



La Agroecología y su aporte a la conservación de los recursos naturales

El estudio de la agricultura ha sido siempre de particular interés para la humanidad. Desde las comunidades, que hace 10.000 años establecieron los primeros cultivos e iniciaron asentamientos permanentes, hasta el siglo XXI, en que la globalización es cada vez mayor, entender el funcionamiento de los sistemas agrícolas ha sido un objetivo prioritario para nuestras sociedades. Sin embargo, el interés para alcanzar dicho objetivo ha desembocado en diferentes enfoques para entender los procesos que explican la estructura, funcionamiento y, actualmente, la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos. El concepto clave, que guía el razonamiento metodológico y epistemológico en este análisis, es el de sostenibilidad. Se define la sostenibilidad como un enfoque integral y holístico hacia la producción de alimentos, fibras y forrajes que equilibra el bienestar ambiental, la equidad social, y la viabilidad económica entre todos los sectores de la sociedad, incluyendo a comunidades internacionales y a través de las generaciones. Inherente en esta definición es la idea de que la sostenibilidad tiene que extenderse no sólo globalmente, si no también por un tiempo indefinido (Gliessman, 2001a).

El sistema:

Si en un sistema no existen gradientes de calor o energía se dice que el sistema está en un equilibrio termodinámico (Haden, 2003). Sin embargo, todos los sistemas reales están en algún estado de desequilibrio termodinámico, o mejor dicho, no-equilibrio. En cualquier sistema la importación de energía a través de sus límites está dada por la exportación de entropía. La energía disponible en un sistema que condicione procesos de trabajo es una función del gradiente que existe entre el sistema y su medioambiente. La medición de la energía disponible en un sistema da como resultado cuán lejos del equilibrio termodinámico está el sistema con su entorno (Kay, 2000 citado por Haden, 2003). Dado que en los sistemas agrícolas se utilizan muchas fuentes de energía almacenada o concentrada que varían en cantidad y calidad, los sistemas agrícolas existen en un desequilibrio termodinámico.

La energía fluye a través del ecosistema natural como resultado de un complejo conjunto de interacciones tróficas, con ciertas cantidades disipadas en diferentes puntos y momentos a lo largo de la cadena alimenticia, y con la cantidad más grande de energía moviéndose finalmente por la ruta de los desechos (Odum, 1971).

Bajo las leyes de la perspectiva de los ecosistemas (Figura 1) los símbolos de productores representan a las plantas, y los símbolos de consumidores representan a los insectos, gusanos, microorganismos del suelo, y todo el reino animal (Odum, 2001).

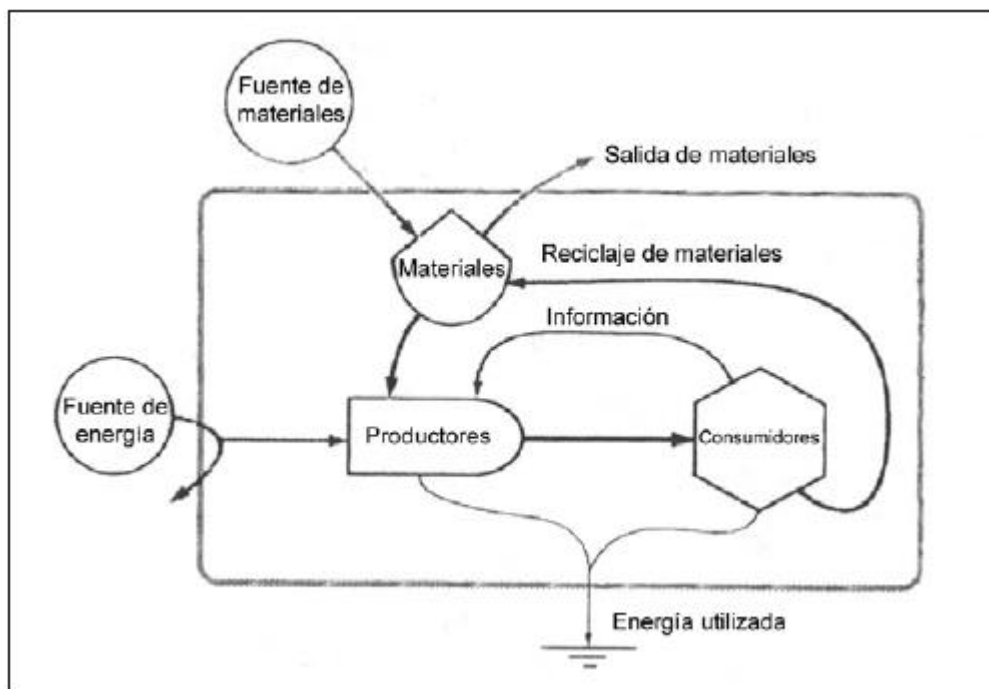


Figura 1. Diagrama genérico de cualquier ecosistema terrestre. (Fuente: modificado de Odum, 2001)

Los sistemas agrícolas son la principal fuente mundial de alimentos para la población. Estos sistemas, algunas veces llamados agroecosistemas, normalmente consisten de varias partes y procesos. Incluyen: un área de cultivo (con suelos formados por procesos geológicos y ecológicos previos), producción y equipamientos para siembra y cosecha, limpieza del terreno y zafra. Es necesario un mercado para comprar la producción y proveer el dinero para la adquisición de combustibles, fertilizantes, mercaderías y servicios que mantienen funcionando el sistema.

Un agroecosistema es un sistema en el que el ser humano actúa como administrador y consumidor. En un ecosistema salvaje los animales actúan como consumidores y administradores. Los organismos salvajes esparcen constantemente semillas e invaden el territorio de los agroecosistemas. Si los granjeros no controlasen los agroecosistemas con pesticidas, limpiando la tierra, arando y otros métodos, el ecosistema salvaje se restablecería por sí mismo. Las granjas pueden prosperar debido al valor de trabajo realizado previamente por el ecosistema salvaje en el desarrollo del suelo. La mayoría de los granjeros gradualmente agotan el suelo aunque este sea fertilizado (Odum, 1988).

Primitivamente, la agricultura de baja energía utilizó el trabajo humano y de animales de la granja sin combustible o maquinaria eléctrica. La agricultura intensiva moderna envuelve un gran flujo de combustible y maquinaria eléctrica; toma mucha energía el producir todos los bienes y servicios, así como también el procesamiento y transporte de productos. Este tipo de agricultura necesita más recursos para conseguir mayor rendimiento (productos producidos) por persona, por área, y por dólar. Una de las cuestiones más importantes de nuestro tiempo es saber si la agricultura será substituida por un sistema que use menos energía. Se predijo que esto podría suceder cuando combustibles y otros recursos sean insuficientes y requieran mucho trabajo para obtenerlos.

Dos siglos atrás, la mayoría de las propiedades eran altamente autosuficientes con operaciones familiares. Un granjero producía de acuerdo con la propia necesidad y solamente

Ing. Agr. Gustavo Giaccio – La Agroecología y su aporte a la conservación de los recursos naturales

2

vendía algunos productos. Ahora, la mayoría de las personas en las ciudades compran sus alimentos de mercados altamente diversificados. Estos mercados obtienen alimentos de muchas granjas intensivas diferentes, cada una de ellas especializada y con producción en masa de algunos productos para venta.

La agricultura intensiva "moderna" usa insumos de alto costo, tales como fertilizantes, maquinarias y pesticidas. No existen sistemas completamente autosuficientes. Sin embargo, hay un progresivo interés en volver a métodos menos intensivos usados antiguamente (Odum, 1988).

La producción anual del sistema se puede calcular en términos de productividad primaria neta o biomasa, con su contenido correspondiente de energía. En los agroecosistemas el flujo de energía se altera enormemente por la interferencia humana (Pimentel y Pimentel 1997). Aunque obviamente la radiación solar es la mayor fuente de energía para la agricultura, muchos de los insumos usados en el proceso se derivan de fuentes de manufactura humana que frecuentemente no son autosostenibles. Así, los agroecosistemas a menudo se convierten en sistemas a través de los cuales fluyen cantidades considerables de energía en forma de insumos como los fertilizantes o combustibles basados en petróleo que mueven las maquinarias. En algún momento del proceso de producción, esta energía se dirige hacia fuera del sistema en cada cosecha, no sólo en forma del producto principal, sea alimento o fibra, sino que también en forma de biomasa de tallos u hojas. Los agroecosistemas que funcionan simplemente como "transportadores de energía", como los descritos anteriormente, difícilmente pueden considerarse sostenibles y están bastante lejos de lograr sostenibilidad (Gliessman, et al. 2006).

En rigor, cualquier proceso de producción que incrementa el flujo de energía desde el ambiente hasta el producto, comparado con el sistema natural prístino, eleva el status energético del mismo, acelera procesos y arriesga la sustentabilidad intrínseca. Sobre esa base, los sistemas de producción agropecuaria vulneran la sustentabilidad ambiental, aunque el sistema mixto, con rotación de cultivos y procesos pastoriles, se identifica como un modelo aceptable de compromiso entre aprovechamiento e impacto ambiental (Viglizzo, E. F. 1994; Viglizzo, E.F. y Roberto, Z. 1997).

La agricultura aprovechó, desde sus inicios, la concepción tradicional del uso del ambiente natural como donante y fuente inagotable de insumos esenciales, movilizados a través de procesos tecnológicos altamente dependientes de energía fósil (Ghersa et al., 1997). Esa perspectiva aplicada a la definición de los planteos agrícolas, ha resultado en desiciones de producción basadas en contabilidades parciales de insumos, en extracción erosiva y consecuentemente en degradación ambiental (Viglizzo, E.F. y Roberto, Z. 1997; Casas et al., 1995; Senigallesi, C. 1991).

Expectativas de mayor margen económico, menor inversión de capital y resultados a corto plazo, provocaron la expansión de la agricultura de cosecha tanto en las zonas subhúmedas como hacia áreas antes consideradas marginales. Las tecnologías agrícolas incrementaron el potencial de rendimiento y la capacidad de adaptación de los cultivos a diversos ambientes (Viglizzo, E.F. y Roberto, Z. 1997). Aunque la degradación de los suelos y su pérdida de productividad ha sido descripta en varios sitios de la región pampeana (Casas et al., 1995), en la mayoría de los casos los posibles efectos erosivos, contaminantes o colaterales no están claramente dimensionados, socialmente internalizados ni regulados.

