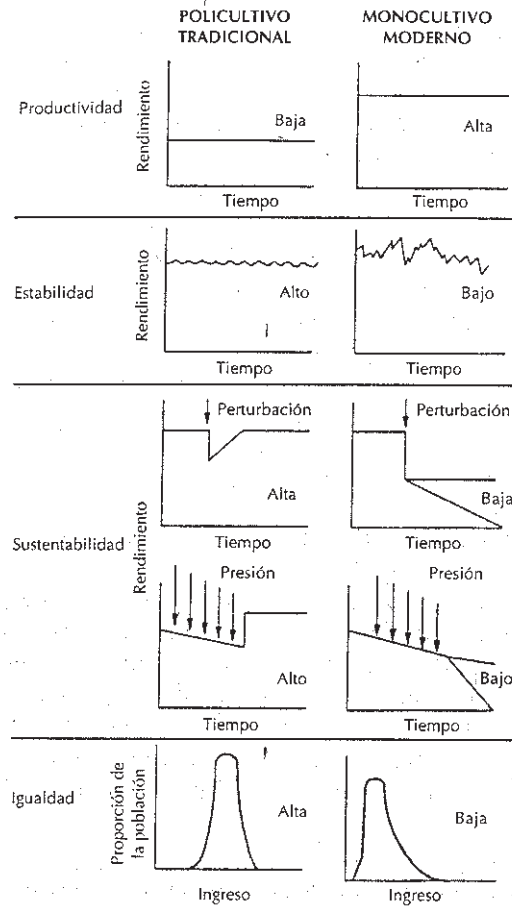


Figura 2. Propiedades de sistemas y agroecosistemas e índices de comportamiento (modificado después de Conway, 1985).

serias restricciones, en el sentido de que el agricultor se encuentra virtualmente impedido de modificarla. En otros casos, el agricultor puede mejorar la estabilidad biológica del sistema, seleccionando cultivos más adaptados o desarrollando métodos de cultivos que permitan aumentar los rendimientos. La tierra puede ser regada, provista de cobertura, abonada, o los cultivos pueden ser intercalados o rotados para mejorar la elasticidad del sistema. El agricultor puede complemen-

tar su propio trabajo utilizando animales o máquinas, o empleando fuerza de trabajo de personas. De esta manera, la naturaleza exacta de la respuesta no depende sólo del ambiente, sino también de otros factores de la sociedad. Por esta razón, el concepto de estabilidad debe ser expandido para abarcar consideraciones de tipo socioeconómico y de manejo.

4. Productividad

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

Tabla 4. Eficiencia energética de varios sistemas de producción de maíz (en 10³ Kcal/ha/año).

	Sistema Manual	Tracción Animal	Convencional/ Mecanizado	Orgánico	Rotación con soya-trigo-alfalfa
Entrada (Input) total	228	665	2,285	—	—
Salida total	6,962	3,352	7,636	—	—
Razón energética (salida/input)	30.5	5.0	3.3	6.7	8.3

Bases agroecológicas para una agricultura sustentable

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

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

Es tanto o más importante entender cuándo un agroecosistema deja de ser sustentable que cuándo éste se vuelve sustentable. Un agroecosistema puede dejar de ser considerado como sustentable cuando ya no puede asegurar los

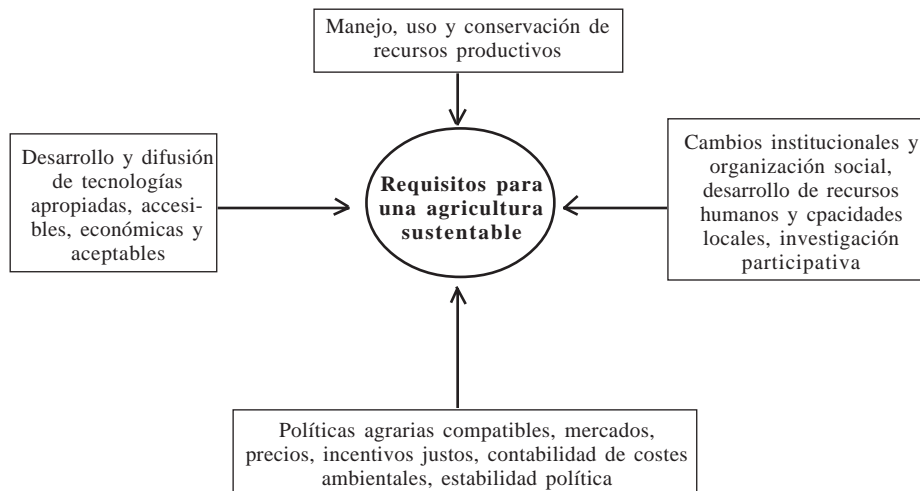


Figura 3. Requisitos de una agricultura sustentable

Bases agroecológicas para una agricultura sustentable

servicios ecológicos, los objetivos económicos y los beneficios sociales, como resultado de un cambio o una combinación de cambios en los siguientes niveles:

