

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**  
**ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**Agroecología: Aportes para la Conservación de los Recursos Naturales**

**Monografía previa a la obtención del título de Licenciada en Ciencias**  
**Biológicas**

**MARÍA BELÉN RIBADENEIRA CERVANTES**

**Quito, 2015**



## CERTIFICACIÓN

Certifico que la Monografía de Licenciatura en Ciencias Biológicas, de María Belén Ribadeneira Cervantes ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

Dr. Hugo Navarrete Zambrano

Director de la monografía

Quito, 23 de marzo del 2015

## **TABLA DE CONTENIDOS**

<b><u>1. RESUMEN.....</u></b>	<b><u>1</u></b>
<b><u>2. ABSTRACT .....</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b><u>3. INTRODUCCION.....</u></b>	<b><u>5</u></b>
<b><u>4. DESARROLLO TEORICO.....</u></b>	<b><u>10</u></b>
<b>4.1. LA AGROECOLOGIA- ANTECEDENTES, CONCEPTO Y PRINCIPIOS.....</b>	<b>10</b>
<b>4.2. MANEJO ECOLOGICO DE AGROECOSISTEMAS .....</b>	<b>13</b>
4.2.1. MANEJO DEL SUELO .....	14
4.2.1.1. Conservación y uso de la materia orgánica.....	15
4.2.1.2. Mantenimiento de la cobertura .....	18
4.2.1.3. Mantenimiento de la condición estructural del suelo.....	20
4.2.1.4. Otras técnicas de manejo del suelo .....	22
4.2.1.5. Fertilizantes naturales.....	22
4.2.1.5.1. Tipos de abonos naturales .....	24
4.2.2. IMPORTANCIA DEL MANEJO DE SUELOS .....	29
<b>4.3. CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.....</b>	<b>30</b>
4.3.1. MANEJO PREVENTIVO.....	33
4.3.2. MUESTREO Y MONITOREO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES, NIVELES CRÍTICOS. ....	35
4.3.3. CONTROL CULTURAL.....	36
4.3.4. CONTROL FÍSICO .....	41
4.3.5. INSECTICIDAS Y FUNGICIDAS ORGÁNICOS .....	43
4.3.6. USO DE ENTOMOPATÓGENOS Y DEPREDADORES NATURALES.....	44
4.3.7. IMPORTANCIA DEL CONTROL BIOLÓGICO PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES .....	46
<b>4.4. MANEJO DEL AGUA.....</b>	<b>47</b>
4.4.1. IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL AGUA .....	50
<b>4.5. SISTEMAS AGRÍCOLAS ASOCIADOS .....</b>	<b>51</b>
4.5.1. AGROFORESTERÍA .....	53
4.5.2. IMPORTANCIA DE LA ASOCIACIÓN DE CULTIVOS .....	55
<b>4.6. AGRICULTURA CONVENCIONAL VS AGROECOLOGIA.....</b>	<b>56</b>
<b><u>5. CONCLUSIONES.....</u></b>	<b><u>59</u></b>
<b><u>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</u></b>	<b><u>62</u></b>
<b><u>7. FIGURAS.....</u></b>	<b><u>72</u></b>
<b><u>8. TABLAS .....</u></b>	<b><u>79</u></b>

## LISTADO DE FIGURAS

<b>FIGURA 1. Pueblos cazadores – recolectores.</b>	<b>72</b>
<b>FIGURA 2. Componentes, funciones y estrategias de mejoramiento de la biodiversidad en agroecosistemas.</b>	<b>73</b>
<b>FIGURA 3. Especies de organismos del suelo.</b>	<b>74</b>
<b>FIGURA 4. Waru waru o camellones.</b>	<b>75</b>
<b>FIGURA 5. Hoyadas.</b>	<b>76</b>
<b>FIGURA 6. Mulch.</b>	<b>77</b>
<b>FIGURA 7. Sistema agroforestal ideal.</b>	<b>78</b>

**LISTADO DE TABLAS**

<b>TABLA 1. Relaciones causales entre algunos caracteres de especies vegetales, procesos ecológicos y el suministro de potenciales servicios de los ecosistemas.</b>	<b>79</b>
<b>TABLA 2. Asociación entre caracteres funcionales de plantas y respuesta de las plantas a diferentes agentes potenciales de perturbación.</b>	<b>81</b>
<b>TABLA 3. Manejo Agroecológico de Plagas.</b>	<b>82</b>
<b>TABLA 4. Bioinsecticidas botánicos.</b>	<b>83</b>
<b>TABLA 5. Control biológico de plagas.</b>	<b>84</b>
<b>TABLA 6. Control biológico de plagas.</b>	<b>85</b>
<b>TABLA 7. Asociación de cultivos</b>	<b>86</b>
<b>TABLA 8. Efectos de la agricultura industrial y de la agroecología sobre los recursos naturales.</b>	<b>87</b>

## 1. RESUMEN

Desde que el ser humano, paulatinamente deja sus prácticas de cazador/recolector (período Neolítico) e inicia con las prácticas agrícolas como fuente de alimentos, la agricultura ha tenido impactos sobre la naturaleza. Los recursos naturales se han visto afectados en menor o mayor grado, de acuerdo al tipo de prácticas agropecuarias utilizadas.

Considerando la evidencia del efecto de las técnicas agrícolas, sobre todo las industriales, sobre los recursos naturales y que aparentemente el rendimiento de producción agroindustrial ha llegado a su límite, (la degradación del suelo, la mayor resistencia de las plagas a los insecticidas, la contaminación y el cambio climático han hecho que el ritmo de crecimiento anual de los cultivos se haya estancado e incluso haya descendido) surgen como prácticas alternativas, varios tipos de agricultura: ecológica, sustentable, orgánicas y biodinámica entre otras; todas enfocadas en minimizar el impacto de las técnicas agrícolas sobre los recursos naturales y el garantizar un producto final saludable y suficiente; prácticas y técnicas que se recogen en la agroecología.

Repasando las técnicas básicas de manejo que se practican en la agroecología: manejo de suelo (incluyendo fertilizantes naturales), control biológico de plagas, manejo del agua y asociación de cultivos y haciendo una comparación del efecto sobre los recursos naturales de la agroindustria vs la agroecología y/o afines, se concluye sobre los aportes de la agroecología para la conservación de los recursos naturales.

Sin embargo es evidente, la necesidad de la realización de estudios multidisciplinarios y su posterior difusión para con bases científicas, se promoció la agroecología, no solo como una práctica de producción de alimentos, sino, también como una estrategia de conservación de recursos naturales.

**Palabras claves:** agroecología, conservación de recursos naturales, control biológico, manejo de suelos, producción de alimentos

## 2. ABSTRACT

Since humans left their hunter/collector practices (Neolithic period) and started agricultural techniques for food supply, agriculture has brought impacts on nature. Therefore, natural resources have been affected greater or lesser by the kind of farming practices used.

Considering the evidence of agriculture techniques on natural resources (mainly agroindustrial techniques), and that agroindustrial production performance has begun to reach a limit due to soil degradation, pests resistance to insecticides, pollution, and climate change. As a result, annual cultivation growth rate has slowed and even decreased it). Alternative practices are emerging as different types of agriculture: ecological, sustainable, organic, and biodynamic, among others. All of these practices, focused on reducing the impact of agriculture techniques on natural resources and on ensuring a healthy and sufficient final product, are brought together under the concept of agroecology.

