

# Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad

S.R. Gliessman<sup>1</sup>, F.J. Rosado-May<sup>2</sup>, C. Guadarrama-Zugasti<sup>3</sup>, J. Jedlicka, A. Cohn<sup>4</sup>, V.E. Mendez<sup>5</sup>, R. Cohen<sup>6</sup>, L. Trujillo<sup>7</sup>, C. Bacon, R. Jaffe<sup>8</sup>

(1) University of California, Santa Cruz. 1156 High St. Santa Cruz CA, 95064, tel (831) 459-4051; fx (831) 459-2867

(2) University of California, Santa Cruz y Universidad de Quintana Roo, México.

(3) Universidad Autónoma de Chapingo, Centro Huatusco, Veracruz, México.

(4) University of California, Santa Cruz, Department of Environmental Studies.

(5) Environmental Program, Department of Plant and Soil Science, University of Vermont.

(6) University of California, Santa Cruz, Department of Environmental Studies.

(7) Universidad Autónoma de Chapingo, Centro Huatusco, Veracruz, México.

(8) Community and Agroecology Network, Santa Cruz CA.

**Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad.** En este artículo se define agroecología como la aplicación de los conceptos y principios ecológicos al diseño y manejo de los sistemas alimentarios sostenibles. Se presentan los argumentos principales que sostienen la validez, importancia y pertinencia del enfoque agroecológico, no solo para entender los procesos involucrados en la producción de alimentos, sino para proponer alternativas que conduzcan a esos procesos para operar en sistemas sostenibles. El concepto clave, que guía el razonamiento metodológico y epistemológico en este análisis, es el de sostenibilidad. Para alcanzar sostenibilidad la metodología agroecológica no solo se ancla en la Ecología, lo cual se describe en el trabajo, sino que percibe la producción de alimentos como un proceso que involucra a los productores y consumidores interactuando en forma dinámica.

Palabras clave: Agroecología, sistemas de producción agrícola, desarrollo sostenible, procesos de conversión.

**Agroecology: promoting the transition towards sustainability.** In this article agroecology is defined as the application of ecological concepts and principles to the design and management of sustainable food systems. The principal arguments are presented that support the validity, importance, and application of the agroecological focus, not only in order to understand the processes involved in food production, but also to propose alternatives that help these processes to operate in sustainable systems. The key concept that guides the methodological and epistemological rationale of this analysis is sustainability. In order to achieve sustainability the agroecological methodology not only links to Ecology, as is described in the text, but perceives food production as a process involving producers and consumers operating in a dynamic interaction.

Key words: Agroecology, agricultural productive systems, sustainable development, conversion processes.

## Introducción

El estudio de la agricultura ha sido siempre de particular interés para la humanidad. Desde las comunidades humanas, que hace 10.000 años establecieron los primeros cultivos e iniciaron asentamientos permanentes, hasta el siglo XXI, en que la globalización es cada vez mayor, entender el funcionamiento de los sistemas agrícolas ha sido un objetivo prioritario para nuestras sociedades. Sin embargo, el interés para alcanzar dicho objetivo ha desembocado en diferentes enfoques para entender los procesos que explican la estructura, funcionamiento y, actualmente, la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos. En este artículo se presentan los argumentos principales que sostienen la validez, importancia y pertinencia del enfoque agroecológico, no sólo para entender los procesos involucrados en la producción de alimentos, sino para proponer alternativas que conduzcan a que estos procesos operen en sistemas sostenibles. El concepto clave, que guía el razonamiento metodológico y epistemológico en este análisis, es el de sostenibilidad. Se define la sostenibilidad como un enfoque integral y holístico hacia la producción de alimentos, fibras y forrajes que equilibra el bienestar ambiental, la equidad social, y la viabilidad económica entre todos los sectores de la sociedad, incluyendo a comunidades internacionales y a través

de las generaciones. Inherente en esta definición es la idea de que la sostenibilidad tiene que extenderse no sólo globalmente, si no también por un tiempo indefinido (Gliessman, 2001a).

Aún cuando existen enfoques que así lo prefieren, la agricultura es en realidad mucho más que una actividad económica diseñada para producir un cultivo o para obtener el más alto beneficio en el menor tiempo posible. Basta con mirar a nuestro alrededor para respaldar la anterior afirmación: son muchos los ejemplos que tenemos a nuestro alcance de campos abandonados por salinización, por infestación de plagas o enfermedades, por caída de precios en el mercado, por crecimiento urbano, por expansión de grandes productores, por falta de agua o falta de financiamiento, por sequía o algún otro desastre natural o inducido, etc.

Un agricultor interesado en producir continuamente, en el mismo campo, no debería prestar atención solamente a los objetivos y metas de su unidad de producción y esperar que con esto puede enfrentarse a los retos de sostenibilidad a largo plazo. La discusión sobre la agricultura sostenible debe ir más allá de lo que sucede dentro de los límites de la unidad de producción individual. La producción agrícola es un sistema mucho más vasto, con muchas partes interactuando entre sí, incluyendo componentes ambientales, económicos y sociales, y los que se derivan de ellos, como los culturales, tecnológicos y políticos (Gliessman, 2001a,b; Flora, 2001). Son estas complejas interacciones y el balance entre todas estas partes lo que el enfoque agroecológico nos invita a discutir. La Agroecología nos proporciona herramientas para determinar cuál es el *status* actual de sostenibilidad de un ecosistema agrícola, o agroecosistema, cómo hacer la conversión de producción de alimentos y fibras hacia la sostenibilidad, y cómo mantener este *status* (Gliessman, 2001a).

