



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
DIVISIÓN DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

**PROGRAMA ANALITICO**

Fecha de elaboración: Enero 2007

**1. Datos de Identificación.**

Materia:	Agricultura Sustentable e Inocuidad Alimentaria.
Departamento que la imparte:	Fitomejoramiento.
Clave:	FIT-471
No. de horas teoría:	3
No. de horas práctica:	2
No. de créditos:	8

Carreras y semestre en las que se imparte: Ingeniero Agrónomo en Producción 6<sup>o</sup> semestre.

Pre requisitos: Productividad Agroecológica

**II OBJETIVOS GENERALES.**

- 1.- Proporcionar al estudiante una visión panorámica de los sistemas de producción agropecuarios con base en el cuidado y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, así como en la filosofía de sustentabilidad de los procesos productivos.
- 2.- Adiestrar al estudiante en la aplicación del concepto de Inocuidad Alimentaria y su aplicación en los sistemas de producción agrícola y manejo post cosecha de agro alimentos.
- 3.- Que el estudiante identifique y controle las principales fuentes de contaminación de agro alimentos en campo y empaque .
- 4.- Familiarizar al estudiante con las principales normas oficiales mexicanas aplicadas a la producción agropecuaria y sus repercusiones en la comercialización internacional de agro alimentos.

**III METAS EDUCACIONALES**

Al finalizar el curso el alumno será capaz de:

- ❖ Definir con claridad el concepto de Agricultura Sustentable y su aplicación en los sistemas de producción agropecuaria.

- ❖ Conocer y dominar de manera teórico-práctica las principales fuentes de contaminación de agro productos.
- ❖ Diseñar, aplicar y evaluar en la agro empresa el sistema de Buenas Prácticas Agrícolas.
- ❖ Tomar decisiones en el manejo de cultivos para cumplir con la normatividad oficial respecto a buenas prácticas agrícolas e inocuidad alimentaria.

#### **IV.- Temario.**

### **Agricultura Sustentable e Inocuidad Alimentaria**

#### **1. Antecedentes del desarrollo de sistemas de producción agrícola.**

- 1.1 El Neolítico.
- 1.2 Edad Media
- 1.3 Era Moderna
- 1.4 Era Actual

#### **2 Cambios en la percepción del medio ambiente.**

- 2.1 Contaminación del agua, suelo y alimentos.
- 2.2 Degradación y agotamiento de los recursos naturales.
- 2.3 Políticas gubernamentales para proteger el M. Ambiente.

#### **3. Análisis del Concepto de Agricultura Sustentable.**

- 3.1 El concepto de sustentabilidad.
- 3.1 Definición de Agricultura Sustentable.
- 3.2 Características de un Sistema de Agricultura Sustentable.
- 3.3 Elementos de Sustentabilidad.
- 3.4 Procesos de evolución de sistemas de agricultura convencional hacia sustentables.

Literatura: Bases Científicas para una Agricultura Sustentable. Cap. 1 y 5

#### **4. La contaminación de Agro productos y su efecto en el Comercio Mundial.**

- 4.1 El mercado mundial de Productos Agropecuarios.
- 4.2 Contaminantes Físicos, Microbiológicos y Químicos en agro productos.
- 4.3 Residuos de plaguicidas en frutas y hortalizas para consumo en fresco.

#### **5. Inocuidad Alimentaria en la Agricultura**

- 5.1 Antecedentes
- 5.2 Inocuidad Alimentaria.
- 5.3 Codex Alimentarius.
- 5.4 Certificaciones ISO en Agricultura.
- 5.5 Pre requisitos

## **6. Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP).**

- 6.1 Definición.
- 6.2 Desarrollo del Análisis de Riesgos e Identificación de los Puntos Críticos de Control. (Formato).
- 6.3 Descripción de los PCC's y Límites Críticos.
- 6.4 Verificación y Registros.
- 6.5 Registro Maestro del Plan ARPCC.

## **7. Normativa Mexicana en relación con la Inocuidad Alimentaria.**

- 7.1 Sistema de Inscripción de agro empresas en BPA.
- 7.2 Manuales de BPA para diferentes cultivos.

## **8. Relación de Agricultura Sustentable, Inocuidad y las Buenas Prácticas Agrícolas en México.**

- 8.1 Fuentes de contaminación en los sistemas de producción agropecuarios.
- 8.2 El Concepto de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).
- 8.3 Definición de BPA.
- 8.4 Manejo del Agua.
- 8.5 Elaboración de Abonos Orgánicos.
- 8.6 Manejo de Abonos Orgánicos y Biosólidos.
- 8.7 Manejo de Plagas en el Campo
- 8.8 Manejo de empaques en relación con inocuidad.

## **V.- PROCEDIMIENTOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE**

- ❖ Exposición oral con apoyo en pizarrón.
- ❖ Ayudas audiovisuales.
- ❖ Rabajos individuales.
- ❖ Visitas de Campo.
- ❖ Consultas bibliográficas y en la WEB.
- ❖ Participación en conferencias.

## **VI.- EVALUACIÓN DEL CURSO**

- ❖ Exámenes escritos u orales.
- ❖ Participación y discusiones en clase.
- ❖ Reportes de consultas bibliográficas y de trabajos/visitas de campo.
- ❖ Asistencia a clase.