A pesar que los rendimientos de los cultivos han aumentado en las últimas décadas, con la tecnificación de la agricultura, la eficiencia energética (energía cosechada por unidad de energía utilizada) ha disminuido peligrosamente como en el caso de la producción de maíz en USA (Matera y Astier, 1993). Según Pimentel et al. (1990) desde el año 1700 hasta 1900 el incremento en el uso de la energía (principalmente fósil) aumentó 17 veces, mientras que, en el mismo período, los rendimientos del maíz aumentaron sólo 3 veces. Esto significa que cada vez se requiere más energía para producir aumentos en los rendimientos. En cierto

sentido, la agricultura moderna de altos insumos consiste en transformar la energía proveniente de los combustibles fósiles en alimentos o fibra.

Objetivo del trabajo: El desafío de una nueva extensión agropecuaria

Dentro del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), el grupo de extensión agropecuaria de la Chacra Experimental Integrada Barrow (convenio INTA-MAA), viene analizando su rol en el futuro (Báez, A. 2006).

El mantenimiento y aumento de la productividad de los sistemas agropecuarios, conjuntamente con la conservación de los recursos naturales son hoy uno de los mayores desafíos que deberá enfrentar la humanidad en las próximas décadas. Se requiere desarrollar una agricultura sostenible, que debería ser (Sarandón, S.J y Sarandón, R. 1993a):

1. Suficientemente productiva.
2. Económicamente viable y financieramente posible.
3. Ecológicamente adecuada (que conserve la base de recursos naturales y que preserve la integridad del ambiente a nivel local, regional y global).
4. Culturalmente aceptable y socialmente justa.
5. Técnicamente posible.

Sin embargo, debemos ser conscientes que, de acuerdo a los actuales criterios económicos, una producción puede ser "económicamente rentable" a pesar de ser ecológicamente inadecuada ya que los costos de producción no reflejan o incorporan el costo ecológico. Bajo este marco es posible producir de manera "económicamente rentable" deteriorando el capital ecológico, por ejemplo el suelo. Por todo lo expuesto hasta aquí surge que para el logro de una agricultura sostenible se requiere un manejo diferente de los sistemas agropecuarios que contemple todos estos aspectos, que pueden resumirse en los siguientes puntos (Sarandón, S.J y Sarandón, R. 1993b):

- Una producción eficiente y rentable (considerando el costo ecológico) con énfasis en mejores técnicas de manejo y conservación de suelos, agua, energía y recursos biológicos.
- Una disminución del riesgo debido a fluctuaciones ambientales (bióticas y abióticas) o de mercado. Lograr una mayor estabilidad en el tiempo.
- Un uso o degradación de los recursos naturales renovables a un ritmo menor o igual a su tasa de reposición.
- Un uso o explotación de los recursos no renovables a un ritmo menor o igual al de la tasa de desarrollo de tecnologías alternativas.
- Un aumento en la biodiversidad de los sistemas productivos.
- Una menor dependencia del uso de insumos externos (combustibles fósiles, plaguicidas, fertilizantes sintéticos, etc.).
- Un uso más eficiente de la energía.
- Un mayor aprovechamiento de procesos naturales en la producción agrícola (reciclaje de materia orgánica y nutrientes, fijación de nitrógeno y relaciones depredador-presa).
- Una eliminación o disminución del daño al ambiente y/o a la salud de agricultores y consumidores.
- Un ajuste de los sistemas de cultivo a la productividad potencial y a las limitantes físicas, económicas y socioculturales de los agroecosistemas.
- Un control de plagas y enfermedades basado principalmente en el uso de recursos locales sin agredir el medio ambiente.
- Tecnologías que sean cultural y socialmente aceptables.

Este tipo de manejo permite diseñar sistemas más estables y con menores riesgos financieros. La diversificación puede también reducir las presiones económicas producidas por un aumento en el uso de pesticidas, fertilizantes, y otros insumos, caídas de precio en el

mercado y de algunas regulaciones que afectan la disponibilidad de ciertos insumos. Esta nueva agricultura requiere, un mayor y mejor conocimiento de los componentes del agroecosistema y de las interrelaciones entre ellos. Sin embargo, tradicionalmente se ha orientado la investigación y enseñanza, hacia una agricultura de altos insumos, intensiva en capitales y en tecnología enfocando a los componentes individuales (cultivo, maleza, plaga o nutriente) y no al sistema ecológico sobre el cual se aplican estas tecnologías (Altieri, M. 1991).

Los principios de la agroecología:

La agroecología se perfila hoy como la ciencia fundamental para orientar la conversión de sistemas convencionales de producción (monocultivos dependientes de insumos agroquímicos) a sistemas más diversificados y autosuficientes (**Figura 2**).

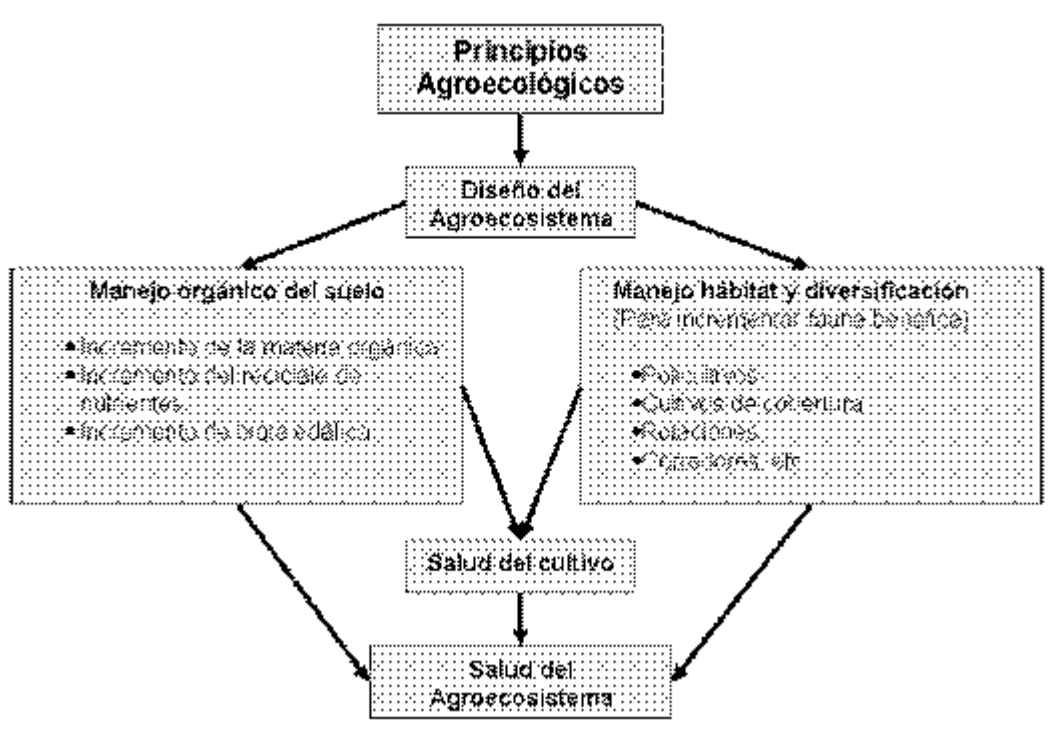


Figura 2. Pilares agroecológicos de la conversión. (Fuente: Altieri y Nicholls, 2007)

Para esto, la agroecología utiliza principios ecológicos que favorecen procesos naturales e interacciones biológicas que optimizan sinergias de modo tal que la agrobiodiversidad sea capaz de subsidiar por si misma procesos claves tales como la acumulación de materia orgánica, fertilidad del suelo, mecanismos de regulación biótica de plagas y la productividad de los cultivos (Gliessman, 1998). Estos procesos son cruciales pues condicionan la sustentabilidad de los agroecosistemas. La mayoría de estos procesos se optimizan mediante interacciones que emergen de combinaciones específicas espaciales y temporales de cultivos, animales y árboles, complementados por manejos orgánicos del suelo (**Figura 3**).

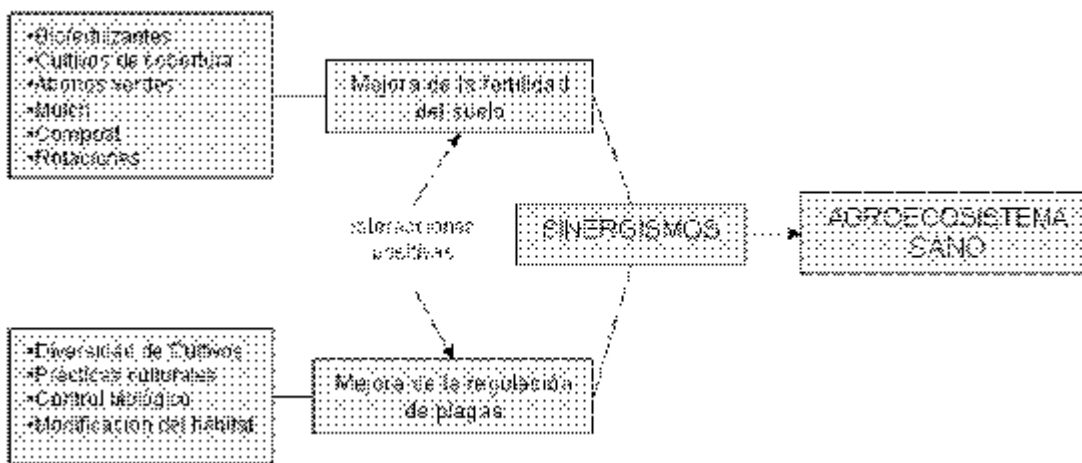


Figura 3. Sinergismos potenciales entre la gestión orgánica de la fertilidad de suelos y el manejo ecológico de plagas. (Fuente: Altieri y Nicholls, 2007).