This document reviews the basic operation techniques in agroecology such as, soil handling(including natural fertilizers), biological control against pests and diseases , water management, and cultural management. I also compare the differential impact on natural resources between agroindustry and agroecology and related disciplines. It is concluded that agroecology can result in significant contributions to natural resources conservation.

However, the need for multidisciplinary studies and their subsequent diffusion to farmers and producers is clear to promote agroecology with a scientific basis, not only as a food production practice but also as a strategy for natural resources conservation.

**Keywords:** **agroecology**, natural resources conservation, biological control, soil handling, food production

### 3. INTRODUCCION

La Tierra forma un todo integral, lo que ocurre con una parte tiene su incidencia en este “todo”; un ejemplo, que verifica, el que toda acción tiene una reacción es el funcionamiento de la naturaleza y las interrelaciones que se tejen entre sus componentes; no es excepción a esto la agricultura, en la que además hay una variable importante: la acción del ser humano.

Hace miles de años, aproximadamente 9500 aC., período Neolítico, el ser humano paulatinamente pasa de recolector-cazador a productor, dando inicio a la agricultura ([http://www.natureduca.com/agro\\_hist\\_neolitico1.php](http://www.natureduca.com/agro_hist_neolitico1.php)), (Figura 1).

Al ser una actividad de producción de alimentos que trabaja con insumos naturales como son la tierra y el agua, la agricultura a diferencia de otras industrias, se ha visto, durante mucho tiempo, libre de ser considerada como una actividad con capacidad de crear impactos o efectos negativos en el medio ambiente. Actualmente ha quedado demostrado que la agricultura es susceptible de provocar graves daños en el entorno, su potencial dañino es incluso superior a determinados sectores industriales. Mientras no se empleen prácticas correctas durante el uso de fitosanitarios, aplicación de abonos, gestión de residuos, etc., los impactos ambientales que puede ocasionar esta actividad primaria pueden ser altamente significativos. “De hecho, muchos científicos agrícolas han llegado al consenso de que la agricultura moderna confronta una crisis ambiental” (Altieri, 2001b).

En el siglo pasado, se inicia la agricultura química y con ella el uso de fertilizantes nitrogenados, fosfóricos y potásicos; y después de la segunda guerra mundial, con la aparición del DDT y como consecuencia del auge económico se empieza a desarrollar la industria de los plaguicidas (Santamarta, 1997) fertilizantes y herbicidas químicos.

En los últimos años, los avances científicos y tecnológicos han evolucionado rápidamente, actualmente podemos hablar del uso de nano materiales en agricultura y alimentos (Yovera *et al.* s/f) y de la biotecnología; actualmente, la agricultura ocupa el segundo lugar en las aplicaciones de la biotecnología (incluyendo los organismos genéticamente modificados) (Educ.ar., s/f).

La biotecnología, especialmente los Organismos Genéticamente Modificados, OGM y su impacto en el medio ambiente y la salud humana es un tema de debate y con muchas controversias. Por ejemplo, potenciales efectos negativos de los OGM como, daños no previstos a otros organismos, reducción en la efectividad de los pesticidas, transferencia imprevista de genes a otras especies dañinas (Educ.ar., s/f).

El impacto del uso de químicos sintéticos y las nuevas tecnologías sobre la conservación de los recursos naturales, es cada vez más evidente. La utilización de los fertilizantes y de los plaguicidas, junto con la ganadería intensiva, da lugar a la contaminación de suelos y aguas. El uso continuo e indiscriminado de plaguicidas causa problemas ambientales graves. Conforme a estudios realizados en los Estados Unidos, de los 500 millones de kilos de plaguicidas utilizados anualmente, el 99% se queda en los ecosistemas (atmosfera, acuíferos y suelo) y apenas el 1% llega a los

organismos nocivos a los que originalmente está destinado. Los plaguicidas, además afectan a la fauna del medio, como por ejemplo, las abejas, aves insectívoras y a algunos de los insectos útiles, que son depredadores de insectos dañinos. Otra parte se queda en los productos agrícolas, siendo consumido directamente por los animales, y el hombre. (Santamarta, 1997).

En general, la actividad agrícola y ganadera afecta en mayor o menor grado a los ecosistemas naturales, entre los impactos negativos podemos mencionar los siguientes (Altieri, 2001b):

- Baja de la productividad del suelo (retención hídrica, erosión, compactación, pérdida de materia orgánica, disminución de la actividad biológica y salinización.
- Acumulación de sedimentos, fertilizantes, y pesticidas contaminantes.
- Escases de agua, provocada por la sobreexplotación y al no respetar los ciclos naturales que mantienen su disponibilidad.
- Las plagas se vuelven resistentes a los plaguicidas.
- La contaminación produce pérdida de especies polinizadoras.
- La uniformidad de los cultivos (una sola variedad y monocultivo) provoca la pérdida de la diversidad génica
- Los residuos tóxicos están presentes en los alimentos, con los riesgos potenciales para la salud.

La degradación del suelo, la mayor resistencia de las plagas a los insecticidas y la contaminación ambiental han hecho que el ritmo de crecimiento anual de los cultivos se haya estancado e incluso haya descendido. (Educ.ar. s/f).

Considerando la evidencia del efecto de las prácticas agrícolas, sobre todo las industriales, sobre los recursos naturales y que aparentemente el rendimiento de producción con prácticas agroindustriales ha llegado a su límite, el presente trabajo se centrará más bien en la dimensión agro-ecológica. Reflexionando en las técnicas básicas de manejo que se practican en la agroecología, se analizarán los aportes de estas para la conservación de los recursos naturales.

En un primer momento se desarrollará un marco teórico que permitirá tener una visión básica del concepto y principios de agroecología, seguidamente se describirán algunas de las técnicas básicas agroecológicas de manejo para el suelo y el agua. Incluyendo también control biológico de plagas y enfermedades, y fertilizantes naturales, y sus implicaciones en la conservación de los recursos naturales. Así mismo, se desarrollará un capítulo sobre cultivos asociados y seguidamente se esbozará un balance entre la agricultura convencional y la agroecología (considerando también aspectos como la productividad) que permita dilucidar de una manera objetiva y crítica si la agroecología es una alternativa productiva ambientalmente mejor. Finalmente se desarrollará un acápite de conclusiones.

Es importante mencionar, que para el presente documento se utilizará el término agricultura convencional (por ser el más ampliamente utilizado) como el conjunto de prácticas, tecnológicas-mecanizadas de la agricultura moderna, la que se caracteriza

por ser intensiva, (principalmente bajo la modalidad de monocultivos), por el uso de agroquímicos y por no tener en cuenta los ciclos naturales ni el uso racional y sostenible de los recursos naturales.