Para aplicar el enfoque agroecológico en el estudio de agroecosistemas, es bastante útil tomar de Odum (1971) el concepto de ecosistema con sus flujos de energía y ciclos de nutrientes. Así, podemos considerar a la agricultura como la “corriente” de un río y que las unidades de producción (parcelas, campos de producción) son los diferentes puntos a lo largo de esa corriente. Cuando pensamos en una parcela agrícola individual como un “estanque”, un remanso en algún punto o un giro de la corriente, en el río, podemos imaginar que hay cosas que “fluyen” hacia dentro de esa parcela y también debemos esperar elementos de la parcela que “fluyen” hacia fuera. Como agricultores, dedicamos bastante esfuerzo y energía para mantener limpio y productivo nuestro estanque (nuestra unidad de producción) en el río. Tratamos de ser tan cuidadosos como sea posible en lo que respecta al suelo, en seleccionar qué cultivos plantar, en cómo controlar plagas y enfermedades, y cómo comercializar la cosecha. Agroecología nos da las herramientas de análisis para entender las relaciones e interacciones entre los flujos y las condiciones dentro de un agroecosistema, y entre los componentes del paisaje en la cual se encuentra el sistema.

En otros tiempos, cuando había muchas menos granjas o fincas, quizá menor población también, seguramente la producción se enfocaba más en el consumo local. Con menos presiones de mercados externos, y menos demandas sobre los agricultores y sus tierras de cultivo, era factible mantener las unidades agrícolas en mejores condiciones. Se podía mantener el “estanque” bastante limpio y no había que preocuparse mucho por lo que pasaba “corriente abajo o corriente arriba” de las fincas. Hoy, mantener el estanque limpio es mucho más difícil, las condiciones han cambiado drásticamente. Si bien se reciben elementos positivos y útiles de “corriente arriba”, tales como agua, organismos polinizadores, subsidios, tecnología, mano de obra, etc., que no se encuentran disponibles directamente dentro de la parcela, también encontramos que hay cada vez menos control sobre lo que llega y afecta a mi “estanque”, por ejemplo leyes, contaminación, desastres naturales o inducidos, costos, etc. Es decir, encaramos una serie de oportunidades pero también de amenazas. La falta de control nuestro sobre esos “flujos”, hacen que nuestro sistema sea vulnerable, ya que pueden incentivar prácticas agrícolas no sostenibles. Los tratados de libre comercio, las presiones de los grandes mercados guiadas por demanda de consumidores poco informados sobre su papel en el proceso de producción de alimentos, etc., es decir los “flujos externos, de corriente arriba”, combinados, pueden amenazar la sostenibilidad de mi granja. Mi estanque se puede volver rápidamente un albañal.

También debemos considerar, con mucha atención, que la forma en que atendemos nuestro “estanque” puede tener efectos “corriente abajo”. Por ejemplo la erosión del suelo, y la reducción del manto freático en mi propiedad puede afectar negativamente otras parcelas, no necesariamente a la mía, y aún a otras comunidades. El uso inapropiado o ineficiente de plaguicidas y fertilizantes, puede contaminar el agua el aire así como dejar residuos potencialmente peligrosos en la comida que mi familia y otras familias consumen. Los factores, corriente arriba y corriente abajo, están ligados en formas complejas, a menudo más allá de nuestro control, e inciden definitivamente en la sostenibilidad de nuestras parcelas agrícolas. Entones, el manejo y diseño de mi unidad de producción agrícola refleja la viabilidad de la economía rural y de nuestra propia comunidad, y a la vez refleja las políticas nacionales e internacionales que impactan mis decisiones como agricultor/a y mi familia. La pérdida de tierras agrícolas, destinadas para otras actividades, y la pérdida de familias de agricultores en general son indicadores claves que nos llevan a una búsqueda urgente de soluciones (Kimbrell, 2002). La agroecología ha demostrado que puede contribuir a generar alternativas de diseño y manejo de agroecosistemas para enfrentar los retos antes mencionados, y caminar con paso firme hacia el desarrollo sostenible.



**Figura 1.** Un agroecosistema diverso ubicado en la costa central del estado de California, integrando cultivos dentro de un paisaje natural. Foto de S. Gliessman.

La práctica agroecológica representa en sí misma un estado de equilibrio dinámico, flexible pero firme a largo plazo. No puede ser de otra manera, ya que nuestras sociedades también son dinámicas. La diferencia con otras prácticas radica en la firmeza de su anclaje en la Ecología para entender la granja como un ecosistema, en el respeto e incorporación del conocimiento local/tradicional que ha demostrado eficiencia y sostenibilidad a largo plazo, y en su interacción con otras disciplinas científicas para entender la complejidad de interacciones de los diferentes factores que inciden en el sistema agrícola; todo esto con el fin de crear condiciones de sostenibilidad. Después de discutir un poco más en detalle la perspectiva agroecológica, se presenta más adelante cómo este enfoque puede ser aplicado a través de algunos ejemplos. Finalmente con base en experiencias acumuladas a lo largo de más de 30 años de estudios, el artículo termina con reflexiones sobre las futuras direcciones en las que la Agroecología debe y puede desarrollarse.

## La perspectiva agroecológica

### A- El agroecosistema

Cualquier definición de Agroecología debe señalar que examinamos el sistema de producción como un agroecosistema. Debemos de mirar al sistema en su conjunto, es decir a toda la “corriente”, a todo el “río”, usando la analogía introducida arriba. Esta definición es cualitativa y cuantitativamente diferente a la visión estrecha de la agricultura que se enfoca casi únicamente en el desarrollo de prácticas o tecnologías diseñadas para incrementar los rendimientos y mejorar los márgenes de beneficio económico. Más bien, estas prácticas y tecnologías se deben evaluar a la luz de las contribuciones que hacen para alcanzar la sostenibilidad total del sistema de producción. A largo plazo, las tecnologías convencionales tienen poca esperanza de contribuir a la sostenibilidad del sistema, ya que causan impactos más complejos sobre el sistema agrícola en su totalidad.

A menudo los tomadores de decisión, especialmente a nivel político y económico, consideran al agroecosistema como un simple campo agrícola. Esta visión conduce a políticas que incentiva a productores locales a sustituir los cultivos que producen alimentos por otros que producen ingresos económicos, normalmente asociados a producción de gran escala y con grandes insumos, no necesariamente para producir alimentos. Este es el caso del algodón, de la caña de azúcar, entre otros. El problema posterior no es solamente el efecto en la contaminación por el exceso de pesticidas o en la pérdida del manto freático o del suelo, sino también en la pérdida de la capacidad alimentaria de una comunidad, región o país.