Las estrategias de diversificación agroecológica tienden a incrementar la biodiversidad funcional de los agroecosistemas: una colección de organismos que juegan papeles ecológicos claves en el agroecosistema. Las tecnologías promovidas son multifuncionales en tanto su adopción implica, por lo general, cambios favorables simultáneos en varios componentes y procesos agroecológicos. Por ejemplo, los cultivos de cobertura funcionan como un sistema multifuncional al actuar simultáneamente sobre procesos y componentes claves: incrementan la entomofauna benéfica, activan la biología del suelo, mejoran el nivel de materia orgánica y con eso la fertilidad y la capacidad de retención de humedad del suelo, mas allá de reducir la susceptibilidad a la erosión (Altieri, 1995).

El proceso de conversión de sistemas convencionales caracterizados por monocultivos con alta dependencia de insumos externos a sistemas diversificados de baja intensidad de manejo es de carácter transicional y se compone de tres fases (Gliessman, 1998):

1. Eliminación progresiva de insumos agroquímicos mediante la racionalización y mejoramiento de la eficiencia de los insumos externos a través de estrategias de manejo integrado de plagas, malezas, suelos, etc.
2. Sustitución de insumos sintéticos por otros alternativos u orgánicos.
3. Rediseño de los agroecosistemas con una infraestructura diversificada y funcional que subsidia el funcionamiento del sistema sin necesidad de insumos externos sintéticos u orgánicos.

A lo largo de las tres fases se guía el manejo con el objetivo de asegurar los siguientes procesos (Altieri, 1991):

- Aumento de la biodiversidad tanto sobre como debajo del suelo.
- Aumento de la producción de biomasa y el contenido de materia orgánica del suelo.
- Disminución de los niveles de residuos de pesticidas y la pérdida de nutrientes y agua.
- Establecimiento de relaciones funcionales y complementarias entre los diversos componentes del agroecosistema.

Optima planificación de secuencias y combinaciones de cultivos y animales, con el consiguiente aprovechamiento eficiente de recursos locales.

La mayoría de las prácticas que promueven los entusiastas de la agricultura sustentable caen en las fases 2 y 3. Aunque estas dos fases ofrecen ventajas desde el punto de vista económico al reducir el uso de insumos agroquímicos externos y porque tienen un menor impacto ambiental, estos manejos dejan intacta la estructura del monocultivo y no conducen a que los agricultores realicen un rediseño productivo de sus sistemas (Power, 1999). En

realidad, ambas fases contribuyen poco para que los agricultores evolucionen hacia sistemas alternativos autorregulados. En la mayoría de los casos el MIP se traduce en “manejo inteligente de pesticidas”, ya que consiste en un uso más selectivo de pesticidas de acuerdo a umbrales económicos pre-establecidos, pero que las plagas usualmente superan bajo condiciones de monocultivo.

Por otra parte la sustitución de insumos, sigue el mismo paradigma de la agricultura convencional en la que el objetivo es superar el factor limitante, aunque esta vez se realiza con insumos alternativos y no agroquímicos. Este tipo de manejo ignora el hecho de que el factor limitante (una plaga, una deficiencia nutricional, etc.) no es más que un síntoma de que un proceso ecológico no funciona correctamente, y que la adición de lo que falta, hace poco por optimizar el proceso irregular. Es claro que la sustitución de insumos ha perdido su potencial agroecológico, pues no va a la raíz del problema sino al síntoma.

El rediseño predial, por el contrario, intenta transformar la estructura y función del agroecosistema al promover diseños diversificados que optimizan los procesos claves. La promoción de la biodiversidad en agroecosistemas es la estrategia clave en el re-diseño predial, ya que la investigación ha demostrado que (Power, 1999):

Una mayor diversidad en el sistema agrícola conlleva a una mayor diversidad de biota asociada.

La biodiversidad asegura una mejor polinización y una mayor regulación de plagas, enfermedades y malezas.

La biodiversidad mejora el reciclaje de nutrientes y energía.

Sistemas complejos y multiespecíficos tienden a tener mayor productividad total.

En la medida que más información sobre las relaciones entre biodiversidad, procesos ecosistémicos y productividad derivados de estudios en una variedad de agroecosistemas emerge, mayores elementos para el diseño agroecológico serán disponibles para mejorar la sustentabilidad de los agroecosistemas y la conservación de recursos.

El objetivo final de los investigadores que desarrollan y promueven técnicas de manejo orgánico, es llegar a diseñar agroecosistemas que posean una alta resistencia a plagas y enfermedades, una alta capacidad de reciclaje y de retención de nutrientes, así como altos niveles de biodiversidad (Gliessman, 1998). Un sistema más diversificado, con un suelo rico en materia orgánica y biológicamente activo se considera un sistema no degradado, robusto y productivo. En otras palabras, un agroecosistema rico en biodiversidad, la cual, a partir de una serie de sinergismos, subsidia la fertilidad edáfica, la fitoprotección y la productividad del sistema, se dice ser sustentable o saludable (Glissman, 1998).

Esta conversión se logra enfatizando dos pilares agroecológicos claves: la mejora de la calidad del suelo y la diversificación del agroecosistema, ya que la integridad del agroecosistema depende de las sinergias entre la diversidad de plantas y el funcionamiento continuo de la comunidad microbiana del suelo, sustentada por un suelo rico en materia orgánica. Phelan et al., (1995) enfatizan la necesidad de considerar otros mecanismos cuando se examina los vínculos entre el manejo de la fertilidad y la susceptibilidad de los cultivos a los insectos plaga. Sus estudios demuestran que la preferencia de oviposición de los insectos defoliadores por ciertas plantas puede estar mediada por las diferencias en el manejo de la fertilidad del suelo.

Por lo tanto, los bajos niveles de plagas reportados extensamente en los sistemas orgánicos pueden, en parte, deberse a la resistencia de las plantas a las mismas, relacionada con diferencias bioquímicas o de nutrientes minerales en los cultivos bajo tales prácticas de manejo. En efecto, estos resultados proveen una evidencia interesante para apoyar la idea de que el manejo adecuado y prolongado de la materia orgánica del suelo puede inducir una mayor resistencia de las plantas a los insectos plaga.

Por otro lado un manejo adecuado de la biodiversidad por encima del suelo, conlleva al establecimiento de la infraestructura necesaria que provee los recursos (polen, néctar,

presas alternativas, refugio, etc.) para una óptima diversidad y abundancia de enemigos naturales. Estos recursos deben integrarse en el paisaje agrícola de una manera espacial y temporal que sea favorable para los enemigos naturales y, por supuesto, que sea fácil de implementar por los agricultores. El éxito depende de: a) la selección de las especies vegetales más apropiadas, b) la entomofauna asociada a la biodiversidad vegetal, c) la manera como los enemigos naturales responden a la diversificación y d) la escala espacial a la cual operan los efectos reguladores de la manipulación del hábitat.

La relación entre la biodiversidad por encima y por debajo del suelo es actualmente una área de activa investigación. Un estudio demostró que la actividad de los organismos por debajo del suelo puede afectar el fenotipo de la planta, induciendo la tolerancia de plantas a herbívoros y patógenos (Blouin et al., 2005).

Este tipo de estudios que realizan un análisis integrado del agroecosistema, mejora progresivamente nuestra comprensión del papel de la biodiversidad en la agricultura, y las relaciones ecológicas entre componentes biológicos por encima y por debajo del suelo. Tal entendimiento constituye un paso clave hacia la construcción de una estrategia innovadora y verdaderamente agroecológica de conversión que combina la diversificación de cultivos y el mejoramiento orgánico del suelo (Altieri, 1995).

Malezas: manejo y transgénicos

El manejo de las malezas en los cultivos no se limita a la aplicación de herbicidas sino que integra los resultados de estudios sobre la ecología de malezas en el diseño de estrategias más eficaces y eficientes de control (Ghersa et al., 1997).

En el caso de las malezas debe tenerse en cuenta que, además de la competencia que ejercen sobre el cultivo, cumple otros roles en el sistema como descompactar el suelo, crear canales subterráneos, captar el exceso de nutrientes solubles en el agroecosistema que, de no ser por ellas, se lixiviaría ocasionando contaminación en las napas de agua y, cumplen la función de albergue de la fauna benéfica. Es por ello que, solo cuando el efecto de la competencia supere a los otros efectos, deberá pensarse en alternativas de control (Sarandón, S.J. 2000).

El efecto de las malezas aumenta con su densidad (Cousens et al., 1984). Hay evidencias que el arreglo espacial de las plantas del cultivo puede influenciar la competencia; si bien es aceptado que el efecto de la densidad es de mayor importancia. La reducción de la distancia entre hileras en los cultivos de maíz, soja y girasol contribuiría a aumentar la habilidad competitiva contra las malezas. Las tendencias actuales coinciden en señalar como ventajosos los sistemas de cultivo que buscan una distribución equidistante entre las plantas. De ésta manera, se logra antes el IAF crítico que es el que intercepta el 95 % de la radiación y posibilita obtener la máxima tasa de crecimiento del cultivo, tal como fue demostrado por Shibles y Weber (1966). La siembra de cultivos con menor distancia entre surcos posterga la iniciación de la competencia entre plantas del cultivo (intraespecífica) situadas sobre la misma hilera. Esto produce un mejor desarrollo de las mismas y una más rápida cobertura del terreno, factor que asegura una buena capacidad competitiva inicial del cultivo por luz y factores edáficos.

La biotecnología está aportando más herramientas para mejorar el control de malezas en cultivos, ya sea mediante la incorporación de herbicidas que no eran selectivos en los mismos hasta el momento, o mediante la introducción de aquellos activos que no presentan selectividad sobre ningún tipo de plantas. Ante ésta situación, podría pensarse que el control de malezas está resuelto. Sin embargo, quedan incógnitas que serán develadas en el futuro, como por ejemplo: el uso continuo de éstos herbicidas, ¿producirá un cambio en la flora favoreciendo especies o biotipos con tolerancia a los mismos? (Andrade, 2000).

Pérdida de variabilidad genética

Es uno de los graves problemas a afrontar. De las cerca de 80.000 plantas comestibles que se considera que existen, sólo se usan unas 200, y únicamente 12 son alimentos básicos importantes de la humanidad (FNUAP, 1991). Esto se ve agravado por el hecho de que, en varios países se utilizan sólo unas pocas variedades (las más "exitosas") en amplias superficies, ampliando la fragilidad del sistema y el riesgo de que el ataque de una plaga ó patógeno pueda provocar efectos devastadores en la producción de alimentos.