## 4. DESARROLLO TEORICO

### 4.1. LA AGROECOLOGIA- ANTECEDENTES, CONCEPTO Y PRINCIPIOS

La agricultura desde sus inicios ha tenido efectos sobre la naturaleza, los que en términos generales han sido de deterioro. Sin embargo, la producción de alimentos es una necesidad que no se puede dejar de cumplir. El crecimiento de la población humana y la cantidad de hambriena en el mundo, [842 millones de personas en el mundo no se alimentan lo suficiente para mantenerse saludables. (FAO, 2013)]; ha impulsado estrategias de producción de alimentos a gran escala. Este tipo de producción es una preocupación social y ambiental, debido a que pese al aumento de los rendimientos productivos, esta es cada vez más técnico-mecanizada y consumidora de energía; lo que va acompañado de un evidente deterioro de los recursos naturales, suelos erosionados, contaminación por agroquímicos, eutrofización de aguas, pérdida de la diversidad genética, efectos negativos sobre la biodiversidad en general, etc.

El nivel de hambre en el mundo sigue siendo crítico. El Índice Global del Hambre (GHI) 2014 ha puesto de manifiesto que, aunque desde 1990 el número de personas hambrientas se ha reducido en un 39%, el nivel sigue siendo serio. ([http://www.huffingtonpost.es/2014/10/16/hambre-mundo-datos\\_n\\_5994488.html](http://www.huffingtonpost.es/2014/10/16/hambre-mundo-datos_n_5994488.html))

Es evidente que se requieren de estrategias integrales que coadyuven a superar el hambre en el mundo pero que también contribuyan a la conservación de los recursos naturales.

Como respuesta a esta situación han surgido varios posicionamientos políticos, económicos, sociales y ambientales. Uno, desde el enfoque sobre todo ambiental, en el cual nos detendremos es la agricultura ecológica o agroecología.

La agroecología o agricultura ecológica no se reduce al uso de técnicas tradicionales. Incorpora una serie de técnicas e innovaciones, basadas en principios ecológicos y en un alto conocimiento de los suelos, la nutrición de las plantas, del manejo de plagas, del potencial genético de los cultivos y de los animales y de las interacciones biológicas y ecológicas. (Manual Básico de Agricultura Ecológica, s/f)

La agroecología entendida, como una ciencia que va más allá de las prácticas alternativas, “como un nuevo campo de conocimientos o una disciplina científica que reúne, sintetiza y aplica los conocimientos de la agronomía, la ecología, la sociología, la etnobotánica, la antropología y otras ciencias afines, desde una óptica holística y sistémica, para el diseño, manejo y evaluación de agroecosistemas sustentables” (Greco, s/f). Procura mantener el equilibrio del agroecosistema, enfatizando la relación entre sus componentes, de tal manera que se minimice el impacto de la agricultura sobre los recursos naturales, desarrollando prácticas agrícolas que mantengan una adecuada productividad, sean ambientalmente amigables, social y económicamente equitativas. Además de garantizar productos saludables para el ser humano.

La agroecología va más allá de un punto de vista unidimensional de los agroecosistemas, su genética, edafología y otros, incluye, además, los niveles ecológicos y sociales de co-evolución, estructura y función. En lugar de centrar su atención en algún componente particular del agroecosistema, la agroecología enfatiza

las interrelaciones entre sus componentes y la dinámica compleja de los procesos ecológicos (Vandermeer, 1995).

Los principios agroecológicos para el manejo sustentable de agroecosistemas, de acuerdo a Altieri (2001a), son:

- Mantener una adecuada diversificación genética de flora y de fauna en tiempo y en espacio.
- Optimizar el flujo y la disponibilidad de nutrientes a través del reciclaje de nutrientes y materia orgánica.
- Manejar la materia orgánica de tal forma que se mantengan las condiciones edáficas.
- Evitar la pérdida de suelo y del agua controlando la erosión, conservando la cobertura del suelo y manejando el microclima.
- Procurar medidas preventivas y la presencia de insectos antagonistas, benéficos y alelopáticos para evitar los patógenos y malezas.
- Aprovechamiento de correlaciones e interacciones entre plantas, entre animales y planta y entre animales.
- Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumentando la actividad biótica del suelo. (Reinjtjes *et al.*, 1992).

Las metas agroecológicas son conseguir desarrollar un sistema integrado a su medio ambiente, que imite la estructura y función de los ecosistemas locales, respetando los procesos y procurando el mínimo impacto a los recursos naturales;

logrando una alta tasa de reciclaje, teniendo óptimos niveles de captación de agua y energía solar y conservando el suelo; reducir al máximo la dependencia de recursos externos y la autosuficiencia alimentaria garantizando la disponibilidad y diversidad de alimentos y otros productos útiles para el ser humano. Diseñar un sistema agroecológico que integre y aumente la eficiencia biológica general, que se mimetice con el paisaje natural (Altieri, 2001b)

Dada la especificidad de las características ecosistémicas del paisaje y por tanto del predio en el cual se aplicarán las técnicas de manejo agroecológicas, los procesos y aplicación de las mismas, no serán universales. En general no será suficiente con una sola técnica, se deberán aplicar varias y diversas técnicas integradas para el manejo holístico de la finca de tal forma que se alcance la productividad y salud ambiental que se espera.

#### **4.2. MANEJO ECOLOGICO DE AGROECOSISTEMAS**

La agroecología considera a los agroecosistemas como sistemas abiertos que se interrelacionan estrechamente con el medio ambiente en el que se desarrollan. Son además, el resultado de las condiciones ecosistémicas del sitio y obedecen a las características del paisaje y a las condiciones y variaciones específicas locales. (Figura 2).

Sin embargo, dos son las estrategias básicas de la agroecología que sustentan el manejo:

- Mantenimiento y aumento de la fertilidad del suelo.
- Mantenimiento y aumento de la diversidad biológica del ecosistema agrícola y del medio circundante.

Esto implica el diseño de sistemas que imiten a la naturaleza, a los estados sucesionales del medio circundante, manteniendo adecuados niveles de biodiversidad funcional tanto en el cultivo como en sus alrededores (Tabla 1 y Tabla 2), reduciendo la pérdida y mejorando el reciclaje de nutrientes, procurando el mayor aprovechamiento de los procesos naturales como, fijación y reciclaje de nutrientes, relaciones depredador-presa, simbiosis, y alelopatía entre otros. Esto es esencial aplicar técnicas de manejo agrícolas que posibiliten y favorezcan la gestión y la conservación de los recursos naturales.

#### **4.2.1. MANEJO DEL SUELO**

El suelo es un complejo sistema que posee una gran complejidad estructural y funcional, debido a la gran diversidad de sus componentes bióticos y abióticos, y a los procesos que ocurren a su interior. Desde el enfoque agroecológico, al ser uno de los elementos fundamentales para la producción agrícola, es importante que las técnicas utilizadas para la agricultura, garanticen la conservación de la salud del suelo, procurando el mantenimiento de las mejores condiciones físicas, químicas y biológicas del mismo.

En general, los elementos comunes para lo que se refiere al manejo ecológico del suelo son:

- Conservación y uso de la materia orgánica
- Mantenimiento de la cobertura
- Mantenimiento de la condición estructural del suelo

#### **4.2.1.1. Conservación y uso de la materia orgánica**

La materia orgánica del suelo es uno de los elementos más importantes para definir. El manejo de la materia orgánica, sobre todo en zonas tropicales en las que la humedad y alta temperatura aceleran los procesos de descomposición, es fundamental para garantizar la salud (Brechelt, 2004b).

