

Agroecología y sustentabilidad

Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo

*Centro Universitario Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México /
gaston_g2001@yahoo.com.mx*

Luis Isaac Aguilera Gómez

Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México

Carlos Ernesto González Esquivel

Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de México

Abstract: The paper emphasizes the importance of agro-ecology in the search for sustainability of natural resources management in rural areas. It starts discussing the relevance of reaching balance between the natural and social systems. A holistic interpretation of natural and human systems through the concept of coevolution is proposed, as well as the incorporation of sociocultural and economic elements in the analysis of ecosystems, emphasizing the challenge of transition from the market value towards the ecological value and human wellbeing. In the second part of the study, a multidisciplinary approach for the management of agro-ecological systems is presented as a fundamental requirement for sustainability, stressing the importance of agro-ecology in the efforts for achieving development, productivity and social profit in the long term. The paper closes by discussing the challenge of agricultural research towards the study of complex interactions and transdisciplinarity; emphasizing the importance of institutions on researching and promoting the agro-ecological practice; and it concludes analyzing applications, limitations, potentials and perspectives of agro-ecology as an emergent discipline.

Key words: Agro-ecology, coevolution, complex systems, sustainability.

Resumen: Este artículo enfatiza la importancia de la agroecología en la búsqueda de la sustentabilidad en el manejo de recursos naturales en zonas rurales. Se inicia discutiendo la relevancia de lograr el equilibrio entre los sistemas natural y social para la sustentabilidad. Se propone la interpretación integral de los sistemas naturales y humanos a través del concepto de coevolución, así como la incorporación de elementos socioculturales y económicos en el análisis de ecosistemas, enfatizando el reto de la transición desde el valor del mercado hacia el valor ecológico y el bienestar humano. En la segunda parte del trabajo se presenta el carácter multidisciplinario del manejo del sistema agroecológico, como requisito primordial para su sustentabilidad, resaltando la importancia de la agroecología en los esfuerzos para lograr el desarrollo, la productividad y la utilidad social a largo plazo. El trabajo finaliza discutiendo el reto de la investigación agrícola hacia el estudio de las interacciones complejas y la transdisciplina, enfatizando la importancia de las instituciones en la investigación y promoción de la práctica agroecológica, para concluir analizando las aplicaciones, limitaciones, potencialidades y perspectivas de la agroecología como disciplina emergente.

Palabras clave: Agroecología, coevolución, sistemas complejos, sustentabilidad.

Introducción

En el ámbito de la teoría del desarrollo, alrededor de la última década del siglo XX, surge el concepto de desarrollo sustentable, que incorpora a la discusión el carácter ambiental con conceptos sobre estabilidad, resiliencia¹ y adaptabilidad, conjugándolos con el enfoque económico basado en productividad, eficiencia y eficacia y la discusión social sobre equidad. En esta discusión el valor central es la equidad intergeneracional, que implica un legado de capitales social, económico y natural de la presente generación a las siguientes.

El logro de este valor primordial requiere la comprensión del funcionamiento de los sistemas naturales desde el punto de vista ambiental, y de su conservación desde la actividad socioeconómica. El enfoque de los sistemas adaptativos complejos permite tanto el análisis disciplinario de tipo ambiental, social y económico, como la integración multidisciplinaria del análisis.

Por su parte, la visión coevolutiva propone que las sociedades interactúan con su ambiente local, enriqueciéndolo o degradándolo de acuerdo con el conocimiento y valoración que tengan de él. A su vez, el ambiente responde proporcionando a la sociedad recursos de alta o baja calidad, según el nivel de degradación a que ha sido sometido.

La visión coevolutiva puede ser abordada en diversas escalas. Desde un enfoque local, la pluralidad cultural responde a la diversidad ambiental y viceversa. Desde un enfoque global, el modelo predominante y globalizante de desarrollo coevoluciona con el planeta, visto éste como un gran sistema ambiental.

¹ Un agroecosistema se considera sustentable cuando produce, en un estado de equilibrio estable, una combinación específica de bienes y servicios, que satisfacen un conjunto de metas (productivo), sin degradar sus recursos base (estable). Su nivel de sustentabilidad dependerá de su capacidad de enfrentar (confiable) y recuperarse rápidamente de perturbaciones (resiliente); así como encontrar nuevos alternativos estados de equilibrio estable (adaptable); sin comprometer su productividad y reproducibilidad. Toda actividad debe basarse en la organización de los involucrados (autogestivo); evitando al máximo la dependencia del exterior (autodependiente) en búsqueda de los mayores beneficios para todos y con el fin de lograr equidad en sus relaciones internas y externas (equitativo) (Mäsera *et al.*, 1999; Bell y Morse 2003; López-Ridaura, 2005).

En la escala local, el manejo que las sociedades hacen de su ambiente y recursos naturales depende de las actividades y valores humanos (según la psicología hedonística asociacional), que como elementos socioculturales merecen ser definidos y caracterizados, pues el efecto que provocan determina la calidad de los ecosistemas y su capacidad para brindar bienes materiales y servicios ambientales a la sociedad local. En este sentido, el valor ecológico y el bienestar humano adquieren relevancia.

Una forma de intervención relevante de las sociedades hacia su ambiente local es la actividad agropecuaria. Una modalidad de los métodos y técnicas agrícolas es la agricultura ecológica, basada en la teoría agroecológica. Nuestro propósito en este trabajo es reforzar la propuesta de que la teoría y práctica de la agroecología puede contribuir a mejorar la sustentabilidad de los sistemas agropecuarios, tanto en sus componentes ambientales (recursos naturales) como sociales (principalmente productores rurales).

La teoría agroecológica incorpora a la agricultura los ya mencionados conceptos de estabilidad, resiliencia y adaptabilidad, además de los vigentes sobre productividad, eficiencia y eficacia en la producción. El objetivo es mejorar el bienestar, la calidad de vida y la equidad entre los agricultores.

Los conceptos básicos analizados en la teoría agroecológica son: el desempeño agrícola de la estrategia de desarrollo conocida como “Revolución Verde” (basada en la modernización y tecnificación); las estrategias autóctonas aplicadas en sistemas agrícolas tradicionales; los usos y destinos de la producción agrícola; y los impactos ambientales derivados de las diversas estrategias productivas.

En este análisis son fundamentales los principios de especificidad de sitios, interacciones múltiples, agrobiodiversidad y policultivos; así como los enfoques de analogía con ecosistemas naturales, multiespeciación y facilitación; diversificación espacial y temporal y efectos integradores de las técnicas de producción agroecológica.

Un principio esencial que se discute en este trabajo es el rediseño de sistemas agropecuarios, como punto de partida para lograr una transformación estructural de los métodos y técnicas de producción. Se discute, asimismo, la importancia de las instituciones en la investigación y promoción de la práctica agroecológica. El propósito en este punto es propiciar la reflexión sobre los requisitos a satisfacer, si en realidad se pretende iniciar dicha transición. En este sentido se resaltan las

limitaciones, potencialidades y perspectivas de la teoría y práctica agroecológica.

Nuestro trabajo concluye con reflexiones generales sobre lo que la sociedad debe enfrentar en la búsqueda de la sustentabilidad, en un mundo globalizado y sobre economizado, en el que predomina la incertidumbre y el debate retórico, alimentados por la seducción y simulación masiva. Terminamos planteando la necesidad para los científicos de considerar las realidades emergentes y propiciar el diálogo entre diversos campos del conocimiento, para alcanzar un pensamiento integrado y multidisciplinario que pueda enfrentarlas.

Importancia del equilibrio entre los sistemas natural y social para la sustentabilidad: el enfoque coevolutivo

La sustentabilidad es un concepto que resume los esfuerzos para lograr el desarrollo, productividad y utilidad social a largo plazo (Rigby y Cáceres, 2001). Spangenberg (2002) plantea que “existen dos paradigmas antagónicos: el del mundo vacío, basado en un enfoque económico centrado en la eficiencia, y el del mundo lleno, basado en un enfoque ecológico y centrado en la intensidad de uso de los recursos”. Se plantea un equilibrio entre los dos paradigmas, el del consumo excesivo (ambientalmente no sustentable) dentro de la esfera del dominio humano, y dentro de la esfera de la regulación ambiental, la lucha contra la pobreza (socialmente no sustentable).

El fin último y primordial de la sustentabilidad consiste en encontrar formas en que la especie humana pueda vivir en este planeta indefinidamente, sin comprometer su futuro; dada la capacidad de nuestra especie de modificar conscientemente algunos elementos de la interacción con el ambiente. Es sobre estas decisiones de manejo y sus consecuencias que se puede fundamentar el balance sociedad-naturaleza.

Según Clayton y Radcliffe (1996), “el amplio abanico de problemáticas ambientales, económico-sociales y políticas ha trascendido de una escala local a una escala global”. Esta situación conlleva el concebir nuevas estructuras, mecanismos de toma de decisiones y una nueva visión filosófica capaz de entender partes y sistemas de un mundo culturalmente rico y cada vez más complejo, en el cual “se requiere la acción plausible y urgente del fomento a la acción colectiva”, el enlace con los sistemas ecológicos del planeta, la identidad individual, el respeto, la justicia social y la paz (Harrington, 1992).

La transición a un modo de vida más sustentable necesita un cambio significativo en la forma en que los problemas son percibidos, definidos y resueltos, basada en una perspectiva de sistemas abiertos, en la que tanto los problemas como las soluciones se manejen holísticamente. De ahí que resulte fundamental el enfoque multidisciplinario de los sistemas adaptativos complejos (SAC), dado que son multidimensionales, dinámicos y evolutivos.

La sustentabilidad de la especie humana sólo puede ser definida en última instancia en relación con el nivel de la interacción entre el complejo total de los sistemas humanos y los sistemas ambientales directamente implicados, por lo que “el estudio de la sustentabilidad requiere un entendimiento de los sistemas, en particular de los sistemas humanos y ambientales” (Clayton y Radcliffe, 1996).

