

La Agricultura Moderna: Impactos Ecológicos y la Posibilidad de una Verdadera Agricultura sustentable

Miguel Altieri

Department of Environmental Science, Policy and
Management

University of California, Berkeley

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

agricultura y la ecología era bastante fuerte y los signos de degradación ambiental eran raramente evidentes (Altieri 1995).

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

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

La Expansión de los Monocultivos

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

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

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

- a) La mayoría de los sistemas agrícolas a gran escala presentan una pobre estructura del ensamblaje de los componentes de la granja, con casi ninguna relación o complementariedad entre la empresa comercial y el suelo, los cultivos y los animales.
- b) Los ciclos de nutrientes, energía, agua y desperdicios se han vuelto más abiertos, en vez de cerrados como en los ecosistemas naturales. A pesar de la cantidad substancial de residuos de cosecha y feces producido en la granja, es cada vez más difícil el reciclar nutrientes, inclusive dentro de los sistemas agrícolas. Desperdicios de animales no pueden ser devueltos al suelo en un proceso de reciclaje de nutrientes porque los sistemas de producción están geográficamente remotos unos de otros para hacer posible la completación del ciclo. En muchas áreas, los desperdicios agrícolas se han convertido en una carga en vez de ser un recurso. El reciclaje de nutrientes desde los centros urbanos hasta los campos es igualmente difícil.
- c) Parte de la inestabilidad y susceptibilidad a las plagas de los agroecosistemas puede ser ligada a la adopción de extensos monocultivos, los cuales han concentrado recursos para los herbívoros especializados y han aumentado las áreas disponibles para la inmigración de plagas. Esta simplificación también ha reducido las oportunidades ambientales para los enemigos naturales. Consecuentemente, la explosión de plagas frecuentemente ocurre cuando un gran número de plagas

inmigrantes, poblaciones de insectos benéficos inhibidas, clima favorable y etapas vulnerables de los cultivos suceden simultáneamente.

d) Cuando cultivos específicos se expanden más allá de su espacio “natural” o áreas favorables hacia regiones de alto potencial de plagas o con limitada agua, o baja fertilidad del suelo, se requiere la intensificación del control químico para superar tales factores limitantes. Lo que se asume es que la intervención humana y el nivel de insumo energético que permitieron esta expansión pueden ser sostenidos indefinidamente.

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

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

La Primera Ola de Problemas Ambientales

La especialización de las unidades de producción no ha llevado a creer que la agricultura es un milagro moderno en la producción de alimentos. Sin embargo las evidencias indican que la excesiva dependencia de los monocultivos y los insumos agroindustriales, tales como las tecnologías de capital intensivo, pesticidas y fertilizantes químicos han impactado negativamente el Medio Ambiente y la sociedad rural. Muchos estudiosos del agro han asumido que la dicotomía agroecosistema/ecosistema natural no necesariamente lleva a consecuencias indeseables, sin embargo, desafortunadamente una serie de “enfermedades ecológicas” han estado asociadas a la intensificación de la producción de

comida. Estas puedan ser agrupadas en dos categorías: enfermedades del ecotopo, las cuales incluyen erosión, pérdida de fertilidad del suelo, deplesión de las reservas de nutrientes, salinización y alcalinización, polución de los sistemas de aguas, pérdida de tierras de cultivos fértiles debido al desarrollo urbano. Segundo, enfermedades del biocoenosis, las cuales incluyen pérdida de cultivos, plantas silvestres y recursos genéticos animales, eliminación de los enemigos naturales, reaparición de plagas y resistencia genética a los pesticidas, contaminación química y destrucción de los mecanismos de control natural. Bajo condiciones de manejo intensivo, el tratamiento de tales “enfermedades” requiere un incremento de los costos externos hasta tal punto que, en algunos sistemas agrícolas, la cantidad de energía invertida para producir un rendimiento deseado sobrepasa la energía cosechada (Gliessman 1977).