Con un enfoque eminentemente agronómico es fácil olvidar que el sistema agrícola es solamente un componente, aunque importante, de un sistema alimentario mayor (Francis *et al.*, 2003). También es fácil olvidar la declaración de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación, en la reunión de la FAO en 1996 que dice: “Reafirmamos el derecho de toda persona a tener acceso a alimentos sanos y nutritivos”. Sin embargo, concientes de la necesidad de incorporar conceptos y métodos de las Ciencias Sociales, Políticas, Económicas o incluso de Ingeniería para entender la complejidad de la estructura y función de

agroecosistemas y sistemas alimentarios, pero también concientes de la urgente necesidad de incorporar con mayor fuerza a las Ciencias Naturales, a la Ecología, para entender dicha complejidad, este artículo argumenta que para lograr sostenibilidad en los sistemas de producción agrícola, debe fortalecerse el anclaje en la Ecología para estudiar, entender y proponer alternativas viables de sostenibilidad. Ecología entonces se convierte en el punto de referencia, el marco en el que a continuación se presentan los argumentos. Los temas de carácter social, económico, tecnológico, cultural o político, que también son incorporados en Agroecología, también son incorporados en la argumentación.

Un fundamento básico de la Agroecología es el concepto de ecosistema, definido como sistema funcional de relaciones complementarias entre los organismos vivos y su ambiente, delimitado por fronteras definidas arbitrariamente, en un tiempo y espacio que parece mantener un estado estable de equilibrio, pero a la vez dinámico (Odum, 1996; Gliessman, 2001a,b). Este equilibrio puede considerarse sostenible. Un ecosistema bien desarrollado, maduro, es relativamente estable, auto-sostenible, se recupera de las perturbaciones, se adapta al cambio y es capaz de mantener su productividad usando insumos energéticos provenientes solamente de la radiación solar. Cuando extendemos el concepto de ecosistema a la agricultura, y consideramos los sistemas agrícolas como agroecosistemas, tenemos los fundamentos para ir más allá del foco primario de atención de los sistemas de medición convencionales de los productos del sistema (rendimiento o retorno económico). En su lugar, podemos ver el complejo conjunto de interacciones biológicas, físicas, químicas, ecológicas y culturales que determinan los procesos que nos permiten obtener y sostener la producción de alimentos.

Los agroecosistemas son a menudo más difíciles de estudiar que los ecosistemas naturales, porque se complican con la intervención humana que altera la estructura y función de los ecosistemas normales. No hay disputa sobre el hecho de que para que cualquier agroecosistema sea sostenible, se deben tomar en cuenta una amplia serie de factores y procesos ecológicos, económicos y sociales interactuantes entre sí. No obstante, la sostenibilidad ecológica es la materia prima de construcción sobre la cual los otros elementos de la sostenibilidad dependen.

Un agroecosistema se crea cuando la manipulación humana y la alteración de un ecosistema tienen lugar con el propósito de establecer la producción agrícola. Esto introduce varios cambios en la estructura y función del ecosistema natural y, como resultado, cambia un número de cualidades clave a nivel del sistema. Estas cualidades se reconocen como emergentes o propiedades del sistema que se manifiestan una vez que todos los componentes del sistema están organizados; también pueden servir como indicadores de la sostenibilidad del sistema (Gliessman, 2001a). Algunas cualidades emergentes clave de los ecosistemas, y como son alteradas cuando se convierten a agroecosistemas, se mencionan a continuación.

### 1. *Flujo de energía*

La energía fluye a través del ecosistema natural como resultado de un complejo conjunto de interacciones tróficas, con ciertas cantidades disipadas en diferentes puntos y momentos a lo largo de la cadena alimenticia, y con la cantidad más grande de energía moviéndose finalmente por la ruta de los desechos (Odum, 1971). La producción anual del sistema se puede calcular en términos de productividad primaria neta o biomasa, con su contenido correspondiente de energía. En los agroecosistemas el flujo de energía se altera enormemente por la interferencia humana (Pimentel y Pimentel 1997). Aunque obviamente la radiación solar es la mayor fuente de energía para la agricultura, muchos de los insumos usados en el proceso se derivan de fuentes de manufactura humana que frecuentemente no son autosostenibles. Así, los agroecosistemas a menudo se convierten en sistemas a través de los cuales fluyen cantidades considerables de energía que tienen su origen "corriente arriba", en forma de insumos como los fertilizantes o combustibles basados en petróleo que mueven las maquinarias. En algún momento del proceso de producción, esta energía se dirige hacia fuera del sistema en cada cosecha, no sólo en forma del producto principal, sea alimento o fibra, sino que también en forma de biomasa de tallos u hojas. A la biomasa, que representa energía acumulada, no se le permite quedarse dentro del sistema para contribuir al funcionamiento de importantes procesos internos del ecosistema (los residuos orgánicos devueltos al suelo pueden servir como fuente de energía para microorganismos que son esenciales para un reciclaje más eficiente de nutrientes). Los agroecosistemas que funcionan simplemente como "transportadores de energía", como los descritos anteriormente, difícilmente pueden considerarse sostenibles y están bastante lejos de lograr sostenibilidad.

Las fuentes de energía en un agroecosistema también tienen otra forma de expresión. La mano de obra que se destina a la producción es un ejemplo. Su expresión en forma de costo, especialmente para sistemas que requieren en forma intensiva y extensiva la mano de obra, tiene la tendencia de ofrecer bajos salarios para mantener altas ganancias. Otro ejemplo es la transportación del producto, cuanto más lejos se encuentra la demanda, más gasto de energía implica. En otras palabras, los factores sociales y económicos implicados en la producción de alimentos también tienen un efecto e impacto en la cantidad de energía que fluye en un agroecosistema.

Así, es claro que para lograr la sostenibilidad en los sistemas de producción agrícola, se debe no sólo maximizar el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía, sino que el producto de su transformación, la biomasa, se debe suministrar como combustible para las interacciones tróficas esenciales que se necesitan para mantener otras funciones del agroecosistema.