La presencia y acumulación de la materia orgánica es elemento clave en la salud del suelo, la misma esta mediada por la presencia y actividad de los micro, meso y macro organismos y por las condiciones del entorno.

Los microorganismos nitro fijadores son ampliamente diversos, extendiéndose desde bacterias autotróficas de vida libre de género *Azotobacter*, bacterias heterótrofas simbióticas del género *Rhizobium*, y algas verde azules (ahora clasificadas como bacterias verde azules), y ciertos *Phycomycetos* (hongos que asemejan algas). Microorganismos fotosintéticos que fijan dióxido de carbono en una manera similar a las plantas. Ellos también son ampliamente diversos, extendiéndose desde algas verde azules y algas verdes que desarrollan fotosíntesis aeróbica completa, hasta bacterias fotosintéticas que desarrollan una fotosíntesis anaeróbica incompleta. (Teruo *et al.*, s/f)

Las proteínas, polisacáridos, lípidos y ácidos nucleicos que se concentran en los organismos son producto del anabolismo (síntesis de moléculas orgánicas) y son características de los sistemas vivos. Cuando el organismo muere y/o sufre rupturas por circunstancias de diferente índole, esta “masa viva”, cumple su ciclo vital, muere y llega al suelo como necromasa (Sánchez *et al.*, 2012). Esta materia orgánica viva y no viva, nuevamente se metaboliza y así ocurre un ciclaje permanente de los nutrientes. Esta dinámica de las moléculas asegura el flujo de energía en forma continua, asegurando la vida.

Actualmente una de las causas más generalizada para la pérdida de vida en el suelo es el intenso uso de herbicidas químicos los cuales rompen el natural equilibrio del suelo. Si disminuye la actividad microbiana de los suelos, disminuye la cubierta vegetal y la fertilidad del suelo con efectos tanto en el cultivo como en el propio suelo (Porcuna, 2007).

La materia orgánica al ser fuente de materia y energía para microorganismos, tiene efectos sobre disponibilidad y diversidad de poblaciones, las cuales se regulan a través de interacciones y se equilibran evitando la explosión dañina de algunas de ellas. Es fuente de salud del suelo y del agroecosistema (Sánchez *et al.*, 2012).

Así mismo, favorece la presencia de simbiosis entre las raíces de las plantas y los microorganismos con sus efectos concomitantes sobre disponibilidad de nutrientes, salud del suelo y rendimiento de los cultivos (Pedraza *et al.*, 2010).

Captura de carbono con regulación de gases de efecto invernadero (GEI), a través del proceso de fotosíntesis y las redes tróficas biodiversas ligadas a la materia orgánica, que favorecen el que la materia orgánica puede permanecer más tiempo en el sistema, demorando su mineralización y liberación como CO<sub>2</sub>, y otros GEI mitigando sus efectos sobre el cambio climático (Sánchez *et al.*, 2012).

La materia orgánica, tiene también una función de protección al fijar contaminantes (orgánicos como los pesticidas o minerales pesados) disminuyendo su toxicidad (FAO, 2002).

La calidad del suelo unido a la diversidad biológica que alberga son fundamentales para mantener el equilibrio del ecosistema; el deterioro del suelo, no solo afectan a los agroecosistemas, sino a todo el ecosistema, agotando su capacidad de resiliencia y provocando disturbios que se expresan en la cada vez más baja productividad a nivel local y a nivel mundial en temas tan importantes como el cambio climático (Sánchez *et al.*, 2012).

De acuerdo a Brechelt (2004b), la materia orgánica tiene múltiples y diversas funciones en el suelo:

- Aporte de nutrientes esenciales (N, P, K, S, Bo, Co, Fe, Mg entre otros).
- Activación biológica del suelo.
- Evita la compactación y mejora la estructura del suelo por lo que favorece el movimiento del agua.

- Aumenta la capacidad de retención de humedad, la temperatura y la fertilidad potencial.
- Equilibra del pH.
- Reduce la escorrentía y evita la erosión.

Entre las técnicas agroecológicas para mantener o incrementar la materia orgánica y los macro y micronutrientes del suelo es importante mencionar:

- Mantenimiento de la cobertura
- Mantenimiento de la condición estructural del suelo

#### **4.2.1.2. Mantenimiento de la cobertura**

La cobertura son mezclas de plantas que específicamente protegen el suelo de la erosión y coadyuvan a mejorar la estructura y aumentar la fertilidad del suelo. Adiciona nitrógeno al suelo, la cobertura mejora el suelo por la infiltración del agua y la añadidura de materia orgánica, aumentando además, la aireación del suelo y el porcentaje de agregados estables del agua. Esta no permite que el agua corra libremente evitando la escorrentía y manteniendo el suelo en su lugar por el entretrejido además radicular.

La cobertura, coadyuva al almacenamiento de agua, disminuye la evapotranspiración y evaporación, y favorece la retención del agua evitando la escorrentía, pudiendo retener agua de hasta cerca de 20 veces su peso (Shaxson y Barber, 2005).

Ayuda a la regulación de la temperatura, evitando cambios bruscos y protegiendo el suelo de la exposición directa al sol, impidiendo la desecación.

Es fuente de nutrientes a corto, mediano y largo plazo, y beneficia el reciclaje y disponibilidad de estos en el suelo.

La cobertura puede ser viva, es decir una serie de plantas que mantienen el suelo protegido y que además ayudan a proveer elementos que enriquecen la sinergia microbiana y la fertilidad del suelo.

En estos casos, las leguminosas son las más efectivas y más utilizadas. La ganancia de nutrientes en el suelo por cobertura de leguminosas mejorará las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo (Teasdale, 2004), por su importante aporte de materia orgánica y mineral al mismo. Lo que se refleja después en los altos contenidos de nutrientes en las hojas del cultivo y de otras plantas que crezcan.

La cobertura no viva es la conocida como "mulch". El mulch o acolchado orgánico es básicamente material orgánico, compuesto fundamentalmente de restos vegetales que se ponen sobre el suelo para protegerlo, regula la temperatura evitando el sobrecalentamiento y la escorrentía, mantiene el equilibrio de la composición física y biológica, aumenta la fijación del nitrógeno, permite el reciclaje de nutrientes y mantiene la materia orgánica del suelo. Reduce la competencia entre el cultivo principal y las malezas dañinas (Sánchez, 2003).

#### **4.2.1.3. Mantenimiento de la condición estructural del suelo**

Es de suma importancia el mantener y favorecer la agregación del suelo, este debe conservar la adecuada relación entre la soltura y la compactación, un suelo compactado es un suelo que tiende a deteriorarse. Los suelos, a causa de la pérdida de materia orgánica, por efectos del calor, el viento y por el peso de la maquinaria que se utiliza en su preparación, tienden a compactarse con facilidad (FAO, s/fa). Es decir, forman una capa endurecida impidiendo la profundización de las raíces. Esta situación tiende a empeorarse a causa de la destrucción de los agregados del suelo por parte de la lluvia, es decir, debido a la destrucción de la bioestructura del suelo.