**Programa elaborado por:  
Dr. Juan Carlos Zúñiga Enríquez.  
MC Adolfo Ortega Pérez.**

## BIBLIOGRAFIA

1. Altieri, Miguel A. 1995. Agroecología, Bases Científicas para una Agricultura Sustentable. Consorcio Latino Americano sobre Agricultura y Desarrollo (CLADES). Santiago de Chile.
2. CONACOFI. 2000. Memorias de la 7° Reunión Anual. Puebla, Pue. México.
3. Griffith B. 2001. Efficient Fertilizer- Maximum Economic Yield Strategies. <http://www.sarep.ucdavis.edu/concept.htm>.
4. National Research Council. 1989. Alternative Agriculture. National Academy Press. E.U.A.
5. Norman D., R. Janke, S. Freyenberger, B. Schurle y H. Kok. 2002. Defining and Implementing Sustainable Agriculture. Kansas Sustainable Agriculture Series, Paper No. 1. Kansas University. USA.
6. SAGARPA. 2000. 2° Curso de Capacitación Sobre Buenas Prácticas Agrícolas en Frutas y Hortalizas Frescas. Boca de Río, Veracruz. México.
7. SENASICA. 2006. Consulta en el sitio WEB sobre Inocuidad Alimentaria y Buenas Prácticas Agrícolas.
8. University of California. 1997. What is Sustainable Agriculture?. <http://www.sarep.ucdavis.edu/concept.htm>.

# DEFINING AND IMPLEMENTING SUSTAINABLE AGRICULTURE

David Norman, Rhonda Janke, Stan Freyenberger,  
Bryan Schurle, and Hans Kok

KANSAS SUSTAINABLE AGRICULTURE SERIES, Paper #1

Aquí pretendo mostrar al estudiante como ha cambiado la agricultura a través del tiempo, centrandolo el análisis en la agricultura de la hacienda (bueyes, fuerza humana, mulas, estiércol y la combinación de ganado y cultivos. Vino luego la aparición del tractor que permitió la multiplicación de la fuerza de trabajo, acelerando y facilitando el trabajo de la tierra. Desplaza la fuerza animal. Luego hace su aparición la química en la agricultura con resultados espectaculares en el desarrollo de las plantas. Su bajo precio y su facilidad de aplicación aunado a los resultados obtenidos permitió su rápida adopción por los agricultores. Poco después del fin de la segunda guerra mundial aparecen los pesticidas como una excelente forma de combatir las plagas agrícolas con resultados sorprendentes. Esto desplazó las metodologías naturales para el control de plagas.

## 4. Análisis del Concepto de Agricultura Sustentable.

### 4.1 El concepto de sustentabilidad.

#### 4.1 Definición de Agricultura Sustentable.

No. 105/106 - Julio/Agosto 2000

## ¿Qué es la Agricultura Sustentable?

por Lim Li Lin

**La discusión acerca de qué significa "agricultura sustentable" fue el centro de la 8ª Sesión de la Comisión sobre Desarrollo Sustentable de la Organización de las Naciones Unidas que se llevó a cabo en abril en Nueva York. También se analizaron los fracasos y limitaciones de la Revolución Verde y de las tecnologías de la ingeniería genética.**

Una discusión fascinante acerca de qué es la agricultura sustentable y cuál es el mejor modo de asegurar alimentos para todo el mundo en el presente y en el futuro tuvo lugar en abril en Nueva York en la Organización de las Naciones Unidas (ONU). La enfermedad de la "vaca loca" y la inquietud creciente a causa de los peligros ambientales y de salud que implican las semillas genéticamente modificadas fueron el ingrediente que mejoró el nivel de las discusiones sobre opciones agrícolas para el futuro.

Por eso, la agricultura sustentable, así como la planificación y administración de los recursos de la tierra, fueron la discusión central de la 8ª Sesión de la Comisión de Desarrollo Sustentable de la ONU, que vigila el cumplimiento de lo establecido en Agenda 21, el plan de acción de la Cumbre de Río de 1992.

El punto alto de la Sesión fue la discusión sobre agricultura sustentable que se suscitó entre los diversos actores. Los participantes de este año fueron las ONG -que incluyeron a los pueblos indígenas, grupos defensores de los derechos de la mujer y representantes de la comunidad científica-, agricultores, sindicatos y compañías productoras de insumos agroquímicos. El diálogo se dividió en cuatro segmentos: opciones de producción agrícola, modelos de consumo y normas de seguridad, búsqueda de un mejor manejo de los recursos de la tierra para lograr ciclos alimenticios sustentables y modelos promovidos por la globalización, y finalmente, liberalización comercial e inversiones.

El ministro de Medio Ambiente de Colombia, Juan Mayr Maldonado, llamó a todos a poner los temas más polémicos sobre la mesa y logró llevar a buen puerto las negociaciones que concluyeron en el Protocolo de Bioseguridad firmado en Montreal este año, luego del fracaso ocurrido en Cartagena en febrero de 1999.

#### Preguntas provocativas

Durante las reuniones de preparación de la 8ª Sesión de la Comisión de Desarrollo Sustentable en febrero, Mayr planteó preguntas provocativas y alentó a los participantes a debatir franca y abiertamente sobre agricultura sustentable. Los puntos centrales fueron: qué significa para los diversos interesados, cómo lograrlo y cuáles son los sistemas operativos para alimentar a la población del planeta en la actualidad y en el futuro.