## 2. *Reciclaje de nutrientes*

En un ecosistema natural los nutrientes ingresan continuamente en pequeñas cantidades a través de varios procesos hidrogeoquímicos. Mediante una compleja serie de ciclos interconectados, estos nutrientes circulan dentro del ecosistema, donde la mayor parte de las veces forman parte de la biomasa viva o a la materia orgánica del suelo (Borman y Likens, 1967). En este proceso, los componentes biológicos de cada sistema se vuelven muy importantes para determinar como mover eficientemente estos nutrientes, de un punto a otro, asegurando una pérdida mínima. En un ecosistema maduro, estas pequeñas pérdidas son reemplazadas por insumos locales, manteniendo un balance de nutrientes. La productividad de biomasa en ecosistemas naturales está muy ligada a las tasas anuales que reflejan la capacidad del sistema de reciclar los nutrientes.

En contraparte, en un agroecosistema, el reciclaje de nutrientes puede ser mínimo, o incluso nulo, perdiéndose cantidades considerables con la cosecha o como resultado de percolación o erosión. Esto se explica por la constante reducción en los niveles permanentes de biomasa mantenidos dentro del sistema (Tivy, 1990). Por otra parte, la exposición frecuente del suelo sin cobertura entre las plantas de un cultivo durante el ciclo agrícola, o de los campos desnudos entre temporadas de cultivo, crea un "goteo" de nutrientes hacia fuera del sistema debido a la erosión o infiltración al subsuelo por falta de materia orgánica que retenga el suelo, el agua o los nutrientes. Con un sistema de cultivo así descrito, la agricultura moderna se tiene que apoyar fuertemente en ingresos de insumos en forma de nutrientes, es decir de fertilizantes normalmente derivados del petróleo, para reemplazar estas pérdidas. A todo esto también se suma el aspecto socioeconómico. La alta demanda de consumidores no interesados o no educados en sostenibilidad, normalmente inducidos por prácticas de mercadotecnia o por bajos precios/salarios, ejercen una presión de tal magnitud que prácticamente empujan al sistema a incrementar sus niveles de insostenibilidad, influyendo en su diseño y manejo. El interés en obtener altas ganancias en el corto plazo, también se une a lo anterior.

Para alcanzar sostenibilidad se requiere que los "goteos", o pérdidas de nutrientes en el sistema, se reduzcan al mínimo, favoreciendo y fortaleciendo mecanismos que permitan lo más posible el reciclaje de nutrientes dentro del sistema. Ciertamente, el factor consumidor y el factor mercado también juegan un papel importante en el proceso hacia la sostenibilidad; es difícil, si no es que imposible, alcanzar un desarrollo sostenible sin la educación apropiada. Al final, las sociedades humanas deben encontrar maneras de regresar los nutrientes incorporados en los productos agrícolas que consumen a los suelos que los produjeron.

## 3. *Mecanismos de regulación de poblaciones*

Los ecosistemas naturales también tienen herbívoros, algunos conocidos como plagas en la agricultura, pero su efecto rara vez se nota debido a la presencia y actividad de sus enemigos naturales. A través de una compleja combinación de interacciones bióticas y límites impuestos por la disponibilidad de recursos físicos, se establece un control natural en los niveles de población de los distintos organismos. Así eventualmente se determina la productividad de un ecosistema; es decir la cantidad de biomasa acumulada. A través del tiempo el proceso de selección de los organismos tiende al establecimiento de una estructura biológica bastante compleja pero siempre dentro de los límites impuestos por factores ambientales como temperatura, precipitación, humedad, entre otros, creando hábitats y nichos bastante complejos también, que serán ocupados por los diversos organismos. La presencia de los organismos en una organización compleja pero interactuante y las condiciones ambientales en las que se desenvuelven, permiten el establecimiento de diversas interacciones tróficas y diversificación de nichos.

Con la selección genética y/o la domesticación, dirigida por humanos, así como la simplificación general de los agroecosistemas (p.e. la pérdida de la diversidad de nichos y una reducción de las interacciones tróficas), las poblaciones de plantas y/o animales cultivados raramente se autorregulan, especialmente de las plagas y enfermedades. Los insumos humanos en forma de semillas o agentes de control como pesticidas, frecuentemente dependientes de grandes subsidios de energía, determinan no solamente los tamaños de las poblaciones de organismos presentes sino que también su diversidad. En un sistema de producción agrícola simplificado la diversidad biológica se reduce y se interrumpen los sistemas naturales de control de plagas ya que muchos nichos y/o hábitats quedan desocupados. Como consecuencia el peligro de epidemias o plagas catastróficas que afectan a la agricultura es bastante alto, muchas veces aún a pesar de la disponibilidad de la interferencia humana intensiva y la utilización de insumos.

Una justificación frecuentemente escuchada para explicar los sistemas de grandes campos agrícolas de monocultivos, también llamados convencionales, es que son sistemas altamente eficientes para producir los alimentos que requiere la creciente población humana; eficientes no solo desde el punto de vista económico sino que incluso desde el punto de vista de regulación de poblaciones. Estos argumentos normalmente van acompañados de premisas como por ejemplo: la mayor parte de la población que demanda alimentos o no tiene forma de producirlos o al hacerlo, especialmente los pobres, ejercen mayor degradación ambiental que los sistemas convencionales porque no tienen la capacitación tecnológica necesaria y porque

usan insumos en grandes cantidades, o que simplemente no tienen recursos económicos para producir o comprar alimentos. Estas premisas han sido estudiadas por varios autores, por ejemplo Blaikie y Brookfield (1987), que concluye que la pobreza si es, en parte, un factor de degradación ambiental pero no la raíz del problema. La agricultura tradicional, por ejemplo, desarrollada por poblaciones que podemos considerar pobres, en condiciones de elegir dónde y cómo cultivar, normalmente no es fuente de degradación ambiental, sino que se caracteriza por la alta diversidad biológica que finalmente explica su sostenibilidad (Gómez-Pompa *et al.*, 2003) y, desde el punto de vista ecológico, excelentes mecanismos naturales de regulación de poblaciones. Lo anterior nos invita a concluir que los factores socioeconómicos también son determinantes para explicar la diversidad biológica y los mecanismos de regulación de poblaciones que ocurren en un sistema agrícola.