Un estudio efectuado en USA en 88 híbridos de maíz, identificó 49 de ellos como genéticamente idénticos mientras que los otros 39 se agruparon en 6 categorías que las técnicas utilizadas fueron incapaces de separar (Smith, 1988). Lo mismo sucede con el ganado ya que en USA el 90 % del ganado lechero es de la raza Holstein y de los 100 toros que se usan para inseminación artificial, la mitad son hijos de los 10 mejores de la generación anterior (US Office of Teach Assessment, 1987).

En lo que respecta a semillas, en el caso de soja, casi el 100 % de lo que se siembra en nuestra zona es transgénica, de tipo RR, lo que ha ocasionado que su biodiversidad se redujera drásticamente, determinando alta susceptibilidad a plagas y enfermedades, provocando además un control innecesario de malezas en momentos en que ella no compite con el cultivo y en lugares que no lo afectan, como bordes de alambrados, originando pérdidas de sitios de refugio y alimentación de predadores o enemigos naturales de ciertas plagas y uniformidad genética de los cultivares (Sarandón, S.J. 2000).

Como una medida del peligro de la uniformidad genética sobre la fragilidad de los agroecosistemas, basta recordar los casos de los cultivos de papa en Irlanda en el siglo XIX y de maíz en USA en 1970 y 1971, donde grandes superficies cultivadas con unas pocas variedades muy susceptibles fueron destruidas por fitopatógenos. La falta de variabilidad genética restringe a su vez las fuentes potenciales de resistencia a plagas, enfermedades y adaptación a condiciones desfavorables (Sarandón, S.J. 1998).

Policultivos

El manejo de policultivos requiere del diseño de la combinación espacial y temporal de cultivos en un área. Existen muchos posibles arreglos de cultivos en una superficie, cada uno genera diferentes efectos sobre las poblaciones vegetales y animales presentes en el área (plantas de diferentes cultivos, malezas, insectos). A pesar de que en climas templados éstos sistemas son muy poco utilizados, en varias partes del mundo los policultivos son un componente común del manejo de los agroecosistemas, especialmente como una tecnología de bajos insumos (Bathnagar & Davies, 1981).

El aumento en la diversidad de cultivos tiene múltiples consecuencias positivas sobre los agroecosistemas, tales como una menor fragilidad ecológica, o una menor dependencia de insumos o una mayor estabilidad de los sistemas. Además, puede ser una interesante alternativa para la conservación in situ de la biodiversidad (Sarandon, S. 2002).

Sin embargo, el manejo exitoso de estos sistemas depende de numerosos factores como genotipos, especies, ciclos de los cultivos, distancias, arquitectura vegetal y patrones de siembra (franjas, surcos, al azar), densidades, recursos limitantes, grado de mecanización y nivel de insumos utilizados (riego, fertilizantes, etc.).

El diseño y manejo de policultivos no es una tecnología sencilla ni responde a una serie de recetas. Por lo tanto, es fundamental hacer esfuerzos para una mejor comprensión de los principios ecológicos que explican el funcionamiento de estos sistemas en relación con plagas, enfermedades y malezas o en el uso de recursos. Por otro lado, es importante conocer la posibilidad de generalizar los resultados o evaluar la especificidad de los mismos. La posibilidad de generalización de resultados es importante, sobre todo para las empresas que pueden desarrollar genotipos adecuados para su uso en policultivos. Sin embargo, el desarrollo de estos sistemas también puede estar basado en el conocimiento que los

agrónomos y productores tengan sobre la potencialidad y capacidad combinatoria de los materiales de uso local. Si se quiere alcanzar una agricultura sustentable, el análisis de estos sistemas debe hacerse desde un punto de vista holístico y sistémico, y pensando en el largo plazo.

Un análisis de las perspectivas que presenta esta alternativa debe tener en cuenta que, por muchos años, la investigación y el desarrollo agrícola ha estado enfocado en seleccionar genotipos que funcionan bien bajo condiciones de monocultivo y, muchas veces, sin limitaciones de recursos. No se han hecho esfuerzos importantes en seleccionar genotipos que tengan un buen comportamiento en mezclas, bajo condiciones de bajos insumos. La existencia en la literatura de varios casos exitosos en este sentido, sugiere, sin embargo, la potencialidad del uso de policultivos como una estrategia adecuada para el desarrollo de agroecosistemas sustentables (Sarandón, S. 2002).

El uso asociado del árbol y/o arbusto con los cultivos de corto período vegetativo, es una práctica agroecológica que ofrece múltiples beneficios. Las funciones que cumplen dichas prácticas son: mejoramiento del microclima; disminución del riesgo de heladas; protección contra la erosión eólica; control de la erosión hídrica favoreciendo la recarga del acuífero; incremento de la fertilidad natural del suelo; albergue de aves, pequeños mamíferos e insectos, promoviendo la biodiversidad y el desarrollo de enemigos naturales que favorecen el control biológico de plagas (Reynel & Felipe-Morales, 1987).

Incluir en los bordes de los lotes la forestación, conectada a corredores de vegetación nativa es una alternativa de alto impacto en el control biológico de plagas (Carmona, D. 2006). La escasa cultura forestal del productor de la región pampeana le impide incorporar a la misma como un negocio adicional, generador de riquezas económicas desde el punto de vista de la producción y del servicio ambiental. La actividad forestal en la región tiene un importante potencial de desarrollo. Esto está determinado no solo por la disponibilidad de tierras para uso forestal que no compiten con la superficie agrícola, sino también por los interesantes crecimientos detectados en las plantaciones ya establecidas, que con un manejo apropiado, incrementarían su productividad actual. Además, la actividad forestal cuenta con mecanismos de incentivos nacionales y provinciales que comprenden el subsidio de una gran parte de los costos de implantación y de ciertas actividades de manejo. A esto se le suma la posibilidad de contar con la exención de ciertos gravámenes impositivos. La región pampeana, presenta características que la enmarcan dentro de las "bien posicionadas" para participar de los proyectos MDL (Mecanismos de Desarrollo limpio). La obtención de un pago por créditos de C mediante el MDL podría incentivar la producción forestal elevando la rentabilidad de los proyectos que además plantean beneficios en términos ambientales (de reducción de la erosión eólica y protección de cuencas) y socioeconómicos (creación de empleo y promoción de actividades foresto-industriales en la zona de implantación) (Nakama, V et al., 2003). En Balcarce, la ventaja en rendimiento del intercultivo en franjas de maíz-soja resultó del aumento en el rendimiento del surco de bordura de maíz. Los efectos de borde del intercultivo sobre el rendimiento de ambas especies se atribuyen a la diferente habilidad competitiva de las mismas, y en particular al desfase temporal que existe en sus respectivos periodos críticos para la determinación del rendimiento (Andrade et al., 2000).

Rotaciones y labranzas:

Una rotación de cultivos es la plantación ó la siembra sucesiva de diferentes cultivos en el mismo terreno. Los efectos de la rotación de cultivos sobre la interrupción de los ciclos biológicos de enfermedades y artrópodos ha sido bien establecida por Francis y Clegg, 1990. Las características más sobresalientes de las rotaciones de cultivos son (Studdert y Echeverría, 2000):

permite combinar cultivos con distintas estrategias y momentos de utilización de recursos (por ejemplo leguminosas que fijan nitrógeno, pasturas con sistemas radicales densos, etc.),

que presenten otras características que incidan sobre el suelo o las plantas (por ejemplo especies que generen alelopatía, etc.),

posibilitan el manejo de la cantidad y la calidad de los productos exportados del sistema de producción y de los residuos que se restituyen al suelo, intervienen en la dinámica y control de malezas, plagas y patógenos, inciden directamente sobre erosión, y sobre las propiedades del suelo, significan una diversificación de la producción que da al sistema una mayor versatilidad y resistencia frente a contingencias ambientales y a cambios económicos-financieros.

Por otra parte, diversos estudios indican que en las rotaciones de cultivos, se producen en el suelo modificaciones microbiológicas y bioquímicas, entre estas se puede mencionar que se producen y mantienen permanentemente mayores niveles de biomasa microbiana (McGill et al., 1986) y actividad enzimática en el suelo que en las secuencias de cultivos en que hay limitadas rotaciones o monocultivos (Khan, 1970; Dick, 1984).

En otros trabajos se ha encontrado que la adición de abonos verdes (*Pisum arvense*) a sistemas de producción de trigo en períodos de 30 años causó un significativo aumento en la actividad de las enzimas ureasa, fosfatasa, deshidrogenasa y de la biomasa microbiana (Bolton et al., 1985).

También se han comparado sistemas de rotación respecto a otros que recibían estiércol o fertilización convencional, encontrándose en las rotaciones altas cuentas bacterianas, aún mayores que en los otros sistemas (Martinuk and Wagner, 1978).

En el caso de hongos las cuentas han sido generalmente bajas en los sistemas en rotación, comparado con los que recibieron fertilización NPK o estiércol, también se observó en la rotación de cultivo un descenso del nivel del género *Fusarium*. La rotación de cultivos aparentemente es capaz de soportar mayor biodiversidad y en estas condiciones, se ha encontrado una disminución del género *Fusarium* (Martinuk and Wagner, 1978).

En el caso de rotaciones que incorporan praderas -además de mejorar las propiedades físicas y químicas de los suelos-, permite la reducción de la población de malezas a través de la competencia y exclusión de ellas por especies forrajeras de mayor vigor, así como a través de la remoción directa de las plantas por el pastoreo del ganado o por el corte para conservación (Venegas, R. 1990).

Diferentes especies de cultivos compiten o suprimen el crecimiento de malezas en diversos o variados grados. Entre los cereales esto es comúnmente visto: la avena (*Avena sativa*) por ejemplo tiene una alta competitividad con las malezas en comparación al trigo (*Triticum aestivum*). De ésta manera, puede ser incluida tardíamente en la secuencia de cultivos; el sorgo, por ejemplo, es capaz de generar un fuerte efecto alelopático que ha sido probado en laboratorio y en bioensayos, estableciéndose la existencia de sustancias tóxicas que pueden evitar el crecimiento de otros cereales como trigo, cebada, avena y maíz (Yankov, 1984; Guenzi et al. 1967; citados por Venegas, R. 1990). Las fabáceas de grano tienen poca habilidad para competir (Venegas, R. 1990).

