ELEMENTOS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DEL CULTIVO DEL MAÍZ EN SUS DIFERENTES ASOCIOS EN EL TRÓPICO ECUATORIAL

RUBÉN DARÍO MERIÑO OVIEDO

UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
SINCELEJO
2004

ELEMENTOS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DEL CULTIVO DEL MAÍZ EN SUS DIFERENTES ASOCIOS EN EL TRÓPICO ECUATORIAL

RUBÉN DARÍO MERIÑO OVIEDO

UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
SINCELEJO
2004

ELEMENTOS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DEL CULTIVO DEL MAÍZ EN SUS DIFERENTES ASOCIOS EN EL TRÓPICO ECUATORIAL

RUBÉN DARÍO MERIÑO OVIEDO

Trabajo final en la modalidad de Monografía según Resolución 02 de 2003, capítulo uno, artículo segundo, como requisito para optar el título de Ingeniero Agrícola

Director

ORLANDO NAVARRO MEJÍA
Ing. Agro. M.S.c. En Ciencias Agrarias
Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias
Departamento de Zootecnia

UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
SINCELEJO
2004

“ Únicamente el autor es responsable de las ideas expuestas en el presente trabajo”

Nota de aceptación:

_____
_____
_____
_____
_____
_____

_____
Presidente del Jurado

_____
Firma del jurado

_____
Firma del jurado

Sincelejo, 10 de junio de 2004.

DEDICATORIA

A Dios sobre todas las cosas está destinado mi esfuerzo y sacrificio.

A mi madre Enideth por su sacrificio en sacarnos adelante.

A mi padre Héctor, por su incansable esmero en darnos educación.

A mis hermanos Angélica María, Carlos Andrés y Luz Ángela, quienes me apoyaron en todo momento.

A Hugo Rafael Viloria Álvarez, por ser mi compañero de lucha en todo momento, del cual aprendí que el esfuerzo y sacrificio son las bases del éxito.

A Pedro Juan Morales Camargo, por ser un batallador incansable, ejemplo de superación.

A mis tías Herminia Rosa, Florez, Jóvita, Gesy, Nait y Carmen Alicia, por preocuparse y estar siempre dispuestas a colaborarme.

A mis tíos Julio, Gregorio, Aroldo y Rafael, quienes creyeron siempre en mi superación y deseo de seguir adelante.

A mis primos y primas y demás familiares.

A mi pueblo CHENGUE, *que no tuvo la oportunidad de ver graduar a uno de sus hijos como profesional, pero que lucharé hasta el final para dejar su nombre en alto donde quiera vaya.*

Rubén Darío

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Luz Mercedes Botero, Zootecnista, Decana de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Sucre, por la gran dedicación que mostró en el desarrollo del presente trabajo.

Orlando Navarro Mejía, Ingeniero Agrónomo, docente Universidad de Sucre, por su dirección en el presente trabajo.

Universidad de Sucre, Facultad de Ingeniería y Facultad de Ciencias Agropecuarias por permitirme encausar con bases científicas un aporte a través de la presente investigación.

A todos mis compañeros de estudio y demás personas que de algún modo me colaboraron en el transcurso de este largo aprendizaje, vivencia universitaria y en la realización de este documento.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN 13

CAPÍTULO I

1. ELEMENTOS SOBRE LOS RECURSOS NATURALES Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE 16

1.1 ELEMENTOS SOBRE EL DESARROLLO Y LOS RECURSOS NATURALES 17
1.2 FUNDAMENTOS SOBRE EL DESARROLLO SOSTENIBLE 17
1.1.1 Elementos para una agricultura sostenible. 18
1.1.2 Consideraciones para definir modelos de agricultura sostenible. 20
1.1.2.1 La visión sistémica. 21
1.1.2.3 Principios que rigen los ecosistemas naturales. 21
1.1.2.4 Los recursos externos al agroecosistema. 23
1.1.3 La sostenibilidad como guía para los sistemas de producción agrícola. 25
1.1.4 El componente ambiental en los sistemas de producción agrícola. 26
1.1.5 Elementos para el modelo conceptual del ambiente y el enfoque de sistemas 28
1.1.6 Elementos del ambiente tropical e interrelaciones. 29

2. DINÁMICA DE LOS ECOSISTEMAS TROPICALES 31

2.1 PRODUCTIVIDAD DE LOS ECOSISTEMAS TROPICALES 31
2.2 EFICIENCIA DE LOS ECOSISTEMAS TROPICALES 32
2.3 CICLOS BIOGEOQUÍMICOS EN LOS ECOSISTEMAS TROPICALES 33

3. CAMBIOS EN LOS ECOSISTEMAS DEBIDO A LA AGRICULTURA37

3.1 IMPACTOS SOBRE EL SUELO 39
3.2 IMPACTOS SOBRE EL AGUA 40
3.3 IMPACTOS SOBRE EL AIRE 41
3.4 IMPACTOS SOBRE LA BIODIVERSIDAD 43

4. TECNOLOGÍAS PARA DISMINUIR LOS INSUMOS DE ENERGÍAS EXTERNAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLAS 46

5. CONSIDERACIONES SOBRE LA AGRICULTURA Y LA SOSTENIBILIDAD..... 51

6. CONSIDERACIONES SOBRE EL CULTIVO DEL MAÍZ EN EL TRÓPICO ECUATORIAL 53

6.1 SISTEMÁTICA DEL CULTIVO.....55
6.1.1 Nombres comunes por región o por país.....55
6.1.2 Nombre científico válido.....56
6.1.3 Descripción de la especie. 56
6.1.4 Distribución geográfica. 58
6.1.5 Genética, evolución y genotipos. 59
6.1.6 Capacidad fotosintética y productiva del maíz. 61
6.1.7 Requerimientos agroecológicos del cultivo del maíz en sus diferentes arreglos.....63
6.1.8 Prácticas tradicionales sobre el manejo del cultivo en la región. 60
6.1.9 Fundamentos sobre monocultivos y asociados. 66
6.1.10 Elementos sobre prácticas conservacionistas de cultivos en condiciones del trópico ecuatorial. 68
6.1.10.1 Cobertura del suelo. 68
6.1.10.2 Prevenir erosión. 69
6.1.10.3 No perder humedad. 69
6.1.10.4 Infiltrar las lluvias. 70
6.1.10.5 Materia orgánica.....70
6.1.10.6 Menos fertilizantes. 71
6.1.10.7 No quemar.....71
6.1.10.8 Evitar compactación. 71
6.1.10.9 Labranza cero. 72
6.1.10.10 Reducir plaguicidas. 73
6.1.10.11 Rotar cultivos.....73
6.1.10.12 Manejar “malezas”.....74
6.1.11 Fundamentos sobre trofobiosis para un manejo racional de recursos naturales en el cultivo del maíz en el trópico.....74

7. ELEMENTOS PARA UNA PROPUESTA DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DEL CULTIVO DEL MAÍZ Y SUS ASOCIOS EN EL TRÓPICO ECUATORIAL 78

7.1 ACADÉMICAS.....78
7.1.1 Evaluaciones sobre manejo sostenible. 78
7.2.2 Evaluaciones agrícolas. 78
7.2 COMUNITARIAS 78
7.3 INDUSTRIALES.....79
7.4 AMBIENTALES 79

CAPÍTULO II

CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA PARA UNA PRODUCCIÓN AGROSOSTENIBLE EN CONDICIONES DEL TRÓPICO ECUATORIAL 88

GLOSARIO 94

BIBLIOGRAFÍA 99

LISTA DE CUADROS

pág.

Cuadro 1. Recursos de un agroecosistema.....23

Cuadro 2. Ventajas del abono orgánico frente al abonamiento químico.....50

Cuadro 3. Composición química del maíz. 53

Cuadro 4. Posibilidad de daño físico al suelo con diferentes equipos. 72

Cuadro 5. Comparación del uso de productos químicos y biológicos en agricultura. 73

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Erosión por tala y quema de bosques.....39
Figura 2. Reducción de la biodiversidad por monocultivos. 44
Figura 3. Compactación de suelo por uso de maquinaria agrícola. 51
Figura 4. Raíz, tallo y fruto de *Zea mays L.* 56
Figura 5. Superficie cultivada del maíz en distintas zonas del mundo. 58
Figura 6. Variedad de maíz ICA V – 109.....60
Figura 7. Cultivo de maíz asociado con fríjol. 65
Figura 8. Maíz en relevo con fríjol. 65
Figura 9. Cultivos Intercalados de yuca y maíz.....66
Figura 10. Cultivos asociados de maíz x ñame // yuca. 67
Figura 11. Erosión por cultivos limpios. 69
Figura 12. El suelo como ser vivo. 70
Figura 13. Maltrato al suelo por rastras de discos. 72
Figura 14. Planta de maíz infectada por *Spodoptera frugiperda.* 75

INTRODUCCIÓN

A fines del siglo XIX e inicios del XX, descubrimientos científicos y cambios tecnológicos (fertilizantes químicos, mejoramiento genético vegetal y motores de combustión) posibilitan el inicio de una revolución agrícola que consolidó el patrón productivo químico, motomecánico y genético. Este patrón, luego denominado agricultura convencional se intensifica a partir de la segunda guerra mundial, como la "revolución verde" de la década del 70, la agricultura que ya era convencional en el primer mundo, mediante "paquetes tecnológicos" basados en el empleo de energía fósil e insumos industriales. La producción agrícola total creció aceleradamente, pero a fines de los 80 el optimismo por el aumento de producción fue cediendo frente a una serie de preocupaciones: destrucción de bosques, pérdida de biodiversidad, erosión de suelos y contaminación de recursos naturales y alimentos se volvieron consecuencias casi inherente al proceso modernizador (Gómez, 1997).

En el mismo momento (a principios de siglo), en que se consolidaba el patrón dominante, una minoría de investigadores y grupos aislados de productores recorría otros caminos basados en la valorización del potencial biológico y el abonamiento orgánico de suelos. Estos "disidentes" dieron origen en las décadas del 20 y 30 a movimientos como el biodinámico, orgánico y biológico en Europa, y a la agricultura natural del Japón. Durante décadas estos grupos se mantuvieron en "guetos" al margen y hostilizados por los círculos agrícolas mayoritarios (Bejarano, 1995).

Según una definición del USDA de 1984, la agricultura orgánica es un sistema de producción que evita o excluye ampliamente el uso de fertilizantes pesticidas, reguladores del crecimiento y aditivos para la

alimentación animal elaborados sintéticamente. Se basa en la rotación de cultivos, utilización de estiércol, leguminosas, abonos verdes, residuos orgánicos externos al predio, cultivo mecánico, minerales naturales y aspectos de control biológico de plagas para mantener la estructura y productividad del suelo, proveer nutrientes para las plantas y controlar insectos, malezas y otras plagas (Reijntjes, 1992).

Las técnicas agrícolas sostenibles producen alimentos más puros y frescos con una concentración mayor de minerales, cosechas iguales o mayores que los métodos convencionales, costes menores de producción, gastos fiscales menores, costes ambientales menores, mayor rentabilidad a largo plazo y menor erosión. Un uso mucho menor de sustancias químicas da lugar también a menos problemas de salud. El cambio a una agricultura sostenible es no sólo viable, sino además imprescindible. Pero debe hacerse urgentemente, antes que la agricultura química y la ingeniería genética alteren los ecosistemas naturales hasta un punto tal que la agricultura ecológica sea imposible (Pollan, 1998).

De acuerdo con Altieri (1987), la agricultura sostenible promueve prácticas que den lugar a ecosistemas agrícolas que tengan la diversidad, estabilidad y resistencia de los ecosistemas naturales. Para ello fomentará:

- La diversificación de las cosecha y la rotación de los cultivos.
- La conservación del suelo y del agua.
- Investigación y uso de herbicidas, pesticidas y fertilizantes no químicos, que no dañen el equilibrio del suelo y permitan altos rendimientos.
- Técnicas que permitan reducir o eliminar el uso de combustibles fósiles.
- El uso de los residuos y desechos dentro del sistema de producción alimentaria para reciclar nutrientes minerales.
- La investigación y aplicación de técnicas agrícolas sostenibles, ecológicas y de bajo costo.

La importancia de asociar cultivos influye sobre la dinámica de las poblaciones de insectos-"plaga" que generalmente provocan menos daños a los cultivos, y por otra, la supresión de hierbas adventicias molestas debido al sombreamiento, alelopatía, entre otros, y un mejor uso de los nutrientes del suelo con el consiguiente mejoramiento de la productividad por unidad de superficie. Existen diferentes asociaciones de cultivos, siendo algunas desfavorables o no recomendables y otras favorables (Ospina, 1999).

La práctica de asociar cultivos es una vieja estrategia de producción agrícola usada mayormente, aunque en forma exclusiva, en los países tropicales. La técnica se basa en el crecimiento de dos o más especies sobre una misma unidad de terreno, ocurriendo una superposición total o parcial de sus ciclos, de manera que a la competencia intraespecífica propia de los monocultivos, se agrega la competencia entre las especies componentes de la asociación (Navas y Marín, 1995).

La ubicación y persistencia de los cultivos asociados tropicales ha sido destacada en revisiones recientes, en las cuales se enfatiza tanto la necesidad de enmarcar la investigación en cuerpo coherente extraído de la ecología, como la pertinencia de realizar evaluaciones puntuales y detalladas de las asociaciones en ámbitos particulares, dada la complejidad de funcionamiento de dichos ecosistemas (Baldy y Stigter, 1993).

1. ELEMENTOS SOBRE LOS RECURSOS NATURALES Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Los recursos naturales pueden ser renovables, no renovables o abstractos. Los recursos no renovables incluyen los combustibles fósiles, minerales, maderas tropicales taladas que no se reponen, y animales o plantas raras que se cazan o se recogen de forma incontrolada. Los recursos renovables incluyen la energía del sol y los ciclos biológicos y biogeoquímicos (tales como los ciclos hidrológicos de agua y energía, y del carbono). A nivel más inmediato, los recursos renovables incluyen bosques que han sido talados y replantados selectivamente, poblaciones de animales y plantas que se han manejado apropiadamente mediante caza, pesca y recolección controladas y reutilizadas. Los recursos abstractos incluyen animales, plantas y el paisaje natural como parte de la "campiña" utilizada para actividades de ocio y turismo como observación de aves, pesca, montañismo, vistas panorámicas. Los recursos no renovables son por supuesto finitos, mientras que las otras dos categorías son efectivamente infinitas siempre que no sean sobreexplotadas o dañadas. Nuestros descendientes no nos agradecerán que agotemos los recursos finitos, ni que destruyamos los renovables (Kiely, 1999).

La diversidad biótica de los sistemas debe verse por tanto como un recurso de propiedad común para todo el género humano. Sin embargo, está sujeta a la "tragedia de los comunes". Los comunes, en terminología británica, son zonas comunales separadas para que los vecinos lleven su ganado a pastar. La tragedia fue que los particulares tenían libertad para aumentar la explotación llevando a pastar más y más animales sin pagar los costes adicionales de manetener los comunes en estado productivo. Los costos se compartían entre todos los vecinos aunque los beneficios correspondían

sólo al propietario del ganado. Los recursos de propiedad común en el mundo de hoy incluyen paisajes panorámicos, zonas silvestres, animales migratorios incluidas la ballenas, la biodiversidad y el aire y el agua limpios. La tragedia de los comunes se aplica igualmente a éstos (Burch, 1977).

1.1 ELEMENTOS SOBRE EL DESARROLLO Y RECURSOS NATURALES

El desarrollo implica riesgos e incertidumbres. En ocasiones, por querer obtener resultados positivos en términos de ingreso per cápita, se arriesga la destrucción de los recursos naturales o se exponen efectos directos sobre las personas, derivados de los impactos negativos sobre los recursos. Todo tipo de desarrollo implica emisión de desechos, por lo tanto existe la necesidad de mantener la situación controlada dentro de límites tolerables para los grupos de variables más críticos en relación con la sostenibilidad. Es necesario definir los elementos significativos de las categorías desde el punto de vista de la sostenibilidad; es decir, los tipos de recursos del sistema y del entorno, así como los elementos del sistema propiamente. Como recursos del sistema y de sistemas exógenos se pueden considerar los siguientes: agua, suelo, aire, flora, fauna, recursos culturales y áreas únicas (IICA, 1992).

En la mayoría del mundo en desarrollo, el aumento en la producción de cultivos deberá provenir de altos rendimientos, no de más tierra bajo el arado. Como la frontera de la tierra arable se está cerrando o está cerrada en muchos países, altos rendimientos requerirán la intensificación de la agricultura en tierras ya despejadas (Bejarano, 1995).

1.2 FUNDAMENTOS SOBRE EL DESARROLLO SOSTENIBLE

El concepto de la palabra “eco-desarrollo” incluye la armonización del desarrollo con los aspectos económicos y social como un manejo

ecológicamente prudente de los recursos ambientales. Este es un enfoque que requiere fomentar cada ecosistema de la mejor manera posible para satisfacer las necesidades de la población por medio de una gran variedad de medios y tecnologías apropiadas (Braun, 1991).

Llanes (1995), localiza en los años 1950 y 1960, el principio de una economía medioambiental en los países industrializados debido a la necesidad de resolver los problemas de la contaminación y pérdidas del bienestar desde un punto de vista económico. El desarrollo de una economía ecológica alentó un cambio de modelo que entonces incluyó la contabilidad energética. Este cambio empezó en la segunda mitad de los años 80's. El criterio que el crecimiento económico y la conservación del medio ambiente pueden y deben ser compatibles, se definió como "desarrollo sostenible". Esta frase se introdujo en 1980 durante el debate de la estrategia mundial para la conservación. Esta idea fue posteriormente difundida en 1987 en un informe por la Comisión Mundial sobre el Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland), según la cual: "desarrollo sostenible" es el que satisface las necesidades de la generación presente, sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades propias (Unasylva, 1992).

En el centro de la discusión sobre el desarrollo sostenible se encuentra el ser humano, su cultura, sus estilos de vida y sus patrones de producción y consumo. Con base en lo anterior, las principales dimensiones del desarrollo sustentable son: la socioeconómica, la política-institucional, la tecnológica-productiva y la ecológica en estrecha interacción (Viñas y Román, 1997).

1.1.1 Elementos para una agricultura sostenible. La agricultura sostenible se refiere generalmente a un modo de agricultura que intenta

proporcionar rendimientos sostenidos a largo plazo, mediante el uso de tecnologías de manejo que integran los componentes del predio para mejorar la eficiencia biológica del sistema. Esto requiere que el sistema agrícola sea considerado como un ecosistema (de aquí el término agroecosistema), por lo que la investigación agrícola no se debiera orientar sólo a obtener altos rendimientos de un cultivo en particular, sino más bien a la optimización del sistema como un todo. Se requiere, además, ver más allá de sólo la producción económica inmediata y considerar la cuestión vital de la estabilidad ecológica y la equidad social (Conway y Barbier, 1990).