Para alcanzar la sostenibilidad de un sistema agrícola, por tanto, se requiere de la reintroducción de las diversas estructuras y relaciones entre las especies que permitan el funcionamiento del control natural y los mecanismos de regulación de sus poblaciones. Debemos aprender a trabajar con, y beneficiarnos de, la diversidad más que enfocarnos a la simplificación del agroecosistema. Por supuesto, sin descuidar el contexto socioeconómico que permita lograr el cambio en la estructura y función de los agroecosistemas de un manejo convencional a otro sostenible.

#### 4. *Equilibrio Dinámico*

En ecosistemas maduros, la riqueza de especies permite un alto grado de resistencia a perturbaciones ambientales, incluso poseen alta resiliencia a perturbaciones verdaderamente dañinas como huracanes. En muchos casos, perturbaciones periódicas aseguran la más alta diversidad, e incluso, la más alta productividad (Connell, 1978). La estabilidad del sistema no es sinónimo de un estado estacionario, sino más bien dinámico y altamente fluctuante que permite al ecosistema recobrase después de la perturbación. Esto promueve el establecimiento de un equilibrio ecológico dinámico que funciona sobre las bases de un uso sostenible de recursos el cual puede mantener al ecosistema por largo plazo, o adaptarse cuando el ambiente cambia. En ecosistemas saludables, balanceados, raramente atestiguamos lo que podrían considerarse epidemias en gran escala. Pero debido a la reducción de diversidad natural, estructural y funcional, en ecosistemas manejados como la agricultura, se ha perdido mucha de la capacidad de recuperación del sistema, de su sostenibilidad, por lo que se deben mantener ingresando constantemente insumos externos hechos por humanos.

No es difícil escuchar argumentos que señalan a la agricultura convencional, normalmente monocultivos con alto uso de insumos, como sistemas hasta cierto punto sostenibles. El argumento se basa en que los niveles de producción no sólo se han podido mantener sino aumentar a lo largo de varios años de cultivo en el mismo sitio. Por tanto, se dice, el sistema tiene cierto nivel de equilibrio dinámico. En realidad lo que sucede es que el sistema convencional es sostenido, no sostenible. Es sostenido por los insumos que se tienen que usar, provenientes de otros lugares, para mantener su productividad. Es sostenido por la existencia de un sistema socioeconómico que descansa en la maximización de producción, al menor costo económico posible y con el mayor nivel de ganancia que se pueda alcanzar. Para esto se desarrolla toda una tecnología que reduce al sistema de producción agrícola en un bien de consumo que oculta impactos negativos en el ambiente e incluso en el tejido socioeconómico que lo sostiene. Así, es claro que existe una diferencia entre un sistema sostenido y otro sostenible. En sistemas agrícolas convencionales el énfasis excesivo en maximizar la cosecha desordena el equilibrio mencionado en ecosistemas naturales, de modo que solo se puede mantener la productividad si continúa la interferencia externa, a través de insumos, importando energía y nutrientes.

Para reintegrar la sostenibilidad, es necesario que las cualidades emergentes de la resistencia y recuperación del sistema jueguen otra vez un papel determinante en el diseño y manejo del agroecosistema. Debemos ser capaces de analizar los impactos inmediatos y futuros del diseño y manejo del agroecosistema, de tal forma que podamos identificar los puntos clave en cada sistema en los cuales enfocarnos, para encontrar alternativas o soluciones a los problemas. Necesitamos aprender a ser más competentes en nuestro análisis agroecológico para evitar problemas o cambios negativos antes de que ocurran, más que luchar por revertirlos después de que se crearon. El enfoque agroecológico nos proporciona esta alternativa (Altieri, 1995; Gliessman, 2001a,b). Nos permite entender que los sistemas de producción agrícola alcanzan mejor un equilibrio dinámico cuando se usan tecnologías agroecológicamente apropiadas. De esta manera, los agroecosistemas como un todo representan mucho más que la simple suma de las partes que los integran y son capaces de tener alta capacidad de resiliencia ante los riesgos de tipo biofísico-ambientales y socioeconómico-políticos a los que están sujetos.

El análisis anterior nos permite reconocer la importancia de entender la estructura y función de un agroecosistema, con base en el conocimiento que nos proporciona la Ecología. Sin embargo, la estructura y función de un agroecosistema también es el resultado de un tejido social que tiene una fuerte influencia. Las decisiones que impactarán el diseño y manejo del agroecosistema, provenientes del productor, ciertamente toman en cuenta los factores ecológicos pero también factores económicos, sociales, políticos, estéticos, etc. Es decir, por si no fuese lo suficientemente complejo el estudio ecológico de la estructura y función del ecosistema desde el punto de vista biofísico, con los aspectos antes mencionados el nivel de complejidad se incrementa aún más, pero en forma necesaria y atendida, y entendida, en el enfoque agroecológico.

Con base en lo anterior, es necesario contar con una definición conceptual de Agroecología que sea lo suficientemente amplia, sólida y flexible para permitir un mejor análisis de la complejidad ya reconocida; análisis que servirá de punto de

partida para estudios mas profundos y detallados. Así, la definición de Agroecología que aquí se propone es *la aplicación de conceptos y principios ecológicos para el diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles (Gliessman, 2001a), pero en el entendimiento que hay que tomar en cuenta todos los componentes del sistema, del proceso, alimentario que abarca desde el productor hasta el consumidor en forma dinámica e interactuante*. Es decir el anclaje de la sostenibilidad debe ser en el factor ecológico, pero incorporando factores socioeconómicos en el estudio y desarrollo de propuestas de nuevos sistemas de producción sostenibles.