“Cuantificar la sustentabilidad desde un enfoque objetivo y reduccionista no funciona, ya que inevitablemente aparece un elemento de circularidad” (Bell y Morse, 1999). Los indicadores evaluados críticamente deben incluir un enfoque más holístico, realista, participativo y sistémico, enfrentando cuestiones tales como: ¿medir lo inmensurable o malas aplicaciones de una buena ciencia?; ¿sustentabilidad: cosa buena o concepto vacío?; ¿cómo podemos saber objetivamente cuando las cosas están mejorando o empeorando?; ¿es diferente desarrollo sustentable a crecimiento sustentable? “Si bien los Indicadores de Sustentabilidad (ISs) constituyen un mandato de la Cumbre de Río (1992), la dificultad es usar indicadores relativamente simples en algo que de hecho es muy complejo” (Bell y Morse, 1999).

Edwards *et al.* (1993) establecen que la sustentabilidad es un proceso fácilmente medible a nivel de finca o comunidad, pero crecientemente difícil a escalas mayores. Para Harrington (1992) la sustentabilidad se define por un conjunto de requerimientos que deben ser enfrentados por cualquier finca, a pesar de las amplias diferencias de la situación prevaleciente.

Norgaard (1990) visualiza a la modernidad como “una traición del desarrollo”, cuyas promesas son: control de natura (ciencia), abundancia material (tecnología superior), gobierno efectivo (organización social racional), paz y justicia (mayor moralidad individual) y cultura colectiva superior (para todos). Afirma que “la modernidad es un insumo filosófico para el proceso coevolucionario” y sus premisas son de carácter metafísico, epistemológico y alternativo. Asegura que atomismo,

mecanicismo, objetivismo, universalismo y monismo rigen la opinión pública, la toma de decisiones y su implementación; que han sido extremadamente productivos para la ciencia y las instituciones, pero que han llevado a la transformación de los sistemas ambientales y culturales.

Las premisas alternas incluyen: holismo (las partes están unidas al todo, el todo es diferente a la suma de sus partes), coevolución (sistemas determinísticos, caóticos, discontinuos y coevolucionarios), contextualismo (fenómenos contingentes con variaciones espaciales y temporales debidas a la amplia diversidad de factores), subjetivismo (sistemas ligados a actividades y valores humanos presentes y pasados) y pluralismo (sistemas complejos entendidos por formas de pensamiento alternas inherentemente incongruentes entre sí).

Como consecuencia de la postura filosófica, este autor señala una postura pragmática de la modernidad que indica una realidad de inequidad e inercia burocrática, obsesión material, descenso en la reserva de recursos y degradación ambiental, guerras locales y migración de refugiados. Esta duplicidad es expuesta en tres formas interrelacionadas: abundancia material para pocos y escasez (actual y futura) para muchos; sector público cada vez más débil en todos sus sistemas; y opinión global de la vacuidad de la cultura moderna, con resurgimiento de la diversidad cultural, étnica y religiosa.

Norgaard concluye que la “modernidad ha sido no sustentable”, ya que ha llevado a suspender la coevolución de las culturas con su ambiente único y a adoptar la creencia en la superioridad de la modernidad, validada por los dramáticos avances en el bienestar material. Para superar esta situación, se requiere una respuesta complementaria en los aspectos científicos, tecnológicos, sociales, culturales y filosóficos de forma simultánea, si se desea éxito. Esto incluye un nuevo orden social sin tecnocracia y econocracia; con organización social local fuerte, descentralización, respuestas globales a problemas globales, transferencia de ideas, tecnologías y formas de organización, nuevas y correctas.

La visión coevolutiva contempla diversas formas y se enfatiza como el proceso en forma de experimentación sólo en parte consciente y de selección de lo que sí funciona, y no como un avance consciente de la ciencia y su aplicación racional al diseño e implementación de tecnologías y de organización social.

El posterior desarrollo humano será alcanzado por medio del debilitamiento de la perspectiva mecanicista, sin tiranía y destrucción de la

libertad, por medio de la base filosófica más amplia. Acierto, error, verdad y justicia serán más difíciles de delinear y argumentar en un mundo culturalmente más diverso. Bajo el enfoque de sistemas, la cuestión es ¿qué tanto podemos emplear nuestro potencial único como seres humanos, con el fin de entender nuestra conducta y sus consecuencias en relación con la dinámica sistémica de la naturaleza? Para hacer esto debemos estar preparados para descartar nuestros prejuicios y revisar cada área de la vida humana.

Incorporación de elementos socioculturales y económicos en el análisis de ecosistemas: La transición hacia el valor ecológico y el bienestar humano

Dado que la sustentabilidad es un concepto que requiere de una visión holística que involucra aspectos inherentes a las esferas de interacción del hombre (social, económica y política), es substancial dirigir su aplicación a la sustentación presente y futura de su entorno. A este respecto, será necesario direccionar esfuerzos a la mejora de la calidad de vida, la cual es reflejo fiel de la calidad del sistema y del proceso definitorio de los factores empleados para evaluar y lograr la sustentabilidad de un territorio. Por lo tanto, la calidad de vida es la felicidad individual y satisfacción con la vida y el ambiente, incluyendo necesidades y deseos, así como otros factores tangibles e intangibles que determinan el bienestar.

La importancia de los factores varía de individuo a individuo, su calibración e interpretación representan gran dificultad, pues incluye desde servicios hasta recreación y cultura. Definir cuándo un sistema se encuentra en estado de sustentabilidad o no sustentabilidad está influido por juicios éticos o de valor.

“La sustentabilidad debe ser hecha operacional en cada contexto específico, a escalas relevantes para alcanzarla, y deben ser diseñados métodos apropiados para su medición a largo plazo” (Maser y López Ridaura, 2000). Los puntos centrales son la necesidad de una clara definición, el foco en Holismo y Sustentabilidad, incluyendo componentes ecológicos, económicos y sociales. La noción de equidad incluye el acceso a los recursos, los derechos humanos y toda actividad que contribuya al bienestar social. La importancia de las escalas de tiempo y espacio radica en que la escala temporal incluye tanto escalas humanas como de ecosistemas, y la escala espacial incluye no sólo los impactos locales en personas y ecosistemas, sino también los de larga distancia. El

uso y desarrollo de indicadores debe sustentarse en la medición de un número limitado de variables basadas en mediciones estandarizadas.

Farley y Costanza (2002) definen a la economía como “la localización de recursos escasos en búsqueda de fines alternativos”, y aclaran que la primera etapa en el análisis económico es determinar los fines deseables para la sociedad. Para ellos la sustentabilidad es “un fin deseable con presencia y apariencia indefinida”, que requiere recursos, mecanismos de mercado necesarios e instituciones de democracia fuerte. Por eso los fines por alcanzar deben determinarse de forma democrática, luego determinar los recursos necesarios para lograrlo y finalmente decidir cuáles son los más escasos y su localización.

Ellos sugieren que “la visión del mundo incluye el sistema de creencias acerca del papel de nosotros y nuestras experiencias en el mundo” y que está muy influido por la cultura propia. La visión del mundo cambia más lentamente que el mundo y las soluciones se convierten en parte de los problemas, los principios de una nueva visión del mundo incluyen que los humanos somos parte de la naturaleza, no sus dueños; la naturaleza nos sostiene física y espiritualmente, los recursos naturales son escasos, las metas humanas deben crear vida.

Esta nueva visión del mundo contempla desde el enfoque de la complejidad, que los resultados no siempre son predecibles y que la irreductible incertidumbre domina la provisión de servicios para sostén de la vida, provenientes de ecosistemas sanos. El individualismo debe ser templado por el interés en el bien común, la acción individual no debe tener impacto negativo en la comunidad, no se pueden imponer costos a la sociedad para ganancia privada.

Con esta visión la gente pondrá más atención en otras necesidades y deseos como júbilo, belleza, protección, afecto, participación, creatividad, libertad, tiempo libre, identidad y entendimiento. Las comunidades fuertes favorecen más la sustentabilidad que los límites impuestos al consumo excesivo.

Clayton y Radcliffe (1996) afirman que la “cuestión de la sustentabilidad afecta todas las áreas de la actividad humana y se fundamenta en principios, teorías e investigación de la técnica, la economía y la política”. En este sentido es de fundamental relevancia el enfoque multidisciplinario de los SAC. Se requiere un intento sistemático para construir sistemas socioeconómicos que encajen e interactúen apropiadamente con los sistemas ecológicos del planeta. Es sobre estas

decisiones de manejo y sus consecuencias sobre las cuales se puede fundamentar ese balance sociedad-naturaleza.

Desde el punto de vista de las ciencias socioeconómicas existen dudas esenciales acerca de temas como la formación exógena de las preferencias humanas; el concepto de valor; el concepto de utilidad y el valor de mercado relacionado con el valor ecológico de diversas formas de insumos ambientales. “El dilema fundamental es cómo la sociedad puede aceptar los límites ambientales externos y modificar su conducta de acuerdo con esto, o cómo asimilar la primacía de los valores y el bienestar humano” (Farley y Costanza, 2002).

Se requiere que los juicios de valor implícitos se hagan explícitos, de manera que los actuales procesos de toma de decisiones se hagan visibles. Muchas de estas decisiones se tomarán con base en postulados y estimaciones, ya que algunos de sus efectos serán distantes, indirectos y difusos. Debido a su complejidad y sensibilidad, los modelos aplicados son inherentemente probabilísticos y limitados.

Puede haber un número de estados que son sustentables en grados variables, hay un número de formas de alcanzar tales estados y siempre habrá más de una política posible para una transición a una forma de vida más sustentable. “Otro componente clave es desarrollar un modelo para trasladar la información en una forma que pueda ser usada en el proceso de toma de decisiones” (Clayton y Radcliffe, 1996).