Una de las preguntas fue si la ingeniería genética tiene algún papel que cumplir en la agricultura sustentable. Mae-Wan Ho, del Instituto de Ciencia en la Sociedad y de la Universidad Abierta de Gran Bretaña, respondió un "no" rotundo, en nombre de las ONG. En su opinión, la ingeniería genética es insustentable. Existe una inquietud creciente en la comunidad científica respecto de la biotecnología moderna, que se basa en conocimientos poco confiables y constituye una amenaza para la salud humana, el ambiente, la seguridad alimentaria y los sistemas sustentables de producción de alimentos. Una carta abierta firmada por 310 científicos de 36 países pide una moratoria contra la liberación al ambiente de todos los organismos genéticamente modificados y una prohibición de otorgar patentes a formas y procesos de vida, agregó Mae-Wan Ho.

Los representantes de las ONG no fueron los únicos que se mostraron contrarios al uso de la ingeniería genética en agricultura. Un representante de la Coalición Nacional de Granjas Familiares, de Estados Unidos, señaló que un productor que utilizaba semillas genéticamente modificadas en 1999 gastaba 42 dólares más que los demás por hectárea y su rendimiento era menor y agregó: "También debería preocuparnos la posibilidad de terminar en juicio por contaminar la tierra de otros agricultores que no utilizan esa tecnología".

La Revolución Verde, que se caracterizó por el uso intensivo de agroquímicos y semillas híbridas, y que se presentó como un éxito milagroso, muestra ahora un declive de productividad y parece haber provocado un grave impacto ambiental. La agricultura sustentable debe ser "ecológicamente segura, económicamente viable, justa en lo social, adecuada en lo cultural y basada en enfoques científicos y holísticos que incluyan el conocimiento indígena y de las comunidades", concluyeron las ONG.

Los métodos de producción de alimentos y la agricultura tradicionales e indígenas han sido tildados, erróneamente, de ineficaces y retrógrados. La investigación y el desarrollo en agricultura que realizaron varias instituciones y agencias dejó de lado, en general, las prácticas tradicionales, indígenas, ecológicas, orgánicas y de pequeña escala. Hasta ahora, dichos métodos fueron eliminados de las políticas productivas a pesar de que existen pruebas de su sustentabilidad a largo plazo. "El paradigma científico de la agricultura industrializada ignoró el hecho de que la agricultura es un proceso ecológico. Los monocultivos son una solución técnica para un problema específico, pero provocaron una disminución del rendimiento y pérdidas a causa de plagas, que llegan ahora a 37 por ciento. La agroecología es un paradigma diferente", subrayó Miguel Altieri, experto en agroecología de la Universidad de Berkeley, California.

En una reunión organizada por la Red del Tercer Mundo, Altieri informó que hay alrededor de cinco millones de hectáreas de granjas en proceso de recuperación mediante métodos ecológicos. Los encargados de dicha transformación son 2,5 millones de familias de todo el mundo.

Durante la discusión, Martin Khor, director de la Red del Tercer Mundo, indicó que, según varios estudios, la agricultura orgánica o ecológica es tan buena y hasta mejor que la moderna. Se refería en particular a la investigación de la Academia Nacional de Ciencias, que reveló que los productores que utilizan pocos o ningún producto químico obtienen el mismo rendimiento que los que recurren a pesticidas y abonos sintéticos. Khor exhortó a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) a invertir la mitad de sus fondos en investigación sobre este tipo de producción.

El impacto de la globalización sobre la agricultura fue otro de los temas abordados. Las ONG sostuvieron que la liberalización comercial y la producción de alimentos y fibras con miras a la exportación constituyen las principales amenazas contra la agricultura sustentable. Chee Yoke Ling, de la Red del Tercer Mundo y representante del Caucus sobre Agricultura Sustentable y Sistemas de Alimentos, indicó que la globalización no implica necesariamente una mejora para la agricultura y el desarrollo sustentable. En su opinión, esa idea se basa en "modelos e investigaciones cuyas premisas y datos resultaron, en el mejor de los casos, erróneos, y en el peor, manipulados para que fueran útiles a intereses políticos o empresariales".

#### Impactos negativos

En el documento preparado especialmente por la FAO para la 8ª Sesión de la Comisión de Desarrollo Sustentable se omitió un dato muy importante: el impacto negativo que tuvo la liberalización comercial operada según programas de ajuste estructural y el Acuerdo de Agricultura de la Organización Mundial de Comercio en 16 países en desarrollo.

Según Chee Yoke Ling, la FAO presentó resultados falsos. "Además, los países exportadores de productos básicos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) no redujeron los subsidios, como habían prometido, y aumentaron el dumping de alimentos baratos y subsidiados que irían a los países en desarrollo, violando las normas que prohíben el dumping de productos de exportación".

La principal recomendación de esta 8ª Sesión fue crear un grupo de trabajo sobre agricultura sustentable y desarrollo rural cuyas tareas serían: fomentar nuevas alianzas entre los interesados, definir las prioridades del programa y alentar a la acción común cuando fuera posible. Sin embargo, en el texto final figura sólo una invitación a continuar el diálogo entre las partes interesadas en implementar la agricultura sustentable y el desarrollo rural. Tampoco están las recomendaciones surgidas del debate y del proceso intergubernamental de negociaciones. Hubo varias decepciones, a pesar de que la Presidencia de la Comisión de Desarrollo Sustentable incluyó en su resumen final los puntos principales de la discusión y varias recomendaciones de interés.