## B. Aplicando la agroecología

El proceso de entendimiento de la sostenibilidad del agroecosistema tiene sus fundamentos en dos clases de ecosistemas: los naturales y los agroecosistemas tradicionales (también conocidos como locales, tradicionales o indígenas). Ambos proporcionan una fuerte evidencia de haber pasado la prueba del tiempo en términos de habilidad productiva en el largo plazo, pero cada uno ofrece una base de conocimiento diferente desde la cual podemos entender esa habilidad de permanencia a largo plazo. Los ecosistemas naturales son sistemas de referencia para el entendimiento de las bases ecológicas para la sostenibilidad en un lugar en particular. Los agroecosistemas tradicionales nos dan muchos ejemplos de cómo una cultura y su ambiente local han co-evolucionado en el tiempo mediante procesos que establecen un balance de las necesidades de la gente, expresadas como factores ecológicos, tecnológico y socioeconómicos. La Agroecología se alimenta de ambos para convertirse en un enfoque de investigación que se puede aplicar para convertir agroecosistemas convencionales o no sostenibles, en sostenibles.



**Figura 2.** *Un agroecosistema tradicional de maíz, frijol, y calabaza en Tabasco, México. Este sistema tiene una larga historia de co-evolución. Foto de S. Gliessman.*

Aplicamos la Agroecología cuando trabajamos con agricultores que están en el proceso de transición de prácticas convencionales de manejo de sus agroecosistemas a prácticas de manejo ambientalmente más sanas, con el objetivo de alcanzar sostenibilidad a largo plazo sin sacrificar ingresos económicos. Esta transición ya está ocurriendo. Muchos agricultores, a pesar de la fuerte presión económica que hay para mantener sistemas convencionales de producción agrícola, están en el proceso de convertir sus unidades de producción a manejos y diseños más sostenibles (National Research Council 1989, USDA 2000). En California, por ejemplo, el incremento significativo en superficie dedicada a cultivos orgánicos se ha basado fuertemente en la innovación proveniente del interés y educación del propio agricultor (Swezey y Broome, 2000). Está claro que en este proceso los agroecólogos han contribuido y siguen contribuyendo de una manera altamente significativa.

Ciertamente los logros de conversión de sistemas convencionales a sistemas cada vez más sostenibles, han sido mas notables en los factores ambientales, biofísicos, que a su vez tienen también influencia en los factores socio-económicos, mismos que también deben tener su transición hacia sistemas sostenibles. La transición socio-económica es también difícil. Por ejemplo, algunas veces los agricultores de fresas enfrentan fuertes y poco razonables presiones por parte de los consumidores (Busch y Bain, 2004; Dolan y Humphrey, 2000; Ponte y Gibbon, 2005). También existen problemas para que

los agricultores entre sí compartan experiencias exitosas en el proceso de conversión hacia la sostenibilidad, o dificultades de organización de estos pequeños productores para enfrentar los retos del mercado o para trabajar mejor con los empleados agrícolas. En otras palabras, además de construir las bases ecológico-ambientales en el diseño y manejo de sistemas sostenibles de producción agrícola, también es necesaria la creación de un tejido social que contribuya a mantener esa sostenibilidad. Para esto deben cooperar entre sí tanto los agricultores como los consumidores ya que convertir un agroecosistema a un diseño más sostenible es un proceso complejo, no es simplemente la adopción de una práctica o tecnología nueva. No hay soluciones mágicas.

La conversión de un sistema convencional a otro sostenible usa el enfoque agroecológico descrito arriba, la unidad de producción se percibe como parte de un sistema más grande de partes interactuantes - todo un agroecosistema. Debemos enfocarnos en rediseñar ese sistema con el objetivo de promover un amplio rango de diferentes procesos ecológicos y socioeconómicos (Gliessman, 2001b). En un estudio de conversión de producción de fresas convencionales a manejo orgánico se observaron varios cambios (Gliessman *et al.*, 1996), a medida que se reducía o eliminaba el uso de insumos químicos y se enfatizaba el reciclaje, la estructura y función del agroecosistema cambió también. Un conjunto de procesos y relaciones empezaron a transformarse, empezando con el mejoramiento de la estructura del suelo, un incremento en el contenido de materia orgánica, y una diversidad y actividad mayor de la biota benéfica del suelo. Se empezaron a dar también cambios más fuertes en la actividad y relaciones entre malezas, insectos y poblaciones de patógenos, y en el funcionamiento de los mecanismos de control natural. Por ejemplo, la población de ácaros predadores reemplazó gradualmente el uso acaricidas sintéticos para el control de la araña de dos manchas, la plaga de artrópodos más común de la fresa en California.

Resumiendo, en el proceso de conversión de un sistema convencional a uno más sostenible se ven afectados la dinámica y reciclaje de nutrientes, la eficiencia en el uso de energía, y la productividad total del agroecosistema. Los cambios que demanda el proceso de conversión se pueden requerir tanto en el manejo diario de la finca, como en su planeación, en la comercialización, e incluso en su filosofía. Las necesidades específicas de cada sistema tendrán variaciones, pero los principios de conversión enlistados en la **Tabla 1** pueden servir como guía general para el trabajo durante la transición. La persona que ejerce la Agroecología ayuda al agricultor a medir y monitorear estos cambios en el período de transición para guiar, ajustar y evaluar este proceso. Un enfoque de esta naturaleza proporciona un marco esencial para determinar los requerimientos y los indicadores del diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles.

**Tabla 1.** Principios guía para el proceso de conversión al diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles (Modificado de Gliessman, 1998).

- Desplazamiento del manejo de flujo de nutrientes, al manejo del reciclaje de nutrientes, con dependencia creciente en los procesos naturales tales como la fijación biológica de nitrógeno, y las relaciones micorrícicas.
- Uso de fuentes renovables de energía en lugar de fuentes no renovables.
- Eliminar el uso de insumos de origen humano, como pesticidas, externos al sistema, que tienen el potencial de dañar al ambiente, la salud de los agricultores y trabajadores agrícolas, y/o, a los consumidores.
- Cuando se tenga que agregar materiales al sistema, usar aquellos de origen natural en lugar de insumos sintéticos o manufacturados.
- Manejar las plagas, enfermedades y malezas en lugar de "controlarlas".
- Restablecer las relaciones biológicas que pueden darse naturalmente en la unidad de producción en lugar de reducirlas y simplificarlas.
- Buscar que los modelos de cultivo estén en armonía con el potencial productivo y las limitaciones físicas del paisaje agrícola.
- Usar una estrategia de adaptación del potencial biológico y genético de las especies animales y vegetales cultivables, a las condiciones ecológicas del lugar de cultivo, más que modificar el sitio de cultivo para satisfacer las necesidades de esas plantas y animales.
- Valorar mucho más la salud del agroecosistema en su totalidad, que el producto de un sistema de cultivo en particular.
- Enfatizar la conservación del suelo, agua, energía y los recursos biológicos.
- Incorporar la idea de la sostenibilidad en el largo plazo, en el diseño y manejo general del sistema, pensando también en la comunidad y sociedad a su alrededor.