Los requisitos 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, pero estable, de productividad. Para enfatizar la sustentabilidad ecológica a largo plazo, más que la productividad a corto plazo, el sistema debe (Altieri, 1987):

- Reducir el uso de energía y recursos.

- Emplear métodos de producción que restablezcan los mecanismos homeostáticos conducentes a la estabilidad de la comunidad, a la optimización de las tasas de reciclaje de materia orgánica y nutrientes, a la máxima utilización de la capacidad multiuso del sistema y al fortalecimiento de un flujo eficiente de energía.

- Fomentar la producción local de productos alimenticios, adaptados al entorno 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 potencialmente resistente y diverso.

1.1.2 Consideraciones para definir modelos de agricultura sostenible.

Varias escuelas o corrientes comparten los mismos objetivos y principios generales de producción sostenible, reciclaje de recursos, integración de procesos y diversificación de cultivos, las cuales se alinean bajo las siguientes denominaciones; según Rosas (2002), éstas son:

- **Agricultura biodinámica**

Resultante del curso agrícola dado por el filósofo austriaco Rudolf Steiner en 1924, El aspecto distintivo de la biodinámica es el uso de preparados dinamizados a la manera de una homeopatía agrícola y el enfoque de las unidades rurales como organismos agrícolas, sometidos a la influencia de factores cósmicos complementarios al fotoperiodismo y al clima en general.

- **Agricultura orgánica**

La agricultura orgánica es un movimiento iniciado en Inglaterra en la década de los años treinta, por los agrónomos Lady Eve Balfour y Sir Albert Howard; se destaca por la recomendación de abonos orgánicos y por sus métodos pioneros de compostaje controlado. Es la denominación más difundida mundialmente, particularmente a partir de 1972, año de fundación de la IFOAM – Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica.

- **Agricultura biológica o agrobiológica**

Es el nombre usado en Francia y Portugal desde la década de los años sesenta, para el método difundido por agrónomos como Francis Chaboussou, Raul Lemaire y Claude Aubert. Se destaca por la importancia del control biológico, del manejo integrado de plagas y enfermedades y por la teoría de la trofobiosis (plantas enfermas de pesticidas).

1.1.2.1 La visión sistémica. Los problemas del desarrollo sostenido no pueden ser entendidos y, consecuentemente, resueltos, si sus distintas dimensiones son tomadas de manera aislada. Por su propia naturaleza, los distintos componentes de la que hemos llamado el capital ecológico son, aunque con identidades y dinámicas propias, partes de un todo interconectado e interindependiente. Los argumentos de la política, la economía y la ecología están estrechamente interrelacionados a todos los niveles –local, regional, nacional y global– en un complejo de causas y efectos en donde es difícil, sino imposible, diferenciar con nitidez y precisión los alcances y límites de cada una. La multidimensionalidad (sistemas biofísicos, políticos, económicos y sociales) y la interdependencia son los conceptos básicos a utilizar en el análisis de problemas y el diseño de alternativas de solución a los mismos (ICA, 1993).

1.1.2.3 Principios que rigen los ecosistemas naturales. La ecología estudia las relaciones de los seres vivos con su ambiente y entre sí. Al ambiente contribuyen factores abióticos como la temperatura, la lluvia, la radiación solar, el suelo y el agua y factores de índole biológico o bióticos. Los miembros de una especie que ocupan una misma área, en la cual se reproducen, forman una población. Los factores abióticos y el conjunto de interacciones de una especie con su entorno biótico, conforman su nicho ecológico. Las poblaciones de las distintas especies que conviven en un área determinada constituyen una comunidad. Las comunidades y todos los aspectos físicos asociados con ella forman un ecosistema. La superficie del planeta está cubierta por el mayor ecosistema conocido: La biosfera (Burch, 1977).

Los factores abióticos de un ecosistema son sus condiciones físicas y químicas, es decir, la energía, los nutrientes, el agua, los gases, la temperatura y el suelo. Para que el ecosistema esté en equilibrio, estos

factores deben permanecer en las cantidades y proporciones adecuadas, de manera que sean una base para la vida que sustenta. Los factores abióticos son inseparables de los factores bióticos de un ecosistema, pues los organismos vivos reciclan los componentes químicos. Los factores abióticos más importantes en los ecosistemas son la atmósfera y el clima, el agua y el suelo (Clarke, 1975).

Cuando en un ecosistema se establecen las interacciones entre las especies de organismos que lo constituyen, se establecen relaciones de alimentación entre los diferentes niveles tróficos, es decir, entre los diferentes niveles alimenticios (Vásquez, 2001). Este autor sostiene que:

- En el primer nivel se encuentran los productores, o sea, los organismos autótrofos de la biocenosis (comunidad que es el conjunto de seres vivos), responsables de la producción de alimentos a partir de agua, CO_2 y sales minerales. En este nivel la fuente de energía es la luz solar.

- En el segundo nivel están los consumidores primarios o herbívoros, quienes se alimentan directamente de las partes verdes de los vegetales, de sus semillas, sus frutos, sus tallos, sus hojas.

- Enseguida, en el tercer nivel, se ubican los carnívoros o consumidores secundarios.

- Existen también los consumidores terciarios, que son animales que se alimentan de carnívoros o de algunas de sus partes; por ejemplo, los comedores de carroña, los cuales ocupan el cuarto nivel trófico.

- Actuando sobre desechos de los organismos antes mencionados se presentan los desintegradores o reductores; en este conjunto están

situados los hongos, las bacterias y los actinomicetos, los que utilizan como fuentes nutritivas las excreciones y cadáveres de organismos, y liberan sales minerales a partir del proceso de mineralización de la materia orgánica. Los reductores son los encargados de la descomposición y reincorporación de materias primas al ecosistema.

1.1.2.4 Los recursos externos al agroecosistema. Norman (1979), citado por Altieri (1995), agrupa la combinación de recursos encontrados comúnmente en un agroecosistema en cuatro categorías.

Cuadro 1. Recursos de un agroecosistema.

Recursos	Características
Naturales	Incluyen suelo, agua, clima y vegetación.
Humanos	Incluyen personas que viven y trabajan en el agroecosistema y explotan sus recursos como sustento de la producción agrícola.
De capital	Incluye los beneficios y servicios creados por y para las personas asociadas con el agroecosistema, y que facilitan la explotación agrícola del mismo.
De producción	Incluye las salidas del sistema, es decir, los bienes de producción (cosecha y animales). Estos pueden ser recursos de capital como en el caso de los subproductos o "desechos de la finca". Cuando son reciclados y representan ahorro de capital.

Fuente: Martínez, M. 2001.

- **Recursos naturales**:

Los recursos naturales son los elementos que provienen de la tierra, del agua, del clima y de la vegetación natural, siendo explotados por el agricultor para la producción agrícola. Los elementos más importantes son el área del predio, lo que incluye su relieve, el grado de fragmentación de la propiedad, su ubicación con respecto a los mercados, la profundidad del suelo, la condición química y los atributos físicos; la disponibilidad de agua

subterránea y en la superficie; pluviosidad promedio, evaporación, irradiación solar y temperatura (su variabilidad estacional y anual); y la vegetación natural que puede ser una fuente importante de alimento, forraje para animales, materiales de construcción o medicinas para los seres humanos, influyendo en la productividad del suelo de los sistemas de cultivos migratorios.

- **Recursos humanos**:

Los "recursos" humanos están compuestos por la gente que vive y trabaja dentro de un predio y explota sus recursos para la producción agrícola, basándose en sus incentivos tradicionales o económicos. Los factores que afectan estos recursos incluyen: (a) el número de personas que el predio tiene que sustentar en relación con la fuerza de trabajo y su productividad, la cual gobierna el superávit disponible para la venta, trueque u obligaciones culturales; (b) la capacidad para trabajar, influida por la nutrición y la salud; (c) la inclinación al trabajo, influida por el nivel económico y las actitudes culturales para el tiempo libre; y (d) la flexibilidad de la fuerza de trabajo para adaptarse a variaciones estacionales en la demanda de trabajo, es decir, la disponibilidad de la mano de obra contratada y el grado de cooperación entre los agricultores.

- **Recursos de capital**:

Los recursos de capital son los bienes y servicios creados, comprados o restados por las personas asociadas con el predio para facilitar la explotación de los recursos naturales para la producción agrícola. Los recursos de capital pueden agruparse en cuatro categorías principales: (1) recursos permanentes, como modificaciones duraderas a los recursos de tierra o agua orientados hacia la producción agrícola; (b) recursos

semipermanentes o aquellos que se deprecian y tienen que ser reemplazados periódicamente como graneros, cercas, animales de tiro, herramientas; (2) recursos operacionales o artículos de consumo utilizados en las operaciones diarias del predio, como fertilizantes, herbicidas, abonos y semillas; y (d) recursos potenciales o aquellos que el agricultor no posee pero de los que puede disponer teniendo que reembolsarlos en el tiempo, como el crédito y la ayuda de parientes o amigos.

- **Recursos de producción**:

Los recursos de producción comprenden la producción agrícola del predio como de los cultivos y el ganado. Estos se transforman en recursos de capital si se venden y los residuos (cultivos, abono) son insumos nutrientes reinvertidos en el sistema.

1.1.3 La sostenibilidad como guía para los sistemas de producción agrícola. Un estudio para América Latina y el Caribe sobre opciones para una estrategia ambiental (WRI, 1992) reconoce tres tipos de indicadores, cuya evolución tiene relación con la sostenibilidad de los sistemas de producción. Los tipos de indicadores son de dotación de recursos, degradación, y problemas, rendimiento o efectividad; y corresponden a las categorías del análisis que proponen Torquebiau y Ávila, pues se pueden asimilar a recursos de diferentes tipos, tanto de manejo como de rendimiento socioeconómico y técnico. Del análisis hecho hasta este punto, debería quedar en claro que no existen indicadores universales, sino que cada sistema, dependiendo de su nivel de agregación, sus categorías y elementos específicos, así como de los descriptores seleccionados, tendrá su propio conjunto (set) de indicadores. Además los indicadores pueden variar según el problema o el objetivo de análisis. Por ejemplo, en el caso de indicadores que deben medir la sostenibilidad de un sistema de producción,

la cantidad y precisión de ellos será diferente, si se trata de un proyecto de investigación donde se pretende analizar ensayos con diferentes tecnologías todavía no probadas, o si se trata de un proyecto de desarrollo rural, donde se quiere monitorear la sostenibilidad de los sistemas de producción promovidos por el proyecto. En el pensamiento agroecológico existe una influencia que procede de los esfuerzos de investigación de antropólogos y geógrafos dedicados a descubrir y analizar las prácticas agrícolas y la lógica de los pueblos nativos y campesinos. Típicamente, estos estudios se han preocupado por uso de recursos y del manejo no sólo del predio agrícola sino de toda la base de susbsistencia, y se han concentrado en cómo los pueblos locales explican esta base de subsistencia, y en cómo los cambios sociales y económicos afectan los sistemas de producción (CLADES, 1999).

1.1.4 El componente ambiental en los sistemas de producción agrícola. De acuerdo con Hecht (1990), el uso contemporáneo del término "agroecología" data de los años 70, pero la ciencia y la práctica de la agroecología son tan antiguos como los orígenes de la agricultura. A medida que los investigadores exploran las agriculturas indígenas, las que son reliquias modificadas de formas agroeconómicas más antiguas, se hace más notorio que muchos sistemas agrícolas desarrollados a nivel local, incorporan rutinariamente mecanismos para acomodar los cultivos a las variables del medio ambiente natural, y para protegerlos de la depredación y la competencia. Estos mecanismos utilizan insumos renovables existentes en las regiones, así como los rasgos ecológicos y estructurales propios de los campos, los barbechos y la vegetación circundante.

En estas condiciones la agricultura involucra la administración de otros recursos además del cultivo propio. Estos sistemas de producción fueron desarrollados para disminuir riesgos ambientales y económicos y mantienen

la base productiva de la agricultura a través del tiempo. Si bien estos agroecosistemas pueden abarcar infraestructuras tales como trabajos en terrazas, zanjas e irrigación, el conocimiento agronómico descentralizado y desarrollado localmente es de importancia fundamental para el deesarrollo continuado de estos sistemas de producción.

Cuadro 2. Diferencias estructurales y funcionales entre ecosistemas naturales y artificiales.

Características	Agroecosistemas	Ecosistemas naturales
▪ Productividad neta	Alta	Media
▪ Cadenas tróficas	Simples lineales	Complejas
▪ Diversidad especies	Baja	Alta
▪ Diversidad genética	Baja	Alta
▪ Ciclos minerales	Abiertos	Cerrados
▪ Estabilidad	Baja	Alta
▪ Control del sistema	Externo-hombre	Interno-natural
▪ Permanencia en el tiempo	Corta	Larga
▪ Heterogeneidad	Baja	Alta
▪ Madurez	Inmaduro	Maduro
▪ Requerimientos de energía externa	Alto	Baja

Fuente: Altieri, M. 1992.

Los sistemas agrícolas son una interacción compleja entre procesos sociales externos e internos, y entre procesos biológicos y ambientales. Estos pueden entenderse espacialmente a nivel de terreno agrícola, pero a menudo también incluyen una dimensión temporal. El grado de control externo versus control interno puede reflejar intensidad de administración a lo largo del tiempo, el que puede ser mucho más variable que el supuesto de Odum. En sistemas de roza, tumba y quema, por ejemplo, los controles externos tienden a disminuir en los períodos posteriores de barbecho. El modelo de agroecosistema de Odum marca un punto de partida interesante para la comprensión de la agricultura desde una perspectiva de los sistemas ecológicos, pero no puede abarcar la diversidad y complejidad de muchos

agroecosistemas que se desarrollan en las sociedades no occidentales, especialmente en los trópicos húmedos (Kolmans, 1995).

1.1.5 Elementos para el modelo conceptual del ambiente y el enfoque de sistemas: estructura de siembra. El concepto de sistemas tiene mucha importancia en Ecología. En 1935 Tansley citado por Odum (1957), introdujo la palabra "ecosistema", pero el concepto propiamente fue desarrollado por muchos otros, entre ellos Lindeman (1942) con sus estudios de cadenas de alimentación y H. T. Odum (1957) con estudios acerca del flujo de energía dentro de ecosistemas. El concepto de ecosistemas se ha ampliado para incluir otros sistemas ecológicos.

Becht (1974), después de revisar 24 definiciones de la literatura sobre sistemas, usa la siguiente definición: "sistema es un arreglo de componentes físicos, un conjunto o colección de cosas, unidas o relacionadas de tal manera que forma y/o actúan como una unidad, una entidad o un todo".

Hay dos palabras claves en esta definición, arreglo y actúan, esto implica dos características de cualquier sistema: estructura y función. Todo sistema tiene una estructura relacionada con el arreglo de los componentes que lo forman y tiene una función relacionada con cómo actúa el sistema. En resumen, se puede definir un sistema como un arreglo de componentes que funciona como una unidad. Si se considera la definición de sistema, es obvio que un tipo de elemento que forma un sistema son los componentes del sistema. Si la unidad formada por los componentes funcionan sin tener interacción con otros componentes del ambiente que rodea a la unidad, el sistema se define cerrado. El concepto de sistemas cerrados es como los conceptos de vacío o gases ideales de las ciencias físicas; no existen en la realidad, pero a veces los conceptos tienen utilidad.

En el mundo real los sistemas son abiertos, es decir, tienen interacción con el ambiente. Esta interacción resulta en entradas y salidas a la unidad. Al observar fenómenos reales y definir conjuntos de componentes que forman unidades, las fronteras entre unidades constituyen los límites de cada sistema. Hay ciertos elementos que todo sistema tiene y éstos son: componentes, interacción entre componentes, entradas, salidas y límites.

Los componentes de un sistema son los elementos básicos (la materia prima) del sistema. Si se analiza una casa como un sistema, los ladrillos, las tejas, la tubería, etc., son los componentes del sistema. Si un equipo de fútbol es un sistema, los jugadores que integran el equipo son los componentes del sistema.

1.1.6 Elementos del ambiente tropical e interrelaciones. Como estipula Jaramillo (1998), la ecología es la ciencia que estudia las relaciones existentes entre los seres vivos y el medio en el que viven. Así pues, estudia la relación entre el hombre y su medio: la tierra, un gran almacén que proporciona recursos materiales de todo tipo: agua, oxígeno, minerales, madera, alimentos..., todo cuando es preciso para vivir. Sin embargo, existe la posibilidad que ese gran almacén se agote. Efectivamente, los recursos del planeta son abundantes y durante largo tiempo se creyó que eran casi ilimitados, pero a partir de la década de los años setenta la humanidad es consciente que dichos recursos son finitos y que es preciso reducir su consumo. Desde entonces, la preocupación por el ambiente ha ido en aumento y se han creado asociaciones y organismos dedicados a su estudio y protección, así como se han firmado algunos tratados y protocolos entre diversos países con el fin de proteger las especies amenazadas y limitar la emisión de productos nocivos.

No obstante, no se ha logrado detener ni el proceso de agotamiento y malversación de los recursos terrestres ni el de la contaminación del

ambiente. Al contrario, a los desastres naturales, como las erupciones volcánicas, se suma un número creciente de desastres occidentales o indirectamente provocados (mareas negras y vertidos incontrolados de materias contaminadas al mar, accidentes en centrales nucleares, incendio de pozos de petróleo, desecación de zonas naturales, etc.) que contribuyen a la contaminación atmosférica y de las aguas, a la desertización de grandes zonas del planeta, a la deforestación de los bosques, a la desaparición de especies animales, a la radicalización de los cambios climáticos, a la disminución de la capa de ozono y, cómo no, al incremento de las enfermedades. En una palabra, el hombre está interfiriendo, incluso, en las altas capas de la atmósfera de modo que su cualidad de depredador, practicada desde los tiempos más remotos de su historia, ha alcanzado cotas inimaginables hace sólo medio siglo, que conducen al planeta a una situación límite y de alto riesgo. Ello se debe, en parte, a los efectos de la actividad industrial de la sociedad contemporánea, pero también a las necesidades derivadas del desorbitado incremento de la población mundial, la cual se ha duplicado en los últimos cuarenta años. Es más, las previsiones demográficas señalan un período de únicamente veinte años para que se duplique de nuevo, por lo que es preciso actuar con urgencia a nivel colectivo e individual si se quiere que la Tierra siga manteniendo a la humanidad.

2. DINÁMICA DE LOS ECOSISTEMAS TROPICALES

Los ecosistemas son sistemas en continuo movimiento, no son estáticos, experimentan cambios, así como ocurre con los organismos que participan en él. La energía y los nutrientes son piezas fundamentales en el funcionamiento de los ecosistemas (Martínez, 2001).