La nutrición de las plantas no depende únicamente de la concentración de nutrientes en el suelo, sino también, de la posibilidad que tenga la raíz para poder explorar un espacio suficientemente amplio para alcanzar estos nutrientes y mantener también la estabilidad de la planta. Las raíces nunca penetran en un suelo compactado y mucho menos cuando está seco.

Cuando los suelos se han compactado, así mismo, no permiten la entrada de agua y aire. Si el agua tiene dificultades para infiltrarse en el suelo, no se cumple a cabalidad su ciclo. No se acumula en los acuíferos subterráneos, sino que corre por la superficie del suelo causando erosión. De igual manera, un suelo compactado no permite la entrada de oxígeno al suelo. Cabe recordar que las plantas también absorben oxígeno por las raíces; si no hay oxígeno en las raíces, éstas no trabajan con normalidad y más bien consumen las reservas de la planta, lo cual se refleja en la reducción del rendimiento.

El descompactado de los suelos puede hacerse de manera periódica, de dos maneras:

- De forma mecánica, utilizando para el efecto una rastra.
- De forma natural, sembrando leguminosas y otras plantas de raíces profundas, que sean capaces de romper la capa compactada, desagregar el suelo, abriendo grietas que permitan la entrada de agua y aire.

Al utilizar la forma mecánica, es importante, según Sánchez *et al.* (2012), considerar que la labranza debe ser mínima, pues puede afectar la cobertura del suelo y esta debe permanecer de forma permanente, o ser mínimamente removido para evitar lo siguiente:

- Disminución de pérdidas de humedad e incrementos en la temperatura del suelo.
- Disminución de pérdidas de suelo por procesos erosivos de diferente índole.
- Disminución de pérdidas de nutrientes por vías como la lixiviación, arrastre y volatilización.
- Deterioro y/o muerte de la micro y meso fauna, las cuales en conjunto con las moléculas que lo conforman, de las poblaciones microbianas que lo habitan y de la formación de complejos órgano-minerales, contribuyen a la agregación del suelo con sus beneficios sobre sus propiedades físicas y biológicas.

#### **4.2.1.4. Otras técnicas de manejo del suelo**

Son técnicas que ayudan a la estabilidad y mejoran las condiciones para evitar la erosión. La erosión del suelo es una combinación entre pendiente e intensidad de lluvia, a mayor pendiente mayor velocidad del agua lo cual incide sobre la capa más fértil del suelo, cuando la velocidad del agua es alta esta capa es arrastrada causando la erosión del suelo (Altieri, 2000). Es importante combinar las técnicas de manejo de suelo con técnicas de manejo de agua cuando sea necesario. En este acápite se describen, las terrazas. Otras técnicas de manejo de suelo que incluyen manejo del agua, se describen más adelante en la sección correspondiente.

*Terrazas.* En esta técnica se construyen plataformas, bancos o terraplenes, dando la sensación de grandes peldaños de una escaleras, esta técnica tiene una ventaja adicional que es aumentar la superficie de terreno utilizable y al ser planas guardan mejor la humedad.

#### **4.2.1.5. Fertilizantes naturales**

Una de las técnicas de manejo de los agroecosistemas desde las prácticas agroecológicas es el uso de fertilizantes naturales que coadyuven a la conservación del recurso natural suelo y al mantenimiento de sus propiedades, bióticas. La supervivencia y equilibrio de los organismos del suelo es fundamental para la adecuada estructura física, química y la fertilidad del suelo de la cual depende la salud de los ecosistemas incluyendo los agroecosistemas.

La materia orgánica del suelo se puede reunir en dos grupos fundamentales (Zapata, s/f):

- Restos orgánicos, plantas, animales y microorganismos que representa los grupos de descomposición y metabolismo de la población viva.
- Sustancias humínicas. Los organismos del suelo metabolizan a la materia orgánica y la transforman en humus el mismo que después de complejos procesos permite que las sustancias nutritivas se hayan mineralizado y estén disponibles para ser de esta manera asimiladas por las raíces de las plantas.

La aplicación de químicos afecta adversamente la capacidad de microorganismos y de otros organismos del suelo encargados de reintegrar los elementos a los diferentes ciclos biológicos lo cual corta de manera tajante la circulación y reciclación de diferentes sustancias benéficas para el ecosistema. (Ramírez y Mijangos, 1999).

Existen ejemplos de fauna a la que no afectan los químicos, es el caso de las lombrices de tierra ante el DDT, sin embargo los resultados adversos pueden manifestarse en consumidores secundarios, por ejemplo las aves, afectando negativamente a la biodiversidad cercana al agroecosistema. Se estima que un tordo adulto que come 11 lombrices contaminadas con DDT, muere, la contaminación empieza por el tejido graso. Se ha encontrado DDE (metabolito del DDT) en el cerebro, hígado y corazón de tordos muertos (Olider, 2008).

#### 4.2.1.5.1. Tipos de abonos naturales

Se puede hablar de distintos tipos de abonos naturales, por sus características, su estado físico, su origen, o su preparación. Cabe señalar que en algunos casos existen mezclas de un tipo de abono con otro para su elaboración. Podemos señalar como los más importantes los siguientes:

**Abonos verdes (cobertura).** Consisten en la realización de una siembra, tipo cultivo de cobertura, ejecutado inicialmente para incorporar nutrientes y materia orgánica al suelo. Estas siembras no se utilizan para el consumo, sino que se usan únicamente para incorporarlas a la tierra como fertilizante, denominándosele por ello abono "verde". Algunos de estos cultivos pueden ser utilizados parcialmente como alimento para los animales. (Sánchez, 2003).

Los mejores cultivos para este objetivo, son los de crecimiento rápido, aquellos que tengan raíces profundas y abundante follaje. Son recomendables las mezclas entre leguminosas (alfalfa, lotus, vicia, etc.) y gramíneas, por el aporte de nitrógeno que dan las primeras y el almidón de las segundas. Esto es importante para una buena relación C/N. Otras que pueden recomendarse son las que tienen afinidad con las micorrizas para el aprovechamiento del fósforo (Abya-Yala, 1996).

**Abonos orgánicos metabolizados.** Dentro de este tipo de abonos existen a su vez dos categorías, los sólidos y los líquidos.

Abonos Orgánicos Sólidos. Los principales dentro de este grupo son, entre otros, los siguientes:

*Humus de lombriz*. Es el resultado del proceso metabólico de la materia orgánica vegetal y otros desechos realizado por las lombrices. Es un fertilizante con altos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio, además de una alta carga microbiana, siendo un excelente regenerador del suelo (Sánchez, 2003).

*Compost*. Resulta de la descomposición aeróbica de los desechos de origen vegetal y animal, en un ambiente húmedo y caliente. El resultado es un material oscuro, con una carga enzimática y bacteriana elevada, de pH neutro, aportando buenas cantidades de nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, boro, que son liberados gradualmente al suelo. Ayuda además a neutralizar el efecto contaminante de algunos herbicidas u otros agroquímicos (Sánchez, 2003).

*Bocashi*. Es un abono orgánico fermentado por un proceso aeróbico-anaeróbico de desechos de origen vegetal, animal, tierra negra, levaduras, melaza y agua, que proporciona una buena cantidad de nutrientes y microorganismos al suelo (Suquilanda, 2007).