## Perspectivas a futuro

Las crisis también ofrecen oportunidades para propiciar cambios positivos. En el caso de agricultura, que claramente está pasando por fuerte crisis a nivel mundial, la anterior afirmación también se cumple. La agricultura siempre ha sido una necesidad para la humanidad, tanto como proveedor de alimentos como de trabajo, pero los costos ecológicos y socioeconómicos que acarrea la agricultura convencional, la del uso intensivo y extensivo de insumos, han sido muy altos. Es tiempo de una nueva revolución conceptual y metodológica que guíe nuevas formas de producción más sostenibles, nuevos diseños y manejos de agroecosistemas, nuevo tejido social que respalde la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola a nivel global. Estas expectativas son las que Agroecología ofrece transformar en realidades, tanto a través del estudio y aplicación de métodos agroecológicos como a través de la continua interacción con otras disciplinas científicas, para lograr el desarrollo sostenible.

Desde el punto de vista metodológico, y contemplando el panorama general de la alta complejidad con la que funcionan los sistemas de producción agrícola, la contribución de Agroecología para alcanzar cada vez más y más sostenibilidad en los sistemas agrícolas prevee el establecimiento de las siguientes etapas de conversión (podemos pensar también en etapas de evolución o de transformación). Esta síntesis es el resultado de las experiencias acumuladas por cerca de 30 años de estudios agroecológicos (ver Gliessman 2001a pp. 14-15 para una historia de Agroecología) y asume que los sistemas convencionales eventualmente buscarán transformarse en sistemas más sostenibles.

*Nivel 1: Incrementar la eficiencia de prácticas convencionales para reducir el consumo y uso de insumos costosos, escasos, o ambientalmente nocivos.*

- La meta de este etapa es usar los insumos (ej. agua, fertilizantes, combustibles, pesticidas) más eficientemente, de tal modo que se utilicen menos y se reduzcan al mismo tiempo sus impactos negativos. Esta fase se ha enfatizado en mucha de la investigación agrícola convencional a través de la cual se han desarrollado numerosas tecnologías y prácticas agrícolas. Como ejemplo se pueden mencionar densidades óptimas de siembra, maquinaria renovada, monitoreo de plagas para una mejor aplicación de los plaguicidas, optimización de las operaciones agrícolas así como oportunidad y precisión en la aplicación de fertilizantes y riego. Aunque este tipo de esfuerzos reducen los impactos negativos de la agricultura convencional, no ayudan a romper su dependencia de insumos humanos externos.

*Nivel 2: Sustituir prácticas e insumos convencionales por prácticas alternativas sostenibles.*

- En este nivel, la meta de conversión es reemplazar prácticas y productos que degradan el ambiente y hacen un uso intensivo de los recursos, por aquellas que sean más benignas ambientalmente. La investigación en producción orgánica y agricultura ecológica ha enfatizado esta vía. Como ejemplos de prácticas alternativas se puede incluir el uso de cultivos de cobertura, fijadores de nitrógeno para reemplazar fertilizantes sintéticos nitrogenados, el uso de agentes del control biológico en lugar de plaguicidas, y el cambio a la labranza mínima o reducida. En este nivel, la estructura básica del agroecosistema no se altera grandemente, por lo que muchos de los problemas que se observan en los sistemas convencionales también están presentes en aquellos que sólo sustituyen insumos.



**Figura 3.** Un estudio comparativo de fresa convencional y orgánica en Santa Cruz, California, enfocado sobre la sustitución de insumos y prácticas. Foto de S. Gliessman

*Nivel 3: Rediseño del agroecosistema de forma tal que funcione sobre las bases de un nuevo conjunto de procesos ecológicos.*

- El diseño del sistema en su conjunto en este nivel, elimina de raíz las causas de muchos problemas que existen todavía en los niveles 1 y 2. Así, más que encontrar formas más sanas de resolver problemas, como plagas y/o enfermedades, se previene su aparición. Los estudios de conversión del sistema en su totalidad, nos permiten el entendimiento de los factores limitantes del rendimiento en el contexto de la estructura y función del agroecosistema. Se reconocen los problemas y se previenen de ahí en adelante, con enfoques de diseño y manejo internos y tiempos establecidos en lugar de aplicar insumos externos. Un ejemplo es la diversificación del manejo y estructura de la unidad de producción mediante el uso de rotaciones, cultivos múltiples y agroforestería.

*Nivel 4: Cambio de ética y de valores...una transición hace una cultura de sostenibilidad.*

- El sistema alimentario en el que estamos inmersos, es un reflejo de los valores que guían las decisiones humanas tanto para el diseño y manejo de agroecosistemas como las decisiones de que y porque consumir productos provenientes de uno u otro sistemas. La educación del consumidor, en el sentido de que lo que consume como alimento no es solamente el producto que adquiere sino que el producto es el resultado de un proceso complejo, que tiene impactos ambientales y socioeconómicos, también eventualmente tendrá influencia en los valores que guiarán las decisiones a nivel de productor. La sostenibilidad como concepto tiene el enorme potencial de servir como punto de vínculo entre los dos componentes más importantes de los sistemas alimentarios – los que producen los alimentos por un lado, y los que consumen los productos por el otro. En cierto grado estamos hablando de la reintroducción del componente “cultura” dentro de la agri-cultura.