La energía solar es la fuente de esos cambios. Todos los flujos de energía tienen su origen allí. Los vientos, el ciclo del agua, el calentamiento de la tierra y la fotosíntesis son producto de la energía solar. Por otra parte, todos los organismos, plantas y animales requieren de energía para su funcionamiento: las plantas son seres vivos que pueden aprovechar directamente la energía solar, de tal manera que a través de la fotosíntesis se forma el depósito de energía utilizado por todo el sistema vivo (Vásquez, 2001).

Los ecosistemas funcionan a través de niveles tróficos con un determinado contenido de materia y energía que se transmite a través de la alimentación. De esta manera a medida que se recorre la cadena trófica, los organismos se alimentan de la energía que les transfieren seres vivos de un nivel inferior en la pirámide de la vida, y a la vez sirven como alimento para los que se encuentran en el nivel superior (Duvigneaud, 1978).

2.1 PRODUCTIVIDAD DE LOS ECOSISTEMAS TROPICALES

Se denomina productividad en general, a la cantidad de materia viva que se genera por unidad de tiempo en un ecosistema determinado (Pérez, 1998).

Es muy importante saber que las cantidades de lluvia, luz solar y los nutrientes que recibe un ecosistema determinan la producción primaria de

materia viva por unidad de tiempo, la cual puede ser estimada con base en la producción de biomasa por unidad de área, en días o años. El subsidio con fertilizantes, agua de riego adicional a la lluvia, o iluminación supletoria en invernaderos, puede aumentar la productividad primaria natural de un ecosistema (Clarke, 1975).

La productividad neta se determina en toneladas de materia orgánica seca, por hectárea, en un año, puesto que los seres vivos contienen cantidades variables de agua en sus cuerpos, por lo cual una estimación de peso vivo es inadecuada porque incluye en algunos casos hasta el 90% de agua. Para las sociedades humanas, la productividad de los ecosistemas terrestres o acuáticos, en términos de cosecha por año, es de gran importancia para definir la sostenibilidad de las poblaciones de acuerdo con la disponibilidad de recursos. Por la anterior razón, para el caso de las sociedades humanas, es muy importante medir la productividad de los ecosistemas en términos de kilocalorías generadas por metro cuadrado por día (Barrera, 1999).

Un ser humano promedio de Colombia, consume 2800 calorías por día, o sea, un millón de kilocalorías por año (Vásquez, 2001).

2.2 EFICIENCIA DE LOS ECOSISTEMAS TROPICALES

La eficiencia es el balance entre uno y otro tipo de productividad, resulta del cociente entre producción primaria neta y producción primaria bruta. También se puede estudiar la productividad en el nivel de los consumidores, en cuyo caso se denomina productividad secundaria. Cuando un animal consume los tejidos vegetales, parte de la energía en ellos contenida se emplea como combustible vital, parte se almacena en forma de tejidos propios y una última parte se excreta como residuos “inservibles”. Lo mismo ocurre con los consumidores secundarios o carnívoros que se alimentan de

los animales herbívoros. En el caso de la productividad primaria, la eficiencia puede valorarse como el cociente entre la cantidad de energía empleada por el animal en su crecimiento y reproducción y la cantidad total de alimento ingerido (Clarke, 1975).

En el nivel animal, la eficiencia es, por término medio, mayor en los carnívoros que en los herbívoros. Ello se debe a que los vegetales poseen una cantidad mayor de tejidos indigeribles y por lo tanto no aprovechables, que la materia de origen animal. La eficiencia media observada es de un 10%, es decir, de la cantidad de energía existente en un determinado nivel trófico, sólo un 10% es utilizada para la síntesis de nueva materia orgánica en el siguiente nivel. De este hecho surge una regla con carácter general que recibe el nombre de Ley de Lindeman y que, en síntesis, postula que tan sólo de un 10 a un 15% de las sustancias que componen el cuerpo de la presa van a ser utilizadas para la creación de los tejidos del cuerpo del depredador. Vemos por lo tanto que la energía sufre una rápida reducción en el paso de unos escalones a otros en la cadena trófica, lo cual limita el número de los mismos, y así, rara vez una cadena trófica va a tener más de cuatro o cinco escalones. La cadena trófica también puede ser representada como una pirámide en función de la biomasa contenida en cada escalón. Es lo que se conoce como pirámide trófica o alimentaria, en la que la base esta ocupada por los productores, o vegetales, y en el punto más elevado encontramos a los depredadroes o consumidores secundarios (Duvigneaud, 1978).

2.3 CICLOS BIOGEOQUÍMICOS EN LOS ECOSISTEMAS TROPICALES

Se define como el reciclaje de los nutrientes en forma repetida, en el cual intervienen plantas, animales, microorganismos y reacciones físicas y químicas (Martínez, 2001).

Los ciclos se estudian por separado, teniendo en cuenta los principales elementos en la naturaleza como son nitrógeno, carbono, agua, fósforo, azufre. Todos están relacionados y son interdependientes dentro del medio (Vásquez, 2001; Pérez, 1998; Barrera, 1999; y Duvigneaud, 1978).

Los ciclos bioquímicos son indispensables en la conservación de la vida, ya que se considera que está en relación con el reciclaje continuo de la materia inorgánica y la descomposición de la materia orgánica para producir substratos que requieren otros organismos (Odum, 1957).

- **Ciclo del nitrógeno:**

El nitrógeno es un elemento indispensable para la fabricación de proteínas, aminoácidos, enzimas y otras moléculas que hacen parte de la estructura de los seres vivos. Se encuentra presente en la atmósfera en un 78%, pero para hacer aprovechado por los organismos necesita ser transformado a formas asimilables. Se considera como limitante en la producción agrícola y está sujeto a la actividad microbiana para lograr ser aprovechado (Vásquez, 2001).

Bacterias del género ***Rhizobium*** y ***Bradyrhizobium***, han sido muy estudiadas por ser importantes fijadoras simbióticas de nitrógeno en leguminosas, mientras que ***Azotobacter***, ***Frankia, Azospirillum*** y helechos como la ***Azolla***, se consideran importantes fijadores libres de nitrógeno en diferentes especies de plantas. Cuando la planta muere, se inicia el proceso de degradación en el cual otros microorganismos son encargados de la transformación del nitrógeno en amonio (NH_4^+). Este puede ser absorbido directamente por otros microorganismos o por algunas plantas superiores, pero generalmente es transformado a nitrito (NO_2^-) y rápidamente a nitrato (NO_3^-), forma de nitrógeno más fácilmente asimilable por las plantas (Spedding, 1979).

- **Ciclo del carbono:**

El carbono es uno de los principales componentes de los seres vivos: aproximadamente el 50% del peso seco de la materia orgánica es carbono. En los diferentes ecosistemas su ciclo está relacionado con el flujo de energía, debido a que las principales reservas de energía de los organismos son compuestos de carbono derivados de la fijación del CO_2 atmosférico, ya sea por la fotosíntesis o por quimiosíntesis (Pérez, 1998).

El carbono puede también llegar en forma soluble, aquél que se encuentra en forma disponible para otros organismos como en el caso de los exudados radicales (carbohidratos), o en forma microbiana, que significa sólo el 10% de la biomasa de la raíz, por ejemplo, que por su rápida conversión y metabolismo convierte la materia orgánica en compuestos asimilables para luego distribuirlos a otras fuentes. El ciclo del carbono tiene gran aplicabilidad en procesos importantes dentro de la agricultura biológica. Procesos como el compostaje o la producción de biofertilizantes (*Azotobacter* en Cuba) a partir de la utilización de substratos como los derivados de la caña, o la descomposición de compuestos agrotóxicos (Ondarza, 1986).

- **Ciclo del azufre:**

El azufre es uno de los elementos que, aunque se encuentra en menor proporción en la naturaleza, es importante en numerosos procesos biológicos. Se encuentra como azufre elemental, sulfuro (algunos volátiles producto de la degradación anaeróbica), azufre en los aminoácidos y sulfatos ($SO_4^{=}$) (Speding, 1979).

Las bacterias pertenecientes al género *Thiobacillus* son las más importantes transformadoras en suelo y agua. Son capaces de oxidar el

azufre elemental (S), sulfato ($SO_4^=$), tiosulfato o tetrationato o sulfato. Los sulfatos al igual que los nitratos son las moléculas apropiadas para que los materiales sean incorporados a las proteínas de los organismos autótrofos (plantas) (Kolmans, 1975).

- **Ciclo del fósforo:**

El fósforo es uno de los elementos más importantes junto con el nitrógeno y el potasio, a nivel agrícola. De él dependen numerosos procesos vitales como la formación de los ácidos nucleicos (material genético de todo organismo vivo), fosfolípidos y ATP (molécula energética). Sin embargo, a diferencia de los elementos estudiados anteriormente, los cuales son oxidados o reducidos por la acción microbiana, el fósforo existe en la naturaleza en forma de fosfato ($PO_4^=$) y son compuestos de difícil asimilación por parte de los microoganismos (Vásquez, 2001).

En la agricultura tradicional, es bastante la cantidad de fertilizantes fosforados que se aplica a las plantas, sin embargo, es poca la cantidad que verdaderamente logra llegar a las plantas (se calcula que las aplicaciones realizadas en el trópico tienen una eficiencia de 20 – 30%), ya que la mayoría se adhiere a las arcillas o se combina con iones libres, formando compuestos fosforados insolubles (Barrera, 1999).

Las pseudomonas son bacterias que en los últimos años han sido estudiadas como degradadoras de esos compuestos y como solubilizadoras de fosfato, haciendo que la planta pueda obtenerlo más fácilmente. Sin embargo las micorrizas son hongos, habitantes normales del suelo, que han mostrado efectos muy importantes en este proceso. Su acción radica en el poder simbiótico con algunas plantas; los hongos reciben de la planta carbohidratos sintetizados por ellas y él le aporta nutrientes que puede absorber, especialmente fósforo (Nambiar, 1994).

3. CAMBIOS EN LOS ECOSISTEMAS DEBIDO A LA AGRICULTURA

Los impactos asociados al uso agrícola de pesticidas tienen que ver con efectos sobre la salud humana y el ambiente. En cuanto a toxicología ambiental se tiene: toxicidad aguda y crónica, carcinogénesis, teratogénesis, mutagénesis, efectos sobre sistema reproductor en muchas especies, persistencia en el ambiente (baja biodegradabilidad), bioacumulación y biomagnificación (SIAC, 2002).

El desarrollo económico y los procesos de transformación de los recursos naturales representan una continua presión sobre los ecosistemas del país, que debe ser evaluada integralmente con el fin de reorientar los modelos económicos con miras a la búsqueda de un desarrollo sostenible. La actividad agrícola utiliza para su desarrollo gran cantidad de agroquímicos (pesticidas y fertilizantes) que contaminan el ambiente, produciendo cambios en la calidad de los recursos naturales, residualidad en los alimentos y/o afectación a la salud humana y animal (Altieri, 1995).

Los efectos sobre el medio ambiente son variados y dependen de factores como: características fisicoquímicas de los suelos y del compuesto, concentración de la aplicación y condiciones agroclimáticas. El uso intensivo e indiscriminado de pesticidas, por ejemplo, ha generado niveles progresivos de resistencia de algunas especies objeto de control y un alto daño a especies benéficas. Las prácticas agrícolas inadecuadas (siembra de cultivos inapropiados, irrigación mal administrada, uso de terrenos en pendiente) son características de algunos países en vía de desarrollo (Reinjntjes *et al.,* 1992).

Los contaminantes degradables se concentran a medida que circulan por los ciclos biogeoquímicos y por las cadenas alimenticias, fenómeno que se

conoce bajo el nombre de magnificación biológica. En una cadena alimenticia terrestre, los pesticidas de los cultivos que contaminan los pastos y los forrajes se concentran en los tejidos de los herbívoros como el ganado bovino, cuya carne y leche consume el hombre (CLADES, 1999).

Biodiversidad se refiere a todas las especies de plantas, animales y microorganismos existentes que interactúan dentro de un ecosistema. Las amenazas globales a la biodiversidad no deberían ser ajenas a los estudiosos de la agricultura, ya que ésta, que cubre cerca del 25 – 30% de los suelos del mundo, es tal vez una de las principales actividades que afecta a la biodiversidad. Un efecto resulta del hecho que la agricultura implica la simplificación de la estructura del medio ambiente de vastas áreas reemplazando la diversidad natural con un pequeño número de plantas cultivadas y animales domésticos (Altieri, 1992).

Según Barrera (1999), el crecimiento desmedido sin control de la frontera agrícola del país es uno de los principales problemas ambientales de Colombia en la actualidad. Existen estimativos muy diferentes sobre el área de bosque y selva virgen que se destruye anualmente en el país; el más alto, reportado en el Instituto de Recursos Mundiales de 1990 – 1991, es de 890.000 hectáreas por año (equivalentes a un cuadrado de 94 x 94 kilómetros). La destrucción de la selva colombiana es innecesaria desde el punto de vista económico. La tierra que se gana es muy poco apta para la agricultura debido al bajo contenido de nutrientes del suelo en zonas húmedas. El colono, con gran esfuerzo, logra extraer unas pocas cosechas de la parcela antes de que la falta de fertilidad del suelo lo obligue a extender su actividad devastadora a la selva vecina. Con el paso del tiempo el terreno sólo servirá para mantener una ganadería de muy baja densidad, muy poco productiva. En otros términos, la selva se sacrifica para lograr un beneficio económico completamente marginal para la sociedad.

Por otra parte, en muchas regiones del mundo el proceso de colonización se genera por la pérdida de fertilidad del suelo ocasionada por malas prácticas agrícolas; el agricultor debe buscar nuevas tierras y se convierte en colono. La agricultura debe verse como una actividad que explota un recurso natural de cierta fragilidad que a largo plazo puede degradarse por completo, y que tiene entonces una problemática ambiental.

3.1 IMPACTOS SOBRE EL SUELO

Figura 1. Erosión por tala y quema de bosques.

Fuente: SAGARPA, 2003.

Existen diversos procesos de empobrecimiento de los suelos, pero tal vez los más importantes son la desertización, la erosión y la salinización. La desertización se refiere no sólo a la ampliación de la frontera de arena de las zonas desérticas, sino también a la pérdida de la cobertura vegetal y a la disminución de la diversidad vegetal. Más común que la desertización, es el

deterioro gradual de los suelos agrícolas. De acuerdo a un estudio realizado en 1990, 1.2 billones de hectáreas, casi el 11% de la superficie vegetal de la Tierra, ha sufrido algún tipo de deterioro en los últimos 45 años, debido a actividades humanas. Como consecuencia, la productividad agropecuaria y las cosechas han disminuido en varios países (Mojica, 2001).

De acuerdo con Miller (1999), la erosión es la remoción del suelo por acción del viento y el agua. Es uno de los componentes claves del empobrecimiento del suelo, algunas veces irreversibles; su recuperación implica un gran esfuerzo y es causa directa de la disminución en la producción agrícola. Es un factor de deterioro ambiental de la mayor gravedad en los países del trópico donde el suelo, la lluvia y el tipo de agricultura, incrementan la susceptibilidad del suelo a la erosión; ésta tiene lugar a una tasa mayor de la necesaria para su recuperación.

El aumento del empleo de sistemas de riego ha dado lugar a otro tipo de deterioro del suelo que se denomina salinización. Este fenómeno consiste en la acumulación de sales en la capa arable del suelo, las cuales inmovilizan los nutrientes, esterilizándolo, es decir, haciéndolo incapaz de ceder los minerales a las plantas. Aproximadamente 950 millones de hectáreas, un tercio de la tierra cultivable, está afectada por altas concentraciones de sales en el presente. Esta salinización puede ser natural; sin embargo, unas 60 millones de hectáreas (24% de la tierra irrigada total), acusan salinización debido a métodos de irrigación incorrectos. No se debe olvidar que el agua es portadora de sales minerales en diversos grados.

3.2 IMPACTOS SOBRE EL AGUA

La contaminación del agua consiste en el vertimiento en los ríos, los lagos y los océanos, de materiales químicos, físicos y biológicos, que degradan la

calidad del agua y afectan a los organismos que viven en ella. La mayor fuente de contaminación del agua en la agricultura son los productos químicos. Los fertilizantes industriales también contribuyen a aumentar este problema. En la actividad agrícola intensiva de Colombia se estima un consumo de 25.000 toneladas de ingredientes activos (IA) en los últimos 25 años, que representa una intensidad de uso de alrededor de 6 kg/ha cultivadas. Existen grandes diferencias en la intensidad de uso de pesticidas, dependiendo entre otros factores del tipo de cultivo, el sistema de producción, la ubicación geográfica y de condiciones particulares que determinan la presencia y/o incremento de especies no deseadas (SIAC, 2002).

Uno de los principales problemas causados por la agricultura es la contaminación difusa, especialmente por nitratos y pesticidas. De la totalidad del agua existente en la Tierra, cerca del 97% es salada y se distribuye por mares y océanos. El agua dulce representa tan sólo un 3% y de esta cantidad, casi las 4/5 partes forman parte de los casquetes polares y glaciares. Así, apenas el 0.01% del agua presente en nuestro planeta es dulce y de fácil acceso, formando parte de ríos, lagos y arroyos (Jaramillo, 1998; IDEAM, 2001; Nambiar, 1994; Jaramillo, 1998).

3.3 IMPACTOS SOBRE EL AIRE

El aire suministra al hombre el oxígeno necesario para la respiración celular y el mantenimiento de la vida. Consumimos cerca de 6 kilogramos de aire al día, en comparación con 1 kilogramo de agua. Por la anterior razón, la contaminación del aire es muy grave y produce efectos sobre la salud (Pérez, 1998).

El aumento en la concentración de partículas sólidas, líquidos en forma de aerosoles o gases, por encima de los valores normales en la naturaleza se

denomina contaminación del aire, pudiendo ser ocasionada por actividades industriales, emisión de vehículos, quemas o de origen natural, como sucede en caso de tornados o erupción de volcanes (IDEAM, 2002).

Las prácticas agrícolas pueden provocar concentraciones locales de metano y otros gases, pero su efecto no suele pasar de molesto. Los ejemplos más corrientes suelen ser del tipo de malos olores en zonas de cría intensa de animales como cerdos. Las partículas sólidas son un problema más grave. El polvo procedente de la erosión del suelo y de operaciones como el secado de la hierba puede afectar bastante a la comunidad. Además, el secado de la hierba puede molestar debido al ruido desagradable que se produce. El estudio más reciente de los efectos de la polución del aire sobre las plantas y animales domésticos es el de Jones y Crowling (1974), citado por IDEAM (2002).