Importancia de la agroecología en los esfuerzos para lograr desarrollo, productividad y utilidad social a largo plazo

Rigby y Cáceres (2001) enfatizan que “la agricultura implica una visión holística de la relación entre la biota, su producción y el ambiente integral”. Esto implica la creación de sistemas de producción integrados, humanos, ambiental y económicamente sustentables.

Los retos que enfrentan la agricultura y la producción de alimentos en el mediano y largo plazo parecen inmensos; la estrategia de desarrollo agrícola debe centrarse en aumentar la producción de alimentos y tenerlos disponibles para una población incrementada, y simultáneamente debe revertir la degradación creciente de recursos y el número de personas que viven bajo la pobreza extrema. Las estrategias para el desarrollo tecnológico en la agricultura necesitan dirigirse a los temas anteriores de tal modo que eviten las frustraciones del pasado; la estrategia más viable y confiable parece ser la agroecología.

Los enfoques ecosistémicos de los sistemas sociales y de la agricultura integral hacen a la agroecología única y controversial, además de contribuir a nuestro entendimiento de la ciencia y el desarrollo. Los agroecólogos están proponiendo alternativas a las concepciones establecidas de las relaciones entre la sociedad y la naturaleza. Las bases filosóficas de la investigación y el desarrollo agrícolas deben empezar y terminar con el agricultor, entendiendo su percepción del problema e incorporando su evaluación de la solución. La agroecología es una disciplina en su infancia, que ha aportado más preguntas que soluciones, y que tiene un amplio cuerpo de pensamientos e influencia y enormes perspectivas filosóficas (Lampkin, 1998).

La pobreza rural frecuentemente conduce a estrategias desesperadas para la sobrevivencia, y los intentos para satisfacer la urgencia de las necesidades básicas forman un precedente en el corto plazo sobre la importancia de la sustentabilidad a largo plazo. Dadas las restricciones impuestas por su propia pobreza y ambientes políticos usualmente desfavorables, muchos agricultores pobres carecen de acceso a los mercados y a los insumos, así como al crédito y a las tecnologías apropiadas para sus condiciones ambientales o condiciones de extensión de fincas. A medida que luchan para extraer de sus pequeñas parcelas algo para vivir, estos agricultores agotan el suelo.

Como consecuencia de lo anterior, la degradación de todo tipo de recursos (mayor deforestación, erosión del suelo, desertificación, inundación y salinización, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, y pérdida de la biodiversidad) está en aumento. La continuidad de las prácticas actuales que conducen a la degradación de nuestros recursos naturales, impondrá serias restricciones ambientales a la capacidad de la tierra para alimentar futuras generaciones.

Las causas básicas para las prácticas que conducen a la degradación de los recursos son la inseguridad en los derechos de propiedad, los sistemas inapropiados para el manejo de recursos, las instituciones deficientes de carácter crítico, las políticas regionales y nacionales a corto plazo, y una carencia de mecanismos económicos que evalúen adecuadamente los recursos naturales en relación con todos sus potenciales, ahora y en el futuro (Conway, 1994).

El concepto de desempeño agrícola es un determinante esencial de la pobreza y a la vez de las condiciones del ambiente y de la conservación de los recursos. Por desempeño agrícola se entiende la capacidad del sector

para contribuir al ingreso y generar empleos, con el fin de alcanzar una mayor productividad en la agricultura, así como en otros sectores no-agrícolas y proveer la seguridad alimentaria del país (Conway, 1997).

La revaloración de la agricultura dentro de las economías nacionales, la reforma del comercio internacional, la integración regional económica y la urbanización conducirán a la reubicación de la agricultura dentro de las economías nacionales y a una reestructuración de la producción agrícola, en respuesta a aumentos significativos en la demanda de productos tradicionales y más diversificados. El abandono de las políticas de sustitución de importaciones después de la crisis de la deuda de principios de los años ochenta, a favor del modelo de crecimiento orientado por las exportaciones, ha iniciado el proceso de reubicación de la agricultura dentro de las economías nacionales y creado una nueva demanda para intensificar la agricultura (Lampkin, 1998).

La estrategia dominante del desarrollo agrícola en el pasado, conocida como Revolución Verde, fue un triunfo de la tecnología y un notable éxito económico que dio por resultado un fenomenal aumento en la producción de alimentos. Como señala Conway (1997), “esta estrategia ha sido una revolución con serias limitaciones”, su impacto en la reducción de la pobreza ha sido menor de lo esperado; no ha reducido y en algunos casos ha alentado la degradación de los recursos naturales. Su impacto geográfico ha estado limitado a las regiones con condiciones ambientales, topográficas y edáficas favorables.

Conway (1997) propone que demandemos una “Doble Revolución Verde”, aún más productiva que la primera y más “verde” en términos de conservar los recursos naturales y el ambiente. Por lo tanto, el futuro desarrollo agrícola debe dirigirse a repetir los éxitos de la Revolución Verde en una escala global, en lugares diversos y ser equitativa (mejorando los medios de subsistencia de las familias rurales pobres a través de ingresos relacionados con la agricultura y las actividades generadoras de empleos), sustentable y favorable ambientalmente (haciendo uso máximo de los recursos indígenas, físicos, biológicos y humanos).

Aunque la Revolución Verde tomó como punto de salida el reto de producir nuevos cultivos alimenticios de alto rendimiento y luego buscó determinar cómo llegarían los beneficios a los pobres, esta nueva revolución tiene que revertir la cadena lógica, empezando con las demandas socioeconómicas de las familias pobres y luego identificando las prioridades apropiadas de investigación. Su meta es la creación de

seguridad alimentaria y de medios de subsistencia sustentables para los pobres.

La interacción compleja y estrecha entre la población humana y el capital ecológico (suelo, agua, clima, flora y fauna) son fundamentales para la agricultura. “Es la agricultura la que refleja más que ningún otro sector estas interacciones que incluyen las relaciones y conflictos entre el crecimiento económico, pobreza y medio ambiente” (Krishnamurty y Ávila, 1999).

Altieri (2002) define a la agroecología como la “ciencia del manejo de recursos naturales para campesinos pobres en ambientes marginales”. Él afirma que “una cuarta parte de la población mundial permanece sin ser tocada por la moderna tecnología agrícola” y propone un nuevo manejo de sistemas que puede ser diseñado y adaptado en forma de sitios específicos a las condiciones agrícolas altamente variables y diversas, típicas de los campesinos pobres de escasos recursos económicos.

La agroecología provee las bases científicas para dirigir la producción en un agroecosistema biodiverso, capaz de mantener su propio funcionamiento, lo cual implica grandes cambios institucionales y políticos. Es claro que “los campesinos pobres sin recursos ganaron muy poco de la Revolución Verde” (Pearse, 1980), ya que las nuevas tecnologías estuvieron dirigidas a las condiciones y ambientes de los agricultores en los países desarrollados. “Los campesinos con menos recursos a menudo perdían y las desigualdades en ingresos continuamente se acentuaron” (Shiva, 1991). No sólo los campesinos pobres han sido excluidos del acceso al crédito, información, apoyo técnico y otros servicios, “incluso en áreas en las que se ha tenido acceso al riego y agroquímicos subsidiados, permanecen las inequidades” (Lipton y Longhurst, 1989).

“Con el fin de garantizar la seguridad alimentaria en el mundo en desarrollo, la producción adicional de alimentos debe provenir de sistemas en donde está concentrada la mayoría de la gente pobre” (Conway 1997); “lo que se contraponen a las actuales políticas de la Organización Mundial del Comercio que obligan a los países pobres a abrir sus mercados y absorber la sobreproducción de los países ricos, a precios que desincentivan a los productores locales” (Mander y Golsmith, 1996).

Según Chambers (1983), “los campesinos tradicionales han desarrollado y heredado sistemas agrícolas complejos, adaptados a las

condiciones locales; donde las estrategias agrícolas nativas exitosas, constituyen un tributo a la creatividad de los pequeños agricultores”. Por su parte, Gliessman (1998) afirma que “los sistemas agrícolas tradicionales, comúnmente sostienen una alta diversidad de plantas, en forma de policultivos y agroforestería”. “La estrategia para minimizar riesgos plantando varias especies de plantas y variedades de cultivos estabiliza los rendimientos a largo plazo, promueve diversidad en la dieta y maximiza la recuperación, aún bajo niveles mínimos de tecnología y con recursos limitados” (Harwood, 1979).

Por lo general, la labor agrícola tiene alta recuperación por unidad de ingreso. La recuperación energética del trabajo gastado en una finca típica es suficientemente alta para asegurar la continuidad del sistema actual. “En estos sistemas también se realizan tasas de retorno favorables entre entradas y salidas de energía” (Netting, 1993).

Es claro que la modernización agrícola no ha ayudado a solucionar el problema generalizado de la pobreza rural ni ha mejorado la distribución de la tierra agrícola. Los pequeños agricultores, que representan en promedio 80% del total de los agricultores de Latinoamérica, quedaron al margen del desarrollo, debido a que las opciones que se han ofrecido para modernizar la agricultura han sido inadecuadas a sus necesidades y posibilidades. Los proyectos que impulsaron la diversificación de la agricultura, lograron que el uso de la tierra se destinara a los cultivos de exportación, desplazando la producción de granos hacia el consumo doméstico.

La integración de los países tropicales al mercado internacional ignora las necesidades de los mercados locales-regionales y socava las oportunidades de mejorar la balanza de pagos regionales. Se requiere un programa de seguridad alimentaria que podría establecer las bases para reducir la pobreza masiva y crear un modelo más equitativo y sustentable de desarrollo (Altieri y Nicholls, 2000).