[http://www.redtercermundo.org.uy/revista\\_del\\_sur/texto\\_completo.php?id=618](http://www.redtercermundo.org.uy/revista_del_sur/texto_completo.php?id=618)

## **4.2 Características de un Sistema de Agricultura Sustentable.**

### ***La estabilidad de los agroecosistemas***

Con la agricultura convencional los seres humanos han simplificado la estructura del ambiente sobre vastas áreas, reemplazando la diversidad de la naturaleza con un número de plantas cultivadas y animales domésticos. Este proceso de simplificación alcanza una forma extrema en un monocultivo. El objetivo de esta simplificación es el de aumentar la proporción de energía solar, fijada por las comunidades de plantas que está directamente disponible para los seres humanos.

Los componentes predominantes son plantas y animales seleccionados, multiplicados, criados y cosechados por hombres con un propósito particular. En comparación con los ecosistemas no controlados, la composición y estructura de los agroecosistemas es simple. La biomasa vegetal está compuesta por stands de cultivos, generalmente con predominio de un cultivo principal dentro de límites bien definidos. Mientras que un cultivo puede ser sembrado debajo de otro, como en el caso de pastizales bajo cereales, cultivos o huertos frutales, en este último caso existe sólo una capa o estrato formado por el propio cultivo. El número de especies que ha sido seleccionado es notablemente pequeño dada la biodiversidad mundial de los recursos. Sólo unas once especies de plantas responden por alrededor del 80% del suministro alimenticio mundial. Entre éstas, los cereales han predominado en el desarrollo de la agricultura. Estos proveen más del 50% de la producción mundial de proteínas y energía, y más del 75% si se incluyen los granos dados como alimento a los animales. En comparación, los cultivos en los campos, los pastos/leguminosas para forraje y los cultivos de árboles representan una porción relativamente pequeña del total de la biomasa agrícola.

El resultado neto es un ecosistema artificial que requiere de la intervención humana constantemente. La preparación comercial de un semillero y la siembra mecanizada reemplazan los métodos naturales de esparcimiento de semillas; los plaguicidas químicos reemplazan los controles naturales sobre las poblaciones de malezas, plagas y agentes patógenos; además la manipulación genética reemplaza los procesos naturales de la evolución y selección de plantas. Incluso la descomposición se altera toda vez que la planta se cosecha y la fertilidad del suelo se mantiene, no mediante el reciclaje de nutrientes, sino con fertilizantes. A pesar de que los agroecosistemas modernos han demostrado estar capacitados para mantener una población creciente, existe una prueba considerable de que el equilibrio ecológico en esos sistemas artificiales es más frágil.

#### ***El por qué de la inestabilidad de los sistemas modernos***

La explicación para esta inestabilidad potencial debe buscarse según los cambios impuestos por la gente. Estos cambios han removido ecosistemas de cultivos desde el ecosistema natural hasta el punto en que ambos se han vuelto impresionantemente diferentes en estructura y función (Tabla 3.4).

Los ecosistemas naturales reinvierten una proporción fundamental de su productividad para mantener su estructura física y biológica necesaria para sustentar la fertilidad del suelo y la estabilidad biótica. La exportación de alimentos y cosechas limita dicha reinversión en los agroecosistemas, haciéndolos sumamente dependientes de los insumos externos para lograr el ciclaje de nutrientes y la regulación de poblaciones (Cox y Atkins 1979).

Se ha establecido que la diversidad biótica y la complejidad estructural proporcionan un ecosistema maduro y natural con un grado de estabilidad en un ambiente fluctuante (Murdoch 1975). Por ejemplo, severas alteraciones en el ambiente físico externo, como un cambio en la humedad, temperatura o la luz, probablemente no dañen al sistema debido a que en una biota diversa existen numerosas alternativas para la transferencia de energía y nutrientes. En consecuencia, el sistema puede ajustarse y continuar funcionando después de la alteración con escasa, si la hay, desorganización detectable. De igual modo, los controles bióticos internos (como las relaciones depredador/presa) evitan las oscilaciones destructivas en poblaciones de plagas, promoviendo además la estabilidad total del ecosistema natural. La estrategia agrícola moderna puede considerarse como un retroceso de la secuencia sucesiva de la naturaleza. Estos ecosistemas modernos, a pesar de su alto rendimiento para la humanidad, llevan consigo las desventajas de todos los ecosistemas inmaduros. Particularmente estos sistemas carecen de la capacidad para ciclar los nutrientes, conservar el suelo y regular las poblaciones de plagas. El funcionamiento del sistema depende, de este modo, de la continua intervención humana. Incluso los cultivos seleccionados para una siembra frecuente no se pueden reproducir sin la ayuda de los hombres, mediante la siembra, y son incapaces de competir contra especies de malezas sin un constante control. Sin embargo, existe una gran variabilidad en el grado de diversidad, estabilidad, control humano, eficiencia de la energía y productividad entre los distintos tipos de agroecosistemas (Figura 3.6).

#### ***Control artificial de los agroecosistemas modernos***

Para mantener los niveles normales de productividad tanto de largo como de corto plazo, los agroecosistemas modernos requieren considerablemente más control ambiental que los sistemas agrícolas orgánicos tradicionales (Figura 3.7). Los sistemas modernos necesitan grandes cantidades de energía importada para realizar el trabajo generalmente efectuado por los procesos ecológicos en sistemas menos perturbados.