Muchos de los contaminantes primarios pueden dar lugar a contaminantes secundarios, que proceden de interacciones entre las sustancias primarias (Spedding, 1979).

El hombre ha utilizado el fuego por una serie de razones, por ejemplo, para limpiar los bosques, para la agricultura, para mejorar tierras de pastoreo, propiciar la caza, eliminar “malezas”, fundir metales, etc. En realidad se ha usado en el pastoreo en África y por los practicantes de la agricultura nómada, como los malasios y los indonesios. En el sistema de los mayas se utilizó como un medio para preparar la tierra tumbando el bosque y quemando los desechos secos antes del comienzo de la estación lluviosa; a esto se le conoce como “tumba, roza y quema” (Ondarza, 1986).

La descomposición anaeróbica de la materia orgánica en los arrozales anegados produce erosiones de metano, durante el período de crecimiento

de las plantas de arroz. Según cifras de FEDEARROZ (federación Nacional de Arroceros), durante el año 1990 se sembraron en el país 243.251 hectáreas de arroz bajo riego. En el riego de inundación, el terreno se mantiene con lámina de agua aproximadamente durante 75 días y cerca de otros 45 días permanece a capacidad de campo. En el riego corrido, el agua se aplica por etapas. Durante 1994 se sembraron 225.092 hectáreas de arroz bajo riego, manteniendo las mismas condiciones de cultivo presentes en el año 1990. La emisión de metano debido al cultivo de arroz bajo riego para el año 1990 fue de 168.3 Gg y para el de 1994, de 145.1 Gg, lo cual constituye 11.1% de las emisiones de este gas en el módulo de agricultura en el año 1990 y 8.9% en 1994 (IDEAM, 2001).

3.4 IMPACTOS SOBRE LA BIODIVERSIDAD

Cada vez es mayor la toma de conciencia que considera la pérdida de biodiversidad como un problema equiparable a la contaminación del agua o del aire. La importancia de la pérdida de biodiversidad es incierta por cuanto ni siquiera se conoce el número exacto de especies que habitan el planeta. Actualmente, el número de especies conocidas y caracterizadas se sitúa en torno a 1.5 millones. Basándose en la existencia de grupos poco estudiados y de hábitats poco o nada conocidos, diferentes hipótesis cifran el número total de especies vivientes entre 4 y 30 millones (Altieri, 1992; CLADES, 1999).

El proceso de simplificación de la biodiversidad alcanza una forma extrema en los monocultivos agrícolas. Es un hecho que la agricultura moderna es impresionantemente dependiente de un puñado de variedades de sus cultivos principales. El resultado neto de la simplificación de la biodiversidad para propósitos agrícolas es un ecosistema artificial que requiere de intervención humana constante. La preparación comercial de la cama de

semillas y siembra mecanizada reemplaza a métodos naturales de dispersión de semillas; los pesticidas químicos reemplazan al control natural de poblaciones de malezas, insectos y agentes patógenos; y la manipulación genética reemplaza a los procesos naturales de evolución y selección de las plantas. Aún la descomposición es alterada por la cosecha; la fertilidad del suelo es mantenida, no a través del reciclaje de nutrientes, sino con fertilizantes. Otra forma en que la agricultura afecta a la biodiversidad es a través de factores externos asociados con el uso intensivo de agroquímicos y tecnología mecanizada para aumentar la producción de los cultivos. En los Estados Unidos, cerca de 17.8 millones de toneladas de fertilizantes se utilizan en sistemas de producción de granos, y cerca de 270 millones de kilos de pesticidas son aplicados anualmente sobre las tierras agrícolas. Aunque estos insumos han impulsado los rendimientos de los cultivos, sus efectos ambientales no deseados están minando la sustentabilidad de la agricultura (CLADES, 1999).

Figura 2. Reducción de la biodiversidad por monocultivos.

Fuente: Bartolini, 1990.

Las consecuencias de la reducción de la biodiversidad son particularmente evidentes en el campo del manejo de insectos agrícolas. La inestabilidad de los agroecosistemas se manifiesta a través del empeoramiento de la mayoría de los problemas de insectos y está ligada con la expansión de monocultivos a expensas de la vegetación natural, decreciendo con ello la biodiversidad del hábitat local (Reijntjes, 1992).

La utilización de pesticidas para la erradicación de vectores transmisores de enfermedades y para la protección de las cosechas es una necesidad fundamental de la sociedad moderna, cuya alimentación está basada en la agricultura intensiva. Desafortunadamente, a medida que se utiliza un pesticida contra una especie cualquiera, la selección actúa para favorecer a aquellos individuos que por alguna razón presentan alguna resistencia. Poblaciones enteras de insectos han desarrollado resistencia a insecticidas tan fuertes como el DDT; las dosis que deben aplicarse para conseguir la muerte de las plagas se incrementan con el tiempo y se agravan las consecuencias ambientales de su aplicación. En los países tropicales el DDT ha mitigado el sufrimiento humano reduciendo las enfermedades portadas por los insectos y la destrucción de las cosechas (Barrera, 1999).

4. TECNOLOGÍAS PARA DISMINUIR LOS INSUMOS DE ENERGÍAS EXTERNAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLAS

- **Agricultura de sol y de " malezas"**

Según Rosas (2002), la agricultura de sol y de "malezas" o biotecnología tropical, es un sistema de producción que se ha venido implementando en diferentes países como Brasil. En Colombia, se está comenzando a practicar en diferentes regiones como Silvania, Cundinamarca, a través de las UMATAS, donde tienen cultivos de lulo, mora, tomate de árbol (tamarillo), uchuva, enmalezados en plena producción. En la biotecnología tropical, las plantas arvenses o "malezas" se convierten en biomasa que abonan los cultivos y no compiten por nutrientes ni por agua, sólo por luz. Esta propuesta de producción está soportada en principios de equilibrio de la naturaleza. De esta manera logra reducirse los costos de producción y a la vez duplicar las cosechas. Las plantas arvenses en la agricultura natural tienen tres papeles importantes:

- Generan y suministran biomasa (abonos para nutrir los cultivos).

- Mejoran la estructura del suelo, oxigenándolo y aumentando la retención de humedad.

- Alimentan a los insectos que saciando las necesidades alimenticias ya no atacan a los cultivos.

La agricultura más que de suelos es de sol, atmósfera y biomasa: el 90% del peso de un vegetal es carbono hidrógeno, oxígeno tomados del aire y humedad por medio de la fotosíntesis.

- **Bondades de la biotecnología tropical**

La agricultura natural de biodiversidad de plantas nativas (arvenses), suelo vivo (microbios – lombrices – Insectos), lluvias y aire (nitrógeno), es sencilla, aplicable a cualquier cultivo. No requiere uso de fertilizantes químicos, ni pesticidas, ni riego (o mínimo), insumos, mano de obra y ahorra deshierbas. Los costos de producción se reducen en más del 70%, mientras que las cosechas se incrementan en más del 100% y genera empleo en las regiones, se disminuye la migración de gentes a las ciudades y la tala de bosques y selvas de la frontera agrícola, se detiene la erosión de los suelos y las aguas estarán limpias de agrotóxicos (Ramírez, 2000).

De acuerdo con Quiceno (1995), los cultivos de hortalizas, yuca o plátano, frutales, café, cacao, entre otros, son sembrados entre la "maleza" (plantas arvenses). Mientras más variedad de plantas nativas haya, mejor. Es grave error llamar maleza a las plantas nativas o arvenses que son muy importantes para la agricultura natural.

Si el suelo no tiene "malezas", no hay que afanarse, dado que debajo de la primera capa agrícola (horizonte A), hay muchas semillas de plantas nativas adormecidas. Entonces debe cincelarse el suelo con arado de chuzo o con un descompactador para romper su dureza y con unas buenas lluvias despertarán una buena diversidad de plantas nativas a la superficie.

Por maltrato del suelo puede que tenga alguna maleza causante de problemas, entonces debe quitarse. Por ejemplo, el piretro (***Chrisantemun sp.***) que exuda por sus raíces substancias químicas agresivas como piretrina, biocidas contra animalitos y fitocidas para otras plantas. Para controlarse, tiene que arrancarse con su raíz y sembrar rápido diversas plantas nativas (ayudadas con caldos mirobianos) para quitarle espacio y competitividad al retorno del piretro.

- **Caldos microbianos y abonos orgánicos**

Los caldos microbianos son mezclas de productos orgánicos y algunos químicos nobles combinados, que funcionan como biofertilizantes y mejoradores de suelo; entre los materiales más usados está el estiércol de animales; plantas y algunos sulfatos, que adicionándoles agua fresca y libre de contaminantes se convierten en biofertilizantes o biopesticidas que son asimilados por las plantas o por el suelo de manera fácil. Estas mezclas generalmente proceden de la multiplicación de microorganismos benéficos que ayudan a sintetizar o transformar los nutrientes, haciéndolos asimilables a la planta y al suelo, sin dejar tóxicos en el sistema. De esta manera la planta aumenta la capacidad para asimilar los alimentos, transformándola para un mayor crecimiento y para que se defienda de algunas enfermedades como las producidas por hongos (Suquilanda, 1996).

- **Purines**

Son fermentos de plantas medicinales que se usan como preventivos, vigorizantes o curativos de algunos problemas fitosanitarios en los cultivos, actuando como: repelente, porque cambia el sabor y el olor a la planta; curativo, porque en varios casos controla problemas fungosos; y vigorizante por el aporte de minerales a la planta (Kolmans, 1995).

Los purines, son usados para la aplicación en los cultivos, bien sea en el suelo en forma foliar, cumpliendo la función de fertilizante y fortificante del cultivo, pero principalmente se aplican al suelo (Martínez, 2001).

- **Hidrolatos**

Con esta denominación se determinan los conocimientos de plantas medicinales que son aplicados a los cultivos (bebidas para las plantas) (Ramírez, 2000).

Los microorganismos en el suelo, son los responsables de transformar los metales en sulfatos, que es la forma como las plantas los asimilan. Estos procesos están determinados por la temperatura, humedad, el pH del suelo, la textura y el origen del material (Rosas, 2002).

- **Ventajas de los caldos microbianos**. De acuerdo con Quiceno, 1995; Ramírez, 2000; Saquilanda, 1996:

  - Favorecen y estimulan los microorganismos del suelo.
  - Mejoran en los suelos la capacidad de retención de humedad.
  - Aportan permanentemente materia orgánica.
  - Mejoran y estimulan el crecimiento de los cultivos.
  - Disminuyen la alta dependencia de insumos agrícolas externos de las fincas.
  - Estimulan el control biológico natural.
  - Generan en las plantas capacidad inmunológica para defenderse de enfermedades.
  - Mejoran condiciones fisicoquímicas del suelo.
  - Se logran cosecha más productivas, con costos de producción menores

- **Abonos compostados**

Es el procedimiento de transformación de elementos que se encuentran en algunos materiales utilizados como abonos orgánicos; comprende también la integración de minerales a la materia orgánica a través de los microorganismos. Es un proceso de integración de elementos benéficos para el suelo. En el compostaje se inactivan algunos patógenos, es decir, microorganismos que posiblemente enfermarían a las plantas y que contaminaría el suelo (Martínez, 2001).

De acuerdo con Kolmans (1995), las organizaciones en el ámbito mundial que certifican productos orgánicos no permiten la aplicación de estiércoles frescos sin compostar, caso especial para la gallinaza. En el compostaje desaparecen algunos elementos tóxicos presentes en los estiércoles, especialmente en la gallinaza. En el proceso de transformación del compostaje los estiércoles se calientan, logrando temperaturas que destruyen algunos patógenos, pero también consumen mucha energía que es necesaria en la transformación de nutrientes, por eso debe estar volteándose mínimo cada semana, para que la temperatura no se eleve y el proceso de transformación ocurra también en el campo.

En la elaboración del compostaje este no debe estar muy húmedo porque no permite una buena aireación para la acción de los microorganismos, pero tampoco debe estar muy seco porque no permite la activación de los elementos que la integran.

Las cáscaras de leguminosas son un buen abono orgánico, contienen calcio y nitrógeno. Debe rotarse este tipo de abonos, porque con un solo abono orgánico se acostumbran o se especializan algunos microorganismos. Generalmente cuando se aplican abonos orgánicos la proteína es de buena calidad, variando según el origen.

Cuadro 2. Ventajas del abono orgánico frente al abonamiento químico.

Abono orgánico	Abono químico
▪ Es natural y económico, aporta nutrientes que pueden reemplazar el abono químico.	▪ Es sintético y requiere grandes cantidades de petróleo para su producción.
▪ Disminuye la tala de bosques al producirse nuevas fuentes de energía	▪ Energéticamente tiene un costo demasiado alto en su producción.
▪ Se crían microorganismos y se producen sustancias nutritivas que benefician la salud del suelo.	▪ Aporta minerales y nutrientes solubles, medianamente solubles o insolubles que en muchos casos producen toxicidad en las plantas. No aportan microflora al suelo.
▪ Evita contaminación ambiental al producirse del reciclaje de elementos que antes se liberaban a las fuentes de agua o carreteras.	▪ No aporta en la descontaminación del ambiente, y sí puede ser perjudicial para el suelo y aguas subterráneas, por la acumulación de compuestos tóxicos.

Fuente: Martínez, M. 2001.

5. CONSIDERACIONES SOBRE LA AGRICULTURA Y LA SOSTENIBILIDAD

La agricultura tiene efectos importantes sobre el ambiente. Las labores agrícolas pueden causar daño al suelo mediante erosión, compactación, reducción del contenido de nutrientes y de materia orgánica, y disminución de la fauna del suelo (por ejemplo, lombrices y microorganismos). El uso de agroquímicos tiene implícita la posibilidad de afectar la salud humana y contribuir a la contaminación de las aguas, afectando los peces y otros animales acuáticos. La agricultura moderna se basa en los combustibles fósiles (diesel, gasolina, gas) para operar máquinas agrícolas y para la fabricación de fertilizantes y pesticidas: insecticidas, funguicidas, bactericidas, nematicidas, herbicidas. Dichos hidrocarburos son recursos naturales no renovables, o sea, que no tienen capacidad para recuperarse rápidamente y por consiguiente su uso conlleva a su agotamiento con el tiempo, fruto de un mal uso; los que además, por su combustión, contaminan y deterioran el ambiente (Leiva, 2001).

Figura 3. Compactación de suelo por uso de maquinaria agrícola.

Fuente: Leiva, 2001.

El daño en el ambiente puede afectar la sostenibilidad de la producción agrícola en el largo plazo y, además puede tener efectos fuera de las áreas sembradas. Algunos de los famosos desiertos que existen actualmente fueron en el pasado tierras fértiles. La erosión de suelos reduce la capa arable, causando pérdidas de espacio para las raíces de los cultivos, la disminución de nutrientes del suelo y la merma de la capacidad de almacenamiento de agua. El suelo que se desprende puede arrastrar agroquímicos y causar daños en fuentes de agua y sobre la biodiversidad. La agricultura juega un papel fundamental desde el punto de vista social. tiene el reto de suministrar alimentos a una población creciente. Además, en países como el nuestro, genera empleo para un porcentaje elevado de la población, incluyendo propietarios y arrendatarios de predios, y mano de obra ocupada directamente en labores agrícolas. De otro lado, las cadenas alimenticias y agroindustrial son fuente importantes de empleo (Reiche, 1998).

La agricultura tiene efectos económicos importantes dentro y fuera de los predios. Vista como un negocio, debe producir una cierta rentabilidad o beneficio económico al agricultor. Sin embargo, esa rentabilidad algunas veces se consigue causando daños ambientales que causan perjuicio económico a la sociedad. La purificación de aguas para hacerlas potables, la limpieza de sedimentos en hidroeléctrica y carreteras, y la escasez de aguas por deforestación, son ejemplos de efectos ambientales que tienen costos directos para la sociedad (Altieri, 1995).

6. CONSIDERACIONES SOBRE EL CULTIVO DEL MAÍZ EN EL TRÓPICO ECUATORIAL

El *Zea mays* se cultiva en unas 130 millones de hectáreas en todo el mundo, aportando anualmente el 10% de la proteína y el 8% de las calorías de la dieta humana. El incremento en la producción anual (3%), no avanza al mismo ritmo que la demanda (4%) y en los países en desarrollo las importaciones anuales han llegado al 7% (CIMMYT, 1992). En estos países, el maíz es cultivado en 56 millones de hectáreas en zonas tropicales, de las cuales el 59% corresponden a tierras bajas (Beck y Vasal, 1993).

Cuadro 3. Composición química del maíz.

Componente	Composición química (100 g)		
	Amarillo trillado	Blanco centeno	Blanco trillado
Agua	12.00	15.20	25.00
Proteínas	8.40	7.60	8.70
Grasas	1.20	3.80	0.90
Carbohidratos	77.30	71.20	74.80
Fibra	0.50	1.90	0.50
Cenizas	0.60	1.30	0.30
	Otros componentes (mg)		
Calcio	5.00	7.00	4.00
Fósforo	99.00	310.00	71.00
Hierro	1.20	2.10	1.10
Tiamina	0.18	0.32	0.20
Riboflamina	0.08	0.09	0.03
Niacina	0.60	2.30	1.10
A. Ascórbico	-	1	-
Vitamina A	300 UI	-	-
Calorías	361	328	348

Fuente: Pérez, J. 2000.

La producción mundial de maíz es aproximadamente de 570 millones de toneladas, de las cuales 500 millones son de maíz amarillo destinado a la alimentación animal a través de concentrados; las otras 70 millones de

toneladas son de maíz blanco, destinado al consumo humano. Más del 90% de este grano blanco se produce en los países subdesarrollados, principalmente en el este y sur del Sahara – África, Centroamérica y una mínima cantidad en Sudamérica (FENALCE, 2002).

En Colombia el maíz se cultiva en todos los pisos térmicos, con producción aproximada de 1.100.000 toneladas, equivalentes al 0.2% de la producción mundial. De éstas, 500.000 toneladas aproximadamente son de maíz blanco y 600.000 de maíz amarillo. Hasta 1991, Colombia era autosuficiente en la producción de maíz. A raíz del proceso de apertura económica, la industria avícola y otros renglones de la economía crecieron más del 46% en los últimos 8 años, hasta el punto que actualmente existe un déficit de 2.000.000 de toneladas (CORPOICA, 1998).

El departamento de Córdoba es el primer productor nacional con un 20% del total y un 15% del área sembrada. Su potencial de siembra es de más 600.000 hectáreas tecnificadas, de las cuales 200.000 son mecanizables. De las 220.000 toneladas producidas anualmente, 92.000 corresponden a maíz amarillo y 128.000 a blanco (FENALCE, 2002).