*Estiércol sólido*. Proveniente especialmente de ganado vacuno, porcino y aviar. Es muy utilizado por ser económico y accesible, teniendo además una diversidad de macro y micro elementos, además de su riqueza en organismos, favoreciendo la actividad biológica, la estructura y la fertilidad del suelo (Suquilanda, 2007). La calidad del estiércol depende de la especie de la que proviene y también de la alimentación

que el animal haya recibido (Sánchez, 2003). Es importante tener cuidado con el uso de estiércol, ya que por ejemplo el del ganado lechero puede estar contaminado de parásitos, bacterias o virus como *E. coli*, *Salmonella* sp. y *Giardia* y contaminar la cosecha (Universidad de Wisconsin, s/f).

El guano es un abono natural creado a partir de excrementos de ciertos tipos de aves (especialmente marinas), murciélagos, y focas. El gran poder fertilizante del guano se debe a sus altos niveles de nitrógeno y fósforo, dos de los elementos químicos fundamentales para el funcionamiento de los procesos fisiológicos de las plantas, por lo que se trata de un abono ecológico de gran calidad (Cajamarca, 2012).

*Turbas*. Se forman por la acumulación de restos orgánicos resultantes de la putrefacción de restos vegetales en un medio saturado por las aguas que originan condiciones anaeróbicas (pantanos, humedales o marismas). Constituye una capa que puede llegar un considerable espesor proveyendo sustrato y mejorando los suelos (Guerrero, 1990).

*Harina de sangre*. Es un abono orgánico de gran valor, compuesto principalmente por nitrógeno. Se debe tener en cuenta su uso en suelos básicos ya que por su naturaleza puede reducir el pH del suelo (Ricci, 2012).

*Harina de hueso y pescado*. Son un muy buen fertilizante, siendo una excelente fuente de fósforo, útil para activar el crecimiento de las raíces. Contiene también calcio y nitrógeno (Sánchez, 2003).

Abonos orgánicos líquidos. Entre otros podemos mencionar los siguientes:

*Humus líquido* y purines. Son el resultado de la recolección de los lixiviados provenientes de la preparación del humus de lombriz una vez que han sido recirculados al menos 3 o 4 veces en los lechos. Puede ser aplicado foliarmente o por riego (Suquilanda, 2007).

Al utilizar los purines, además se observa una disminución de las plagas, mayor fijación de nitrógeno y disponibilidad de carbono en el suelo, mejor desarrollo de raíces en las plantas, mejor crecimiento. También ayudan a mejorar la estructura del suelo y la capacidad de retención de agua. Facilita la propagación de microorganismos (Fundación Crate, 2011). Todos estos productos pueden ser aplicados a través del riego o de manera foliar, teniendo en algunos casos efectos repelentes o insecticidas.

*Bocashi líquido.* Llamado también caldo de bocashi, es un producto que resulta de macerar una porción de bocashi sólido con gallinaza, polvillo de arroz, melaza o miel de panela y agua. Es muy recomendado cuando se va a iniciar un proceso agroecológico ya que es un producto con una alta tasa de microorganismos por lo que es eficiente en la reactivación biológica del suelo. Se lo debe utilizar apenas se haya concluido su preparación ya que con el paso del tiempo va reduciéndose su poder microbiano y su aporte como fertilizante (Suquilanda, 2007).

*Biol.* Es un producto resultante de la descomposición anaeróbica de una mezcla de desechos orgánicos animales y vegetales que una vez realizada la “biodigestión” se filtra y queda listo para ser utilizado. Puede ser preparado o “enriquecido” de diversas

maneras de acuerdo a lo requerido por el sitio en el que va a ser utilizado. Por ejemplo, sales minerales, leche o suero de leche, melaza, levadura, ceniza, etc. Es una fuente orgánica de fitoreguladores que permite promover actividades fisiológicas, recuperar el suelo y estimular el desarrollo de las plantas (Sánchez, 2003).

*Extracto de algas marinas.* Es un extracto de una alga conocida como kelp (*Ascophylum nodosum*) siendo este producto un reservorio natural de más de sesenta compuestos que contienen macro y micronutrientes, carbohidratos, aminoácidos y sustancias naturales. Contiene minerales tales como boro, molibdeno, cobre, hierro, zinc, manganeso, sílice y cobalto, agentes quelatados o complejos tales como el ácido algínico y manitol (Suquilanda, 2007).

*Abonos orgánicos secos.* Dentro de este grupo podemos señalar las siguientes.

*Cenizas.* Son los desechos de la combustión de la leña o madera seca, presentándose este desecho en estado sólido a través de partículas muy pequeñas de color blanco a ligeramente plomizo. Son muy ricas en potasio, calcio y magnesio, ayudando a mantener un pH equilibrado en el suelo y en consecuencia un buen desarrollo de los microorganismos (Sánchez, 2003).

*Carbón (Biochair).* Sobre todo sirve para mejorar las características físicas del suelo tales como aireación, absorción de humedad y calor. Su gran porosidad beneficia la actividad de macro y microorganismos de la tierra, al mismo tiempo, funciona con el efecto tipo "esponja sólida". El cual consiste en la facilidad de retener, filtrar y liberar

gradualmente nutrientes útiles a las plantas, haciendo que sea menor la pérdida y el lavado de los mismos en el suelo (FONAG, 2010).

**Abonos inorgánicos amigables con el medio ambiente.** Tenemos varios casos de fertilizantes inorgánicos, provenientes de la naturaleza, siendo su uso beneficioso para la fertilidad del suelo, corrección de la acidez del suelo. Entre otros podemos señalar, cal agrícola, cal dolomita y roca fosfórica.

#### **4.2.2. IMPORTANCIA DEL MANEJO DE SUELOS**

La transformación de los ecosistemas y alteración del paisaje son la principal fuente de cambio global y pérdida de biodiversidad (CBD, 2010). En particular, los cambios de uso de suelo son el principal impulsor directo de pérdida de biodiversidad (MEA, 2005).

El suelo, además de ser soporte y fuente de nutrientes para las plantas, es también el hábitat de una amplia variedad de organismos. La biocenosis o comunidad edáfica está compuesta bacterias, algas y hongos, se estima que existen más de 30.000 bacterias, 1'500.000 especies de hongos, 6.000 especies de algas, 10.000 de protozoos y 5000.000 de nemátodos 500.000 (Hawksworth, 1991). Otros grupos como colémbolos, ácaros u oligoquetos, presentes en el suelo, también incluyen miles de especies (García y Bello, 2004) (Figura 2).

El suelo presta importantes y múltiples servicios a la naturaleza y al ser humano. Los agregados del suelo sustentan una gran variedad de microambientes que

favorecen el desarrollo de bacterias, protozoarios, artrópodos y nematodos los que además, están involucrados en el reciclaje de la materia orgánica y en la continuidad de los principales ciclos biogeoquímicos (Semarnat, 2008). El suelo es uno de los principales reservorios de carbono, también fija el nitrógeno atmosférico el cual posteriormente será utilizado por las plantas (Semarnat, 2008).