Los efectos generados por los sistemas de cultivo sobre la disponibilidad de nutrientes se centran fundamentalmente en la dinámica de los elementos de baja residualidad y en particular del nitrógeno. La característica distintiva de éste es su naturaleza extremadamente dinámica que incluye procesos de pérdidas, ganancias y transformaciones en el suelo ante los cambios producidos por las prácticas de manejo.

El cultivo de trigo, es el que mayor superficie ocupa en el centro-sudeste de la provincia de Buenos Aires y es uno de los más sensibles a los cambios en el suelo debido al manejo, permitiendo visualizar los efectos de maíz, girasol y soja como cultivos antecesores. Los años transcurridos desde el comienzo de un ciclo agrícola afectan la capacidad del suelo para proveer nitrógeno y con ello los rendimientos del trigo (Studdert y Rizzalli, 1994). Los cultivos inmediatamente antecesores afectan el rendimiento del trigo a través de su efecto sobre la disponibilidad de nitrógeno (Echeverría et al., 1992; Lázaro, 1996).

Se entiende por labranza o laboreo a toda manipulación del suelo con el fin de alterar su condición (Schafer y Johnson, 1982). A través del laboreo se pretende: modificar el ambiente del suelo desde el punto de vista físico, químico y biológico, atendiendo a los requerimientos de los cultivos, manejar la forma en que se restituyen los residuos de cosecha y de la cobertura del suelo, reducir la posibilidad de degradación del suelo, intervenir en la dinámica de malezas, plagas y patógenos como elemento clave de las estrategias de control integrado, manejar la eficiencia de uso de recursos naturales e insumos.

La diversidad de herramientas desarrolladas para alcanzar tales metas, brinda una amplia gama de alternativas. No obstante, el uso inadecuado o inoportuno de los implementos de labranza, repercutirá en el sistema de producción por provocar alteraciones indeseadas en el suelo (Studdert y Echeverría, 2000).

Los efectos de las rotaciones son complementados por los logrados por las labranzas. Las interacciones entre los efectos de corto y largo plazo entre rotaciones, labranzas y otras prácticas (por ejemplo fertilización o riego) son tan estrechas y complejas que es generalmente difícil separarlos y analizarlos individualmente. Es por ello que resulta preferible hablar de sistemas de cultivo más que de las prácticas aisladas, ya que este término las incluye a todas, con sus interacciones dentro del contexto general del sistema de producción (Studdert y Echeverría, 2000).

Enfermedades:

La rotación de cultivos es una eficiente estrategia de control de enfermedades cuyos patógenos tienen baja capacidad para competir como saprofitos en el suelo (*Verticillium dahliae*, *Fusarium solani*). También es eficiente para controlar aquellas enfermedades, cuya fuente de inóculo en restos vegetales sobre la superficie del suelo, se agota rápidamente (Cancro del tallo de la soja). Si la enfermedad depende de una fuente de inóculo externa, el valor de las rotaciones como medida de control es nulo (mal de Río Cuarto) o restringido (podredumbre húmeda del capítulo en girasol) (Escande, A.R. 2000).

Los trabajos de Chaboussou indican que dependiendo de la nutrición de los vegetales se producirán alteraciones del medio interno de ellos, lo que determinaría modificaciones en la susceptibilidad frente a plagas y enfermedades. Como ejemplo de ello se ha observado que los cultivos orgánicos no sufren con tanta intensidad de plagas y enfermedades. Esto se debería a que los niveles de nitrógeno disponible en suelos manejados orgánicamente, no permiten una absorción excesiva de nitrógeno por la planta.

Se ha reportado un aumento en las enfermedades, en la medida que se incrementa el nitrógeno de los cultivos (Chaboussou 1972 y 1985), citado por Lamkin, 1990. Por otra parte, se ha encontrado correlación positiva entre, la cantidad de nitrógeno aplicada y el incremento de plagas que atacan los vegetales (Shüler, 1990).

Efectos de los agroquímicos sobre la salud humana

En cuanto a la salud, ésta deberá enfrentar por mucho tiempo (décadas, centurias, milenios tal vez) los efectos deletéreos de los venenos agroquímicos sobre el ambiente y los animales que formamos parte de él. Desde la posibilidad de vivir en un medio saludable, es posible pensar a este como un organismo vivo, individual, constituido por la sumatoria de todos los seres vivos que lo componen. De allí resulta que sostener la salud del medio ambiente es, en definitiva, sostener la salud de todos. El agricultor va a entender tarde y mal que la ecuación económica de la soja no se sustenta en el tiempo y va dejar secuelas terribles sobre los campos y sobre su propia familia que hoy mira con desconfianza y hasta con burla a quienes tratamos de informarlo sobre los peligros que se ciernen sobre sus cabezas. La Organización

Mundial de la Salud (OMS) estima que cada año se producen 25 millones de intoxicaciones por venenos agroquímicos y alrededor de 20.000 muertes provocadas por ellas, calculándose que el 99% ocurren en las naciones en desarrollo. Desde el año 1995, en que se aprueba la soja transgénica y se produce su extraordinario crecimiento en cuanto a superficie sembrada, comienzan a hacerse notar enfermedades vinculadas a la gestación, y a diversos tipos de cáncer cuya frecuencia es llamativa (Gianfelice, 2006).

Cada año, un millón de personas se intoxican en forma accidental por el uso de pesticidas (PNUMA, 1990). Este riesgo es mucho más elevado en la población rural expuesta permanentemente al contacto con los plaguicidas que en el resto. Un estudio hecho en Kansas, USA, encontró que los trabajadores rurales expuestos a herbicidas tenían 6 veces más probabilidades de contraer un tipo de cáncer que los trabajadores no rurales (Hoar et al. 1986) y en Nebraska, quienes manipulaban el herbicida 2,4-D tuvieron 3 veces más riesgo de contraer ese cáncer (Hoar et al. 1988).

Además de los efectos sobre la población relacionada directamente con las actividades agropecuarias, el uso de plaguicidas pone en peligro la salud de los consumidores de estos productos, lo que está siendo percibido cada vez con más claridad por la opinión pública. Análisis efectuados por el Laboratorio del Mercado Central de la Ciudad de Buenos Aires, durante 1988 y 1989, mostraron que el 29,5 y el 14,2 por ciento de las muestras de papa y apio respectivamente, presentaban restos de plaguicidas superiores a los niveles tolerables, por lo que debieron ser consideradas no aptas para el consumo (Limongelli et al. 1991).

La contaminación de las aguas es, probablemente, el mayor efecto ambiental de la agricultura. En USA, se considera a la agricultura como la causante de la mayor parte de la polución sobre los cursos de agua superficiales, arroyos, lagos, embalses y ríos. Existen evidencias de contaminación de las aguas destinadas a consumo con plaguicidas y/o con derivados de fertilizantes (como los nitratos), sobre todo en países desarrollados donde se hace un mayor consumo de agroquímicos (Newbould, 1989).

En trabajos realizados en el partido de Tres Arroyos, en cultivo de maíz, la concentración de NO₃⁻ en las parcelas fertilizadas fue generalmente superior al nivel permitido para el agua de consumo humano (Zamora, 2004).

Trayectoria ambiental a escala regional: Intervención humana y presiones de uso:

Los biomas de la pradera pampeana son los que más transformaciones han sufrido a causa de la intervención humana. Los sistemas agrícolas y ganaderos de la región han co-evolucionado en el tiempo. En general, la agricultura extensiva de principios del siglo XX fue acompañada por una ganadería extensiva, de baja productividad y bajo impacto ambiental. A mediados de aquel siglo, proliferó una agricultura más tecnificada, en estrecha rotación con una ganadería semi-intensiva. Esto dio lugar al tradicional planteo mixto agrícola-ganadero integrado, que se impuso en gran parte de la pradera pampeana. La situación cambió a fines del siglo XX y principios del XXI: aquel sistema fue sustituido, en parte, por uno en el cual la agricultura y la ganadería se desacoplaron y se especializaron individualmente, dentro un planteo aún más intensivo (Viglizzo et al., 2001). La agricultura se adecuó a un paquete tecnológico simplificado y de alta productividad, integrado por cultivos transgénicos, siembra directa, mayor uso de fertilizantes y plaguicidas y, en menor medida, agricultura de precisión (Satorre, 2005; Martínez-Ghersa y Ghersa, 2005). La ganadería también se intensificó (particularmente, en la Pampa Ondulada) y siguió patrones y esquemas de producción más cercanos a los industriales que a los agropecuarios tradicionales. No es sorprendente, entonces, que los feed-lots y otros sistemas ganaderos intensivos tengan una presencia creciente en áreas agrícolas. Este sistema simplificado no incluye el concepto de manejo integrado de plagas y malezas, el cual tiene un fuerte sustento en la diversificación y la rotación de cultivos, en la diversidad genética y en las labores culturales. El impacto negativo

de estos sistemas más intensivos sobre el ambiente es inevitable, ya que acarrearán un uso creciente de insumos potencialmente contaminantes como fertilizantes, plaguicidas, alimentos concentrados, combustibles fósiles, etc.

La fauna regional ha resultado significativamente afectada a raíz de estos cambios. En una evaluación de gran alcance geográfico, Zaccagnini (2005) reportó treinta y seis casos graves de mortalidad de aves desde 1997. Al menos veintinueve especies silvestres resultaron afectadas en incidentes vinculados al uso de plaguicidas, cuyos principios activos incluyeron monocrotofós, clorpirifós, Metamidofós, dimetoato, Endosulfan y carbofurán. Esta autora encontró el mayor impacto en áreas de frontera agrícola, donde ocurre un reemplazo acelerado de tierras (ocupadas por la ganadería tradicional) por soja.