El maíz se encuentra ampliamente cultivado en todas las regiones naturales del país, dada su especial adaptación a diversas condiciones agroclimáticas y socioeconómicas. Geográficamente, el maíz se cultiva desde la Guajira hasta el Amazonas, desde la Costa Pacífica hasta los Llanos Orientales; en situaciones bien contrastantes, desde el nivel del mar hasta 3000 metros de altitud y precipitación desde menos de 300 mm al año en la Guajira, hasta 10.000 mm en el Chocó. El maíz se cultiva en todo el territorio nacional y sus siembras se realizan en dos grandes temporadas al año, coincidiendo con las épocas de lluvia de cada semestre, por lo que se puede decir que Colombia produce maíz durante todo el año (Ospina, 1999).

En el departamento de Sucre se cultivan alrededor de 33 mil hectáreas de maíz (en asocio y monocultivo), con una producción de 72 mil toneladas por valor de $25.895 millones en el 2000. Ocupa 1.314.800 jornales equivalentes a 4.800 empleos directos. A este renglón se dedican aproximadamente 6.500 agricultores, 80% de los cuales son pequeños productores (FENALCE, 2001).

6.1 SISTEMÁTICA DEL CULTIVO

Según Bartolini (1990), la clasificación taxonómica del maíz es la siguiente:

Reino : Vegetal
Clase : Angiospermae
Subclase : Monocotyledoneae
Orden : Glumiflorae
Familia : Graminaceae
Género : *Zea*
Especie : *mays L.*

6.1.1 Nombres comunes por región o por país. Pérez (2000), reporta:

Choclo (maíz no maduro usado en América)
Elote abá (Chibcha)
Ajkuá (Chimila, cogi, páez)
Marik (Guajiro)
Pé, peepetaké (Katío)
Yomo (Sáliba)
Otros idiomas:
Mais (Alemania)
Segale (Italia)
Milho (Portugal)
Indian corn (Inglaterra)
Mais (Francia)

6.1.2 Nombre científico válido. *Zea mays L.* (Ospina, 1999).

6.1.3 Descripción de la especie. El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo "CIMMYT" (1992), describe la espiece *Zea mays L* de la manera siguiente:

Raíz. La primaria, o sea, la que se desarrolla en la germinación de la semilla, tiene corta duración. Todo el sistema radical de la planta adulta es adventicio y en la mayoría de las variedades brota de la corona un cuerpo cónico, con el ápice hacia la parte inferior, formado por 6 a 10 entrenudos muy cortos. La forma y desarrollo del sistema radical varía de manera considerable y las condiciones ambientales. En los maíces tropicales el sistema radical tiende a ser cónico, con el ápice en la base de la planta, y alcanza una profundidad que varía desde pocos centímetros hasta 1 m.

Figura 4. Raíz, tallo y fruto de *Zea mays L.*

Fuente: CIMMYT, 1992.

Tallo. El tallo central del maíz es un eje formado por nudos y entrenudos, cuyo número y longitud varían notablemente. La parte inferior y subterránea del tallo, la corona, tiene entrenudos muy cortos, de los que salen las raíces

adventicias y los tallos o brotes laterales. En los entrenudos que siguen, en especial en las plantas jóvenes, hay una zona de crecimiento activo o intercalar situada en la parte inferior del entrenudo, de menos 0.5 mm de ancho, en la que se produce nuevos tejidos. Los entrenudos superiores son cilíndricos; en corte transversal se observa que la epidermis se forma de una capa de células muy pequeñas y de paredes gruesas. El haz vascular de los tallos se forma de una vaina de esclerénquima elíptica, cuyo eje mayor sigue aproximadamente la dirección de los radios del tallo. La función principal de los haces vasculares es la conducción de agua y substancias nutritivas obtenidas del suelo o elaboradas en las hojas.

Este cereal tiene la hoja similar a la de otras gramíneas; está constituida de vaina, cuello y lámina. La vaina es una estructura cilíndrica, abierta hasta la base, que sale de la parte superior del nudo. El cuello es la zona de transición entre la vaina envolvente y la lámina abierta. La lámina es una banda angosta y delgada hasta de 1.5 m de largo por 10 cm de ancho que termina en un ápice muy agudo. El nervio central está bien desarrollado, en el envés de la hoja y cóncava en el lado superior. La epidermis, tanto de la cara superior como de la inferior, se compone de una sola capa celular.

Mazorca. Al contrario de la mayor parte de las gramíneas, en el maíz la espiga es compacta y está protegida por las hojas transformadas, que en la mayoría de los casos la cubre por completo. El eje de inflorescencia o corozo se llama tusa en América del Sur y elote en América central.

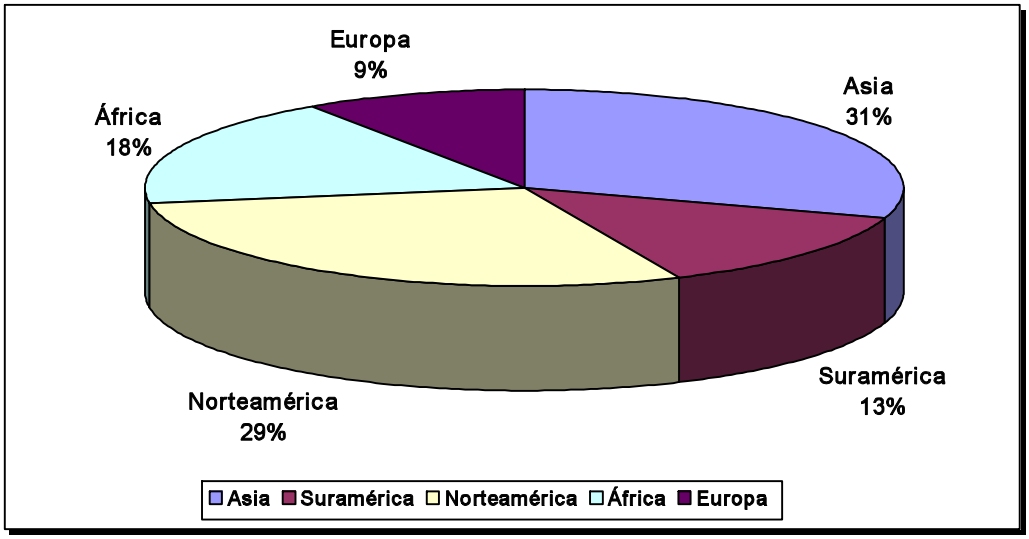
La zona de inserción de los granos está formada principalmente por las cúpulas. Estos órganos característicos de ciertas gramíneas tiene forma de copa, con paredes gruesas, cuya base angosta se conecta con el sistema vascular del cilindro central. El eje central o raquis se forma de tejidos esclerénquima que dan soporte a la mazorca y que suplen, por los cordones vasculares y a través de las cúpulas, de nutrimentos y agua a las semillas.

El grano del maíz está formado por tres partes con características histológicas, nutritivos y biológicos diferentes: la envoltura o pericarpio formado por epicarpio, el mesocarpio y el endocarpio.

El período vegetativo del maíz oscila entre 140 y 300 días y está sujeto a las condiciones agroecológicas y climáticas predominantes.

6.1.4 Distribución geográfica. En el nuevo mundo es considerado el principal cereal domesticado y fue la base alimenticia de la civilizaciones maya, azteca e inca. Las teorías genéticas sobre el origen del maíz son muy diversas, pero parece bastante claro que se originó como planta cultivada en algún lugar de América Central. Desde su centro de origen el maíz se difundió por casi toda América y tras, el descubrimiento de ésta, por el resto del mundo; es actualmente uno de los cereales más cultivados. Las principales zonas de cultivo son: Estados Unidos, América Central, Argentina, Brasil, Europa Suroriental, China, África del Sur, Indonesia (Pérez, 2000).

Figura 5. Superficie cultivada del maíz en distintas zonas del mundo.



Fuente: Pérez, 2000.

El maíz constituye una aportación de las culturas precolombinas al mundo. En la actualidad se acepta que es originario de América, concretamente de la zona situada entre la mitad sur de México y el sur de Guatemala. Sus registros fósiles más antiguos, encontrados en la ciudad de México consisten en muestras de polen de un maíz primitivo y tienen entre 60.000 y 80.000 años de antigüedad. Las primeras mazorcas se encontraron en Tehuacan (México) y datan de hace aproximadamente 7000 años. Estas mazorcas eran muy delgadas y pequeñas (unos 2.5 cm de longitud) y estaban protegidas por un par de hojas. En Sudamérica las pruebas arqueológicas de la transformación del maíz son más recientes y escasas. Se localizan principalmente en las zonas costeras del Perú. A partir de estas áreas el cultivo del maíz fue extendiéndose primero a América del Norte y, tras la llegada de Colón al continente, al resto del mundo (Ospina, 1999).

6.1.5 Genética, evolución y genotipos. De acuerdo con Pérez, 2000; Bartolini, 1990; Ospina, 1999, en el trópico ecuatorial se dan los siguientes:

- ***Zea mays L. Var***: Indurata, o maíz cristalino. Ha sido cultivado en todo el mundo con excepción de Estados Unidos y Norte de México. En general sus semillas son duras y de contorno suave y contiene muy poco almidón harinoso. Las semillas son más pequeñas que las del tipo dentado y por eso son aptas para la alimentación de aves.
- ***Zea mays, var***: Identada o maíz dentado. Cultivado especialmente en Estados Unidos y México. Es el tipo de maíz que se produce más comercialmente en todo el mundo.
- ***Zea mays, var:*** Saccharata o maíz dulce. Esta característica se debe a un gen recesivo (Su-2), localizada en el lugar 57 del cromosoma 6.
- ***Zea mays, var:*** Amilacea o maíz harinoso. Se cultiva principalmente en Colombia, Perú y Bolivia. Sus granos están casi completamente compuestos de almidón suave.

- *Zea mays, var:* Everta o reventón. Ha sido cultivado en América, principalmente en Estados Unidos y México. En la actualidad su cultivo se ha propagado en toda América y en Europa. Casi todo maíz que reviente con la aplicación del calor, característica gobernada por varios pares de genes, puede considerarse en este grupo.
- *Zea mays, var:* Tunicata o maíz tunicado. Es un tipo especial de maíz, ya que cada grano está cubierto por una túnica o envoltura y todos los granos están cubiertos por el capacho típico.
- *Zea mays, var:* Ceratina o maíz ceroso. Difiere del cristalino sólo en un gen recesivo; el lux localizado en el lugar 59 del cromosoma 9.

Variedades. Pérez, 2000; Llanos Company, 1984, señalan las siguientes:

Figura 6. Variedad de maíz ICA V – 109.

Fuente: ICA, 1993.

- *Criollas.* Son las comunes en nuestro medio, entre estas variedades tenemos las variedades mejoradas: son las variedades obtenidas mediante la selección y cruzamiento controlado de las variedades criollas.

- *Líneas puras.* Se llaman líneas puras a todas las plantas provenientes de la autopolinización de una sola planta, cuya descendencia son plantas exactamente iguales a la planta original.

- *Híbridos.* Son de resultado de cruces controlados, ramificados en los siguientes casos: cruce entre una línea pura con otra línea pura; cruce entre una línea pura con una variedad; cruce entre una variedad y otra variedad.

En Colombia se han desarrollado las siguientes variedades e híbridos: ICA V-106, ICA V-109, ICA H-211, ICA H-258, ICA H-260, ICA H-259, Penta 5800, ICA V-156, ICA V-302, ICA V-304, ICA V-305, Diacol V – 351, ICA V-402, ICA V-453, ICA V-508, ICA V-557, Simijaca, ICI –150, G-5423, HR-661, C-343. En el departamento de Sucre los genotipos más utilizados en asocio son: ICA V-109, ICA V-156, ICI –150, G-5423 y el C-343 (FENALCE, 2002).

6.1.6 Capacidad fotosintética y productiva del maíz. Una posibilidad para aumentar el rendimiento del maíz parece ser el aumento de la eficiencia en la captación de luz. A mayor porcentaje de intersección luminosa de un cultivo, mayor será el valor de la fotosíntesis. Al aumentar las capas de las hojas (índice de área foliar), aparentemente se aumenta el área intersección de luz, pero a medida que se desarrollan más capas las hojas inferiores varían en su punto de compensación, esto es, reciben tan poca luz que disminuye la fotosíntesis y, por tanto, las áreas foliares adicionales serán inútiles para el cultivo (Arrieta y Meléndez, 1986). Una forma de contrarrestar esta situación sería con el uso de genotipos con hojas erectas (casi verticales) que permiten la entrada de luz hacia los estratos más inferiores del manto foliar, lo cual incrementaría, teóricamente, la tasa de fotosíntesis en las plantas. Los factores que más influyen en el proceso fotosintético son la temperatura, la humedad y la luz. Las

temperaturas altas (35° C), o bajas (10° C), disminuyen la relación de fotosíntesis con reducción en la producción de materia para traslocar al fruto (grano en cereales) (Llanos Company, 1984).

La competencia por la supervivencia con otras especies llevó a la planta de maíz a desarrollar más la capacidad para crecer y así asegurar más dotación de luz, dando sombra a las plantas a su alrededor para debilitarlas y eliminarlas. Por eso no es extraño encontrar las variedades criollas con más follaje y con una altura de planta considerable. Mientras más eficiente sea el cultivo en convertir la energía solar en energía química, mayor será el rendimiento. Los más altos rendimientos del cultivo se logran cuando las condiciones ambientales son favorables en todos los estados tempranos del crecimiento. Condiciones desfavorables durante los estados tempranos del crecimiento y desarrollo pueden limitar el tamaño de las hojas, consideradas como las fábricas fotosintetizadoras de las plantas. En los estados posteriores, cerca de la floración, las condiciones desfavorables pueden reducir el número y el tamaño de las mazorcas producidas y el crecimiento podrá detenerse prematuramente, restringiéndose el tamaño de los granos producidos. Cualquier factor ambiental que influya sobre el proceso de fotosíntesis afectará la eficiencia de la planta de maíz (Arrieta y Meléndez, 1986).

Respecto a la capacidad productiva, los híbridos simples tienen rendimientos más altos, debido al efecto conocido como heterosis o vigor híbrido. Las variedades de polinización libre son las que producen rendimientos menores. No obstante, para que los híbridos simples consigan manifestar todo su potencial genético es necesario aplicar técnicas de cultivo que les proporcionen un ambiente favorable: suelos fértiles, húmedos y bien drenados, ausencia de riesgos de heladas y de ataque de insectos o enfermedades. Así, si un productor dispone de un alto nivel tecnológico,

sería recomendable que utilizara un híbrido lo más productivo posible si, por el contrario, no le es posible crear unas condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo, será preferible que emplee cultivares más rústicos, para asegurar la cosecha (CIMMYT, 1992).

6.1.7 Requerimientos agroecológicos del cultivo del maíz en sus arreglos. La temperatura y luminosidad influyen directamente sobre el período vegetativo. Temperaturas inferiores a 13° C hace que el maíz tenga un crecimiento muy reducido, y mayores de 29 °C ocasionan marchitez y muerte de la planta por la dificultad para absorber agua. En un ciclo vegetativo los requerimientos hídricos son de 600 – 800 mm, no debe faltarle agua durante la germinación y la floración. En esta última se presenta el máximo requerimiento de agua, o sea, quince días antes del espigamiento hasta cuando la mazorca está completamente formada y llena. Unos días de déficit de agua, durante este período, reduce la producción en un 22% y de 6 a 8 días de sequía hasta un 50% (Bartolini, 1990; Pérez, 2000).

De acuerdo con Pérez (2000), el maíz requiere suelos fértiles, pero se adapta a una gran variedad de ellos, no obstante, son preferibles suelos con temperatura media, de buena fertilidad, bien drenados, estructura granular y suelta, con un pH entre 5.5 y 7.0. Las fuertes necesidades de agua del maíz condicionan también el área del cultivo. Las mayores necesidades corresponden a la época de floración, comenzando 15 o 20 días antes de éstas, período crítico de necesidades de agua.

El maíz se desarrolla mejor en suelos bien drenados y fértiles, en regiones con temperatura en épocas secas moderadamente elevadas, noches cálidas y lluvia adecuada y bien distribuida durante la estación de crecimiento. El cultivo se da mejor en terrenos arcillosos, rojizos y bien

aireados y profundos, que contengan abundante materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio.

La distribución de lluvia escasa o mala afecta adversamente al rendimiento. El calor y la sequía durante el período de polinización a menudo causa la desecación del tejido y la formación deficiente de semilla. Sin embargo, la lluvia excesiva ocasiona la lixiviación de los nutrientes del suelo y puede incrementar la incidencia de algunas enfermedades.

6.1.8 Prácticas tradicionales sobre el manejo del cultivo en la región. De acuerdo con Llanos Company, 1984; Arrieta y Meléndez, 1986; Pérez, 2000, tenemos:

- **Sistema de propagación.** Para alcanzar altos rendimientos en las siembras de maíz debe usarse semilla mejorada y certificada. Si esto no es posible, se acostumbra seleccionar la mejor semilla que haya producido el agricultor. Si se siembran híbridos no debe utilizarse semilla ni de esa cosecha, ya que los rendimientos se reducen y las plantas no son uniformes y tienen poco vigor.
- **Monocultivo.** En este sistema la densidad de plantas por hectárea depende del relieve, disponibilidad de agua, fertilidad del suelo y altura de la planta. En cultivos con variedades de porte bajo pueden sembrarse hasta 62.500 plantas por hectárea, con distancias de 80 cm entre cada una de ellas y 20 cm entre surcos, utilizando 25 kg de semilla.
- **Cultivos asociados.** La siembra se hace simultáneamente y en el mismo sitio; por ejemplo, con fríjol de enredadera, las distancias de siembras más aconsejables en este caso son de 0.9 – 1.0 m entre surcos y sitos, cada sitio contiene 3 granos de maíz y 4 granos de fríjol. En este sistema se requieren unos 15 kg de semilla de maíz y 20 kg de semilla de fríjol.

Figura 7. Cultivo de maíz asociado con fríjol.

Fuente: Marcano, J., 2001

- **Cultivos de relevo.** Sistema similar al asociado, con la diferencia que el maíz se siembra solo, y cuando se acerca a la madurez fisiológica se siembra el fríjol.

Figura 8. Maíz en relevo con fríjol.

Fuente: Ospina, J., 1999.

- **Cultivo intercalado.** En las calles o espacios vacíos de cultivos recién plantados, como yuca, ñame, se siembran surcos de maíz.

Figura 9. Cultivos Intercalados de yuca y maíz.

Fuente: Ospina, 1999.

- **Raleo.** Práctica consistente en arrancar o cortar manualmente algunas plantas con el propósito de ajustar la población por hectárea. Se hace entre 20 y 30 días después de la siembra.
- **Aporque.** Consiste en acercar la tierra al maíz para dar mayor anclaje a la planta y proporcionar el mejor aprovechamiento del fertilizante aplicado. Se hace entre los 40 y 50 días después de la siembra.