La pérdida de rendimiento en muchos cultivos debido a las plagas (que alcanza entre a un 20% al 30% en la mayoría de los cultivos), a pesar del incremento substancial en el uso de pesticidas (cerca de 500 millones de kilogramos de ingrediente activo a nivel mundial) es un sintoma de la crisis ambiental que afecta a la agricultura. Es bien sabido que plantas cultivadas en monocultivos genéticamente homogéneos no poseen los necesarios mecanismos ecológicos de defensa para tolerar el impacto de las explosiones de poblaciones de plagas. Agrónomos modernos han seleccionado cultivos de alto rendimiento y alta palatabilidad, haciéndolos más susceptibles a las plagas al sacrificar la resistencia natural por la productividad. Por otra parte, las prácticas agrícolas modernas afectan negativamente los enemigos naturales de las plagas, los que a su vez no encuentran los necesarios recursos ambientales y las oportunidades en los monocultivos

para efectivamente suprimir las plagas biológicamente. Debido a esta ausencia de controles naturales, los agricultores estadounidenses incurren cada año en una inversión de cerca de 40 billones de dólares en control con pesticidas, lo cual se estima que ahorra aproximadamente 16 billones de dólares en cultivos. Sin embargo, el costo indirecto del uso de pesticidas por los daños al medio ambiente y la salud pública deben ser balanceados contra estos beneficios. Basados en la información disponible, los costos ambientales (impacto sobre la vida silvestre, polinizadores, enemigos naturales, peces, aguas y desarrollo de resistencia) y el costo social (envenamiento y enfermedades) del uso de pesticidas alcanza cerca de 8 billones de dólares cada año (Pimental y Lehman 1993). Lo que es preocupante es que el uso de pesticidas está aumentando. Data proveniente de California muestra que de 1941 a 1995 el uso de pesticidas se incremento de 161 a 212 millones de libras de ingrediente activo. Estos incrementos no se deben a un aumento del área plantada, en la medida en que el área dedicada a los cultivos permaneció constante durante el periodo. Cultivos tales como las fresas y las uvas registran la mayor parte de este aumento, el cual incluye pesticidas tóxicos, muchos de los cuales están relacionados con el cáncer (Liebman1997).

Por otra parte, los fertilizantes han sido alabados por estar altamente asociados con el incremento temporal observado en muchos países en la producción de comida. Los promedios nacionales en la aplicación de nitratos a la mayoría de las tierras arables fluctúa entre 120 a 550 kilogramos de N por hectárea. Pero la bonanza creada al menos en parte a través del uso de fertilizantes, ha asociado, y frecuentemente ocultado, los costos. Una de las principales razones del porqué los fertilizantes químicos contaminan

el ambiente es debido a la aplicación excesiva y al hecho de que los cultivos los usan en forma ineficiente. el fertilizante que no es recuperado por el cultivo termina en el medio ambiente, mayormente en las aguas de superficie o en las aguas subterráneas. La contaminación por nitrato de las aguas está muy extendida y a niveles peligrosos en muchas regiones del mundo. En los Estados Unidos, se estima que más del 25% de los pozos de agua potable con contenidos de nitratos muy por encima del nivel de seguridad de 45 partes por millón. Tales niveles de nitratos son peligrosos para la salud humana y estudios han relacionado la ingerencia de nitratos con la metaemoglobinemia en los niños y con cánceres gástricos, cáncer a la vejiga y óseos en adultos (Conway y Pretty 1991).

Los nutrientes de los fertilizantes que caen a la agua de superficie (ríos, lagos, bahías) pueden promover la eutroficación, caracterizada inicialmente por una explosión en la población de alga fotosintética. Las explosiones de algas a su vez transforman las aguas en un color verde brillante, previniendo la penetración de la luz más allá de la superficie y consecuentemente matando los organismos que viven en el fondo. La vegetación muerta sirve de alimento para otros microorganismos acuáticos que pronto consumen el oxígeno del agua, inhibiendo la descomposición de los residuos orgánicos, que se acumulan en el fondo. Eventualmente, tal enriquecimiento de nutrientes en los ecosistemas de agua fresca llevan a la destrucción de toda la vida animal en los sistemas acuáticos. En los Estados Unidos se estima que cerca del 50% al 70% de todos los nutrientes que llegan al agua de superficie son derivados de los fertilizantes.

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

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

La Segunda Ola de Problemas Ambientales

A pesar de que la conciencia sobre el impacto de las modernas tecnologías en el medio ambiente aumenta, en la medida en que observamos la trayectoria de los pesticidas en la

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

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

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

- La tendencia sentada por las corporaciones es la de crear amplios mercados internacionales para un solo producto, creando así las condiciones para la uniformidad genética en el paisaje rural. La historia ha demostrado repetidamente que grandes extensiones plantadas con un solo cultivo son altamente vulnerables a nuevos patógenos y plagas.
- La diseminación de los cultivos transgénicos amenaza la diversidad genética al simplificar los sistemas de cultivos y al promover la erosión genética.
- Existe el potencial de una transferencia no intencional de transgenes hacia plantas de la misma familia con efectos ecológicos impredecibles. La transferencia de genes de los cultivos resistentes a los herbicidas hacia sus familiares silvestres o semidomesticados puede llevar a la creación de supermalezas.
- Lo más probable es que las plagas de insectos desarrollen resistencia rápidamente hacia cultivos con la toxina Bt. En pruebas de laboratorio y de campo se ha reportado el desarrollo de resistencia a la toxina Bt de muchas especies Lepidópteras, sugiriendo que muy posiblemente los mayores problemas de resistencia se desarrollarán en cultivos Bt, los cuales a través de la continua expresión de la toxina generan una fuerte presión selectiva.