En la escala local:

Analizando el partido de Tres Arroyos, hace más de 30 años, el productor diversificaba su actividad entre 12 productos (trigo pan, trigo candeal, cebada, avena, girasol, maíz, alpiste, lino, soja, carne, leche, lana). Actualmente la superficie agrícola ha crecido notablemente y la concentración en tres cultivos, el trigo, soja y girasol debido a decisiones basadas en la búsqueda de mayores márgenes brutos. Esto hizo que algunas actividades que estabilizaban los sistemas, como la ganadería a base de pasturas permanentes y algún pastizal fueran abandonados en niveles alarmantes. Los sitios que permanecían sin cultivar representaban el 54 % en 1970, el 24 % en 2000 y, la proyección de ésta tendencia, muestra que para el año 2033, desaparecerían (Cerdá et al., 2002).

En la región de influencia de la Chacra Experimental Integrada Barrow (partidos de Tres Arroyos, San Cayetano, A. González Chaves y Cnel. Dorrego), en el año 2000, la mitad de la superficie de la región fue sembrada con cultivos de cosecha fina (862.600 has), un área muy similar a la ocurrida en el último quinquenio (1995/99) de la década pasada. Al año siguiente (2001) se produjo una importante caída en todos los distritos lo que determinó una siembra equivalente al 46% de la superficie. Sin embargo, las tres campañas posteriores marcaron un significativo aumento coronado en el 2003 con el 54,4% de la superficie con cultivos de cosecha fina.

En el año 2005 se volvió a la superficie histórica (50,3%) pero en la campaña recientemente finalizada la reducción del área fue muy significativa, alcanzando solamente a 760.000 has en toda la región, un 44,5% de la superficie total.

En el año 2006 de las 760.000 has sembradas en toda la región, el 71% correspondió a Trigo pan. Tres Arroyos y Cnel. Dorrego tuvieron una superficie similar. A.G.Chaves y San Cayetano presentaron también áreas muy importantes dedicadas a este cereal. La cebada cervecera ocupó un 14% del área con cultivos de cosecha fina, destacándose ampliamente en su siembra el distrito de Cnel. Dorrego, luego Tres Arroyos y con menor presencia en el resto. Por otro lado, avena resultó con una superficie muy interesante (cerca de 60.000 has) sumando solamente aquellas dedicadas a la producción de grano. En este rubro se destacaron también Tres Arroyos y Cnel. Dorrego. Cabe mencionar que otras 30.000 has fueron censadas con un destino de confección de reservas y pastoreo, entendiéndose que esta superficie pudo haber sido mayor y al momento de la recorrida ya estuviera ocupada con cultivos de cosecha gruesa. La superficie restante se repartió entre: Trigo Candeal cuya área de siembra se distribuyó proporcionalmente entre Tres Arroyos, A.G.Chaves y Cnel. Dorrego, con menor presencia en San Cayetano. Colza alcanzó las 5400 has destacándose la siembra en A.G.Chaves, mientras que aparecieron algunos lotes de Alpiste en Tres Arroyos y A.G.Chaves (Forján y Manso, 2007).

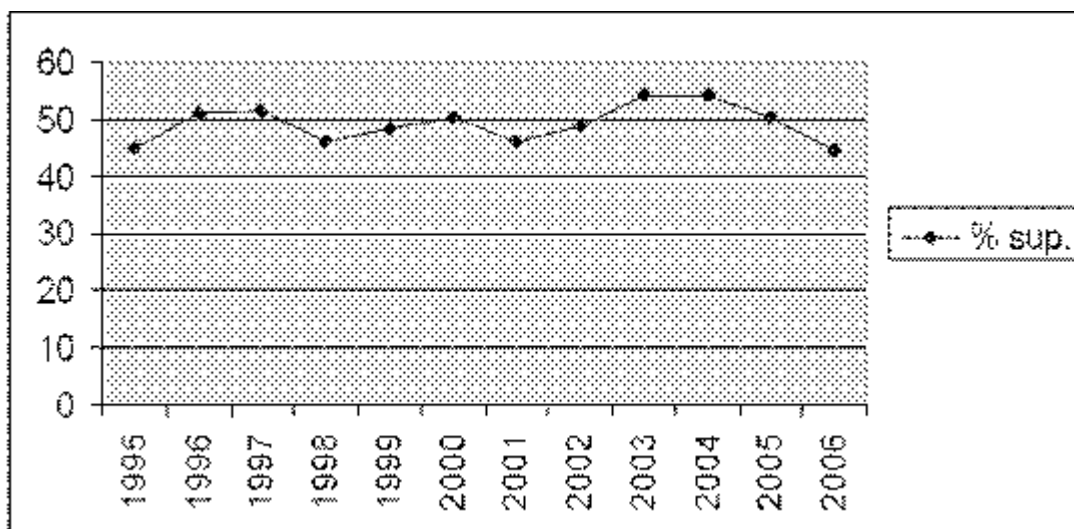


Grafico 1: Evolución de la superficie ocupada con cultivos de cosecha fina en la región (Fuente: Forján y Manso, 2007).

El aumento de la actividad agrícola en los últimos años ha sido constante. Ese proceso continuo de agriculturización, estuvo marcado en las últimas décadas por un fuerte incremento de la superficie asignada a cultivos de verano en las secuencias (primero girasol, luego maíz y en los últimos años soja), lo cual ha hecho que se ocupara el suelo en momentos del año que no era común hacerlo (la zona siempre fue netamente triguera). Si a esto le sumamos que los rendimientos de los cultivos han manifestado incrementos considerables, con índices de extracción de nutrientes crecientes, se entiende porqué hoy estamos hablando de empobrecimiento de suelos y se ha creado una mayor dependencia de los fertilizantes.

En general, esas variaciones en las preferencias por uno u otro cultivo se debió en muchos casos a la rentabilidad que ofrecieron los mismos en la etapa previa a la siembra, al posible precio estimado para la cosecha o a la situación financiera que cada productor tuviera en ese momento. También en los últimos años incidieron los elevados rendimientos obtenidos y el aumento de los contratos de arrendamientos de corto plazo que obligaron a un aprovechamiento agrícola del suelo para alcanzar una mayor rentabilidad. Todos estos factores han producido, en algunos casos, cambios o alteraciones en el esquema de rotaciones que cada establecimiento tenía programado, afectando la estabilidad de todo el sistema productivo.

Este panorama es el fiel reflejo de lo que aconteció con cierta anticipación en toda la pradera pampeana, donde el crecimiento de la agricultura de granos se produjo simultáneamente con fuertes procesos de cambio en aspectos tecnológicos y productivos, especialmente en los últimos años. A nivel nacional, el cultivo de soja fue el gran protagonista de este crecimiento agrícola de la mano de la siembra directa, la incorporación de resistencia a herbicidas y el menor precio del glifosato. Sin embargo, a estas ventajas operativas deben contraponerse los balances negativos de Carbono y Nitrógeno que deja la soja agravado por la tendencia al monocultivo. En nuestra región si bien la agricultura es más diversificada, grupos de madurez adaptados, rendimientos mejorados y menores costos de implantación de la soja la presentaron como una opción de alta competitividad en los últimos años. A su vez los rendimientos alcanzados en la última campaña mostraron el potencial de las variedades sembradas en el ámbito regional (Forján, 2007).

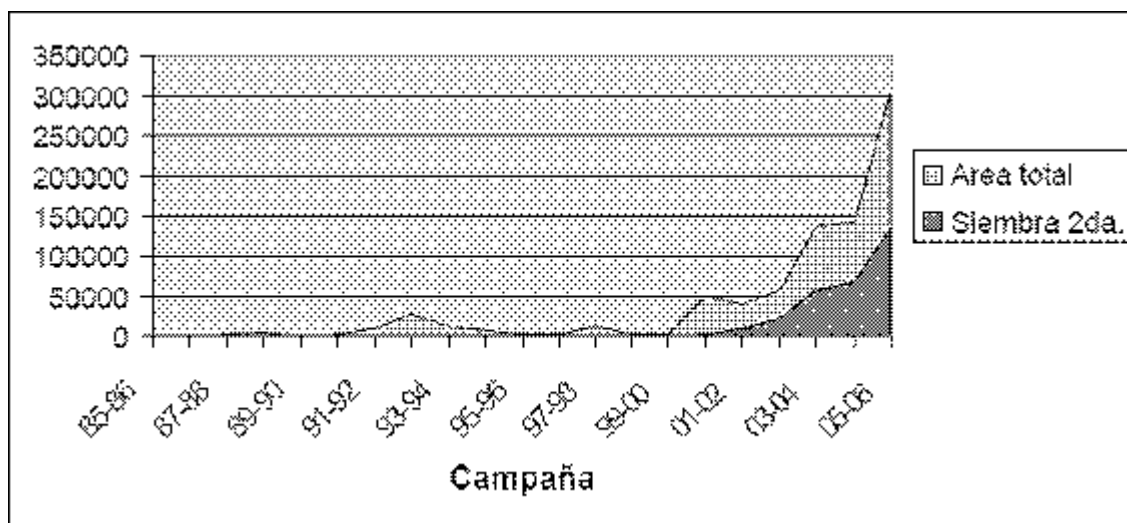


Gráfico 2: Evolución de la superficie sembrada con soja en la región (Fuente: Forján, H., 2007).

¿Una nueva agricultura?

A partir de este planteo del problema, en la actualidad se habla del desafío que se presenta para los próximos años donde la búsqueda va a estar orientada a tratar de alcanzar un aumento de la productividad de los sistemas agropecuarios en concordancia con la conservación de los recursos naturales.

Actualmente las sociedades modernas tienden a buscar caminos que apuntan a mejorar la calidad del ambiente y realizar un uso más racional de los recursos naturales.

Obtener sistemas agrícolas de bajos insumos, diversificados y eficientes en el uso de la energía, resulta una preocupación para investigadores y agricultores en el mundo entero.

Es importante conciliar las necesidades de corto plazo que obedecen a la rentabilidad, con las de mediano y largo plazo que apuntan a la sustentabilidad del sistema de producción. Para ello se debe alcanzar un equilibrio entre producción y conservación.

Es necesario tomar conciencia de que no se puede continuar un proceso de deterioro de los recursos que nos van a perjudicar en el futuro, impidiendo que las generaciones que nos siguen tengan las mismas posibilidades de alimentarse que las actuales. La base del planteo estaría en generar y aplicar tecnologías que tiendan a la preservación de estos recursos para así avanzar hacia una agricultura sostenible.