Retos de la investigación agrícola: hacia el estudio de interacciones complejas y la transdisciplina

El concepto de sustentabilidad es útil para entender el concepto de agroecología porque recoge un conjunto de preocupaciones sobre la agricultura, concebida como un sistema socioambiental. La comprensión de estos tópicos requiere entender la relación entre la agricultura y el ambiente global, pues el desarrollo rural depende de la interacción de

subsistemas biofísicos, técnicos y socioeconómicos. Este enfoque más amplio permite entender la problemática agrícola en términos holísticos.

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 los ecosistemas agrícolas como las unidades fundamentales de estudio. En dichos sistemas, los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas son investigados y analizados como un todo.

Un entendimiento creciente de la agroecología y la etnoecología de los sistemas campesinos tradicionales es necesario para continuar desarrollando sistemas contemporáneos. Esto sólo puede ocurrir partiendo de estudios integrativos que determinen los múltiples factores que condicionan la forma en la cual los campesinos perciben su ambiente y subsecuentemente la forma en que ellos lo modifican, para traducir después tal información a términos científicos.

Es, entonces, urgente entender la raíz de las causas de la pobreza y atacar tales factores preponderantes a través de la investigación agrícola, buscando el conocimiento sobre la adaptabilidad de los agroecosistemas de los que dependen los pobres y sobre cómo mejorar la resiliencia de los sistemas campesinos de pequeños propietarios. Una estrategia relevante de Manejo de Recursos Naturales (MRN) requiere el uso de principios agroecológicos generales y la adaptación de las tecnologías agrícolas a las necesidades y circunstancias locales. Los principios agroecológicos tienen aplicabilidad universal, pero “las formas tecnológicas a través de las que dichos principios se vuelven operativos, dependen de las condiciones ambientales y socioeconómicas prevalecientes en cada sitio” (Uphoff, 2002).

Las estrategias de MRN para los agricultores pobres consideran sistemas agrícolas en pequeña escala, diversos y complejos con estrategias agrícolas tradicionales, que sean ambientalmente sustentables y basados en el uso de recursos locales y el conocimiento nativo, si realmente se pretende aliviar la pobreza, asegurar la educación y fortalecer las comunidades rurales, a través del manejo ecológico de sus recursos productivos. Con este fin “las prioridades de investigación, deben estar basadas en las necesidades socioeconómicas y las circunstancias

ambientales de los campesinos pobres en recursos” (Richards, 1985), y “se debe operar en la base de un enfoque de abajo hacia arriba” (Altieri, 1995). En suma, los campesinos pobres en recursos y sus complejos sistemas poseen especiales retos de investigación y demandan tecnologías apropiadas (Netting, 1993).

La agroecología enfatiza un enfoque de ingeniería ecológica que consiste en ensamblar los componentes del agrosistema (cultivos, animales, árboles y suelos). Se busca que las interacciones temporales y espaciales entre los componentes se traduzcan en rendimientos derivados de fuentes internas, reciclaje de nutrientes y materia orgánica, y de relaciones tróficas entre plantas, insectos y patógenos, que resalten sinergias tales como los mecanismos de control biológico. 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 y animales” (Lampkin, 1998).

En la mayoría de los sistemas con cultivos múltiples desarrollados por pequeños propietarios, la productividad en términos de productos cosechables por unidad de área “es mayor que bajo cultivos únicos con el mismo nivel de manejo” (Francis, 1986), y “representan un recurso importante para los trabajadores modernos que buscan crear un agroecosistema novedoso, bien adaptado a las circunstancias agroecológicas y socioeconómicas locales” (Dewalt, 1994).

“Las técnicas tienden a ser intensivas en conocimiento, más que intensivas en insumos” (Reintjes *et al.*, 1986), pero claramente no todas ellas son efectivas y aplicables, por lo que son necesarias modificaciones y adaptaciones.

Por medio del mantenimiento de un mosaico de parcelas bajo cultivo y algunas en descanso, los campesinos han capturado la esencia de los procesos naturales de regeneración de suelos, típica de cualquier sucesión ecológica. Adicionalmente, algunos sistemas tienden a disminuir el estrés de la sequía, por las capas de abrigo dejadas por ciertos cultivos, pues ayudan a conservar el agua en el perfil del suelo.

Hasta ahora la investigación ha sido cómodamente orientada a la meta de aumentar rendimientos de ganado y cultivos alimenticios particulares, generalmente sin la adecuada comprensión de las necesidades y opciones

de los pobres, ni del contexto ecológico de los sistemas a los que están dirigidos. Una nueva estrategia de Manejo Integrado de Recursos Naturales (MIRN) debe generar un nuevo enfoque que considere los efectos interactivos de los sistemas ecológicos y socioeconómicos a nivel ecorregional, bajo dos definiciones principales: manejo responsable y de amplio fundamento de la base de recursos biológicos, de tierra, agua y bosque; y manejo de los procesos biogeoquímicos (Mander y Goldsmith, 1996).

Agrodiversidad y agroecología: rebasando el mecanicismo

“La agrobiodiversidad todavía es tratada como una caja negra en investigación agrícola” (Swift y Anderson, 1993). Es importante buscar elementos para la producción, con formas de manejo de agroecosistemas sensibles al mantenimiento y aumento de la biodiversidad (cultivos asociados, cultivos en rotación y agroforestería). Los suelos con alto contenido de materia orgánica y alta actividad biológica generalmente exhiben buena fertilidad, así como complejos nutricionales y organismos benéficos que previenen infecciones; de ahí la importancia de la aplicación de abonos orgánicos. Por otro lado, “las prácticas agrícolas que causan desbalances nutricionales pueden disminuir la resistencia a plagas” (Slansky y Rodríguez, 1987; Magdoff y Van Es, 2000).

Los agroecosistemas, entonces, pueden ser manipulados para mejorar la producción y para producir más sustentabilidad con menos impactos ambientales y sociales negativos, tales como disminución de la biodiversidad, pérdida de la fertilidad del suelo y contaminación del agua, con los subsecuentes daños a la salud del agrosistema y de los productores rurales; y menos insumos externos que representan incrementos en los costos de producción afectando la economía campesina.

Los conceptos ecológicos son utilizados para favorecer los procesos naturales y las interacciones biológicas que optimizan sinergías. De forma que los campos diversificados son capaces de respaldar su propia fertilidad edáfica, la protección de los cultivos y su productividad. Por medio del ensamblaje de cultivos, animales, árboles, suelos y otros factores en esquemas espacio-temporales diversificados, se optimizan diversos procesos; tales procesos son cruciales en la determinación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas (Vandermeer *et al.*, 1998).

“La agroecología tiene grandes ventajas, en cuanto a los procesos naturales y las interacciones benéficas dentro del sitio, con el fin de reducir

el uso de insumos externos al sitio y de optimizar la eficiencia de los sistemas de cultivo” (Reintjes *et al.*, 1992). Esto necesariamente repercute en el bienestar económico y social de los productores.

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. “La agroecología proporciona las bases ecológicas para la conservación de la biodiversidad en la agricultura” (Altieri, 1995). Además, juega un rol en el restablecimiento del balance ecológico de los agrosistemas, a manera de alcanzar una producción sustentable.

Interacciones temporales y espaciales en agroecología: mas allá del reduccionismo

Las rotaciones de cultivos establecen secuencias temporales en las que se obtienen aportes de nutrientes al rotarse los cultivos de cereales con las leguminosas, y se regulan los insectos, malezas y enfermedades, al romper los cultivos en secuencia sus ciclos de vida. Mediante rotaciones bien diseñadas se pueden incrementar los rendimientos y reducir además los requerimientos de energía, al disminuir la necesidad de fertilizantes, con notables beneficios económicos para los agricultores. 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” (Altieri, 1995). En contraste, pueden diseñarse rotaciones de alto costo en insumos y labores.

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 logran múltiples objetivos de manejo, sin que se requiera mayor subsidio o complementación. Los cultivos intercalados reducen la incidencia de 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 y reducen la variabilidad de rendimientos (Francis, 1986). Esto, sin duda, repercute en la economía campesina y ofrece oportunidades para mejorar la calidad de vida de los productores.

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 empleadas como alimento de ganado, estiércol usado como fertilizante en cultivos, rastrojo de cultivos utilizados como abrigo y mezclas de estiércol y paja para composta). La intensidad de los beneficios derivados de estas interacciones depende 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.

El desafío es mantener una flexibilidad suficiente que permita la adaptación a los cambios ambientales y socioeconómicos impuestos desde afuera. En la medida que se definan los umbrales de “empobrecimiento” social y ecológico de un sistema, se podrá determinar un modelo de desarrollo que minimice la degradación de la base ecológica que mantiene la calidad de vida humana y la función de los ecosistemas como proveedores de servicios y de alimentos. Para lograr esto, deben dirigirse los procesos de transformación biológica hacia un desarrollo sustentable que no empobrezca a un grupo mientras enriquece a otro, y no destruya la base ecológica que sostiene la productividad y la biodiversidad, como parece ser todavía la tendencia actual en México .

El enfoque de analogía con ecosistemas naturales, multispeciación y facilitación: por una visión ecosistémica.

“En el corazón de la estrategia agroecológica está la idea de que un agroecosistema debe imitar el funcionamiento de los ecosistemas locales”, exhibiendo reciclaje de nutrientes, estructura compleja y biodiversidad creciente (Ewel, 1999). El método de sucesión análoga requiere una descripción detallada del ecosistema natural en un ambiente específico y la caracterización botánica de todos los cultivos componentes potenciales. En este punto entra en contacto con la ciencia de la etnobiología y sus ramas principales, la etnobotánica y la etnozoológica.

Para climas templados, Soule y Piper (1992) proponen utilizar las praderas de las grandes planicies de Norteamérica como un modelo apropiado para desarrollar ecosistemas dominados por mezclas de pastos perennes, leguminosas y compuestas, plantas todas que difieren en el uso estacional de nutrientes y que deben, en consecuencia, jugar roles complementarios y facilitadores en campo.