- El uso masivo de la toxina Bt en los cultivos puede desencadenar interacciones potencialmente negativas que afecten los procesos ecológicos y a otros organismos. Evidencia de estudios conducidos en Escocia sugieren que los áfidos fueron capaces de secuestrar la toxina Bt y transferirla a sus predadores coccinellitos, afectando así la reproducción y la longevidad de los insectos benéficos.
- La toxina Bt también puede ser incorporada al suelo a través de los residuos orgánicos, donde éstos pueden permanecer de 2 a 3 meses, resistiendo su degradación al unirse a las partículas de greda del suelo, las cuales mantienen la actividad de la toxina afectando negativamente a los invertebrados y al ciclo de nutrientes.
- Otro riesgo potencial de las plantas transgénicas que expresan secuencias virales derivadas de la posibilidad de un nuevo genotipo generado por la recombinación entre AND genómico de virus infectantes y el AND transferidos de los transgenes.
- Otra importante preocupación ambiental asociada con el cultivo a gran escala de transgénicos resistentes a los virus se relaciona con la posible transferencia de los transgenes derivados de los virus a sus familiares silvestres a través del polen.

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

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

La Gama de Alternativas a la Agricultura Convencional

La reducción y especialmente la eliminación de los agroquímicos requiere de cambios mayores en el manejo de la agricultura para asegurar la provisión adecuada de nutrientes y el control de plagas. Como se vio hace algunas décadas, fuentes alternativas de nutrientes para mantener la fertilidad del suelo incluyen feces, **sewage sludge** y

desperdicios orgánicos y las legumbres en secuencia de cultivos. Los beneficios de las rotaciones se deben a la fijación biológica de nitrógeno y a la interrupción de los ciclos de los insectos, malezas y enfermedades. Una empresa de ganadería puede estar integrada con el cultivo de granos para proveer la producción de estiércol y para utilizar mejor los forrajes producidos. Los máximos beneficios de esta integración se pueden ver cuando el ganado, los cultivos y otros recursos de la granja están organizados en diseños de forma mixta y rotativa para optimizar la eficiencia de la producción, el ciclo de nutrientes y la protección del cultivo.

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

Cada vez más los investigadores están demostrando que es posible obtener un balance entre el medio ambiente, rendimientos sostenidos, fertilidad del suelo mediada biológicamente y control natural de plagas a través del diseño de agroecosistemas diversificados y el uso de tecnologías de bajo insumo. Muchas alternativas de sistemas de cultivos han sido probadas, tales como doble cultivo, cultivo de cobertura y cultivos mixtos, lo más importante es que ejemplos concretos de agricultores reales demuestran que tales sistemas llevan a la optimización del reciclaje de nutrientes y a la restitución de

materia orgánica, flujos cerrados de energía, conservación de agua y suelos y balance de las poblaciones de plagas y enemigos naturales. Esta agricultura diversificada utiliza la complementaridades que resultan de las varias combinaciones de cultivos, árboles y animales en arreglos especiales y temporales (Altieri 1995).

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

Barreras para la Implementación de Alternativas

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

autosuficiencia de alimentos, el preservar la base de recursos naturales, y el asegurar la equidad social y la viabilidad económica.

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

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

Similarmente, obstáculos para cambiar los sistemas de cultivos han sido creados por los programas comerciales gubernamentales implementados durante las últimas décadas. En esencia, estos programas han premiado el monocultivo **on their base feed grain** al asegurar a los productores un precio determinado para sus productos. Aquellos que no plantan la extensión designada de maíz y de otros cultivos subsidiados pierden un **deficit hectrage from their base**. Consecuentemente, esto creó una desventaja competitiva para aquellos que usan rotación de cultivos. Tal desventaja, por supuesto, exacerbó las dificultades económicas para muchos productores (Mc Isaac y Edwards 1994). Obviamente muchos cambios políticos son necesarios para poder crear un escenario económico favorable para prácticas de cultivo alternativas.

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

Conclusiones

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