Esta nueva agricultura exige un mejor conocimiento de los componentes del agroecosistema y de las interrelaciones que ocurren entre ellos. Ya no se debería avanzar hacia una tecnología de insumos, intensiva en capital y en técnicas relativas a los componentes individuales (cultivo, maleza, plaga o nutriente), sino hacia una tecnología que abarque al sistema en general, teniendo en cuenta las interacciones de todos sus componentes físicos, biológicos y socioeconómicos y el impacto ambiental que estos producen.

El término sustentabilidad implica una agricultura racional, ya que es aquella que pretende mantener la capacidad productiva del sistema. El objetivo central no es alcanzar un rendimiento máximo sino una estabilidad de largo plazo.

En esto, el agricultor juega un papel fundamental, ya que el contexto social, económico y político que lo rodea, afecta y condiciona sus decisiones. De nada vale producir de manera económicamente rentable cuando se degradan los recursos. Es necesario incorporar el costo ecológico para lograr alcanzar una producción sostenible en el tiempo y que sea económicamente viable y financieramente posible.

La tecnología que se emplee debe ajustarse a la realidad de la zona y ser factible de aplicación, lo cual está directamente relacionado con la capacidad y posibilidad de adopción que tengan los productores.

Técnicas de manejo y conservación de suelos, agua, energía y recursos biológicos no deben estar ausentes.

Entre los puntos principales deberá tender a una menor dependencia del uso de insumos externos (plaguicidas, fertilizantes sintéticos) haciendo más eficiente el empleo de la energía (labranzas conservacionistas), minimizando la pérdida de nutrientes del suelo que se podrán reponer a través de rotaciones con pasturas perennes y fertilización.

Se deben aprovechar al máximo los procesos naturales generados a partir del propio manejo como incorporación de rastrojos, reciclaje de materia orgánica y nutrientes, fijación de nitrógeno. Para alcanzar rendimientos elevados será necesario el empleo de fertilizantes en forma eficiente.

Se debe aumentar al máximo el uso productivo del agua almacenada en el suelo, evitando el escurrimiento y mejorando la infiltración de las precipitaciones.

El control de plagas y enfermedades deberá basarse principalmente en realizarlo con el menor impacto sobre el ambiente, aprovechando las ventajas del denominado control integrado de plagas.

La diversificación del sistema podrá ser mejorada en el tiempo mediante rotaciones y secuencias de cultivos, y en el espacio en forma de cultivos de cubierta, intercultivos, sistemas agrícola-ganaderos o forestales.

Todo esto va a permitir alcanzar una mayor estabilidad del sistema de producción, disminuyendo las posibilidades de riesgo que se presenten debido a variaciones en el clima o de mercado.

En consecuencia, el objetivo futuro de alta productividad que se requiere para generar alimentos deberá estar respaldado por la conservación de los recursos y el medio ambiente. La tecnología que se genere estará incluida en este proceso de transformación que concilia mayor productividad con calidad y conservación de los recursos.

La aplicación de esta tecnología será factible siempre y cuando esté acompañada por relaciones adecuadas entre los precios de los productos, el costo de los insumos y la carga impositiva que permitan mantener la rentabilidad del sector. A su vez, será necesario contar con leyes que regulen el uso de los recursos y organismos que controlen su cumplimiento.

En consecuencia, surge la necesidad de evolucionar hacia sistemas agropecuarios sostenibles, tanto en lo ecológico, como en lo económico y social. A nivel de los establecimientos, el cambio de una agricultura convencional hacia una agricultura sostenible implica necesariamente un esfuerzo de gran magnitud que produzca el cambio hacia una conciencia más conservacionista, utilizando la tecnología adecuada para ello. Es necesario también contar con un marco político que aliente esta nueva filosofía de producción y una acción amplia y coordinada, tanto de los organismos oficiales como de las entidades intermedias vinculadas con el agro (Forján, H. 2002).

El futuro

En las Actas del II Seminario Internacional sobre Desarrollo Agropecuario Sustentable se menciona un análisis del futuro, el cual se realiza trabajando sobre escenarios hipotéticos con proyecciones de las tendencias actuales.

Para ello se emplean factores dominantes o de peso que parecen gravitar decisivamente en el diseño de los planteos futuros.

La visión productivista generada en los últimos treinta años provocó aumentos explosivos de los rendimientos pero descuidando el ambiente y los recursos. En la actualidad está siendo desplazada por una visión ambientalista de la producción (agricultura sustentable) en la cual

los sistemas de producción deberán ser compatibles con la preservación de los recursos naturales y la calidad del ambiente.

Ninguna organización de investigación y tecnología agropecuaria será viable en el futuro si no contempla los problemas del ambiente. Se espera que se destine un fuerte apoyo económico en este sentido.

Una segunda característica que regirá los sistemas del futuro será la globalización de procesos, principalmente los ambientales y económicos. Los problemas que antes se enfocaban localmente hoy se han globalizado a todo el planeta. El cambio climático global, la destrucción de la capa de ozono, la pérdida de identidad nacional de los capitales que circulan por el mundo, las cadenas y redes internacionales de comunicación masiva, el levantamiento de información a partir de la tecnología satelital.

El uso de la tierra con fines productivos sigue siendo el objetivo principal para cualquier programa de desarrollo agropecuario sustentable. Para ello será necesario monitorear el ambiente y comprender muchos procesos básicos que lo afectan. La información y conocimiento sobre el ambiente serán un insumo imprescindible para diseñar estrategias y tecnologías de producción, tendrán un valor económico creciente. Para operar a nivel de zonas o regiones se requerirá de una información básica. Los sistemas de información geográfica (SIG) a partir de imágenes satelitales, el empleo de modelos simulados de producción para ayudar en la toma de decisiones, con el respaldo de información estadística, serán elementos esenciales para operar estas unidades, dada la especificidad local o regional que se observa sobre la problemática de uso del suelo (Forján, H., 2002).

Bibliografía

- Altieri, M.A y C.I. Nicholls. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Publicado en Revista Ecosistemas. 2007/1. <http://www.revistaecosistemas.net>
- Altieri, M.A. 1995 Agroecology: the science of sustainable agriculture. Westview Press, Boulder, CO.
- Altieri, M.A. 1991. Incorporando la agroecología al currículo agronómico. Texto Base para la Reunión CLADES/FAO, sobre Agroecología y Enseñanza Agrícola en las Universidades Latino Americanas. Santiago de Chile, 2-6 de septiembre.
- Andrade, F., Sadras, V. 2000. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Ed. Medica Panamericana S.A . 443 páginas.
- Báez, Agustín. 2006. Comunicación personal.
- Bathnagar, V.S. & J.C. Davies. 1981. Management in intercrop subsistence farming. In: ICRISAT (International Crop Institute for semiarid Tropics). Proceedings of the International Workshop on Intercropping, Hyderabad, India, 1979:249-257.
- Blouin, M., Zuily-Fodil, Y., Pham-Thi, A.-T., Laffray, D., Reversat, G., Pando, A., Tondoh, J., Lavelle, P. 2005. Belowground organism activities affect plant aboveground phenotype, inducing plant tolerance to parasites. Ecology Letters 8: 202-208.
- Bolton et al., 1985. Citados en: "Evaluación de un sistema de producción para la subsistencia familiar bajo manejo agroecológico" Yurjevic, A.; Montecinos, C.; Venegas, R.; CET-Chile. Publicado en: www.clades.cl/revistas/2/rev23.htm
- Carmona, Dora. 2006. Comunicación personal. Curso post-grado "Manejo Integrado de Enfermedades, Herbívoros y Malezas en Cultivos. Programa de Posgrado en Ciencias Agrarias. Unidad Integrada Balcarce (Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata y E.E.A INTA Balcarce).
- Casas, R.R e Irurtia. 1995. Lo que la erosión se llevó. Campo y Tecnología. INTA. Año IV N° 118, Enero-Febrero: 35-37.

- Cerdá, Eduardo y Sarandon, Santiago J. 2002. Los desafíos de la gestión municipal para una agricultura sustentable. El caso de Tres Arroyos, Argentina: 465-482.
- Chaboussou, F. 1972. La trophobiose et la protection de la plante. "Revue des Question Scientifiques", Bruxelles, t. 143, n.º 1, p. 27-47 y n.º. 2, p. 175-208.
- Chaboussou, F. 1985. Santé des cultures. Une revolution agronomique. Flammarion: Paris. 271 p.
- Cousens, R.F., N.C.B. Peters, y C.J. Marshall. 1984. Models of yield loss-weed density relationship. Proceedings 7th International Symposium on Weed Biology, Ecology and Systematics, pp. 367-374.
- Dick, R.P.; Rasmussen, P.E. and Kerle, E.A., 1988. Influence of a Long-term Residue management on Soil Enzymes Activities in relation to Soil Chemical Properties of Wheat Fallow Systema. Biol. Fertil. Soil, 6:159-164.
- Echeverría, H.E, C.A. Navarro y F.H. Andrade. 1992. Nitrogen nutrition of wheat following different crops. J. Agric. Sci. Camb. 118: 157-163.
- Escande, A.R. 2000. Manejo de la sanidad en: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Pp.: 371-405. Fernando H. Andrade-Victor O. Sadras Editores.
- FNUAP. 1991. (Fondo de Población de las Naciones Unidas). La población y el medio ambiente: los problemas que se avecinan. 44 pgs.
- Forján, Horacio. 2007. Soja en la región: sorprendente aumento del área sembrada. www.inta.gov.ar/barrow/info/indices/tematica/ind_estimaciones.htm
- Forján, H y L. Manso, 2007. Los cultivos de cosecha fina en la región de influencia de la Chacra Experimental Integrada Barrow. Estimación de la superficie sembrada - Campaña 2006. Publicado en: www.inta.gov.ar/barrow/info/indices/tematica/ind_estimaciones.htm
- Forján, Horacio. 2002. Hacia una Agricultura Sustentable. Chacra Experimental Integrada Barrow. Convenio INTA-Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires.
- Francis y Clegg. 1990. Citados en: "Evaluación de un sistema de producción para la subsistencia familiar bajo manejo agroecológico" Yurjevic, A.; Montecinos, C.; Venegas, R.; CET-Chile. Publicado en: www.clades.cl/revistas/2/rev23.htm
- Ghera, C.M., R.L. Benech-Arnold, y E.H. Satorre. 1997. Weed population dynamics and integrated weed management. Recent Res. Develop. Agron. 1: 59-73.
- Ghera, C.M., Martínez-Ghera, M.A. y León, R. 1997. Cambios en el paisaje pampeano y sus efectos sobre los sistemas de soporte de la vida. Hacia una agricultura productiva y sostenible en la pampa. Ed. CPIA. 3:38-71.
- Gianfelice, Darío. 2006. La soja, la salud y la gente. Edición propia. 97 pg.
- Gliessman, S. R. 1998 Agroecology: ecological processes in Sustainable Agriculture. Ann Arbor Presss, Ann Arbor, MI.
- Gliessman S R. 2001a. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Gliessman, S.R.; Rosado-May, F. J; Guadarrama-Zugasti, C.; Jedlicka, J.; Cohn, A.; Mendez, V.E.; Cohen, R.; Trujillo, L.; Bacon, C. and Jaffe, R. 2006. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. Revista Ecosistemas N° 1, enero-abril. 2007.
- Haden, A. 2003. Emergy Evaluations of Denmark and Danish Agriculture. Centrum foruthalligt lantbruk, Uppsala. <http://www.cul.slu.se/information/publik/ekolantbruk37.pdf>
- Hoar, S.K, A. Blair, F.F. Holmes, C.D. Boysen, R.J. Robel, R. Hoover and J.F. Fraumeni Jr. 1986. Agriculture herbicide use and risk of lymphomas and soft-tissue sarcoma. J. American Medical Association 2567 (9): 1141-1147.