El uso de especies perennes debe imitar los aspectos originales de retención y construcción de suelos de una pradera. El componente de

leguminosas debe ayudar a mantener un aporte interno de fertilidad del suelo y la diversidad de especies cultivadas, incluyendo algunas especies nativas. “Debe conducir al desarrollo de controles y balances naturales de herbívoros, enfermedades y malezas” (Jackson, 2002); siendo el suelo la base de la riqueza y fertilidad del agroecosistema. Estos principios redundan en beneficios económicos para los productores y fortalecen su base social.

El enfoque del ecosistema análogo es la base para la promoción de sistemas agroforestales, especialmente la construcción de agroecosistemas con bosque, que imitan la sucesión vegetacional y que exhiben bajos requerimientos de fertilización, alto uso de nutrientes disponibles y alta protección de las plagas (Sánchez, 1995). Los beneficios económicos y sociales de la agroforestería han sido ampliamente discutidos por Krishnamurthy y Ávila (1999), e incluyen una gran diversidad de productos (madera, follaje, frutos, resinas, combustible y forrajes) e incontables servicios ambientales (climáticos, hidrológicos, edáficos, ecológicos) y humanos (éticos y estéticos).

Diversos estudios agrícolas han mostrado la complejidad de los sistemas agrícolas multiespecíficos, ya que “son más confiables, en su producción y más sustentables en términos de conservación de recursos que los agroecosistemas simplificados” (Vandermeer *et al.*, 1998), con los recursos naturales como base para la producción agropecuaria. Estas ventajas innegablemente redundan en beneficios económicos para los productores. Los mecanismos que resultan en mayor productividad en agroecosistemas diversos radican en los procesos de facilitación; esto ocurre cuando un cultivo modifica el ambiente de forma que beneficia a otro cultivo.

Un aspecto de gran interés es que la tasa de sobre rendimiento actual se incrementa con el estrés de agua, de manera que las diferencias relativas en la productividad entre monocultivos y policultivos se vuelve más acentuada, conforme el estrés aumenta. Investigaciones realizadas en zonas de colinas después de que en Centroamérica se presentó el huracán Mitch, mostraron que los campesinos que usaron prácticas sustentables, como cultivos de cobertura, cultivos intercalados y agroforestería, sufrieron menos daños que sus vecinos convencionales. “Las parcelas sustentables tuvieron de 20 a 40% más suelo superficial, mayor humedad edáfica, menos erosión y experimentaron menores pérdidas económicas” (Holt-Gimenez, 2001). Con esto se fundamentan las estrategias de MRN

que privilegian la diversificación temporal y espacial de sistemas de cultivo, para que ésta conduzca hacia mayor productividad y, asimismo, a mayor estabilidad y resiliencia ecológica, lo cual se traduce en bienestar y estabilidad social.

Diversificación espacial y temporal: efectos integradores

“Ya han sido identificados los beneficios de las rotaciones multiespecíficas, cultivos de cobertura, agroforestería y cultivos intercalados” (Francis, 1986). Los efectos benéficos de las substancias húmicas ácidas en el crecimiento de las plantas están mediados por una serie de mecanismos, muchos de ellos similares a aquellos que resultan de la aplicación directa de reguladores sintéticos del crecimiento vegetal, que incrementan notablemente los costos de producción.

“Los suelos ricos en materia orgánica generalmente exhiben buena fertilidad edáfica, así como redes tróficas complejas y organismos benéficos” (Hendrix *et al.*, 1990), que previenen infección por organismos patógenos. “La composta puede afectar positivamente la resistencia de las plantas a las enfermedades” (Frankner, 1992). De hecho, hay evidencia creciente de que “los cultivos que crecen en suelos ricos en materia orgánica y biológicamente activos, son menos susceptibles al ataque de pestes” (Luna, 1988), cuyo control constituye en muchos casos un costo adicional relevante.

La literatura es abundante sobre los beneficios de las adiciones de enmiendas orgánicas, que estimulan a los residentes antagonistas en cuanto que fomentan el control biológico de enfermedades vegetales. Campbell (1989) y Liebman y Gallandt (1997) han sugerido que patrones retrasados de disponibilidad de nitrógeno en sistemas con bajos insumos externos pueden favorecer cultivos de semillas grandes, sobre malezas de semillas pequeñas. También han encontrado que la adición de materiales orgánicos puede cambiar la incidencia y severidad de enfermedades de origen edáfico, que afectan a la maleza, pero no a los cultivos. Tales resultados sugieren que esos mecanismos ubicuos para suelos manejados orgánicamente pueden disminuir la densidad y crecimiento de maleza, manteniendo rendimientos aceptables del cultivo, con costos mucho menores.

Altieri y Letourneau (1982) y Andow (1991) han conducido experimentos que prueban la teoría de que la diversidad vegetal reducida en los agroecosistemas lleva a la abundancia creciente de insectos

patógenos, los que usualmente exhiben mayor abundancia en monocultivos, que en sistemas de cultivo diversificados (Altieri, 1994), y representan enormes pérdidas económicas para los productores y daños a la salud del ecosistema.

Dos hipótesis ecológicas principales (la de los enemigos naturales y la de concentración de recursos) han ofrecido explicación sobre el porqué las comunidades de insectos en los agroecosistemas pueden ser estabilizadas construyendo arquitecturas vegetacionales, que fomentan a enemigos naturales y que inhiben directamente el ataque de plagas (Smith y McSorely, 2000), evitando al productor los costos derivados de las prácticas de control y los impactos ambientales subsecuentes.

Es claro que los datos empíricos y los argumentos teóricos sugieren que las diferencias en la abundancia de plagas entre sistemas diversos y simples de cultivos anuales, pueden ser explicadas tanto por las diferencias en las conductas de movilidad, colonización y reproducción de los herbívoros, como por las actividades de los enemigos naturales. Los estudios sugieren que entre más diversos sean los agroecosistemas y mayor tiempo permanezca imperturbada esta diversidad, los vínculos más internos se desarrollan para promover mayor estabilidad ante los insectos, evitando que se conviertan en plagas, con costos económicos subsecuentes (Altieri y Nicholls, 1999).

Son necesarios más estudios para determinar los elementos subyacentes en las mezclas vegetales, que interrumpen la invasión de plagas y favorecen a los enemigos naturales. La investigación también debe expandirse para evaluar los efectos de la diversidad genética, alcanzada por medio de una variedad de mezclas, sobre la supresión de patógenos vegetales, cuyo control no sólo incrementa los costos de producción, sino que también ha generado altos niveles de contaminación del agua y de los alimentos, con efectos nocivos en la salud humana.

Rediseño de sistemas: un reto pendiente para México

La conversión a un sistema con bajos insumos externos es un proceso de transición con tres fases marcadas: a) Eficiencia creciente en el uso de insumos, por medio del manejo integrado de plagas y el manejo integral en la fertilidad del suelo; b) sustitución de insumos por insumos ambientalmente benignos; c) rediseño del sistema y diversificación con un ensamblaje cultivo/animal óptimo, que promueva sinergismo (McRae *et al.*, 1990). El objetivo es que el agroecosistema pueda mejorar su propia

fertilidad edáfica, la regulación natural de plagas y la productividad de los cultivos, factores decisivos para el beneficio obtenido por los productores.

Muchas de las prácticas que son promovidas frecuentemente como componentes de la agricultura sustentable caen en las dos primeras categorías. Ambas etapas ofrecen claros beneficios en términos de menores impactos ambientales, ya que disminuyen el uso de insumos agroquímicos y a menudo proporcionan ventajas económicas comparadas con sistemas convencionales.

Los cambios graduales parecen ser más aceptables para los campesinos, dado que las modificaciones drásticas pueden ser vistas como de alto riesgo. La cuestión es si la adopción de prácticas que incrementan la eficiencia en el uso de insumos, o que sustituyen insumos de tipo biológico por agroquímicos, pero que dejan la estructura de monocultivo intacta, realmente tienen el potencial para conducir al rediseño de sistemas agrícolas. Hasta ahora la sustitución de insumos ha perdido su potencial a favor de los pobres. Según Altieri (2002), “una notable excepción son los avances en Cuba”, donde la producción artesanal en pequeña escala de biopesticidas y biofertilizantes es conducida en cooperativas, usando materiales locales y está disponible para los campesinos a bajo costo.

El rediseño de sistemas, por su parte, debe asegurar los siguientes procesos: incremento de la biodiversidad sobre y bajo el suelo, incremento en la producción de biomasa y contenido de materia orgánica del suelo, planeación óptima de la secuencia y combinaciones planta/animal, uso eficiente de recursos localmente disponibles y la optimización de las complementariedades funcionales entre los varios componentes agrícolas. Los lineamientos de diseño pueden ser desarrollados posteriormente y usados para optimizar la sustentabilidad de agroecosistemas y la conservación de recursos.

A pesar del éxito de muchos sistemas de producción orgánica y de bajos insumos en la práctica, una de las causas de fracaso de la investigación en agricultura sustentable ha sido la incapacidad de realizar comparaciones experimentales, “lado a lado”, de prácticas convencionales con prácticas de bajos insumos (Vandemeer, 1997).

La diversidad de tecnologías de cultivo y prácticas de manejo de plagas resulta en diferencias funcionales, que no pueden ser cuantificadas por cualquier práctica aislada. Un “síndrome de producción” es un conjunto

de prácticas de manejo que son mutuamente adaptativas y conducen a alta eficiencia. Los subconjuntos de prácticas pueden ser menos adaptativos, ya que la interacción entre prácticas conduce a la optimización de sistemas mejorados.