Así, a pesar de ser menos productivos que los monocultivos modernos, los policultivos tradicionales generalmente son más estables y más energéticos (Cox y Atkins 1979). En todos los agroecosistemas los



ciclos de tierra, aire, agua y desechos se han vuelto abiertos, en mayor proporción en los monocultivos comerciales industrializados que en los sistemas de explotación agrícola diversificados de pequeña escala, dependientes de la fuerza humana/animal y de los recursos locales.

Estos sistemas agrícolas no sólo difieren en sus niveles de productividad por zona o por unidad de mano de obra o insumo, sino que además difieren en propiedades más fundamentales. Resulta aparente que, si bien la nueva tecnología ha aumentado enormemente la productividad en el corto plazo, ha disminuido también la sustentabilidad, la equidad, la estabilidad y la productividad del sistema agrícola (Figura 3.8) (Conway 1985).

**Estos indicadores se definen de la siguiente manera:**

**Sustentabilidad** se refiere a la capacidad de un agroecosistema para mantener la producción a lo largo del tiempo, a pesar de las restricciones ecológicas y socioeconómicas a largo plazo.

**Equidad** mide cuan equitativamente están distribuidos los productos del agroecosistema entre los productores y los consumidores locales (Conway). Sin embargo, la equidad es mucho más que una simple cuestión de un ingreso adecuado, de buena nutrición o cantidad satisfactoria de tiempo libre (Bayliss-Smith 1982). Para algunos la equidad se logra cuando el agroecosistema satisface razonablemente las demandas de alimento sin aumentar el costo social de producción. Para otros, la equidad se alcanza cuando la distribución de oportunidades o ingresos dentro de comunidades productoras mejora (Douglas 1984).

**Estabilidad** es la constancia productiva dada bajo un conjunto de condiciones ambientales, económicas y administrativas (Conway 1985). Algunas presiones ecológicas, como las condiciones meteorológicas, son rígidas limitaciones en el sentido de que el agricultor virtualmente no puede modificarlas. En otros casos, el agricultor puede mejorar la estabilidad biológica del sistema eligiendo cultivos más adecuados o desarrollando métodos de cultivos que mejoren los rendimientos. La tierra se puede regar, aplicar mulch, abonar o rotar o se pueden plantar los cultivos en combinaciones para mejorar la estabilidad del sistema. El agricultor puede complementar la mano de obra familiar con animales o máquinas o empleando la mano de obra de otra gente. De ese modo, la respuesta exacta depende tanto de los factores sociales como también del medio ambiente. Por esta razón, el concepto de estabilidad debe expandirse para adoptar consideraciones socioeconómicas y de administración. A este respecto,

**Harwood (1979a) define otras tres fuentes de estabilidad:**

1. **Estabilidad del Manejo** se deriva de la elección del conjunto de tecnologías que mejor se adapten a las necesidades y recursos del agricultor. Originalmente, la tecnología industrial generalmente aumenta el rendimiento, a medida que menos tierra se deje para barbecho y se pasen por alto las limitaciones bióticas, de suelo y de agua. No obstante, siempre existe un elemento de inestabilidad asociado a las nuevas tecnologías. Los agricultores están profundamente conscientes de esto y su resistencia al cambio a menudo tiene una base ecológica.

2. **Estabilidad económica** se asocia con la capacidad del agricultor para predecir los precios de los insumos y los productos en el mercado y mantener el ingreso del predio. Dependiendo de lo avanzado de este conocimiento, el agricultor realiza trueques (tradeoffs) entre la producción y la estabilidad. Para estudiar la dinámica de la estabilidad económica en los sistemas agrícolas, se debe obtener la información total de la producción, de los rendimientos de los productos importantes, del flujo comercial, del ingreso no proveniente del predio, del ingreso neto y de la fracción total de la producción que el agricultor vende o comercia.

3. **Estabilidad cultural** depende de la mantención del contexto y la organización sociocultural que ha nutrido al agroecosistema durante generaciones. El desarrollo rural no puede lograrse cuando se aísla del contexto social, por lo tanto debe adaptarse a las tradiciones locales.

**Productividad** es una medida cuantitativa de la tasa y la cantidad de producción por unidad de tierra o insumo. En términos ecológicos, la producción está referida hacia la cantidad de rendimiento o producto final, es el proceso mediante el cual se obtiene el producto final. Al evaluar la producción de un predio pequeño, a veces se olvida que la mayoría de los agricultores consideran más importante reducir el riesgo que aumentar al máximo la producción. Los pequeños agricultores generalmente están más interesados en optimizar la productividad de los escasos recursos agrícolas que en aumentar la productividad de la tierra o de la mano de obra. También los agricultores eligen una tecnología de producción determinada basándose en decisiones tomadas para todo el sistema agrícola y no sólo para un cultivo en particular (Harwood 1979). El rendimiento por área puede ser un indicador de la tasa y la constancia de la producción, pero también se puede expresar en otras maneras; por ejemplo, por unidad del insumo de mano de obra, por unidad de inversión comercial o como la relación de la eficiencia de la energía. Cuando se analizan los patrones de producción utilizando relaciones de energía, resulta claro que los sistemas tradicionales son extraordinariamente más eficientes que los agroecosistemas modernos (Pimentel y Pimentel 1979). Es común que un sistema comercial agrícola

muestre relaciones de insumo/producto de tres/uno, mientras que los sistemas agrícolas tradicionales muestran relaciones de 10-15/uno.