- Disminución en la capacidad productiva (debido a la erosión, a contaminación con agroquímicos, etc.).
- Reducción de la capacidad homeostática de adecuarse a los cambios, debido a la destrucción de los mecanismos internos de control de plagas o de las capacidades de reciclaje de nutrientes.
- Reducción en la capacidad evolutiva, debido por ejemplo a la erosión genética o a la homogeneización genética a través de los monocultivos.
- Reducción en la disponibilidad o en el valor de los recursos necesarios para satisfacer las necesidades básicas (por ejemplo, acceso a la tierra, al agua y otros recursos).
- Reducción en la capacidad de manejo adecuado de los recursos disponibles, debido a una tecnología inapropiada o a una incapacidad física (enfermedad, malnutrición).
- Reducción de la autonomía en el uso de recursos y toma de decisiones, debido a la creciente disminución de opciones para los productores agrícolas y consumidores.

En la medida que se definan los umbrales de «empobrecimiento» social y ecológico de un sistema, se podrá determinar un modelo de desarrollo que minimize la degradación de la base ecológica que mantiene la calidad de vida humana y la función de los ecosistemas como proveedores de servicios y de alimentos. Para lograr esto, los procesos de transformación biológica, desarrollo tecnológico y cambio institucional tienen que realizarse en armonía, de manera que el desarrollo sustentable no empobrezca a un grupo mientras enriquece a otro, y no destruya la base ecológica que sostiene la productividad y la biodiversidad.

LA AGROECOLOGÍA Y SU APLICACIÓN AL DESARROLLO RURAL

En tanto el desarrollo agrícola implica inevitablemente un cierto grado de transformación física de los paisajes y de artificialización de los ecosistemas, es esencial concebir estrategias que enfatizen métodos y procedimientos para lograr un desarrollo ecológicamente sustentable. La agroecología puede servir como paradigma directivo ya que define, clasifica y estudia los sistemas agrícolas desde una perspectiva ecológica y socioeconómica. Además de proponer

una metodología para diagnosticar la «salud» de los sistemas agrícolas, la agroecología define los principios ecológicos necesarios para desarrollar sistemas de producción sustentables dentro de marcos socioeconómicos específicos (**Tabla 5**). En el pasado, la falta de una comprensión integral contribuyó a la crisis ecológica y socioeconómica actual que afecta a la agricultura moderna. Una estrategia agroecológica puede guiar el desarrollo agrícola sustentable para lograr los siguientes objetivos de largo plazo:

- Mantener los recursos naturales y la producción agrícola;
- Minimizar los impactos en el medio ambiente;
- Adecuar las ganancias económicas (viabilidad y eficiencia);
- Satisfacer las necesidades humanas y de ingresos;
- Responder a las necesidades sociales de las familias y comunidades rurales (salud pública, educación, etc.).

Tabla 5. Principios agroecológicos para el manejo sustentable de agroecosistemas

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

La agroecología ha surgido como un enfoque nuevo al desarrollo agrícola más sensible a las complejidades de las agriculturas locales, al ampliar los objetivos y criterios agrícolas para abarcar propiedades de sustentabilidad, seguridad alimentaria, estabilidad biológica, conservación de los recursos y equidad junto con el objetivo de una mayor producción. El objetivo es promover tecnologías de producción estable y de alta adaptabilidad ambiental.

Debido a lo novedoso de su modo de ver la cuestión del desarrollo agrícola

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

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

Varias características del enfoque agroecológico relacionadas al desarrollo de la tecnología y a su difusión lo hacen especialmente compatible con la racionalidad de las ONG.