Los suelos contienen mucho más carbono que el que se encuentra contenido en la vegetación y dos veces más que el que se encuentra en la atmósfera (FAO, 2004). Esta capacidad de acopio del suelo, reduce la liberación del carbono a la atmósfera como CO<sub>2</sub>, uno de los principales gases de efecto invernadero (Semarnat, 2008). El suelo además tiene la capacidad de filtrar compuestos potencialmente tóxicos impidiendo que lleguen a las aguas subterráneas, protegiendo a las redes tróficas acuáticas y terrestres (Semarnat, 2008). Por su capacidad de infiltración y evaporación de agua, el suelo interviene en la regulación climática (Semarnat, 2008). El suelo es el sustento para la producción de alimentos, de materia prima por ejemplo textiles, así como materiales de construcción y otros materiales como metales y piedras preciosas utilizados por el ser humano (Semarnat, 2008).

#### **4.3. CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES**

Se habla de plaga cuando un animal, una planta o un microorganismo, aumenta su población hasta niveles que afectan directa o indirectamente a los humanos, sea esto porque lesione su salud, deteriore las construcciones o los predios agrícolas, forestales o ganaderos, de los que el ser humano obtiene alimentos, pastos, textiles, madera, etc. (Brechelt, 2004a).

De acuerdo a Brechelt (2004a), la presencia de plagas o el desarrollo exagerado de una población se por:

- Transformación de áreas de vegetación natural, de gran complejidad estructural, en áreas uniformes de cultivos (monocultivos).
- Eliminación de la vegetación silvestre. (disminución de enemigos naturales de las plagas).
- Introducción de cultivos exóticos que pueden resultar atacados por organismos nativos que nunca habían estado en contacto con ellos, y que se alimentan de plantas silvestres. Este cambio de preferencia, provoca la transformación en plaga de un organismo anteriormente inofensivo.
- Eliminación de organismos benéficos por el uso indiscriminado de plaguicidas.
- El ingreso accidental de un organismo en una nueva región o país.
- Gustos o hábitos de los consumidores que no permiten pequeños daños superficiales de los productos.
- Adaptación genética de las poblaciones por resistencia a los pesticidas.

En la actualidad, existe cada vez una mayor tendencia al uso de mecanismos de control biológico de plagas y enfermedades estableciendo principios científicos que permitan una gestión correcta de los sistemas agrarios en armonía con el medio ambiente (Diez, 2010).

Al hablar de este tema, surge el concepto de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE), que se refiere a la regulación de poblaciones de plagas y enfermedades, por medio de la importación de enemigos naturales (Paliwal *et al.*

2001). Definiéndose además como “una estrategia para el manejo de plagas y enfermedades, que en el contexto socioeconómico de los sistemas agrícolas, el medio ambiente asociado y dinámica de la población de las diversas especies, utiliza todos los métodos, técnicas apropiadas y compatibles para mantener las poblaciones de plagas bajo el nivel de daño económico” (Dent, 1991). Es importante mencionar también el control biológico de malezas.

Si consideramos como alternativa el MIPE, desde el enfoque agroecológico, este debería tomar en cuenta diferentes tácticas para el control, tomando como eje fundamental los factores de control natural, como son, el muestreo, monitoreo y uso de niveles críticos o umbrales (económico y de intervención), uso de depredadores, uso de agentes patógenos, labores culturales, rotaciones (Brechelt, 2004a). El manejo integrado de plagas y enfermedades, es conocido en agroecología como MAP, que igual busca proteger a los cultivos de animales y otros organismos que los afecten y reduzcan la producción (Tabla 3).

Entendiendo como niveles críticos o umbrales a “El umbral económico indica el grado de infestación por una plaga en el cual los costos de una medida de control son equivalentes al valor monetario de la pérdida de cosecha que esa medida evita” (Brechelt, 2004a). “El umbral de intervención indica el grado de infestación en el cual debe implementarse una medida de control para evitar que la población de organismos nocivos supere el umbral económico” (Brechelt, 2004a).

En la agroecología, la importancia del control biológico radica en la disminución del uso de agroquímicos, incluyendo además a los propios productos objeto del cultivo,

para el restablecimiento de la dinámica de las distintas poblaciones, a través de la introducción y/o conservación de sus enemigos naturales o de prácticas que las mantengan dentro de los límites permisibles al desarrollo del cultivo.

La primera acción, dentro de un plan de control biológico de plagas, enfermedades y malezas, es la correcta identificación de las mismas, sus características poblacionales, sus procesos de crecimiento y desarrollo, lo que permite establecer sus fortalezas y debilidades (Nicholls, 2008).

Entre los mecanismos para un adecuado manejo y control biológico de plagas, enfermedades y malezas, podemos señalar los siguientes.

#### **4.3.1. MANEJO PREVENTIVO.**

Se refiere al uso de mecanismos y actividades que prevengan la acción de plagas y enfermedades en los distintos cultivos. Entre otras cosas podemos señalar:

*Uso de variedades resistentes, semillas certificadas e injertos.* El uso de variedades genéticamente resistentes a distintas enfermedades se considera como la principal forma de control biológico. Este mejoramiento genético es un proceso, en el cual son seleccionadas determinadas características de interés agronómico, haciendo más difícil que un determinado cultivo se vea afectado por acción de una plaga o enfermedad (Suárez y Bustamante, 1999). Por otro lado, el uso de semillas certificadas, de alta calidad fitosanitaria y pureza genética es determinante para lograr una buena germinación y garantizar la sanidad de un cultivo (Victoria, *et al.* 1997), al

igual que el uso de plántulas o esquejes sanos. De igual forma el uso de injertos contribuye al rendimiento y mejora de la calidad de los cultivos. El vástago, esqueje o púa, es la parte injertada en el patrón o porta-injerto (que se define como la parte que desarrolla la raíz). El injerto no produce nuevas variedades; conservando tanto el porta-injerto como la púa sus características, y mejorando en algunos casos la resistencia a enfermedades causadas por agentes patógenos transmitidos por el suelo como pueden ser la marchitez por *Fusarium*, *Verticillum*, nematodos, etc. (Gabriel *et al.* 2013).

*Fortalecimiento del cultivo.* Mediante un adecuado manejo del suelo y su fertilidad, y por ende de la disponibilidad de uso de elementos químicos propios del suelo, se le permitirá a las plantas desarrollar sus mecanismos de auto defensa (Altieri y Nicholls 2000).

*Manejo adecuado del agua.* El uso de la cantidad de agua requerida por la planta, la adecuada humedad del suelo, la profundidad de penetración del agua de acuerdo al tipo de suelo y el crecimiento de raíces necesario, le darán a la planta, y por ende al cultivo, las mejores condiciones para su crecimiento y desarrollo.

Se debe evitar la existencia de charcos de agua para dificultar la multiplicación de insectos u hongos, considerando que hay plagas y enfermedades que prefieren mucha o poca humedad, según sea el caso (Gamboa, 1989) y así también impedir condiciones anaeróbicas que causen daños a las raíces por el ataque de hongos en el suelo.

También dentro de este tema, se debe hablar de los sistemas de riego, ya que de acuerdo al tipo de riego que se use (inundación, aspersión, goteo, etc.), estos pueden mojar o no la planta. Eso, en unos casos ayuda a controlar ciertas plagas o enfermedades y en otros casos es contraproducente. Por eso se recalca la importancia de conocer bien la plaga o enfermedad (León, 1997).