La vulnerabilidad total de los agroecosistemas modernos simplificados está bien ilustrada por la epidemia del tizón que devastó el cultivo del maíz en el Sur de los Estados Unidos en 1970 y por la destrucción de millones de toneladas de trigo en los Estados del medio oeste en 1953 y 1954 por la raza 15B de *Puccinia graminis f. sp. tritici* (Baker y Cook 1974). La epidemia de las papas y la hambruna subsiguiente en Irlanda a mediados del siglo XIX, nos hace recordar que, no se puede depender de una comunidad de cultivos altamente simplificada y en grandes áreas como medio de producción alimenticio. Un cuadro alarmante surge de un informe preparado por el Consejo Nacional de Investigaciones de la Academia Nacional de Ciencias sobre el grado de uniformidad genética y de vulnerabilidad a epidemias que muchos cultivos han alcanzado (Adams et al. 1971). Esta inclinación a la uniformidad es aparente en la tendencia de los agricultores en la Postrevolución Verde a sembrar una sola variedad de alto rendimiento en lugar de diversas variedades tradicionales.

**La intensificación de la agricultura es una prueba crucial de la elasticidad de la naturaleza. No sabemos por cuanto tiempo más pueden los hombres seguir aumentando la magnitud del subsidio natural sin agotar los recursos naturales y causar una mayor degradación ambiental.** Antes de que descubramos este punto crítico por medio de la experiencia desafortunada, deberíamos esforzarnos para diseñar agroecosistemas que se comparen en estabilidad y productividad con los sistemas naturales (Cox y Atkins 1979). Esta es la fuerza impulsora de la agroecología.

### 4.3 Elementos de Sustentabilidad.

#### *Elementos de sustentabilidad*

Los dogmas básicos de un agroecosistema sustentable son la conservación de los recursos renovables, la adaptación del cultivo al ambiente y el mantenimiento de un nivel alto, aunque sustentable, de productividad. Para poner énfasis en la sustentabilidad ecológica a largo plazo, más que en la productividad a corto plazo, el sistema debe:

- Reducir el uso de energía y recursos.
- Emplear métodos de producción que restablezcan los mecanismos homeostáticos conducentes a la estabilidad de la comunidad, optimizar las tasas de intercambio, el reciclaje de materia y nutrientes, utilizar al máximo la capacidad multiuso del sistema y asegurar un flujo eficiente de energía.
- Fomentar la producción local de productos alimenticios, adaptados al establecimiento socioeconómico y natural.
- Reducir los costos y aumentar la eficiencia y la viabilidad económica de los pequeños y medianos agricultores, fomentando así un sistema agrícola potencial

mente resiliente y diverso. De esta manera, un punto clave en el diseño de agroecosistemas sustentables es el comprender que hay dos funciones en el ecosistema que deben ser realizadas en los campos agrícolas: la biodiversidad de los microorganismos, plantas y animales, y el reciclaje de nutrientes y de materia orgánica.

Como se demuestra en la Figura 5.1 desde el punto de vista del manejo, los componentes básicos de un agroecosistema sustentable que realizarán estas funciones incluyen:

1. Cubierta vegetal como una medida eficaz de conservación del agua y del suelo mediante el uso de prácticas de cero labranza, uso de mulch, cultivos de cobertura, etc.
2. Suministro continuo de materia orgánica mediante la adición regular de compuestos orgánicos (abono, compost) y la promoción de la actividad biótica del suelo.
3. Mecanismos de reciclaje de nutrientes por medio del uso de rotaciones de cultivos, sistemas mixtos cultivo/ganado, agroforestería y cultivos intercalados basados en leguminosas, etc.
4. Regulación de plagas asegurada mediante un aumento de la actividad biológica de los agentes de control, logrado por el manejo de la biodiversidad e introduciendo y/o conservando los enemigos naturales.

Los conceptos básicos de un sistema agrícola autosuficiente, de bajos insumos, diversificado y eficaz, deben sintetizarse en sistemas alternativos prácticos que se ajusten a las necesidades específicas de las comunidades agrícolas en distintas regiones agroecológicas del mundo. Una importante estrategia en la agricultura sustentable es la de regular la diversidad agrícola en tiempo y espacio mediante rotaciones de cultivos, cultivos de cobertura, etc.

Como se ve en la Figura 5.2, las distintas opciones para diversificar los sistemas de cultivos están disponibles dependiendo de si los sistemas actuales de monocultivos a modificarse se basan en cultivos anuales o perennes. La diversificación puede también tomar lugar fuera del predio, por ejemplo, en los linderos de los cultivos en el predio, utilizando barreras cortavientos, cinturones de protección y cercos vivos, lo que puede mejorar el hábitat para la fauna silvestre y los insectos benéficos, proporcionar fuentes de madera, materia orgánica, recursos para abejas polinizadoras y, además, modificar la velocidad del viento y el microclima (Altieri y Letourneau 1982).

Existen muchas estrategias alternativas de diversificación que muestran efectos benéficos en la fertilidad del suelo, la protección y los rendimientos de los cultivos.