6.1.9 Fundamentos sobre monocultivos y asociados. La agricultura industrial se basa en un sistema de monocultivos, es decir, la siembra repetida del mismo cultivo único en vastas extensiones de campo. Si bien los monocultivos dan como resultado economías de escala que reducen los costos de producción y los precios en el mercado, también provocan un

aumento de la vulnerabilidad ante las plagas de insectos y la biomasa indeseable, así como una gran dependencia de los fertilizantes y plaguicidas sintéticos (Muñoz, 1983).

Figura 10. Cultivos asociados de maíz x ñame // yuca.

Fuente: Marcano, J. 2001.

Los cultivos asociados consisten en la siembra de dos o más especies que comparten el mismo terreno durante todo su ciclo o parte del mismo, optimizando el uso de la tierra cuando este recurso es limitante, mediante una intensificación espacial y temporal. Es por ello que las asociaciones de cultivos son empleadas mayormente por pequeños agricultores, quienes tratan de lograr el mayor número posible de productos agrícolas, en un terreno por lo general pequeño y atendido por la mano de obra familiar. De esta manera se logra una mayor estabilidad en la producción por cuanto si una especie falla, las otras pueden permitir una compensación alimenticia

y/o económica para el agricultor. Una menor incidencia de plagas y enfermedades así como un mejor control de malezas, también se consideran entre las ventajas de las asociaciones, mientras que las desventajas radican en la mayor complejidad para el manejo de los cultivos y limitaciones para la mecanización de las labores (Vandermeer, 1992).

Los cultivos asociados forman parte de una modalidad agrícola más amplia basada en el empleo de varias especies en vez de una sola, y que se denomina cultivos múltiples, la cual incluye adicionalmente los sistemas agroforestales, que combinan cultivos anuales con árboles (por ejemplo, maíz entre calles de leucaena) (Baldy y Stigter, 1993).

En muchos casos los agricultores que emplean asociaciones, consideran una delas especies componentes como la más importante, sea por su mayor interés como alimento para el consumo familiar porque posee un mejor precio en el mercado, mientras que la otra o las otras especies se consideran como complementarias. Bajo tales circunstancias el criterio para juzgar el éxito de la asociación es que el rendimiento de la especie principal no sea afectado por la combinación, de manera que cualquier rendimiento obtenido con la (s) especie (s) complementaria (s) representa en sí misma una ganancia (Willey, 1979).

6.1.10 Elementos sobre prácticas conservacionistas de cultivos en condiciones del trópico ecuatorial.

6.1.10.1 Cobertura del suelo. En países con sol menos directo y nieve, suelos limpios se voltean para que el sol los caliente. En el trópico es un error. El sol cae directo y es agresivo todo el año. Desforestando el trópico de árboles protectores, los rayos ultravioleta del sol matan células de plantas y microorganismos del suelo. En alivio se diseñan mallas

(agrotropical), en defensa de cultivos: filtran radiación, controlan clima, lluvia, granizo, evitan heladas y mejoran cultivos (IICA, 1995).

Suelos limpios, calientes, sin humedad y con radiación solar, son un gran error. Por ello: nunca voltear en el trópico y siempre cubrir el suelo con vegetación viva o muerta, hojarasca, paja, residuos picados con guadaña, picapasto, cortamaleza, máquina, desbrozadora, que le dan fertilidad y protección del sol, viento y lluvia (Kolmans, 1995).

6.1.10.2 Prevenir erosión. El golpe de lluvia en el suelo limpio desprende miles de partículas finas que tapan los poros de la tierra. Al no poderse infiltrar la lluvia, se da el escurrimiento horizontal que erosiona el suelo llevándose la tierra desprendida por el golpe. En un suelo limpio hay 700 veces más erosión que en un suelo cubierto con hojarasca. El 98% de erosión se debe al golpe de lluvia y el 2% al escurrimiento. En un suelo limpio, los nutrientes se pierden 100 veces más por erosión que por consumo de las plantas (Altieri, 1987).

Figura 11. Erosión por cultivos limpios.

Fuente: Portal agrario, 2002

6.1.10.3 No perder humedad. Cubrir el suelo evita que el sol lo seque y lo caliente. La hojarasca da frescura y humedad como la sombra del cultivo anterior. Humedad es rendimiento. En suelos limpios calientes, no germinan muchas semillas. Las raíces sufren y los cultivos transpiran. Pierden

humedad en forma de vapor. Es bueno tener cerca de los cultivos: bosques, lagos y barreras cortavientos que lo refrescan y protegen del viento. El viento baja la humedad del aire y el cultivo transpira, pierde humedad. Con árboles y lagos el clima es más suave y constante (Gómez, 1987).

6.1.10.4 Infiltrar las lluvias. Un suelo cubierto infiltra todas las lluvias. Los residuos vegetales contienen humedad y además absorben y retienen nuevas lluvias. En el suelo limpio, la lluvia forma la costra que impide infiltrarlas. Sino se infiltran en el suelo todas las aguas y lluvia la agricultura es insostenible (Reijntes, 1992).

6.1.10.5 Materia orgánica. Según CLADES (1999), el suelo cubierto da aire y humedad ideal a bacterias naturales que descomponen la hojarasca (Mulch) en humus o materia orgánica. Ella es la fertilidad básica del suelo. Tiene macro y micro nutrientes para la raíz. Sustancias muertas y descompuestas (de plantas, microorganismos, estiércol, animales) es materia orgánica.

Figura 12. El suelo como ser vivo.

Fuente: Quiceno, J., 1995.

La hojarasca permite a bacterias fijar mucho nitrógeno del aire enriqueciendo el suelo. También aporta una variedad de nutrientes que mejora el equilibrio nutricional, aspecto clave para el rendimiento del cultivo.

6.1.10.6 Menos fertilizantes. Tener materia orgánica (humus) es comprar menos fertilizantes. Ello mejora retención de nutrientes, suministro de agua y aire para la raíz. Da eficiencia a la nutrición. Hay cultivos de alto rendimiento sólo con humus. El abuso de fertilizantes mata la microbiota del suelo, básica para su fertilidad y salud de las plantas y para convertir la hojarasca en humus. Suelos fertilizados por mucho tiempo tienen menos humus, pese al crecimiento vegetal (Rosas, 2002).

6.1.10.7 No quemar. No quemar vegetación, rastrojos o residuos de cosechas que picados muy finos deben cubrir el suelo. Quemar es perder el más valioso recurso para evitar la erosión, infiltrar lluvias, mejorar estructura, dar fertilidad y conservar humedad. Quemar es la puerta a la pobreza del agricultor. Si se quema, nunca hacerlo en época seca, sino después de fuertes aguaceros para evitar eliminar la vida del suelo y sus microorganismos, aún así el daño a estos recursos es grave (IICA, 1992).

6.1.10.8 Evitar compactación. Evitar arados de discos, vertedera, rastras, rotovator, pases de maquinaria, pisoteo del ganado en terrenos húmedos, sobrepastoreo. Se daña la estructura del suelo. A poca profundidad aparecen capas muy duras del suelo y costras en la superficie. No germinan semillas, no se almacena agua. La capa dura impide infiltrar lluvias, estimula erosión, impide oxígeno para la raíz; impide que la raíz explore el suelo en busca de nutrientes y aguas profundas. Las raíces se tuercen y adquieren una formación muy pobre, la parte aérea no es productiva. Raíces profundas defienden al cultivo de altas temperaturas y evitan transpiración (Leiva, 2001).

Cuadro 4. Posibilidad de daño físico al suelo con diferentes equipos.

Equipo	Moldea-miento	Daño estructural	Compactación	
			Localizada	General
Arado de disco	M		M	
Rastra de disco	M	M	M	
Rotovator	M	A	M	
Arado de cinceles / subsolador	B		B	
Llanta de baja presión de inflado		B	B	B
Llanta de alta presión de inflado		M	M	M
Llanta con alto pateamiento	A	A	A	A

A: alto M: medio B: bajo

Fuente: Leiva F. 2001.

6.1.10.9 Labranza cero. Si no existe compactación, lo mejor es no arar el suelo (cero labranza). Hacer siembra directa sobre las hojarasca. Por ello es clave que la sembradora (tractor o tracción animal) tenga disco de corte adelante (disco de labranza mínima). Cortando la hojarasca con el disco. Repetimos es mejor no arar (IICA, 1995).

Figura 13. Maltrato al suelo por rastras de discos.

Fuente: ICA, 1993.

6.1.10.10 Reducir plaguicidas. El humus mejora cantidad, variedad y equilibrio nutricional del suelo. La mejor nutrición da salud y productividad al cultivo. Suelos con alta fertilidad biológica mejoran la inmunología de las plantas. Resisten enfermedades, hongos, nematodos, parásitos. Requieren menos pesticidas. Insecticidas, funguicidas, herbicidas mal usados matan los microorganismos del suelo, la hojarasca no se vuelve humus. Los químicos tienen acogida entre agricultores por su resultado a corto plazo, pero eliminan la vida microbiana del suelo, fauna benéfica, peces, aves, insectos polinizadores, intoxicación de trabajadores, contaminación de aguas y daño de tierras, mayor costo de producción y residuos tóxicos en los alimentos (CLADES, 1999).

Cuadro 5. Comparación del uso de productos químicos y biológicos en agricultura.

Uso de químicos	Uso de biológicos
▪ Alto costo	▪ Costos más razonables
▪ Grandes efectos residuales	▪ Pocos o ningún efecto residual
▪ Dependiendo de la persistencia, puede necesitarse de aplicaciones repetitivas.	▪ Desaparece cuando no tiene el alimento (patógeno o plaga).
▪ Cuando se suspenden las aplicaciones, la plaga reaparece con más fuerza. Crea resistencia.	▪ Puede aplicarse de manera preventiva.

Fuente: Martínez, M. 2001.

6.1.10.11 Rotar cultivos. Multicultivos en vez de monocultivo. Rotar cultivos de diferente familia es muy importante. Corta estímulo a plagas y “malezas”, fija nitrógeno con leguminosas, el tamaño distinto de raíz actúa como subsolador que rompe capas duras. Intercalar cultivos diferentes da ventajas similares. El monocultivo es un gran error. Lo ideal es rotar tres cultivos diferentes. Los cultivos múltiples confunden a las “plagas” y reducen las “malezas (Martínez, 2001).

6.1.10.12 Manejar "malezas". La limpia de "malezas" desprotege el suelo del sol, viento y lluvia. Si no compiten en altura con el cultivo, lo benefician. Cortadas a tiempo su parte aérea con guadaña, cubren el suelo y dan materia orgánica, abono verde. La raíz "agarra" la tierra, protege de erosión. Las largas raíces de algunas "malezas" rompen capas duras del suelo y movilizan nutrientes y humedad profunda del suelo en beneficio de raíces más cortas del cultivo (Suquilanda, 1996).

6.1.11 Fundamentos sobre trofobiosis para un manejo racional de recursos naturales en el cultivo del maíz en el trópico. Según Chaboussou (1995), las bases que sustentan la trofobiosis pueden resumirse como sigue: las plantas sanas son capaces de resistir el ataque de diferentes organismos nocivos, esta resistencia está asociada con la síntesis de proteínas por las plantas que puede ser alterada por el efecto directo de los plaguicidas o por una nutrición desbalanceada del cultivo. La interrupción de la síntesis de proteína provoca que se acumulen y circulen en el tejido de las plantas, azúcares solubles, compuestos nitrogenados y aminoácidos libres, los cuales constituyen una fuente de nutrientes para las plagas que favorecen su reproducción y supervivencia.

En lo que se refiere a la resistencia del maíz al *Helmintosporium turcicum*, Obi (1973), citado por Chaboussou (1995), observó que numerosos tipos de resistencia a este hongo no podrían imputarse a una eventual producción de fitoalexinas.

Es el estudio de los factores de sensibilidad de la planta lo que nos ayudará a esclarecer el determinismo del fenómeno inverso, o de la resistencia. Mientras se torna necesario retomar los trabajos del patólogo francés Dufrenoy, a quien la Academia de Agricultura le rindió homenaje.

Figura 14. Planta de maíz infectada por *Spodoptera frugiperda.*

Fuente: Ospina, J., 1999.

Este francés analizando las repercusiones de diferentes factores culturales sobre la resistencia de la planta, como las correcciones y los bonos orgánicos, resalta que: lo que varía en la célula es la concentración de determinadas substancias absorbidas del medio exterior; en condiciones desfavorables a su utilización, estas substancias se pueden acumular en las soluciones llamadas vacuolares, en forma de sal mineral o ácidos orgánicos. Dufrénoy precisa que estas condiciones desfavorables pueden ser consecuencias de desequilibrios en la fertilización, tanto de los macronutrientes como los clásicos N, P, K o de los oligo-elementos.

Toda circunstancia desfavorable a la formación de nueva cantidad de citopalsma, esto es, desfavorable al crecimiento, tiende a provocar en la solución vacuolar de las células, una acumulación de compuestos solubles inutilizados, como azúcares y aminoácidos; esta acumulación de productos solubles parece favorecer la nutrición de microorganismos parásitos y, por tanto, disminuir la resistencia de la planta a las enfermedades parasitarias.

En otras palabras, un estado de protéolisis dominante en los tejidos conduce a una sensibilidad en relación a los parásitos. Esta concepción parece confirmada por el análisis del fenómeno inverso: el de la resistencia. Así Tomiyama (1963), citado por Chaboussou (1995), analizando los fenómenos fisiológicos y bioquímicos de la resistencia de las plantas, señaló que la fungo-toxicidad de los compuestos fenólicos, "admitiéndose que exista, no es muy alta" y que los otros grupos importantes de toxinas tampoco son altamente tóxicos.

La resistencia del maíz a larvas de ***Ostrinia nubilalis*** no puede ser explicada por eventuales efectos tóxicos de una substancia que estaría presente en los tejidos. Beck y Hance (1958), citados por Chaboussou (1995), mostraron que un determinado número de aminoácidos tiene efectos significativos en relación al comportamiento de nutrición de las primera etapas larvarias. Así, la duración promedio de los períodos de ingestión del alimento es aumentada por un determinado número de aminoácidos, particularmente por la L-alanina, o ácido aminobutírico, la L-serina y la L-treonina. Sin duda, es innecesario buscar en otro lugar el determinismo del ataque en maíces reportados como resistentes, cuando son artificialmente complementados por una dieta adecuada que contenga estos elementos nutricionales.

Aún en los lepidópteros, Knapp *et al.* (1965), citado por Chaboussou (1995), observaron que los linajes de maíz resistentes a ***Heliothis zea***, no presentablan diferencia alguna en la composición de las proteínas en aminoácidos. En las muestras no proteicas estos linajes resistentes mostraron una concentración menor en aminoácidos, al contrario de los linajes susceptibles, que revelaron concentraciones muy elevadas.

La teoría de la trofobiosis considera que la vulnerabilidad de las plantas al ataque de "plagas" es una cuestión de equilibrio nutricional o de intoxicación

por agrotóxicos. La planta equilibrada no es nutritiva para el parásito, tiene una tendencia sana, aunque se encuentre en estado de descanso hibernal o estival, o en crecimiento activo. El parásito carece de la capacidad de hacer proteólisis (rompimiento de proteínas extrañas). En la planta es necesaria una inhibición de la proteosíntesis para el parásito: este necesita de la planta hospedera alimentos solubles (azúcares, aminoácidos, nutrientes, minerales). Esa inhibición de la proteosíntesis puede ser consecuencia del uso de agrotóxicos y de otros desequilibrios nutricionales.

7. ELEMENTOS PARA UNA PROPUESTA DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DEL CULTIVO DEL MAÍZ Y SUS ASOCIOS EN EL TRÓPICO ECUATORIAL

7.1 ACADÉMICAS

A través del programa de Ingeniería Agrícola y su grupo de investigadores, siguiendo la exploración sobre biodiversidad tropical, se pueden realizar indagaciones sobre *Zea mays* en los siguientes temas:

7.1.1 Evaluaciones sobre manejo sostenible. Es posible disminuir costos sin sacrificar los rendimientos de las cosechas, mediante prácticas adecuadas y ambientalmente sanas. Como ejemplo se tiene la reducción de las operaciones de labranza del suelo, la poca utilización de agroquímicos altamente tóxicos.

7.2.2 Evaluaciones agrícolas. Las labores de conservación, incluyendo la labranza reducida y la siembra directa, puede contribuir al desarrollo de la agricultura sostenible, particularmente en la conservación de aguas y suelos y producir económica y limpiamente.

7.2 COMUNITARIAS

Implantar estrategias y métodos para que la comunidad participe solidariamente en las técnicas de siembra, prácticas culturales, cosecha y manejo postcosecha, en los lugares de experimentación a través de proyectos de conservación y sostenibilidad del cultivo del *Zea mays L.* en sus diferentes asocios, que permitan convertirlos en verdaderos ejemplos de desarrollo económico y social.

7.3 INDUSTRIALES

El *Zea mays L.* cuenta con un gran potencial industrial, lo que requiere de una buena evaluación a nivel local de su composición, iniciando programas de capacitación a la comunidad local, para llevar a cabo métodos o técnicas que permitan obtener derivados a muy bajo costo y con una buena rentabilidad.

7.4 AMBIENTALES

Una rotación adecuada que incluya cultivos con diferentes requerimientos de nutrientes, el manejo apropiado de los residuos de cosecha y la protección de la biología del suelo son importantes para conservar la diversidad biológica. Los organismos del suelo incluyendo lombrices y microorganismos, favorecen la descomposición de los residuos orgánicos contribuyendo a la conservación y mejoramiento del suelo, igual que lo anterior son importantes las prácticas conservacionistas.

Si se considera los efectos deteriorantes de las acciones antrópicas, basadas en los "principios" de la denominada Revolución Verde o de la utilización de agroquímicos altamente tóxicos, maquinaria pesada con implementación agrícola como los arados de discos y vertedera, muy concordantes con las condiciones agroclimáticas de zonas templadas, donde voltean el prisma para calentar el suelo, se puede decir que en el trópico ecuatorial es un gran error, ya que debido a su alta luminosidad solar, altas temperaturas, altas precipitaciones con gotas de gran diámetro y altas velocidades, exponen al suelo a daños en sus propiedades físicas, separación de su bioestructura, erosión, como se puede observar en los agrosistemas de los municipios de San Pedro, Los Palmitos y demás zonas de sabanas.

Los elementos recopilados en esta monografía son de gran importancia, a manera de contribución para:

- Prevenir mayores daños a los recursos naturales.
- Recuperación de las zonas deterioradas.
- Realizar prácticas conservacionistas en pro de los agroecosistemas, biodiversidad y la salud humana.