- La agroecología, con su énfasis en la reproducción de la familia y la regeneración de la base de los recursos agrícolas, proporciona un sistema ágil para analizar y comprender los diversos factores que afectan a los predios pequeños. Proporciona también metodologías que permiten el desarrollo de tecnologías hechas cuidadosamente a la medida de las necesidades y circunstancias de comunidades campesinas específicas.
- Las técnicas agrícolas regenerativas y de bajos insumos y los proyectos propuestos por la agroecología son socialmente activadores puesto que requieren un alto nivel de participación popular.
- Las técnicas agroecológicas son culturalmente compatibles, puesto que no cuestionan la lógica de los campesinos, sino que en realidad contribuyen a partir del conocimiento tradicional, combinándolo con los elementos de la ciencia agrícola moderna.

Tabla 6. Alcance e impacto de tecnologías agroecológicas implementadas por ONG en sistemas campesinos en América Latina.

País	Organización involucrada	Intervención agroecológica	Núm. de agricultores o unidades de granjas afectadas	Núm. de Ha. afectadas	Cultivos dominantes
Brasil	EPAGRI, AS-PTA	Abono verde Cultivos de cobertura	38,000 familias	1,330,000	Maíz, trigo
Guatemala	ALTERTEC y otros	Conservación de suelo Abono verde, cultivo orgánico	17,000 unidades	17,000	Maíz
Honduras	CIDDICO COSECHA	Conservación de suelo Abonos verdes	27,000 unidades	42,000	Maíz
El Salvador	COAGRES	Rotaciones, abonos verdes insecticidas botánicos	> 200	Nd	Cereales
México	Cooperativas oaxaqueñas	Compost, terrazas, siembra	3,000 familias	23,500	Café
Perú	CIED	Rehabilitación de terraplenes antiguos	> 1,250 familias	> 1,000	Cultivos andinos
		Campos elevados	Nd	250	Cultivos andinos
		Rehabilitación agrícola de cuenca	> 100 familias	Nd	Cultivos andinos
		Policultivos, sistemas agroforestales, compostaje	12 familias	25	Algunos cultivos
República Dominicana	Plan Sierra	Conservación de suelo, manejo de bosques secos, sistemas silvo-pastoriles	> 2,500 familias	> 2,250	Muchos cultivos
Chile	CET	Granjas integradas, cultivos orgánicos	> 1,000 familias	250	Varios cultivos
Cuba	ACAO	Granjas integradas	4 cooperativas		Varios cultivos

Nd = no hay datos

Fuente: Bowder 1989, Pretty 1997

Bases agroecológicas para una agricultura sustentable

- Las técnicas son ecológicamente sanas, ya que no pretenden modificar o transformar el ecosistema campesino, sino más bien identificar elementos de manejo que, una vez incorporados, llevan a la optimización de la unidad de producción.
- Los enfoques agroecológicos son económicamente viables, puesto que minimizan los costos de producción al aumentar la eficiencia de uso de los recursos localmente disponibles.

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

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

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

EL VALOR Y USO DEL CONOCIMIENTO AGRÍCOLA TRADICIONAL

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

La investigación y el desarrollo agrícola deben operar sobre la base de un enfoque desde abajo, comenzando con lo que ya está ahí: la gente del lugar, sus necesidades y aspiraciones, sus conocimientos de agricultura y sus recursos naturales autóctonos. En la práctica, el enfoque consiste en conservar y fortalecer la lógica productiva de los campesinos mediante programas de educación y adiestramiento, usando granjas demostrativas que incorporen tanto las técnicas campesinas tradicionales como también nuevas alternativas viables. De esta manera, el conocimiento y las percepciones ambientales de los agricultores están integrados a esquemas de innovación agrícola que intentan vincular la conservación de recursos y el desarrollo rural. Para que una estrategia de conservación de recursos compatible con una estrategia de producción tenga éxito entre los pequeños agricultores, el proceso debe estar vinculado a esfuerzos de desarrollo rural que den la misma importancia a la conservación de los recursos locales y autosuficiencia alimentaria y participación en los mercados locales. Cualquier intento de conservación tanto genética, como del suelo, del bosque o de un cultivo, debe esforzarse por preservar los agroecosistemas en que estos recursos se encuentran. Está claro que la preservación de agroecosistemas tradicionales no se puede lograr si no se mantienen al mismo tiempo la etnociencia y la organización socio-cultural de la comunidad local. Es por esta razón que muchas ONG ponen énfasis en un enfoque agroecológico-etnoecológico como mecanismo efectivo para relacionar el conocimiento de los agricultores con los enfoques científicos occidentales, en proyectos de desarrollo agrícola que enlacen las necesidades locales con la base de recursos existentes.