Si se utiliza una o más de estas tecnologías alternativas, las posibilidades de mejorar y complementar interacciones entre los componentes de los agroecosistemas (ver Figura 5.3), dando como resultado uno o más de los siguientes efectos:

1. Cubierta vegetal continua para la protección del suelo.
2. Producción constante de alimentos, asegurando una dieta variada y diversos productos comercializables.
3. Cierre de ciclos de nutrientes y uso eficaz de los recursos locales.
4. Conservación del suelo y del agua mediante el uso de mulch y de protección contra el viento.
5. Control biológico de plagas mejorado mediante la diversificación.
6. Aumento de la capacidad multiuso del paisaje.
7. Producción sostenida de cultivos, sin usar insumos químicos degradantes del medio ambiente.

Para lograr la sustentabilidad es necesario comprender en detalle los cuatro sistemas de la agricultura (Raeburn 1984):

1. Biológico: plantas y animales y los efectos de los factores físicos y químicos (clima, suelo) y de las actividades de manejo (riego, fertilización, labranza) sobre la actividad vegetal y animal.
2. Trabajo: las tareas físicas de la agricultura y de qué manera pueden lograrse al combinar mano de obra, experiencia, maquinaria y energía.
3. Economía agrícola: los costos de producción y los precios de los cultivos cada día más altos, las cantidades producidas y utilizadas, los riesgos y todos los otros determinantes del ingreso agrícola.
4. Socioeconómico: mercados para productos agrícolas, derechos de uso de la tierra y mano de obra, maquinaria, combustible, insumos, crédito, impuestos, investigación, asistencia técnica, etc.

El estudio de estos subsistemas se facilita con el enfoque agroecológico que proporciona un marco conceptual para estudiar las interacciones dentro y entre los subsistemas. Tales interacciones pueden estudiarse a cualquier nivel. Una ventaja del marco de trabajo es que los seres humanos pueden estudiarse como componentes integrales de los agroecosistemas.

#### **4.4 Procesos de evolución de sistemas de agricultura convencional hacia sustentables.**

Literatura: Bases Científicas para una Agricultura Sustentable. Cap. 1 y *Pautas ecológicas para el manejo del agroecosistema*

De acuerdo con Reijntjes et al. (1992), existen cinco principios ecológicos fundamentales para el diseño y el manejo de agroecosistemas sustentables:

1. Asegurar condiciones de suelo favorables para el crecimiento de las plantas, especialmente al manejar la materia orgánica y al mejorar la vida del suelo.
2. Optimizar y equilibrar la disponibilidad y el flujo de nutrientes, especialmente mediante la fijación de nitrógeno, el bombeo de nutrientes, el reciclaje y el uso complementario de fertilizantes externos.
3. Reducir al mínimo las pérdidas debido a los flujos de radiación solar, aire y agua, por medio de un manejo de micro-climas, manejo de aguas y control de la erosión.
4. Reducir al mínimo las pérdidas debido a las plagas y a las enfermedades causadas a las plantas y animales, por medio de la prevención y tratamiento seguros.

5. Explotar la complementariedad y el sinergismo en el uso de recursos genéticos, lo que incluye su combinación en sistemas agrícolas integrados con un alto grado de diversidad funcional.

Estos principios pueden aplicarse mediante diversas técnicas y estrategias. Cada uno de ellos tendrá diferentes efectos sobre la productividad, seguridad, continuidad e identidad dentro del sistema agrícola, dependiendo de las limitaciones y oportunidades locales (sobre todo, las restricciones en los recursos) y en la mayoría de los casos, sobre los mercados.

El grado en que los agroecosistemas aumenten su sustentabilidad ecológica, especialmente en un ambiente de suelo frágil, dependerá ampliamente de los seis elementos biológicos que siguen a continuación (NCR 1993):

1. El grado en el que los nutrientes se reciclan: la productividad dentro de un sistema está directamente relacionada con la magnitud de flujo y movilización de nutrientes. La sustentabilidad está relacionada directamente con la magnitud del uso de los nutrientes y con la reducción de sus pérdidas.

2. Hasta que punto está físicamente protegida la superficie del suelo: se debe reducir al mínimo la pérdida de suelo por el transporte de agua o la erosión eólica. Se debería proteger de la oxidación u otro deterioro químico, por medio de una cubierta protectora de plantas. El deterioro físico, la compactación y la pérdida de la estructura por las precipitaciones, pueden ser igualmente desastrosos al reducir el potencial productivo. El cultivo continuado o la cubierta de residuos del cultivo provenientes de sistemas manejados apropiadamente, es crucial para mantener el potencial productivo.

3. La eficiencia y el grado de utilización de la luz solar, el suelo y los recursos de agua: los sistemas agrícolas seleccionados deben ser manejados para un uso óptimo, incluyendo el cultivo de cobertura continuo, el potencial genético animal y de los cultivos, el daño mínimo por las plagas y el óptimo abastecimiento de nutrientes.

4. Una pequeña porción de nutrientes cosechados en relación a la biomasa total (remoción de lo cosechado): cuando los suelos están erosionados, tienen un estado nutriente pobre o son frágiles química y físicamente, la mantención de sistemas de alta biomasa es crítica.

5. Mantención de una biomasa residual alta en forma de madera, material herbáceo u otros materiales orgánicos del suelo: es de vital importancia, con el fin de sostener la biomasa en el suelo y asegurar la productividad de animales y cultivos, una fuente de carbono que aporte energía y facilite la retención de nutrientes.