Es importante que todos se propongan permanentemente contribuir para un cambio de actitud basado en el conocimiento de las condiciones del rico trópico ecuatorial para obtener las más abundantes, limpias y económicas cosechas de los cultivos, principalmente para este caso, el cultivo del maíz en sus diferentes asocios.

Para el establecimiento del cultivo de maíz en sus diferentes sistemas en condiciones del trópico ecuatorial, para el departamento de Sucre y la región, se recomienda tener en cuenta:

1. **Selección del terreno**: En lo posible se debe seleccionar un terreno de textura franca, profundo, rico en materia orgánica, con un pH entre 6.5 y 6.8, de relieve plano, manejo de plantas indeseables que puedan generar competencia, con precipitaciones suficientes y bien distribuidas o en sectores con posibilidades y facilidades de riego, que además cuente con vías de acceso.

1. **Selección de semilla (genotipos)**: A pesar de existir genotipos de alto potencial genético para la producción, pero que son altamente demandantes de insumos químicos, es importante tener en consideración las semillas nativas y/o adaptadas a las condiciones del trópico ecuatorial, que sean resistentes a problemas nutricionales, de

crecimiento rápido para que aventaje la biomasa indeseable, teniendo presente que las semillas nativas sean escogidas por selección masal (aquellas mazorcas que presentan las mejores características deseables).

2. **Preparación del terreno**: Teniendo en cuenta las condiciones agrotrópico ecuatoriales, en ningún caso se debe voltear el prisma, es decir, nunca utilizar arado de disco, vertedera, los que son pertinentes para condiciones templadas, pero no así para el trópico, por tanto se deben utilizar prácticas conservacionistas de preparación como la labranza cero, labranza mínima o utilizar, cuando se requiera, arados de cincel o subsolador; nunca pulverizar el terreno, no utilizar maquinaria pesada que genera severa compactación; en caso de usar maquinaria pesada, hacerlo cuando el terreno esté en capacidad de campo; definir con antelación los sistemas de drenaje.

3. **Abonamiento del terreno**: Basados en los modernos criterios de trofobiosis, fundamentados en que las plantas bien nutridas no son susceptibles del ataque de insectos, plagas o fitopatógenos, por no ser éstos capaces de metabolizar las proteínas directamente, se considera que no se debe usar fertilizantes químicos industriales de alta solubilidad basados en tratamientos con ácidos fuertes, por lo que generan daños severos y altamente significativos sobre la biota del suelo, por el contrario, utilizar abonos orgánicos, biopreparados, material de cobertura, entre otros, considerando los tipos de textura, las características de la bioestructura, requiermientos nutricionales de los cultivos, el pH, la humedad del suelo, la densidad de siembra en el sistema a establecer, el relieve, las precipitaciones y la cultura de los agricultores. Se debe tener en cuenta que la materia orgánica no sea superior al 6%. No permitir el encharcamiento para evitar que se

produzca más ácido fúlvico que ácido húmico, para de esta forma asegurar la formación adecuada de la bioestructura.

4. **Manejo de la microbiota**: Para garantizar las poblaciones de los seres vivos en el suelo se debe tener presente lo siguiente:

   - Mantener el suelo cubierto.
   - Mantener la materia orgánica requerida en las proporciones adecuadas (6%).
   - Mantener un pH entre 6.5 y 6.8.
   - Nunca voltear el prisma.
   - No permitir encharcamiento de los suelos
   - No aplicar agroquímicos industriales tóxicos.
   - Evitar por todos los medios la compactación de los suelos.

5. **Manejo de la bioestructura**: En concordancia con el manejo de la microbiota, para conservar la bioestructura hay que garantizar las condiciones óptimas a las poblaciones microorgánicas en el suelo para su incremento y dinámica: Adecuada humedad, suficiente sustrato nutricional, adecuada disposición de la materia orgánica, mitigación de los efectos de la radiación solar y las altas temperaturas, favorecer la producción de ácido húmico más que la de ácido fúlvico, ya que aquél favorece la formación y conservación de la bioestructura, contrario a los efectos del ácido fúlvico que genera la separación de las partículas, es decir, que la relación ácido húmico sobre ácido fúlvico (AH/AF) señala el mayor o menor grado de fertilidad del suelo, así: si la relación es menor que 1 significa que es un suelo inadecuado por pobreza; si la relación es igual o mayor que 1, el suelo es adecuado para la explotación agrícola.

6. **Densidad de siembra**: Esta debe ser concordante con el sistema seleccionado con el asocio, de tal manera que debe ser equilibrado,

evitando en lo posible que se genere competencia interespecífica entre los diferentes elementos del sistema, en todo caso, con un criterio de adecuada cobertura para el suelo, pero evitando al máximo la competencia por luz, dado que en las condiciones del trópico ecuatorial, es el único factor considerado como competencia en una agricultura de sol – sol. Debe primar el interés por elementos del sistema, es decir, se evitará que el elemento principal, en este caso el maíz, sufra la menor competencia posible.

7. **Riegos y drenajes**: Es importante antes de establecer el cultivo, definir y construir los sistemas de drenaje, partiendo del principio que es mejor drenar que regar. Esto indica que el cultivo de maíz como otros, soporta mejor períodos de sequía que de inundación, es decir, que los daños que en un mismo período causa esta última en la producción son más significativos que los generados por los períodos de sequía. Lo anterior no quiere decir que no sea importante el riego, dado que en las condiciones tropicales las aguas lluvias son deficitarias, puesto que son menores que las perdidas por evatranspiración, es decir, siempre se requiere de riegos complementarios, sobre todo en períodos críticos como la prefloración, floración y llenado de frutos. Para el caso del departamento de Sucre, especialmente en las subregiones donde el relieve es ondulado y no existe fuentes superficiales de agua, se hace necesario la construcción de pequeños lagos y/o perforación de pozos profundos para el establecimiento de sistemas de riego, para garantizar el carácter empresarial que debe tener la agricultura y así no continuar sometidos al albedrío de las lluvias.

8. **Manejo de biomasa indeseable**: La biomasa indeseable no es un problema en sí, por el contrario, son muchos los beneficios que los daños que pueda generar, como por ejemplo, sirven de cobertura para

evitar: la pérdida de humedad por calentamiento de los suelos, mitigan la afectación de los suelos por las altas temperaturas, favorecen la dinámica de las poblaciones microorgánicas en los suelos, evitan los daños por el impacto directo de las lluvias sobre el suelo, aminoran la escorrentía, favorece el enriquecimiento natural de los suelos y favorecen la diversidad biológica. Solamente hay que ser vigilante para que esta biomasa no se convierta en maleza al competir por luz con los cultivos. No es cierto que a mayor población de biomasa indeseable exista la posibilidad de mayores plagas o enfermedades patógenas, puesto que por el contrario, pueden servir de cultivos trampa, dadas que al estar desequilibradas haya alta producción de aminoácidos, elementos simples que son apeticidos por estos organismos a los que se les imposibilita la proteólisis de la proteína. Cuando la biomasa indeseable se deja en los llamados monocultivos juegan el papel como si se tratara de cultivos en asocio, de hecho, debe evitarse la competencia por luz, es decir, nunca su tamaño debe ser mayor que el de las plantas cultivas para que estas puedan efectuar cabalmente el proceso fotosintético.

9. **Manejo biológico de otros problemas fitosanitarios (insectos, hongos, bacterias y virus)**: Basados en los principios de la teoría de la trofobiosis, el principal manejo para la prevención de cualquier problema insectivo y patogénico, es el que requiere de una nutrición balanceada durante todo el ciclo de crecimiento vegetativo y reproductivo. En caso que en un momento dado se presente ataques de éstos, se debe tratar la planta balanceando su nutrición y controlando los indicadores (insectos, hogos, bacterias, virus), con biopreparados, utilizando material de la región con características alelopáticas específicas. Es importante tener en cuenta que cualquier ataque de insectos o patógenos en vez de mirarlos como un problema en sí, hay que considerarlo como un indicador de desbalance nutricional que resultan ser instrumentos de

apoyo para un adecuado manejo agronómico en la búsqueda de la mejor, mayor y más económica producción en los cultivos de maíz en sus diferentes asocios.

10. **Cosecha**: La cosecha del maíz se hace en base en el mercado que se piensa satisfacer, y ésta puede ser en verdeo (choclo) y en estado seco. En verdeo su mayor porcentaje es utilizado para consumo humano en forma directa o en subproductos o derivados del mismo; y en estado seco generalmente se utiliza como materia prima de procesos agroindustriales (fabricación de alimentos balanceados, harinas, aceites, entre otros). La mejor calidad de un grano se obtiene cuando la recolección se hace un poco después de la madurez fisiológica. La madurez de los granos se clasifica en:

    - Madurez de leche: con 50% de agua.
    - Madurez amarilla: con 30 – 40% de agua.
    - Madurez plena: con 20 – 22% de agua

    En la mayoría de las zonas agrícolas de Colombia, resulta difícil y peligroso esperar a la madurez plena; se debe recolectar con humedades superiores. Cuando existe infraestructura de secamiento, la humedad óptima para la recolección es del 20%. En el departamento de Sucre el sistema de recolección manual y desgrane mecánico es el comúnmente utilizado, iniciando su cosecha cuando las mazorcas se encuentran con humedad menor del 17%.

11. **Manejo de postcosecha**: La postcosecha de maíz son las actividades dirigidas a conservar las características de los granos. Inicialmente se relaciona con el secamiento a niveles de comercialización, que es del 15% de humedad y al retiro de materiales extraños o impurezas cuya

tolerancia a escala local es de 3%. En postcosecha también se realizan labores de clasificación, limpieza y empaque de granos. El mayor problema del empaque es su estado sanitario, que puede servir de hospedero a plagas y enfermedades que posteriormente contaminan y dañan el grano. La humedad es una característica muy importante en el secado de granos, ya que cuando tiene un contenido mayor del 14%, aumenta la actividad respiratoria, incrementando los niveles de temperatura y de la humedad interna del producto, reduciendo la dureza del grano y dando condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades e insectos. Los métodos más utilizados de secamiento son: natural (en patios), en tunel (pasando aire caliente a través de la masa de grano), estático o de cosecha, de flujo continuo o de torre, que es el más eficiente y técnico. El secamiento artificial consiste en someter el grano a una corriente de aire caliente, es un proceso caro con relación al secado natural, tiene la ventaja de que el grano se puede secar a cualquier hora, sin importar las condiciones climáticas. La temperatura máxima del aire recomendada para secamiento artificial de maíz es de 55 °C. Las instalaciones para secamiento de granos más comunes son las bodegas (sacos o bultos) y los silos (granel).

12. **Procesos agroindustriales**: Los cereales dominan la producción agrícola del mundo. aportan la gran masa de las materias nutritivas para el hombre y son un alimento básico capital. En el mundo es muy probable que se pierdan cada año hasta 100 millones de toneladas métricas de cereales como resultado del empleo de métodos inadecuados de almacenamiento, manejo y procesamiento. La multuración es un arte antiguo, su objetivo es hacer que los cereales resulten más agradables, generalmente implica la eliminación del material que el molinero llama salvado, es decir, el pericarpio, la cubierta de las semillas y la capa de aleurona. Por multuración seca se obtiene

del maíz una harina gruesa del endospermo córneo y fracciones de harina fina de la parte interior del endospermo; además se obtiene la sémola. Del maíz se puede obtener aceites y harinas, el aceite se obtiene por separación de solventes mediante el proceso de lixiviación. Por cada 2.5 toneladas de maíz se obtiene una 1 tonelada de aceite. La harina se obtiene mediante la utilización de molinos de martillo y es fuente de carbohidratos para consumo de la humanidad.

CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA PARA UNA PRODUCCIÓN AGROSOSTENIBLE EN CONDICIONES DEL TRÓPICO ECUATORIAL

En términos generales, ambiente es el conjunto de todas las condiciones externas e influencias que afectan la vida y el desarrollo de los organismos. Así mismo, ecología, palabra proveniente del griego *Oikos* que significa hogar y logos que significa estudio, fue propuesta por primera vez por el alemán Ernst Haeckel (1869), citado por Camarasa (1999), quien la definió como el estudio de la economía de la naturaleza y la investigación de las relaciones de las plantas y los animales con los ambientes inorgánicos y orgánicos en que viven.

En términos más sencillos la ecología es el estudio de los ecosistemas, los cuales a su vez son la unidad funcional de la ecología, que incluyen los seres vivos y el medio en que viven con las interacciones recíprocas entre ese medio y los organismos (Senent, 1998).

Según Martínez (2001), con el cambio de las costumbres nómadas a sedentarias del hombre, nace la necesidad de producir alimentos para la familia o la comunidad, trabajando la tierra (agro) para hacerla producir los diferentes alimentos a partir de semillas y obtener frutos. Así nace la agricultura, la que se puede definir como la producción planificada de alimentos en busca de mayor productividad y calidad a partir del conocimiento de las características de cada especie vegetal en relación con las condiciones ambientales y tecnológicas de producción adoptadas.

Hace 60 años era usual observar cómo los sistemas de producción de alimentos estaban asociados con árboles y arbustos nativos, y los productores sin abandonar la imperiosa necesidad de producir alimentos,

manejaban tanto el suelo como sus cultivos con técnicas “criollas”, tradicionales que permitían colectar la suficiente comida de acuerdo con sus necesidades.

La diversidad era evidente, no era difícil observar cultivos de maíz asociados con fríjol, y numerosas hortalizas que constituían la huerta casera. Un poco de abonamiento se hacía con el estiércol de los diferentes animales, hojarasca y residuos de la sementera (parcela) y el control de las pocas plagas o enfermedades que aparecían se realizaba con preparaciones caseras a base de hierbas o simplemente a mano.

La tendencia agrícola a comienzos del siglo XX era la búsqueda de alta productividad agrícola a través de procesos biológicos, dando gran importancia a la rotación y asociación de cultivos, abonos verdes, manejo de la materia orgánica, integración de la producción agrícola y animal y manejo de variedades nativas resistentes y altamente productivas (Saquilanda, 1996).

Según CLADES (1999), hacia 1950 – 1960, después de la segunda guerra mundial, la necesidad de alimentar a la humanidad que crecía con el alto ritmo demográfico, y al iniciarse el proceso de industrialización, en especial la industria petrolera y química involucrada en la guerra, y con él la apertura de nuevas fronteras, se impuso un nuevo estilo de agricultura. Se masificó la producción y las mejores tierras planas fueron entonces transformada en extensos cultivos de cereales, caña de azúcar, palma, entre otras.

Este nuevo sistema se manejó a partir de grandes extensiones, que hicieron imperiosa la necesidad de mecanizar la producción no sólo con maquinaria pesada como tractores o combinadas, sino también con equipos de riego para prevenir los daños en caso de sequías prolongadas. Junto con esta

tecnificación, se hizo también necesario investigar sobre productos que fueran capaces de controlar plagas y enfermedades que aparecían cada vez con mayor fuerza y sobre productos de fertilización química que aumentaran la productividad de los terrenos.

También se hizo necesario mayor apoyo técnico por parte de agrónomos; nacieron las instituciones de crédito agrario y las agroindustrias que permitieran manejar más eficientemente la cantidad de productos, minimizando los riesgos de pérdidas a partir de la transformación. De igual manera esto aumentaba el precio por el valor agregado, incrementando los recursos de aquellos que fuesen capaces de producir alimentos y transformarlos.

La producción ahora pasó de ser de autoconsumo, con baja necesidad de capital y alta demanda de mano de obra, mercado local y diversificación, para convertirse en un nuevo sistema de producción basado en el monocultivo, exigente en capital, de maquinaria y tecnología que orienta hacia el cubrimiento del mercado nacional o la exportación. Este movimiento es el conocido como “Revolución Verde”. A nivel ecológico el daño fue irreparable, miles de hectáreas de bosques han sido taladas para implantar cultivos, con la consecuente expulsión de animales, en especial aves; pérdida del colchón regulador de aguas tanto superficiales como subterráneas; contaminación de aguas y suelos con residuos tóxicos de plaguicidas y cambios en el microclima de las diferentes zonas devastadas. Este modelo agrícola fue considerado el instrumento más adecuado para incrementar la productividad del campo y acelerar el proceso de desarrollo rural. La realidad fue que la mayoría de latifundios fueron destinados a las exportaciones, el suelo pasó a ser un elemento de uso, y muchas de las mejores tierras fueron destinadas a la ganadería.

De acuerdo con Gómez (1987), la llamada Revolución Verde, basada en fertilizantes industriales y otros agroquímicos costosos, en su mayoría importados y producidos a partir de miles de toneladas de petróleo, ha traído consecuencias desastrosas a nivel económico, social y ambiental, en especial para los países llamados del Tercer Mundo. Como producto de los desoladores efectos que trae la agricultura tradicional a nivel ecológico, social, económico y sobre la salud humana, numerosos grupos en todo el mundo han trabajado en la búsqueda de alternativas que integren la sabiduría campesina e indígena con el rigor científico, ofreciendo resultados alentadores. Dichas prácticas incentivan sobre todo métodos agrícolas de bajos insumos, naturales, con el correspondiente uso racional de los recursos y por ello se han denominado Agricultura Orgánica, Agricultura Alternativa, Agricultura Biológica, Agricultura Sostenible o Agricultura Sustentable.

Según Ramírez (2000), en la agricultura biológica se plantea el uso reducido o la exclusión de insumos, con la correspondiente disminución de los costos de producción y mejoramiento de los efectos sobre la salud y el ambiente. Plantean prácticas que requieren el manejo más individual del sistema de producción y especial atención a las condiciones del suelo, a la conservación de especies de plantas, microorganismos e insectos benéficos, el uso del control biológico y manejo integrado de plagas donde se permiten aplicaciones localizadas de pesticidas combinadas con prácticas culturales de control. Prácticas que requieren mano de obra entrenada, mayor tiempo y habilidad por unidad productiva, que en la agricultura química o convencional. Los sistemas de producción orgánica evitan el laboreo excesivo, así como la producción ecológicamente equilibrada y estable, y económicamente productiva en todas las escalas de la producción.

Quiceno (1995) plantea que las prácticas de agricultura biológica buscan básicamente cumplir lo siguiente:

- Mantenimiento de las condiciones ambientales: se busca recuperar, mantener y mejorar las condiciones ecológicas del medio, incluyendo prácticas de conservación y mejoramiento de suelos y cuencas.
- La finca es la unidad ecológica básica: este es el principio de la agroecología, se estimula la máxima diversidad tanto de especies como de estructuras en el tiempo y el espacio, el reciclaje de la materia orgánica, así como la armonía entre el componente ecológico, agronómico, social y económico.
- Manejo integrado de plagas y enfermedades: es importante tener en cuenta los principios de rotación de cultivos, diversidad genética, alelopatía, control biológico y barreras vivas.
- La protección de la salud y el ambiente es prioridad.
- El suelo como unidad productiva es un sistema vivo y dinámico: por ello merece ser conservado en su equilibrio biológico, químico y físico, de manera que produzca plantas sanas, productivas y cuyos frutos tengan el mayor valor nutritivo posible y ojalá ninguna contaminación.
- Manejo integrado de suelos: basado en la rotación de cultivos, uso de abonos verdes, humus de lombriz, siembras en curvas de nivel, barreras cortavientos, y sobre todo en la recuperación de experiencias campesinas combinadas con los avances agronómicos modernos.