RACIONALIDAD ECOLÓGICA DE LOS AGROECOSISTEMAS TRADICIONALES

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

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

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

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

- conservación de la diversidad genética y de especies temporales y espaciales, y de continuidad productiva;
- uso óptimo del espacio y de los recursos locales;
- reciclaje de nutrientes, desechos, agua y energía;
- conservación de agua y suelo;
- control de la sucesión y protección de los cultivos.

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

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

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

CONCLUSIONES

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

- Mejoren la calidad de vida de los campesinos que trabajan pequeñas parcelas de tierra y tierras marginales mediante el desarrollo de estrategias de subsistencia ecológicamente sensibles.
- Eleven la productividad de la tierra de los campesinos que compiten en el mercado mediante la confección de proyectos y la promoción de tecnologías de bajo insumo que disminuyan los costos de producción.
- Promuevan la generación de empleos e ingresos mediante el diseño de tecnologías apropiadas orientadas a actividades de procesamiento de alimentos, que aumenten el valor agregado de lo que se produce en las unidades campesinas.

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

Algunos analistas plantean que dada la gama de tipos de agricultura campesina y dada la estructura rígida y convencional de la investigación y extensión agrícola practicada por los ministerios y universidades, las tecnologías agroeco-

lógicas ofrecen mejores opciones a aquellos campesinos que operan en condiciones de marginalidad ecológica y socioeconómica (**Figura 4**).

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

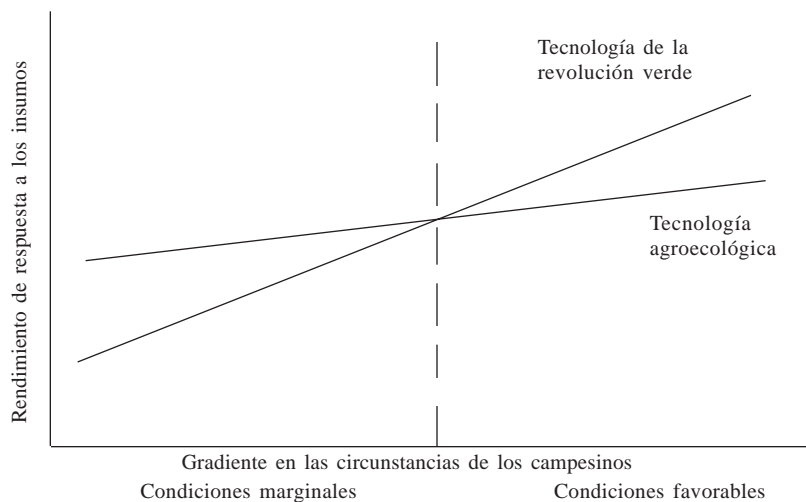


Figura 4. La realización potencial de la tecnología de la revolución verde (agricultura de altos insumos) y la tecnología agroecológica (agricultura de bajos insumos) a lo largo de un gradiente de recursos naturales y condiciones socioeconómicas que afectan a los sistemas agrícolas campesinos (Altieri y Anderson, 1986).

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

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

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

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

- que utilice tecnologías adaptables basadas en prácticas tradicionales, tecnologías autóctonas y germoplasma criollo;
- que enfatice el empleo de tecnologías fácilmente comunicables de un agricultor a otro, y por lo tanto que utilice experimentación en pequeña escala, que demuestre un efecto oportuno;
- que comprometa a los campesinos en el diseño, elaboración, manejo y evaluación del programa, y que se emplee personal local en calidad de promotores;
- que utilice métodos pedagógicos de demostración sobre la base del principio de aprendizaje mediante la práctica.

A medida que se van evaluando estos programas, se comprueba que los campesinos que adoptan los diseños propuestos gozan de mayor autosuficiencia alimentaria y se consolidan más a nivel comunal al colaborar recíprocamente en el trabajo y en otras actividades. Es obvio además que los sistemas modelos no

Bases agroecológicas para una agricultura sustentable

son tomados por los campesinos como recetas técnicas rígidas; éstos cumplen más bien una función pedagógica, proporcionando a los campesinos ideas y criterios que estos aplicarán en sus tierras en la forma que consideran más apropiada.