Cada sistema de producción representa a un grupo distinto de técnicas de manejo y las relaciones ecológicas implicadas. Esto enfatiza el hecho de que el diseño agroecológico es específico para cada sitio, y lo que puede ser aplicable en otra parte no son las técnicas, pero sí los principios ecológicos que subyacen en la sustentabilidad. No es útil la transferencia de tecnologías de un sitio a otro, si el conjunto de interacciones ecológicas asociadas con tales técnicas no pueden ser replicadas.

Las instituciones y su importancia en la investigación y promoción de la práctica agroecológica

Muchas instituciones se han forjado un nicho al adoptar el lema “producir conservando y conservar produciendo”. Lo importante es que se aclare que no se trata de un intento más de cómo encajar la cuestión ambiental dentro de los regímenes agrícolas ya establecidos, sino de buscar una sinergia real entre ecología, economía y ciencia silvoagropecuaria. Concretar esta visión significará reorientar la investigación y la enseñanza agrícola para enfrentar los desafíos de la gran masa de campesinos pobres y sus ecosistemas frágiles, asegurando también la sustentabilidad de las áreas intensivas de producción.

Para esto será necesario introducir una racionalidad ecológica en la agricultura orientada a minimizar el uso de insumos agroquímicos, complementar los programas de conservación del agua, suelos y biodiversidad, planificar el paisaje productivo en función de las potencialidades de los suelos en cada ecorregión, y promover el manejo sustentable de bosques y otros recursos renovables y no renovables.

La misión crucial de las instituciones públicas, en relación directa con los productores agropecuarios, deberá centrarse en asegurar que los pobres no sean excluidos de los beneficios del desarrollo. Esto significa que la equidad debe llegar a las comunidades rurales a través de oportunidades reales, para que estas mismas puedan protagonizar la solución de sus problemas. Ofrecer oportunidades significa reivindicar la inventiva tradicional y la organización-participación local, y poner a disposición de todos los estratos de agricultores alternativas tecnológicas (muchas de ellas originadas por los propios campesinos), “que sean

compatibles con los recursos de que ellos disponen y capacitación para que sepan aplicarlas y difundirlas, para el escalonamiento de la agricultura sustentable” (Pretty, 1995).

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 el conocimiento de los agricultores locales sobre el ambiente, las plantas, los suelos y los procesos ecológicos, que adquiere una importancia sin precedentes dentro de este nuevo paradigma. Diferentes grupos están convencidos de que comprender los rasgos culturales y ecológicos característicos de la agricultura tradicional, 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 agrosistemas 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. Es evidente que mejorar el acceso de los campesinos a la tierra, agua y otros recursos naturales, como también al crédito equitativo, mercados justos y tecnologías apropiadas, 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 sistemáticamente las relaciones entre las variables ambientales, técnicas, socioeconómicas y culturales, que afectan el uso y producción de los recursos locales. “Cuando se diseñan nuevos agrosistemas 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” (Krishnamurty y Ávila, 1999).

Evidentemente, mientras más pobre sea el agricultor mayor importancia cobrará el empleo de una tecnología de bajos insumos, pues no tiene más opción que recurrir al uso eficiente de sus recursos locales. Bajo condiciones de subsidio económico, crédito o si dispone de suelos

planos y acceso a riego, la revolución verde se torna más atractiva para los agricultores, ya que en el corto plazo parece ofrecer rendimientos más espectaculares. La pregunta es ¿a qué costo social y ambiental?, y ¿por cuánto tiempo se debe subsidiar el sistema? Esta discrepancia no existiría si hubiera centros de investigación y extensión a nivel nacional que promovieran la agroecología con tanta energía como actualmente las instituciones de gobierno impulsan la agricultura química y mecanizada.

El problema inmediato en muchas áreas de pobreza rural radica en la supervivencia del campesino, por lo que mantener la producción de subsistencia es absolutamente esencial para el bienestar de la población rural. Un campesinado con seguridad alimentaria, organización social, una base conservada de recursos naturales y una identidad cultural está en mejor posición de negociar con el poder local o nacional.

El aumento de la participación de los campesinos en los mercados locales solamente se conseguirá una vez que sus necesidades básicas de supervivencia y tenencia estén aseguradas. En esencia, lo que se pretende es promover la autosuficiencia alimentaria del campesinado, dejando de lado el modelo de agricultura especializada, orientada al mercado de exportación, y sustituyéndolo 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.

A medida que se evalúan 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 modelo no son tomados por los campesinos como recetas técnicas rígidas. Éstos cumplen más bien una función pedagógica, proporcionando a los campesinos ideas y criterios que ellos aplicarán en sus tierras de la forma que consideren más apropiada.

Spangenberg *et al.* (2002) aclaran que generalmente las organizaciones gubernamentales son explícitamente referidas como instituciones, que en el curso de la toma de decisiones deben considerar aspectos de desarrollo sustentable. El uso de términos relacionados con contextos institucionales en la Agenda 21, implica que la comprensión subyacente de las instituciones es amplia, dado que se refiere no sólo a organizaciones sino también a mecanismos institucionales, como procedimientos y normas legales (sistemas de reglas formales o informales, explícitas o implícitas). Este análisis deja descubiertos varios importantes aspectos

institucionales del desarrollo sustentable, que no se reflejan aún en el conjunto de indicadores institucionales.

Aplicaciones, limitaciones, potencialidades y perspectivas de la agroecología

La aplicación de la agroecología al mejoramiento de la productividad de sistemas de pequeños agricultores ha sido muy diversa; los enfoques alternativos planteados pueden ser descritos como tecnologías de bajos insumos, referida esta designación a los insumos externos requeridos. La cantidad de trabajo, destrezas y manejo que se necesitan como insumos para hacer más productiva la tierra y otros factores de producción es sustancial. Por eso más que enfocarse en lo que no está siendo utilizado, es mejor enfocarse en lo que es más importante para incrementar la producción de alimento, el trabajo, el conocimiento y el manejo (Uphoff y Altieri, 1999).

Los enfoques agroecológicos alternativos están basados, tanto como es posible, en el uso de recursos localmente disponibles, si bien no se rechaza totalmente el uso de insumos externos. Los campesinos no pueden beneficiarse de tecnologías fuera de su alcance y que no son apropiadas para sus condiciones.

Además de incrementar la diversidad y la seguridad alimentaria, el uso de prácticas de agricultura sustentable reporta incrementos de 50 a 100% en la producción de alimentos por hectárea. Los enfoques agroecológicos incrementan la estabilidad de la producción, como “se ha observado en menores coeficientes de varianza en el rendimiento de cultivos con mejores manejos de suelo y agua” (Francis, 1986). Es difícil, de cualquier forma, cuantificar todos los potenciales en tales sistemas diversificados e intensificados, ya que existe muy poca investigación y experiencia para establecer límites.

Un obstáculo básico para el uso de la agroecología es la demanda por especificidad en su aplicación. Los sistemas agroecológicos requieren que los principios sean aplicados creativamente dentro de cada agroecosistema en particular. “Los practicantes en campo, deben poseer información mas diversificada en ecología y en ciencias agrícolas y sociales en general” (Pearse, 1980).

La alta variabilidad de los procesos ecológicos y sus interacciones con los factores sociales, culturales, políticos y económicos heterogéneos generan sistemas locales excepcionales. Entonces, “la única forma en que

la especificidad de sistemas locales puede ser tomada en cuenta, es a través del manejo de recursos naturales (MRN) para sitios específicos” (Edwards *et al.*, 1993).

Es necesario entender los principios que explican por qué tales esquemas trabajan a nivel local, y luego aplicar tales principios a escalas más amplias. La especificidad del MRN a nivel de sitio requiere un cuerpo de conocimientos excepcionalmente amplio, que una institución de investigación no puede generar y manejar por sí misma. Esta es una razón del porqué la inclusión de las comunidades locales, en todas las etapas del proyecto (diseño, experimentación, desarrollo tecnológico, evaluación y difusión), es un elemento clave en un desarrollo rural exitoso. “La autovalidación inventiva de las poblaciones rurales es un recurso que debe ser fomentado urgente y efectivamente” (Richards, 1985). Existen muchos factores que limitan la implementación de iniciativas sobre agricultura sustentable, una de ellas es que la investigación y el desarrollo para la agroecología y enfoques sustentables han sido largamente ignorados o aún inmovilizados (Pretty, 1995). La evidencia muestra que “los sistemas agrícolas sustentables pueden ser económica, ambiental y socialmente viables, y contribuir positivamente al sustento local” (Uphoff y Altieri, 1999).

Según Pretty y Hine (2001), los factores para el éxito de las innovaciones agroecológicas son: tecnologías apropiadas adaptadas de la experimentación campesina, enfoques participantes y de aprendizaje social, vínculos adecuados entre campesinos y agentes externos y presencia de capital social a nivel local. Un factor que limita la difusión de las innovaciones agroecológicas es la falta de análisis y sistematización de los principios que determinan el nivel de éxito de las iniciativas locales, por lo cual no existe la capacidad de validar estrategias específicas para la publicación de tales iniciativas. Un punto de partida debe ser el entendimiento de las condiciones agroecológicas y socioeconómicas, bajo las que las alternativas fueron adoptadas e implementadas a nivel local, incluida la sistematización y aplicación de enfoques que han tenido éxito a nivel local y la remoción de los factores limitantes.

Para que la agricultura sustentable pueda ser difundida a un mayor número de campesinos y comunidades en el futuro, la atención debe enfocarse en asegurar que la política ambiental sea permisiva, más que restrictiva; en ampliar la inversión en infraestructura para mercados, transporte y comunicaciones; en asegurar el apoyo de agencias

gubernamentales, en particular para iniciativas locales de agricultura sustentable; y en el desarrollo de capital social tanto en el interior de las comunidades rurales como entre las agencias externas.