6. Estructura y preservación de la biodiversidad: la eficacia del reciclaje de nutrientes y la estabilidad de plagas y enfermedades en el sistema, dependen de la cantidad y tipo de biodiversidad, como también de su organización espacial y temporal y (diversidad estructural). Los sistemas tradicionales, especialmente aquellos en ambientes de producción marginal, poseen a menudo una estabilidad y elasticidad significativa, como resultado de la diversidad estructural.

**TAREA:** Analizar y discutir en clase el siguiente caso:

***El diseño de un agroecosistema sustentable  
Diversificación de un campo de cebollas en Michigan***

Pocos científicos han sido capaces de reunir la suficiente información sobre ciertas formas de control cultural y biológico que se pueden aplicar a las plagas específicas de los cultivos, con el objeto de formular una serie de propuestas de manejo ambiental para mejorar el control de plagas de insectos que afectan a determinados cultivos.

El trabajo de Groden (1982) en Michigan constituye una excepción, en éste se diseñó un agroecosistema de cebollas funcionalmente diverso para optimizar la mortalidad de la principal plaga de la cebolla (gusano de la cebolla *Delia antiqua*). Este diseño surgió a partir de los modelos cuantitativos que describían las relaciones entre los componentes del sistema. A partir de la comprensión de estas interacciones cuantitativas se pueden formular diseños que incorporen enfermedades, malezas, insectos, etc., en la medida que las relaciones que se usan en la construcción de estos modelos «sin cuerpo» sean estructuralmente independientes, o que si se incorporan aspectos de estructura sean como variables.

El diseño alternativo del agroecosistema de cebollas que se muestra en la Figura 5.6, acentúa la diversidad planificada o funcional. La pastura para las vacas y los linderos de malezas entregan refugio y alimento alternativo para el parásito del gusano de la cebolla, *A. pallipes* (Groden 1982). Los pastos proporcionan también una rica fuente para las lombrices, y con ello potencian al máximo la densidad de las poblaciones de la mosca tigre, depredador de la mosca de la cebolla. Las franjas largas y angostas de cebollas reduce al mínimo la distancia desde cualquier punto del campo de cebollas a los bordes con malezas y a los pastos de

los vacunos. Esto resulta importante puesto que la cantidad del parásito *A. pallipes* disminuye exponencialmente desde los linderos con malezas y pasturas hasta la zona con cebollas (Grodén 1982). Esto también es efectivo en las moscas de las cebollas infectadas con la enfermedad provocada por el hongo *Entomophthora muscae*. Los linderos del campo con maleza no se siegan para darles a las moscas enfermas sitios de apego.

Los linderos angostos con malezas aumentan al máximo la probabilidad de que las esporas de *E. muscae* afecten a las moscas sanas al mediodía, cuando se juntan para descansar en los lugares de apego para las moscas sanas. Mediante la siega de algunos linderos de malezas se puede incrementar este efecto de congregamiento. Una cultivo de rábano junto a las cebollas brinda un refugio alternativo y por lo tanto un continuo abastecimiento para el escarabajo rove, *A. bilineata*.

*El diseño de sistemas y tecnologías alternativas*

100 Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable

Pastura de ganado

Límite de malezas

Cebollas tempranas

Plantación 1

de rábanos

Plantación 2

de rábanos

Plantación 3

de rábanos

Cebollas tardías

Límite de malezas

Cebollas tempranas

Plantación 1

de rábanos

Plantación 2

de rábanos

Plantación 3

de rábanos

Cebollas tardías

Límite de malezas

FIGURA 5.6 Cultivo agrícola sustentable para reducir al mínimo el impacto del gusano de la cebolla y la necesidad del uso de insecticidas para el control de la plaga (según Groden 1982).

A fin de entregar una larga temporada de recursos alimenticios, se debería usar una cierta cantidad de cultivo, el gusano del repollo o distintas fechas de siembra de cebollas (Grodén 1982). Groden demostró también que una siembra nueva servirá como un cultivo distractor muy atractivo para la población de gusanos, lo que dará como resultado una alta concentración de los insectos en el cultivo más antigua. Puesto que el cultivo más antiguo permaneció intacto, el cultivo más nueva podría ubicarse cerca de los rábanos de manera que el grupo de huéspedes se concentre para *A. bilineata*, haciendo con esto que la búsqueda de presas se haga más eficiente.

Para controlar el problema de aparición de moscas después de la cosecha de cebollas, se convierte en un objetivo principal el manejo de los residuos de las cebollas.

Una opción de manejo diversificado incluye la siembra de un cultivo de cobertura otoñal de avena o centeno inmediatamente después de la cosecha, de manera que en una semana, el cultivo de cobertura esconde el residuo de las cebollas, dificultando su ubicación a las moscas. Otra modificación es dejar sin cosechar una pequeña sección de las hileras de cebollas, y luego, mientras se siembra el cultivo de cobertura, cortar la punta de dichas cebollas y dejarlas en el suelo. Estas puntas resultan bastante atractivas para las moscas (más atractivas que los residuos), sin que las larvas de las moscas puedan sobrevivir en ellas puesto que se secan antes que termine el desarrollo del insecto. De esta forma, estas puntas de las cebollas sirven para evitar que las moscas pongan sus huevos en los residuos hasta que aparece el cultivo de cobertura reduciendo drásticamente la eficiente búsqueda de las hembras. Además de esto, la rotación de cultivos reduce significativamente la cantidad de moscas que colonizan los campos con cebollas durante la primavera (Mortinson et al. 1988).