APÉNDICE

Tabla 9. Efectos documentados de estrategias agroecológicas en comparación con estrategias convencionales

Efectos sobre el suelo (derivados de rotaciones, policultivos, integración animal y uso de leguminosas)

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

Efectos sobre plagas, enfermedades y malezas

1. La diversificación en la forma de policultivos reduce insectos plagas al afectar directamente a herbívoros o al estimular a enemigos naturales.
 2. Las multilíneas y mezclas de variedades reducen las enfermedades.
 3. Los policultivos con alta cobertura del suelo reducen las malezas
 4. Los cultivos de cobertura en frutales reducen las plagas y malezas.
 5. La labranza mínima puede reducir enfermedades.
-

Efectos sobre los rendimientos

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

Efectos sobre aspectos económicos

1. Costos de producción bajos .
 2. Mayores requerimientos de mano de obra para algunas prácticas, pero existe un efecto distribuidor de las necesidades durante la estación, evitando picos de demanda (**Figura 15, Tabla 14 a y b**).
 3. Induce menos costos ambientales (externalidades); por ejemplo existe una menor depreciación del suelo, menos costos de contaminación, etc. (**Tabla 15**).
 4. La eficiencia energética es mayor, hay una demanda menor de energía total.
-

Tabla 10. Efectos documentados de varias prácticas agroecológicas sobre parámetros agroproductivos

Sistema de Manejo	Mejora Fertilidad del Suelo	Controla Erosión	Suprime Plagas	Reduce Enfermedades	Controla Malezas	Incrementa Rendimientos	Mejora Microclima	Conserva Humedad	Estimula Biología del Suelo
<i>Mulch</i> Vivo	+	+	+	NS	+	X	NS	NS	+
<i>Mulch</i> muerto	NS	+	+	+	+	+	+	+	+
Labranza mínima	+	+	±	+	±	±	NS	NS	+
Cultivo en callejones	+	NS	NS	NS	NS	+	+	+	+
Barreras vivas	NS	+	NS	NS	NS	+	NS	NS	NS
Rotaciones	+	+	+	+	+	+	NS	NS	+
Cultivos asociados	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Multilíneas y mezclas de variedades	NS		+	+	NS	+	NS	NS	NS
Cultivos de cobertura	+	+	+	NS	+	+	NS	NS	+
Agroforestería	+	+	±	±	±	+	+	+	+
Integración animal	+	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS	+

+ = efecto positivo

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

NS = no se ha documentado efecto significativo

Bases agroecológicas para una agricultura sustentable

Tabla 11a. Pérdidas de suelo de acuerdo a cantidad de *mulch* utilizados en suelo de pendientes de 1-15%

Cantidad de <i>mulch</i> (t/ha)	Pérdida de suelo (t/ha)
0	76.6
2	2.4
4	0.37
6	0.04

Tabla 11b. Pérdida de suelo en sistemas con diferentes plantas utilizadas como barreras vivas

Especie	Pérdida de suelo (cms)
<i>Gliricidia sepium</i> y <i>Paspalum conjugatum</i>	0.38
<i>Pennisetum purpureum</i>	0.62
<i>G. sepium</i> + <i>P. purpureum</i>	1.38
<i>G. sepium</i>	1.50
Cultivo sin barrera	4.20

Tabla 12. Rendimiento promedio de sistemas orgánicos y convencionales en el medio oeste de EUA.

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

Tabla 13. Comparación de la productividad de variedades de trigo nativas y mejoradas

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

Bases agroecológicas para una agricultura sustentable

Tabla 14a. Requerimientos de mano de obra en sistemas orgánicos y convencionales (hr/ha)

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

Tabla 14b. Días de labor para limpiar, arar, sembrar y desyerbar yuca en Colombia

	Manual	Tracción animal	Tractor
Limpiar terreno	6	8	3
Arar	19	8	5
Sembrar	8	11	11
Desyerbar	31	20	20
Total	64	42	39

Tabla 15. Análisis económico de la producción de maíz y soya en EUA usando técnicas de contabilidad de recursos naturales.

	Sin contabilidad de recursos \$/acre/año	Con contabilidad de recursos \$/acre/año
Margen de operación	45	45
Depreciación del suelo	-	25
Ingreso operacional neto	45	20
Subsidio de gobierno	35	35
Ingreso neto total	80	55

Si se adicionaran los costos ambientales del impacto de la erosión fuera del predio (\$46) el ingreso neto total sería (- \$26).