Por su parte Altieri (1987), sustenta que la agricultura orgánica alimenta el suelo (a la microbiota) y no las plantas; si el suelo está vivo y nutrido, las plantas tendrán perfecta nutrición, salud y productividad. La agricultura convencional busca alimentar la planta y no el suelo. Elimina su biota buscando nutrir a la fuerza a cada planta con el fertilizante industrial del paquete tecnológico. La agricultura natural produce alimentos que nutren a

la gente, proporcionando salud. Verduras, frutas, leche, huevos, carne, panelas, aceites o cereales, los cuales contienen equilibradamente vitaminas y nutrientes propios de su naturaleza. La agricultura convencional no busca la biodiversidad, impulsa el monocultivo; esta práctica causa gran inestabilidad al agrosistema, porque al faltar la diversidad de las plantas en el suelo y por carencia de rotación con especies diferentes, se produce el desbalance de la biota del suelo. En cambio, el sistema ecológico tendrá biodiversidad mediante: caldos microbianos activadores de la vida del suelo, prácticas de rotación de policultivos, abonos verdes y agricultura de sol y "malezas", uso de sistemas multiestrata agrosilvo-pastoriles.

GLOSARIO

- **Abiótico:** No apto para la vida, porque carece de condiciones adecuadas para ella.
- **Agricultura alternativa**: Propone la reducción de costos de producción y el manejo prudente de productos e insumos químicos y sintéticos conjuntamente, en el manejo de productos orgánicos, la protección del medio ambiente y la salud humana.
- **Agricultura biológica**: Como sistema agrícola holístico, integra los numerosos aspectos benéficos de la agricultura tradicional, indígena, negra y campesina, y los adelantos científicos de la agroecología y microbiología.
- **Agricultura ecológica**: Es el conjunto de técnicas y de una posición de justicia y equidad social, de percepción integral de la realidad que abre campo a la integración de una comunidad y de ésta con la naturaleza.
- **Agricultura orgánica**: Derivada de la agricultura sostenible, y enfatiza el uso de la materia orgánica como fertilizante natural y como medio para mejorar la productividad de los suelos.
- **Agricultura sostenible**: Explotación agrícola fundamentada en principios agroecológicos, que se propone satisfacer las demandas de las generaciones presentes, sin comprometer esa capacidad para las futuras.
- **Agroecología:** Ciencia que tiene como objetivo el estudio de los sistemas agrarios para el logro de una actividad productiva sostenible.
- **Agroecosistema:** Ecosistema artificial o forzado constituido por explotaciones agrarias.
- **Agroforestería**: Son formas de uso y manejo de los recursos de orden natural en las zonas tropicales y subtropicales, en las que especies leñosas se cultivan simultáneamente con otras.

- **Agropecuario**: Relativo a los campos y al ganado.
- **Agrotóxicos**: Dícese de la industria química con aplicación en el campo, como la de los fertilizantes o insecticidas.
- **Autótrofos**: Vegetales dotados de clorofila, capaces de sintetizar los hidratos de carbono a partir del anhídrido carbónico.
- **Barbecho**: Restos de un cultivo después de la cosecha.
- **Biocenosis**: Colectividad de los seres vivos en una unidad del medio.
- **Biocenosis**: Proceso de crecimiento y reproducción de los seres vivos en un ecosistema.
- **Biodiversidad**: Conjunto de las especies vegetales y animales que viven en un espacio determinado.
- **Biogeoquímico:** Flujo de elementos químicos tales como nitrógeno, carbono, en rutas específicas del ambiente dentro de sustancias orgánicas en animales y plantas.
- **Biomasa:** Cantidad total de materia viviente en una población o un área determinada.
- **Biotecnología**: Conjunto de tecnologías de base biológica.
- **Biótico**: Que tiene vida. Se aplica a todo el conjunto de seres vivos que participan en el ecosistema.
- **Compost**: Producto obtenido de un proceso controlado de descomposición biológica, desarrollado por bacterias aeróbicas y otros microorganismos.
- **Compostaje**: Proceso aeróbico de estabilización de un lodo por los microorganismos.
- **Conservación**: Es el mantenimiento de condiciones limitadas para la actividad humana en los ecosistemas de un DMI, con el propósito de poder garantizar el bienestar social en determinado plazo.
- **Cultivos intercalados**: Son aquellos donde se cultiva más de un producto en un lugar al mismo tiempo.
- **Deforestación**: Eliminación de la cobertura vegetal de una zona.

- **Desarrollo sostenible:** Proceso que conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovable.
- **Desarrollo sustentable:** Punto de equilibrio entre el desarrollo económico, la conservación ambiental y la equidad social.
- **Diversidad biológica**: Es la variedad y también la variabilidad entre los organismos vivientes.
- **Diversidad:** Refiere a la riqueza en número de especies y a su frecuencia relativa en una biocenosis que refleja su equilibrio dinámico.
- **Ecológico:** Lo que se refiere al ambiente de un ser vivo.
- **Ecosistema:** Sistema configurado por la comunidad biótica, suelo y clima de una sola determinada área o región que interactúan entre sí.
- **Erosión**: Pérdida de la capa superficial de tierra por acción de factores climáticos, viento, gravedad y agua.
- **Fertilización**: Conjunto de operaciones con las cuales se mantiene el suelo en un estado químico tal, que la nutrición de la planta se haga en condiciones óptimas.
- **Fotosíntesis**: Síntesis de los carbohidratos con el concurso de la luz como fuente de energía.
- **Funguicida**: Producto químico utilizado para combatir las enfermedades causadas por hongos que afectan a los seres vivos.
- **Gramínea**: Relativo a una familia de plantas monocotiledóneas con espigas de flores poco vistosas, frutos harinosos reducidos a simples granos y tallo herbáceo.
- **Herbicida**: Plaguicida hecho para combatir las malas hierbas denominadas malezas.
- **Híbrido**: Dícese del animal o vegetal que es el resultado del cruce de dos especies o géneros distintos.
- **Humedad**: Cantidad de agua o vapor de agua contenida en el suelo.
- **Insecticida**: Producto químico usado para combatir plagas e insectos.

- **Insumos**: Toda materia prima empleada en la producción de otros bienes.
- **Labranza**: Cultivo de los campos.
- **Lixiviación**: Proceso por el cual las materias solubles o coloidales de los horizontes superiores de un suelo son arrastradas a niveles profundos por la acción de corrientes descendientes de agua.
- **Malezas**: Plantas indeseables por competencia que ejerce en explotaciones agropecuarias.
- **Mecanización**: Acción de mecanizar el suelo. Implantando máquinas agrícolas.
- **Monocultivo**: Cultivo de una sola especie o producto en un terreno.
- **Oligoelementos**: Cada uno de los elementos químicos básicos para la vida de los seres vivos, como el zinc, boro.
- **Orgánica**: Dícese de las sustancias cuyo componente es el carbono de manera constante.
- **Pesticidas**: Agente usado para controlar plagas.
- **pH**: Coeficiente que caracteriza la acidez o la basicidad de una solución acuosa.
- **Policultivo**: Sistema de explotación agrícola en cultivos diferentes.
- **Polinización**: Transporte del polen desde los estambres hasta el estigma de una flor de la misma especie.
- **Productividad**: Cantidad de materia orgánica o su equivalente en materia seca, carbono o contenido energético que se acumula en el tiempo.
- **Reforestación**: Actividad destinada a restituir la cobertura vegetal de un área determinada.
- **Salinización**: Proceso edafológico que consiste en el aumento de sales solubles en ciertas capas del suelo como resultado del deslave o de una irrigación mal dirigida.

- **Sostenibilidad:** Es el mantenimiento de los sistemas de protección sin colocar en riesgo el ambiente de las futuras generaciones.
- **Temperatura**: Es la intensidad de la energía térmica que puede medirse con el termómetro.
- **Trófico**: Relativo a la nutrición de un tejido vivo.
- **Trofobiosis**: Teoría que sustenta que las plantas sanas son capaces de resistir el ataque de los organismos nocivos.
- **Tropical**: Relativo a los trópicos, muy caliente.

BIBLIOGRAFÍA

ALTIERI, M. (1992). El rol ecológico de la biodiversidad en agroecosistemas. Revista agroecología y desarrollo No. 4. CLADES. Santiago de Chile. 177 p.

_____. (1987). Agroecology, the scientific basis of alternative agriculture for development. Westview press, Boulder. 227 p.

_____. (1995). El agroecosistema: Determinantes, recursos, procesos y sustentabilidad. Segunda Edición. CLADES. Santiago de Chile. 61 – 96 p.

ARRIETA, J. Y MELÉNDEZ, J. (1986). Efectos de la defoliación post antesis en cuatro genotipos de maíz. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Córdoba. Facultad de Ingeniería Agronómica. Montería 86 p.

BALDY, C. y STIGTER, C. J. (1993). Agrométéorologie des cultures multiples en régions chaudes. Institut National Recherche Agronomique. Paris. 246 p.

BARTOLINI, R. (1990). El maíz. Ediciones Muniprensa. Madrid. 275 p.

BARRERA, S. (1999). Introducción a la problemática del medio ambiente. Universidad de Los Andes. Bogotá. 249 – 262 p.

BECHT, G. (1974). Systems theory, the key to holism and reductionism bioscience 24 (10). 579 – 596 p.

BECK, D. and VASAL S. K. (1993). Our clients, their research capacities and distributing maize germplasm. Maize program special report. Cimmnyt, México, D. F. 300 p.

BEJARANO, J. A. (1995). Desarrollo sostenible: Un enfoque económico con una extensión al sector agropecuario. Bogotá, IICA. Ministerio de Agricultura. 73 p.

BRAUN, A. (1991). De las propuestas del ecodesarrollo. Revista Ceres (Roma) 14(6). 46 – 47 p.

BURCH, W. (1997). Social behaviour, natural resources and the environment. Harper and Row. Nueva York. 374 p.

CAMARASA, J. (1999). La ecología. Biblioteca Salvat de Grandes Temas. No. 80. 24 p.

CHABOUSSOU, F. (1995). Plantas doentes pelo uso de agro-tóxicos. A teoría da trofobiose. L. y P. M. Editores. Porto Alegre, Brasil. 54 – 74 p.

CIMMYT. (1992). Centro Internacional de mejoramiento de maíz y trigo. Enduring desing for change: An account of cimmyt's research, its impact and ist future directions. México, D. f. 187 p.

CLADES (Consorcio Latinoamericano sobre agroecología y desarrollo). (1999). V Curso sobre agroecología y desarrollo rural. Módulo I. Bases históricas y teóricas de la agroecología y el desarrollo rural. 255 p.; Módulo II. Diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Quinta Edición. Perú. 241 p.; Módulo III. Agroecología y desarrollo rural en América Latina. 205 p.

CLARKE, G. (1975). Elementos de ecología. Instituto Cubano del Libro. Edición Revolucionaria. Editorial Pueblo y Educación. Vedado, La Habana. 325 p.

CONWAY, G. R. and BARBIER, E. B. (1990). After the green revolution: sustainable agriculture development. Earhscan Publications. London. 168 p.

CORPOICA. (1998). Resultados de la investigación agrícola en la región caribe (agroforestería, arroz, maíz, ñame y batata). Turipaná, Cereté. 43 p.

DUVIGNEAUD, P. (1978). La síntesis ecológica. Madrid. 62 p.

FENALCE. (2001). Federación nacional de cultivadores de cereales. Informe de trabajo. Regional Sucre. Sincelejo. 16 p.

_____. (2002). El cultivo del maíz en Córdoba. Fondo de fomento cerealista y de leguminosas de grano. Comunicaciones y publicidad. Turipaná, Cereté. 5 p.

GÓMEZ, A. (1987). Agricultura sustentable. Ajuste tecnológico o nuevo paradigma. San José, Costa Rica. 123 p.

HARDIN, G. (1968). The tragedy of the commons, Science. 1243-1248 p.

HECHT. S. (1990). Evolución del pensamiento agroecológico. Universidad de California. Los Ángeles, USA. 253 p.

ICA. (1993). Manejo integrado de los recursos naturales en ecosistemas tropicales para una agricultura sostenible. Seminario Internacional Memoria. Turipaná. Montería. 9 p.

IDEAM. (2001). Colombia: Primera comunicación nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. Ed. Trade Link Ltda. Colombia. 151 – 153 p.

IICA, (1992). Tecnología y sostenibilidad de la agricultura en América Latina. San José, Costa Rica. 300 p.

_____. (1995). Cartilla "Principios de agricultura sostenible". Acciones urgentes para una agricultura sostenible. 9 p.

JARAMILLO, M. (1998). Medio ambiente tropical II. La hidrósfera y la atmósfera. Editorial Orbita. Manizales. 105 p.

JONES, L. H. P. and COWLING, D. W. (1974). In: Contol of industrial pollution (A. Parker, ed.), Vol. I. Air Pollution. McGraw-Hill. London (in pres). 57 p.

KIELY, G. (1999). Ingeniería ambiental, fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. McGraw-Hill. Madrid. 44 – 45 p.

KOLMANS, E. (1995). La agricultura ecológica como base para un desarrollo rural sostenible: consideraciones metodológicas. Costa Rica. p. 319 – 334.

LEIVA, F. (2001). Manejo sostenible de suelos agrícolas. Fenalce. Produmedios. Bogotá. 5 – 8 p.

LINDEMAN, R. L. (1942). The trophic-dynamic aspect of ecology. Ecology 23. 399 – 418 p.

LLANES, J. (1995). La economía agrícola y la sustentabilidad de los proyectos agropecuarios. En: ICA, XXX Aniversario del Instituto de Ciencia Animal. Seminario Científico Internacional. La Habana: Instituto de Ciencia Animal. 44 p.

MARCANO, J. (2001). El cultivo de yuca asociado con maíz y fríjol. Investigaciones CIAE Yaracuy, Venezuela. 2 p. Disponible en Internet en la página www.ceniap.gov.ve/bdigital/.

MARTÍNEZ, M. (2001). Agricultura biológica. Bogotá. 96 – 143 p.

MILLER, G. (1999). Ecología y medio ambiente. Grupo Editorial Iberoamericano. México, D. F. 11 p.

MOJICA, T. (2001). La tierra es apaleada. ICFES. Colombia. 582 – 583 p.

MUÑOZ, C. H. (1983). Evaluación de sistemas en monocultivos y asociación de maíz y leguminosa en el nor-oriente de Guarico. Agronomía Tropical 33(1-6). 143 – 154 p.

NAMBIAR, K. (1994). Soil fertility and crop productivity under long term fertilizer use in India. Indian council of agricultural research. New Delhi. 72 p.

NAVAS, P. B. y MARÍN, D. (1995). Comportamiento ecofisilógico de la asociación canovalia-maíz con y sin aplicación de nitrógeno y con diferentes arreglos cronológicos. Agronomía Tropical 45 (4). 609 – 635 p.

ODUM, E. P. (1971). Fundamentals of ecology. Washington, D. C. Saunders. 574 p.

ODUM, H. T. (1957). Trophic structure and productivity of silver springs. Florida. Ecological monographs 27. 55 – 112 p.

ONDARZA, R. (1986). El impacto del hombre sobre la tierra. Editorial Trillas. México. 52 p.

OSPINA, J. (1999). Tecnología del cultivo del maíz. Fondo Nacional Cerealista. Prodomedios. Bogotá. 11 – 50 p.

PÉREZ R., J. (1998). Colombia: Ecología y esperanza. Barranquilla. 75–83 p.

PÉREZ, J. (2000). CULTIVOS I. (cereales, leguminosas, oleaginosas). UNAD. Editorial UNAD. Bogotá. 135 – 145 p.

POLLAN, M. (1998). "Playing god in the garden", the New York Times Magazine, 325 p.

PORTAL AGRARIO (2002). Ministerio de Agricultura. Perú. 3 p. Disponible en Internet: www.portalagrario.gob.pe/iconos/agrio50.jpg.

QUICENO, J. (1995). Producción de humus y lombriz. CORPOICA. Manizales. 126 p.

RAMÍREZ, C. (2000). Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales. Preparación de abonos orgánicos. Chía. 355 p.

REIJNTJES, C., HAVERKORT, B. and WATERSBAYER, A. (1992). Farming for the future. An introduction to Low-external input and sustainable agriculture. Mac Millan. London. 334 p.

REIJNTJES. (1992). Cultivando para el futuro. Introducción a la agricultura sostenible de bajos insumos externos. ETC/ILEIA. Holanda. 85 – 102 p.

ROSAS, A. (2002). Agricultura orgánica práctica. Alternativas tecnológicas para la agricultura del futuro. Bogotá. 20 – 120 p.

SAGARPA (2003). Bienvenidos al sector agricultura. 3 p. Disponible en Internet en la página www.oax.sagarpa.gob.mx/.../imagenes/maíz.jpg.

SENENT, J. (1998). La contaminación. Biblioteca Salvat de Grandes Temas. No. 1. 144 p.

SIAC, (2002). Perfil del estado de los recursos naturales y del medio ambiente en Colombia 2001. Colombia 2002. 272 – 310 p.

SPEDDING, C. R. W. (1979). Ecología de los sistemas agrícolas. Blume Ediciones. Madrid. 244 p.

SUQUILANDA, M. (1996). Agricultura orgánica. Ediciones UPS. Fundagro. Quito, Ecuador. 237 p.

TANSLEY. (1935). Sistemas de cultivos. Ecosistemas, conceptos básicos SIDITA. Mérida, Venezuela. 211 p.

UNASYLVA (1992). La sostenibilidad. Revista (Roma). 43 (2). 68 p.

VANDERMEER, J. (1992). The ecology of intercropping. Cambridge University Press. 321 p.

VÁSQUEZ, G. (2001). Ecología y formación ambiental. McGraw-Hill. México, D. F. 26 p.

VIÑAS y ROMAN, J. A. (1997). Las instituciones de eduación agrícola superior en el desarrollo sostenible frente a los procesos de globalización. COMUNICA (San José) 2 (5). 36 – 39 p.

WILLEY, R. W. (1979). Intercropping. Its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. Field crops abstracts. p. 73 – 85.

WRI. (1992). Recursos mundiales 1992 – 1993. Washington. 212 p.