No hay duda de que “los pequeños agricultores localizados en ambientes marginales del mundo en desarrollo pueden producir gran parte del alimento que necesitan” (Uphoff y Altieri, 1999; Pretty y Hine, 2001), incrementando así la estabilidad en la producción a través de la diversificación, en el mejoramiento de la dieta y en el ingreso. Esto contribuirá a la seguridad alimentaria nacional y a las exportaciones, al mismo tiempo que a la conservación de los recursos naturales y a la agrobiodiversidad.

“Las nuevas estrategias deben enfocarse a la facilitación del aprendizaje de los campesinos”, para que logren convertirse en expertos del MRN y en la captura de oportunidades en sus ambientes diversos (Uphoff, 2002). Esto implica una clara comprensión, tanto de la relación entre la biodiversidad y el funcionamiento del agroecosistema, como de la identificación de prácticas de manejo y diseño que optimicen el tipo de biodiversidad correcto, que en su momento contribuirá al mantenimiento y productividad del agroecosistema (Toledo, 2000).

Debe ponerse énfasis especial en involucrar a los campesinos directamente en la formulación de la agenda de investigación y en su participación activa en el proceso de innovación tecnológica y difusión. Debe enfocarse la dirección adecuada, la investigación local y las capacidades en la resolución de problemas, además debe ser optimizado el control sobre el sistema alimentario.

Los gobiernos y las organizaciones públicas internacionales deben promover y apoyar la cooperación efectiva entre ONG's, universidades locales y organizaciones campesinas, con el fin de ayudar a fortalecer a los campesinos pobres para que alcancen la seguridad alimentaria, la generación de ingreso y la conservación de sus recursos naturales. Según Altieri (2002), “el reto último es incrementar la inversión y la investigación en agroecología y desarrollar proyectos que hasta hora han probado ser exitosos para miles de otros campesinos”.

Estado actual del debate sobre sustentabilidad

“La sobreeconomización del mundo ha provocado la homogenización de los patrones de producción y consumo, contra la sustentabilidad planetaria basada en la diversidad ecológica y cultural” (Morales, 2004).

La naturaleza es cosificada, “desnaturalizada” de su complejidad y convertida en materia prima (capital natural). Hemos llegado, incluso, a la explotación conservacionista de la naturaleza, que separa la biodiversidad en su función de equilibrio ecológico y la de su papel como banco de germoplasma.

La globalización económica es un estadio superior del proceso de acumulación e internacionalización del capital, que descarga en la naturaleza los desechos de la “creación destructiva” del capital (Leff, 2003).

La transeconomía es una inercia que ha desbordado sus límites. La racionalidad económica carece de flexibilidad para ajustarse a la sustentabilidad ecológica, las razones de fuerza mayor son las del mercado. Se ha negado la ley límite del crecimiento económico, y el debate se ha desplazado a la ecología política y no a la economía ecológica.

Se busca que sobreviva la resignificación política y cultural de la naturaleza, ya que han surgido nuevas formas de intervención del mundo natural y nuevas manifestaciones de impactos y riesgos. Se usan en la retórica oficial conceptos reservados a científicos; ya no sólo se mencionan capital, trabajo y tecnologías, ahora también territorio, autonomía y cultura entran al debate retórico. “La naturaleza es lanzada a la esfera de la simulación de la economía transustantivada en capital” (Ezcurra, 2003).

Se califican como desastres naturales las alteraciones antropogénicas. Crece la incertidumbre de los procesos económicos y ambientales, y la ineficacia de las políticas públicas y los intereses encontrados. “Se intensifica la dependencia tecnológica y el desarrollo sustentable es un mito” (Guzmán, 2004).

“La sustentabilidad se ha convertido en un proceso de luchas sociales y conflictos ambientales, por la apropiación y el manejo productivo de la biodiversidad” (Leff, 2003). Se venden baratas la captura de bióxido de carbono, el petróleo, los recursos estéticos y la riqueza genética, lo cual ahonda diferencias entre los países ricos y pobres bajo el desarrollo sustentable.

Una posible solución es la desconstrucción de la racionalidad económica y la construcción de una racionalidad ecotecnológica sustentada en el potencial productivo de los ecosistemas, basada en una ética de la sustentabilidad, donde valor y territorio se perciban como

política del lugar y la diferencia; donde identidad, autonomía y territorio se basen en supervivencia de la diversidad cultural y calidad de vida; donde la política del ser, del devenir y de la transformación se fundamenten en territorios culturales con reconstrucción de identidades. La lucha por la biodiversidad es un derecho a ser diferente, brinda singularidad y autonomía en la búsqueda de la equidad y la justicia, que propician la valorización del ambiente y la reapropiación de la naturaleza (Morales, 2003).

El estado actual en el debate sobre la sustentabilidad es el de lo deseado y no logrado; lo planeado y no alcanzado en lo social, ambiental, cultural, tecnológico, económico. Es un fenómeno multicausal caracterizado por su multidimensionalidad y multifactorialidad en la búsqueda de equidad intergeneracional, y cuyos retos son procurar y sostener el bienestar para todos (Coke, 1996).

Actualmente, la desigualdad, la injusticia y el deterioro ambiental fundamentan el discurso ambiental crítico del crecimiento, contra la racionalidad económica y la búsqueda de la sustentabilidad ecológica. Esta es la condición de diversidad étnica y cultural contra la sostenibilidad económica y biotecnológica.

El concepto se diluye, recodifica al hombre, su cultura y su naturaleza, como formas de una misma esencia, el capital, basado en una producción guiada por la lógica del mercado, cuyas características son el delirio e inercia de crecimiento y la retórica de la sustentabilidad.

Si no se actualizan las preferencias de las generaciones futuras, la sustentabilidad del capitalismo es imposible. “Actualmente las estrategias de seducción y simulación reemplazan la violencia directa por violencia psicológica, el dominio económico se consigue a través del consumo y las preferencias” (Leff, 2003).

Los contrarios de la dialéctica del desarrollo son el medio ambiente y el crecimiento económico. La transición del orden económico antiecológico hacia un nuevo orden social requiere sustentabilidad ecológica, democracia participativa y racionalidad ambiental. Esto permitirá el cambio de la legitimación de la capitalización a la valorización de los costos ambientales (Leff, 2003).

Hasta ahora sólo se ha documentado el deterioro y se ha actuado poco. Se sabe que existe un poder cada vez más concentrado, ubicuo y tecnologizado. Hemos perdido la noción de equilibrio, el mercado ha fomentado la pobreza con dignidad, ya que el mercado libre es

socialmente insensible. “Repartir la riqueza y consolidar la ciudadanización son requisitos del desarrollo, así como el manejo de los ámbitos de la comunidad” (Morales, 2003).

La ciencia ha resuelto lo inmediato poniendo en riesgo el largo plazo. La universidad genera conocimientos y profesionistas que toman decisiones sin considerar las realidades emergentes producto de la confluencia y la articulación. Se ha fomentado la subordinación del quehacer universitario a la lógica política, sometida a la tiranía del mercado. La ciencia ha sido segregada y atomizada, sometida al utilitarismo y destinada a neutralizar el poder intelectual. El diálogo entre campos del saber se ha obstaculizado y complicado con un pensamiento fragmentado y compartimentado (Guzmán, 2004).

Conclusiones

El equilibrio entre los sistemas natural y social es el requisito fundamental para lograr la sustentabilidad, ya que el consumo excesivo afecta la sustentabilidad ambiental, y la pobreza lo hace con la sustentabilidad social. La visión coevolutiva de ambos sistemas permite entender las interacciones e influencias que pueden favorecer este equilibrio, al explicar cómo se afectan mutuamente el ambiente y la sociedad, tanto en el sentido de desarrollo como de degradación.

En estudios recientes se ha establecido que la incorporación de elementos socioculturales y económicos en el análisis de ecosistemas es indispensable, si se desea una comprensión integral y más completa de ellos. Ha quedado claro que el estilo de desarrollo y las preferencias en el consumo ejercen distintos tipos de presión sobre los recursos naturales y el ambiente. La transición desde el valor del mercado al valor ecológico y al bienestar humano requiere una nueva visión del mundo, que premisas alternas como holismo, coevolución, contextualismo, subjetivismo y pluralismo en relación con el ambiente, la sociedad y sus interacciones. Está basada en altos valores de equidad y libertad.

La comprensión de los ecosistemas y en particular de los agroecosistemas, enfocada a lograr sustentabilidad, no puede ser abordada de forma parcial y disciplinaria, es necesaria la multi e interdisciplina para conseguirlo. Esto implica la inclusión del agricultor en la percepción de los problemas y en la evaluación de soluciones, con un fuerte enfoque participativo, de “abajo hacia arriba”.

Se ha considerado a la agroecología como una importante alternativa para lograr desarrollo, productividad y utilidad social a largo plazo. Sin embargo, el avance de esta ciencia implica enormes retos para la investigación agrícola, que debe adentrarse en el estudio de interacciones complejas, rebasando el enfoque mecanicista y reduccionista, en busca de una visión ecosistémica capaz de identificar y propiciar efectos integradores para el rediseño de sistemas.

En este reto, las instituciones dedicadas a la investigación y promoción agrícola juegan un significativo rol, si se desea el desarrollo de la ciencia agroecológica, la cual aún con enormes aplicaciones y potencialidades presenta perspectivas todavía limitadas, debido a los grandes obstáculos conceptuales y metodológicos que los enfoques convencionales ofrecen. Entre estas limitantes se encuentran la falta de especificidad para sistemas locales, la amplitud del cuerpo de conocimientos necesarios y la poca relevancia otorgada a la autovalidación de las poblaciones rurales a los enfoques participantes y al aprendizaje social. Se requiere de análisis y sistematización de principios que determinen el éxito de iniciativas locales, y de las condiciones agroecológicas y socioeconómicas en que se desarrollan. Debe incluirse la participación activa de los campesinos en la formulación de agendas de investigación y en el proceso de innovación tecnológica y difusión.