En términos de investigación, los agrónomos y otros investigadores de sistemas agrícolas han hecho buenas aportaciones en la transición del Nivel 1 al Nivel 2, pero la transición al Nivel 3 y 4 recién acaba de empezar. La Agroecología proporciona las bases para este tipo de investigación y eventualmente nos ayudará a dar respuesta a preguntas más amplias y abstractas, pero relevantes, tales como: que es la sostenibilidad y como sabemos que la hemos logrado. Con los enfoques mas amplios del sistema alimentario, la transición se convertirá en una transformación de visión, de pensamiento, y de conceptualización de la vida la tierra y del planeta donde vivimos.

Los problemas que tiene la agricultura convencional crean las presiones para los cambios que resultarán en una agricultura sostenible. Pero una cosa es expresar la necesidad de la sostenibilidad y otra cuantificar y provocar los cambios requeridos. El diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles, como enfoque, está en su estadio formativo. Se construye inicialmente sobre los campos de la ecología y las ciencias agrícolas y emerge como la ciencia de la Agroecología. Esta combinación puede desempeñar un rol importante en el desarrollo del entendimiento necesario para una transición hacia la agricultura sostenible. Pero la agricultura sostenible es todavía mas. Adquiere una perspectiva cultural a medida que el concepto se expande para incluir a los humanos y el impacto de sus decisiones sobre los ambientes agrícolas. Los sistemas agrícolas son el resultado de la co-evolución que se da entre cultura y ambiente, y una agricultura sostenible valora tanto los componentes humanos como los ecológicos. Nuestro pequeño “estanque” en la “corriente” se convierte en el punto focal para cambiar el modo en que hacemos agricultura, pero ese cambio debe darse en el contexto de las sociedades humanas donde la agricultura se practica, es decir de la corriente en su totalidad de acuerdo con esta analogía.

Ningún sistema agrícola puede seguir siendo visto como una actividad estrictamente productiva manejada primordialmente por presiones económicas. Necesitamos reestablecer la conciencia sobre el fundamento ecológico en el que la agricultura se desarrolló originalmente y del que depende en última instancia. Se ha dado muy poca importancia a los efectos “corriente abajo” que se manifiestan afuera de la finca, ya sean los ecosistemas naturales circundantes o las comunidades humanas. Requerimos una base interdisciplinaria sobre la cual evaluar estos impactos. Nuestro entendimiento al nivel de los procesos del ecosistema se debe integrar entonces a los múltiples aspectos de los sistemas políticos, económicos y sociales dentro de los cuales los agroecosistemas funcionan, tornándolos en sistemas aún más complejos. Tal integración del conocimiento del sistema social y el ecosistema sobre los procesos agrícolas no solo llevarán a una reducción en los insumos sintéticos que se usan para mantener la productividad. También permitirá la evaluación de cualidades de los agroecosistemas tales como los efectos en el largo plazo de diferentes estrategias insumo/producto, la importancia de los servicios ambientales que proporcionan los paisajes agrícolas, y la relación entre los componentes ecológicos y económicos en el manejo sostenible del agroecosistema. Al entender y seleccionar apropiadamente los insumos de la agricultura “corriente arriba”, podemos estar seguros que lo que mandamos “corriente abajo” promoverá un futuro sostenible.

## Referencias

Altieri M A. 1995. *Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture*, 2nd ed. Westview Press, Boulder, CO.

Blaikie, P., and H. Brookfield. 1987. *Land Degradation and Society*. London : Longman.

- Borman F H, Likens G E. 1967. Nutrient cycles. *Science* 155: 424-429.
- Busch, L. and C. Bain (2004). 'New! Improved? The transformation of the global agrifood system.' *Rural Sociology* 69(3): 321-346.
- Connell J H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199:1302-1310.
- Dolan, C. and J. Humphrey (2000). 'Governance and trade in fresh vegetables: The impact of supermarkets on the African horticulture industry.' *Journal of Development Studies* 37(2): 147-176.
- Flora C, ed. 2001. Interactions between agroecosystems and rural communities. Book Series Adv. in Agroecology, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Francis C, Lieblein G, Gliessman S, Breland T, Creamer A N, Harwood R, Salomonsson L, Helenius J, Rickerl D, Salvador R, Wiendehoeft M, Simmons S, Allen P, Altieri M, Porter J, Flora C, Poincelot R. 2003. Agroecology: the ecology of food systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 22: 99-119.
- Gliessman S R. 2001a. *Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*. CATIE, Turrialba, .
- Gliessman S R, ed. 2001b. *Agroecosystem sustainability: developing practical strategies*. Book Series Advances in Agroecology, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Gliessman S R, Werner M R, Swezey S, Caswell E, Cochran J, Rosado-May F. 1996. Conversion to organic strawberry management changes ecological processes. *California Agriculture* 50:24-31.
- Gómez-Pompa A, Allen M F, Feddick S L, Jiménez-Osornio J J, eds. 2003. *The Lowland Maya Area, Three Millenia at the Human-Wildland Interface*. Food Product Press, New York .
- Kimbrell A, ed. 2002. *Fatal harvest: the tragedy of industrial agriculture*. Island Press, Washington, D.C.
- National Research Council. 1989. *Alternative agriculture*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Odum E P. 1971. *Fundamentals of ecology*. W.B. Saunders, Philadelphia, PA.
- Odum E P. 1996. *Ecology: bridging science and society*. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA.
- Pimentel D, Pimentel M, eds. 1997. *Food, energy, and society*. 2<sup>nd</sup> Ed., University Press of Colorado, Niwot, CO.
- Ponte, S. and P. Gibbon (2005). 'Quality standards, conventions and the governance of global value chains.' *Economy and Society* 34(1): 1-31.
- Swezey S L, Broome J. 2000. Growth predicted in biologically integrated and organic farming. *California Agriculture* 54: 26-35.
- Tivy J. 1990. *Agricultural ecology*. Longman Scientific and Technical, London .
- USDA. 2000. Organic Agriculture, Economic Research Service Issues Center, Washington , DC. [www.econ.ag.gov/whatsnew/issues/organic/](http://www.econ.ag.gov/whatsnew/issues/organic/).