- Hoar, S.K, D.D. Weisenburguer, P.A. Babbitt, R.C. Saal, K.P. Cantor and A. Blair. 1988. A case control study of non-Hodgkin's lymphoma and agricultural factors in eastern Nebraska. *American J. Epidemiology* 128 (4):901.
- Khan, S.U. 1970. Enzimatic Activity in a Gray Wooded Soil As influenced by cropping Systems and Fertilizers. *Soil, Biol. Biochem.*, 2:137-139.
- Lamkin, N. 1990. Pest and Disease Control pp. 214-271. In: *Organic Farming*, Farming Press Books, United Kingdom.
- Lázaro, L. 1996. Determinación del rendimiento de trigo ante cambios en la disponibilidad de nitrógeno generada por distintos cultivos antecesores. Tesis de Magister Scientiae. Programa de post-grado en Producción Vegetal, Facultad Ciencias Agrarias, Univ. Nac. Mar del Plata.
- Limongelli, J.C., M.C. Rondinone y J. Fernández Lozano. 1991. Contaminación. Impacto de la contaminación en la calidad de los productos vegetales. INTA, Seminario: Juicio a nuestra agricultura. Hacia un desarrollo sostenible. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, pp.:183-196.
- Masera, O y M. Astier. 1993. Energía y Sistema alimentario en México: Aportaciones de la Agricultura Alternativa. En: J. Trujillo y P. Torres-Lima (eds) *Agroecología y Desarrollo Agrícola en México*, Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, México DF. 21 pgs.
- Martínez-Ghersa, M. y C. Ghersa. 2005. "Consecuencias de los recientes cambios agrícolas", en: Oesterheld, M. (ed.), *La Transformación de la Agricultura Argentina*, *Ciencia Hoy*, 15: pp. 37-45.
- Martinuk, S. and Wagener, G.H. 1978. Quantitative and Qualitative examination of Soil Microbial associated with Different Management Systems. *Soil Sci.* 125:343-350.
- McGill, W.B., Cannon, K.B., Robertson, J.A. and Cook, F.Dto. 1986. Dynamics of Soil Microbial Biomass and Water-Soluble Organic C in Breton L after 50 years of Cropping to two rotations. *Can J. Soil Sci.*, 66:1-19.
- Nakama,V; A.M.Lupi; P.Ferrere y A.Alfieri. 2003. Las plantaciones forestales como sumideros del carbono atmosférico: estudio de caso en la provincia de Buenos Aires. Instituto de Recursos Biológicos e Instituto de Suelos. Centro de Investigación de Recursos Naturales. INTA Castelar.
- Newbould, P.1989. The use of nitrogen fertilizer in agricultura. Where do we go practically and ecologically?. *Ecology of arable land* (Eds. M. Clarholm & L. Bergstrom), pp.: 281-295. Kluwer Academic Publishers.
- Odum, H.T. 2001. *Environmental Accounting, Emery and Decision Making*. The University Press of Colorado, Colorado.
- Odum, H.T. 1988. Curso de Ecosistemas y políticas públicas. En: "Environmental Systems and Public Policy". *Ecological Economics Program*. University of Florida, Gainesville 32611, USA, pp. 123-124.
- Odum E P. 1971. *Fundamentals of ecology*. W.B. Saunders, Philadelphia, PA.
- Phelan, P.L., Mason, J.F., Stinner, B.R. 1995. Soil fertility management and host preference by European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, on *Zea mays*: a comparison of organic and conventional chemical farming. *Agric. Ecosyst. Environ.* 56: 1-8.
- Pimentel D, Pimentel M. 1997. *Food, energy, and society*. 2nd Ed., University Press of Colorado, Niwot, CO.
- Pimentel, D., W. Dazhong and M. Giampietro. 1990. Technological changes in energy use in US Agricultural Production. In: SR Gliessman (Ed.) *Agroecology: Researching in ecological basis for sustainable agriculture*. Springer Verlag: 305-322.
- PNUMA. 1990. *Reseña del PNUMA*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 48 pgs. Nairobi, Kenia.

- Power, A.G. 1999 Linking ecological sustainability and world food needs. *Environment, Development and Sustainability* 1:185-196.
- Reynel, C. & C. Felipe Morales (1987). Agroforestería tradicional en los Andes del Perú. Publ. Proyecto FAO/HOLANDA/INFOR, Lima, 154 pp.
- Sadras, V.O., A. Fereres y R.H. Ratcliffe. 1999. Weath growth, yield and quality as affected by insect herbivores. En prensa. En: E.H. Satorre y G.A. Slafer (Eds.). *Wheat.: Ecology and Physiology of Yield Determination*. Food Product Press, New York.
- Sarandón, Santiago J. 2002 El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En: *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. pp.: 393-414. Ediciones Científicas Americanas.
- Sarandón, Santiago J. 1998. Curso de Post-grado de Agroecología y Agricultura Sustentable. Universidad Nacional de La Plata y Escuela Agropecuaria de Tres Arroyos.
- Sarandón, S.J y Sarandón, R. 1993a. Un enfoque ecológico para una agricultura sustentable. En: Goin, F y C. Goñi (Eds.) *Bases para una política ambiental de la R. Argentina*, Sección III, Cap. 19:279-286. HC Diputados de la Pcia de Buenos Aires.
- Sarandón, S.J y Sarandón, R. 1993b. Agroecología: una respuesta a la problemática ambiental de la agricultura. I Jornadas Nacionales y VI Jornadas Regionales sobre el Medio Ambiente. La Plata, 8-11 de noviembre de 1993. Pag. 128.
- Satorre, E. 2005. "Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual", en: Oesterheld, M. (ed.), *La Transformación de la Agricultura Argentina*, *Ciencia Hoy*, 15: pp. 24-31.
- Schafer, R.L y C.E. Jonson. 1982. Changing soil condition. The soil dynamics of tillage, pp: 13-28. In: P.W. Unger y D.M. Van Doren Jr.(Eds.) *Predicting tillage effects on soil physical properties and processes*. Am. Soc. Agron. Special Publication Number 44. Am. Soc. Agron y Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Senigagliesi, C. 1991. Estado actual y manejo de los recursos naturales, particularmente el suelo, en el sector norte de la Pampa Húmeda. Seminario: Juicio a nuestra agricultura. Buenos Aires. Hemisferio Sur.
- Shüler, C. 1990. Universidad de Kasel. Instituto de Agricultura Orgánica. Comunicación personal. Citado por: Venegas, R.; Siau, G. en: "Conceptos, Principios y Fundamentos para el Diseño de Sistemas Sustentables de Producción". Publicado en: www.clades.cl/revistas/7/rev7art3.htm
- Smith, J.C.S. 1988. Diversity of United States hybrid mayze germoplasm; Isozymic and chromatographic evidence. *Crop Science* 28:63-69.
- US Office of Teach Assessment. 1987. Technologies to maintain biological diversity. Washington DC: US Governement Printing Office.
- Studdert, G.A y H.E. Echeverría. 2000. "Soja, girasol y maíz en los sistemas de cultivo en el sudeste bonaerense" en: *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja*. Andrade, F., Sadras, V. 2000. Ed. Medica Panamericana S.A, pp: 408-409.
- Studdert, G.A y R.H. Rizzalli. 1994. Rotaciones mixtas: efecto de los años de agricultura sobre el rendimiento del trigo, pp: 93-94. En: *Actas "III Congreso Nacional de trigo y Primer Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal"*, Bahía Blanca 26-28 de octubre de 1994.
- Venegas, R. 1990. "La Transición: La búsqueda del cambio hacia sistemas sustentables de producción agropecuaria". CET Chile. Publicado en: www.ciedperu.org/bae/b52a.htm
- Viglizzo, E., F. Lértora, A. Pordomingo, J. Bernardos, Z. Roberto y H. Del Valle. 2001. "Ecological lessons and applications from one century of low intensity farming", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 81: pp. 65-81.

- Viglizzo, E.F. 1994. The response of low-input agricultural systems to environmental variability: a theoretical approach. *Agric. Systems*. 44:1-17.
- Viglizzo, E.F. y Roberto, Z. 1997. El componente ambiental en la intensificación ganadera. *Rev. Agr. Prod. Animal*. 17: 271-292.
- Zaccagnini, M. 2005. ¿Por qué el monitoreo eco-toxicológico de diversidad de aves en sistemas productivos?, Buenos Aires, Ediciones INTA.
- Zamora, Martín Sergio. 2004. Evaluación del transporte de nitratos en la zona no saturada de un suelo de Tres Arroyos en un cultivo de maíz fertilizado. Tesis de Magister Scientiae. Programa de post-grado en Producción Vegetal, Facultad Ciencias Agrarias, Univ. Nac. Mar del Plata. 77 pags.