Finalmente, el desarrollo sustentable y en particular la sustentabilidad de la agricultura implican cambios sustanciales en los paradigmas científicos de todas las ciencias relacionadas, pero también en la postura ética de los actores involucrados en su realización.

Bibliografía

- Altieri, Miguel (1994), *Biodiversity and Pest Management in agroecosystems*, New York: Haworth Press.
- Altieri, Miguel (1995), *Agroecology: The science of sustainable agriculture*, EUA: Westview Press.
- Altieri, Miguel (2002), “Agroecology: The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments”, en *Agriculture Ecosystems and Environment*, núm. 93.
- Altieri, Miguel y D. Letourneau (1982), “Vegetation management and biological control in agroecosystems”, en *Crop Protect*, núm. 1.

- Altieri, Miguel y Clara Nicholls (1999), "Biodiversity, ecosystem function and insect pest management in agroecosystems", en *Biodiversity in Agroecosystems*, Collins, W.W. Qualset, C. O. Eds.
- Altieri, Miguel y Clara Nicholls (2000), *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*, México: PNUMA.
- Andow, D. (1991), "Vegetational diversity and arthropod population response", en *Annual Review Entomology*, núm. 36.
- Bell, Simon y Stephen Morse (1999), *Sustainability Indicators: Measuring the immeasurable*, Inglaterra: Earthscan.
- Campbell, Robert (1989), *Biological control of microbial plant pathogens*, Cambridge University Press.
- Chambers, Robert (1983), *Rural development: Putting the last first*, Essex: Longman.
- Clayton, Michael y Nicholas Radcliffe (1996), *Sustainability: A systems approach*, EUA: Westview Press.
- Coke, Alexia (1996), *Sustainable Agriculture Report*, MSC, Report.
- Conway, Gordon (1994), "Sustainability in Agricultural Development: Trade-offs Between Productivity, Stability, and Equitability", en *Journal For Farming Systems Research and Extension*.
- Conway, Gordon (1997), *The doubly green revolution*, Londres: Penguin.
- Dewalt, Billie (1994), "Using indigenous knowledge to improve agriculture and natural resource management", en *Human Organization*, núm. 5.
- Edwards, Clive *et al.* (1993), "The role of agroecology and integrated farming systems in agricultural sustainability", en *Agriculture, Ecosystems and Environment*, núm. 46.
- Ezcurra, Exequiel (2003), "Biodiversidad y recursos naturales", en *Memorias de la primera reunión Latinoamericana y del Caribe sobre Biodiversidad, recursos Naturales y Globalización*, México.
- Ewel, John (1999), "Natural systems as a model for the design of sustainable systems of land use", en *Agroforestral Systems*, núm. 45.
- Farley, J. y R. Costanza (2002), "Envisioning shared goals for humanity: A detailed, shared vision of sustainable and desirable USA in 210", en *Ecological Economics*, núm. 43.
- Francis, C. (1986), *Multiple cropping systems*, New York: MacMillan.

- Gliessman, Stephen (1998), *Agroecology: Ecological process in sustainable Agriculture*, Ann Arbor Press.
- Guzmán, Tomás (2004), “Agricultura sustentable”, en *Notas del seminario de investigación del Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales*, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Harrington, Larry (1992), *Measuring sustainability: issues and alternatives*.
- Harwood, R. (1979), *Small farm development: Understanding and improving farming systems in the humid tropics*, EUA: Westview Press.
- Hendrix, P. *et al.* (1990), “Soil biota as components of sustainable agroecosystems”, Iowa: Soil and Water Conservation Society.
- Holt-Gimenez, Erick (2001), *Measuring farms agroecological resistance to Hurricane Mitch*, núm. 17.
- Jackson, W. (2002), “Natural systems agriculture: a truly radical alternative”, en *Agricultural Ecosystems Environment*, núm. 88.
- Krishnamurthy, L. y Marcelino Ávila (1999), *Agroforestería básica*, México: PNUMA-ORPALC RFAALC.
- Lampkin, Nick (1998), *Agricultura Ecológica*, España: Mundiprensa.
- Leff, Enrique (2003), “La Geopolítica de la biodiversidad y el desarrollo sustentable: Economización del mundo, racionalidad ambiental y reapropiación social de la naturaleza”, en *Memorias de la primera reunión Latinoamericana y del Caribe sobre biodiversidad, recursos naturales y globalización*, México.
- Liebman, M. y E. Gallandt (1997), “Ecological management of crop-weed interactions”, San Diego, California: Academic Press.
- Lipton, Michael y Richard Longhurst (1989), *New seeds and poor people*, Baltimore: John Hopkins University Press.
- Luna, J. (1988), “Influence of soil fertility practices on agricultural pests”, en *Proceedings of the VI International Scientific Organic Agriculture Movements*, Santa Cruz, California: University of California.
- Mc Rae, R. *et al.* (1990), “Farm scale agronomic and economic conversion from conventional to sustainable agriculture”, en *Adv. Agronomy*, núm. 43.
- Magdoff, F. y Harald Van Es (2000), *Building soils for better crops. Sustainable Agriculture Network*, EUA, núm. 4.

- Mander, Jerry y Edward Goldsmith (1996), *The case against the global economy*, San Francisco, California: Sierra Club Books.
- Morales, Jaime (2004), “Aportaciones y orientaciones metodológicas de la agroecología en México”, notas del Seminario de investigación del Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Comunicación personal, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Masera, Omar *et al.* (2000), *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales*, México: GIRA-Instituto de Ecología.
- Netting, Robert (1993), *Smallholders, householders*, Stanford, California: Stanford University Press.
- Norgaard, Richard (1995), *A coevolutionary interpretation of the unsustainability of Modernity*, EUA, Westview: Press.
- Pearse, A. (1980), *Seeds of plenty seeds of want: Social and economic implications of the green revolution*, New York: Oxford University Press.
- Pretty, Jules (1995), *Regenerating agriculture: Policies and practice for sustainability and self reliance*, Gran Bretaña: Earthscan Publications.
- Pretty, Jules y R. Hine (2001), “Feeding the world with sustainable agriculture: a summary of new evidence”, en *Final Report from SAFE-World Research Project*. Inglaterra: University of Essex, Colchester.
- Reintjes, Coen *et al.* (1992), *Farming for the future*, Londres: MacMillan.
- Reintjes, Coen *et al.* (1986), *Soil and water conservation in sub-Saharan Africa: Issues and options*, Amsterdam: CDCS/IFAO.
- Richards, P. (1985), *Indigenous agricultural revolution*, EUA: Westview Press.
- Rigby, D. y D. Cáceres (2001), “Organic farming and the sustainability of agricultural systems”, en *Agricultural Systems*, núm. 68.
- Sánchez, P. (1995), “Science in agroforestry. Agroforestral Systems”, en *Guía técnica para producción y conservación en el trópico*, México: SARH-IMTA.
- Shiva, Vandana (1991), “The violence of the green revolution: Third world agriculture, ecology and politics”, en *Third World Network*, núm. 56.
- Slansky, F. y J. Rodríguez (1987), *Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates*, New York.

- Smith, H. y R. McSorely (2000), *Intercropping and pest management: a review of major concepts*, en *Ambiental Entomology*, núm. 46.
- Soule, J. D. y J. K. Piper (1992), *Farming in nature's image*, Washington D.C: Island Press.
- Spangenberg, Joachim (2002), "Environmental space and the prism of sustainability: Frameworks for indicators measuring sustainable development", en *Ecological Indicators*, núm. 2.
- Spangenberg, J. *et al.* (2002), "Towards indicators for institutional sustainability: lessons from an analysis of Agenda 21", en *Ecological Indicators*, núm. 42.
- Swift, M. y J. Anderson (1993), *Biodiversity and ecosystem function in agricultural systems*, Berlín: Springer.
- Trankner, A. (1992), *Use of agricultural and municipal organic wastes to develop suppressiveness to plant pathogens*, New York: Plenum Press.
- Toledo, Víctor (2000), *La paz en Chiapas: Ecología, luchas indígenas y modernidad alternativa*, México: Quinto Sol.
- Uphoff, Norman (2002), *Agroecological innovations: Increasing food production with participatory development*, Londres: Earthscan.
- Uphoff, Norman y Miguel Altieri (1999), *Alternatives to conventional modern agriculture for meeting world food needs in the next century*, New York: Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development.
- Vandermeer, John (1997), "Syndromes of production: An emergent property of simple agroecosystems dynamics", en *Environment Management*, núm. 51.
- Vandermeer, John *et al.* (1998), "Global change and multi-species agroecosystems: Concepts and Issues", en *Agricultural Ecosystems Environment*, núm. 67.

Jesús Gastón Gutiérrez Cedillo. Ingeniero Agrónomo en Producción (Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey), maestro en Ecología (Universidad Autónoma del Estado de México), candidato a doctor en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por la Universidad Autónoma del Estado de México. Áreas de investigación: evaluación de sustentabilidad, agricultura sustentable, agroecología, ordenamiento territorial, impactos ambientales y sociales.

Luis Isaac Aguilera Gómez. Licenciado en Biología por la Universidad Nacional Autónoma de México, doctor en Biotecnología de Plantas (Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional). Áreas de investigación: florística y ecología, etnobotánica y biotecnología.

Carlos Ernesto González Esquivel. Médico Veterinario Zootecnista por la Universidad Autónoma del Estado de México, doctor en Sistemas de Producción de Leche (Wye College, University of London). Áreas de investigación: evaluación de sustentabilidad, agricultura sustentable.

Envío a dictamen: 09 de febrero de 2007.

Reenvío: 15 de junio de 2007.

Reenvío: 07 de agosto de 2007.

Aprobación: 23 de agosto de 2007.