*Manejo de factores climáticos.* El manejo racional de los factores climáticos es fundamental para un óptimo desarrollo de los cultivos, evitando en cierta medida, la afectación por plagas y enfermedades, especialmente en lo que se refiere a la temperatura y humedad. Esto se vuelve más evidente, especialmente en los cultivos protegidos o de ambientes controlados (invernaderos), o en el uso de sombra o luz artificial.

#### **4.3.2. MUESTREO Y MONITOREO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES, NIVELES CRÍTICOS.**

El establecimiento de umbrales de acción a través de monitoreos o muestreos, es una herramienta básica para tomar decisiones en cualquier programa de control biológico de plagas y enfermedades, que justifique el esfuerzo de realizar o no una acción de control (Rodríguez, s/f). Se puede definir como umbral de daño económico a la densidad de población, de una plaga o enfermedad, en la cual se deben tomar acciones de control para evitar que esta continúe creciendo hasta llegar niveles en que produzcan daños productivamente importantes (Proderena, 2008).

El uso de los umbrales de daño productivo calculados oportunamente, ha tenido un efecto importante sobre la calidad y conservación del ambiente, especialmente en aquellos cultivos que se han manejado casi exclusivamente con agroquímicos, al disminuir el uso de los mismos, evitando las aplicaciones calendarizadas, reduciendo indudablemente la frecuencia de aplicación de plaguicidas. Se ha estimado que el monitoreo de plagas de acuerdo a muestreos, el establecimiento de los umbrales de daño productivo y la racionalización de las dosis pueden reducir el uso indiscriminado de plaguicidas hasta en un 50%, con la consiguiente reducción del riesgo de la presencia de residuos tóxicos en el ambiente (Ferrato y Rodríguez, 2010).

#### **4.3.3. CONTROL CULTURAL**

El control cultural, se basa en la manipulación del medio ambiente, mediante prácticas agrícolas comunes o con algunas modificaciones, con el objeto de hacer menos favorable el entorno para el desarrollo de plagas, enfermedades y malezas, o por el contrario, óptimo para el desarrollo de enemigos naturales. Son medidas que generalmente responden a una planificación previa y no ante la presencia imprevista de la plaga (Cisneros, 1995).

A continuación se detalla, algunas de las actividades culturales que ayudan en este sentido.

*Rotación de cultivos.* Es una práctica agronómica que obliga a la dispersión de una plaga o enfermedad al cambiar de huésped. Es más efectiva en los casos de

especies de plagas y enfermedades con un margen limitado de dispersión y un margen estrecho de huéspedes (Cisneros, 1995).

En general, la rotación puede involucrar varios tipos de plantas debiendo tomar en cuenta la parte que se aprovecha. Las rotaciones típicas son, tubérculos (papas, zanahorias, cebolla, yuca, etc.), hortalizas de hoja (repollo, lechuga, apio, espinaca, etc.), frutos (melones, pepinos, tomates, ají, etc.), semillas (maíz, lentejas, habas, etc.) y pastos (Brechelt, 2004a).

*Labranza.* Mediante la labranza del suelo, se puede afectar la supervivencia de los insectos plaga directamente, por el daño físico que reciben o por la destrucción y descomposición de los restos en los que están sobreviviendo, o indirectamente al exponerlos a sus enemigos naturales o crear condiciones desfavorables para su desarrollo (Cisneros, 1995). Otra estrategia para eliminar un gran número de insectos y enfermedades es el pastoreo de los animales sobre los restos del cultivo anterior.

*Época de siembra.* La variación en la época de siembra, puede reducir la incidencia de plagas y enfermedades al cambiar las condiciones climáticas para el desarrollo de las mismas. En muchas regiones, los cultivos sembrados tempranamente pueden beneficiarse de una infestación reducida de una plaga de insectos. Al variar el período del cultivo como medio para el control cultural, se establece una asincronía entre la fenología del cultivo y la plaga de insectos, lo que puede retardar el índice de colonización o evitar la coincidencia de la plaga con una etapa esencial del crecimiento de un cultivo (Altieri, 1999).

*Control alelopático.* La alelopatía es el fenómeno biológico por el cual se establecen relaciones bioquímicas entre plantas afines, plantas que se rechazan entre ellas o la relación entre plantas y patógenos. Estos productos producidos por las plantas, conocidos como aleloquímicos, pueden ser inhibidores de crecimiento, atrayentes, estimulantes, y repelentes y ser utilizados para evitar el ataque de dichos patógenos (insectos, ácaros, nemátodos, hongos, bacterias, etc.) o impedir el desarrollo de plantas consideradas malezas (Suquilanda, 2007).

Considerando esto, podemos señalar las siguientes relaciones.

- Plantas compañeras. Son plantas cuyas combinaciones son exitosas para el beneficio mutuo, en lo que se refiere a calidad, productividad, resistencia a enfermedades, etc. Como ejemplos podemos mencionar combinaciones como lechuga con remolacha o con espinaca, también el caso del frejol y la frutilla que mejoran su productividad. Otro caso que se puede mencionar es el de la ortiga sembrada junto con especies aromáticas, aumentando la pungencia y el aroma de las mismas y al mismo tiempo repeliendo plagas (GDR-Campaña de Jerez. s/f).
- Plantas repelentes. Son plantas de olores determinados que mantienen alejados a los insectos, pudiendo ser sembradas bordeando los extremos de los cultivos, además pueden ser intercaladas entre los surcos de cultivo o también en los alrededores de los cultivos para formar “barreras”. Ejemplos de estas plantas son la menta, el romero y la ruda (Suquilanda, 2007).

- Cultivos trampa. Se los hace con plantas muy atractivas para los insectos con el propósito de llevarlos hacia ellas y una vez que allí se encuentren, poder ser eliminados más fácilmente. Se siembran alrededor de los cultivos o intercalados en los surcos y pudiendo servir también como lugares para la reproducción y desarrollo de depredadores y parasitoides de otras plagas (Suquilanda, 2007).

*Densidad de siembra.* Cada cultivo tiene una cantidad óptima de plantas a ser sembradas por unidad de área. En términos generales es aceptado que el aumento de la densidad de siembra disminuye el ataque de plagas, sin embargo puede ocurrir también lo contrario. Una de las explicaciones es la exposición del suelo para la libre utilización del mismo por parte de los insectos voladores. El efecto de la densidad es aun más significativo en los cultivos asociados, para evitar la proliferación de una determinada plaga, esto puede estar dado por las condiciones desfavorables de la planta huésped asociada, por la barrera física que crea ese aumento de densidad de plantas, los cambios del microambiente, etc. (Cisneros, 1995). El caso opuesto de aumento de la plaga por aumento de densidad, se puede ver especialmente en el caso de los ácaros.

*Desinfección del Suelo.* Se basa en el uso de prácticas específicas para la eliminación de patógenos que afectan especialmente a las raíces de las plantas o a veces a las semillas, sin excluir casos en que se afectan las partes aéreas de las plantas. Entre las labores culturales de desinfección de suelos debemos mencionar entre otros la labranza del suelo, que ya se habló anteriormente, pero en este caso

específico debemos explicar que con esta práctica se logra exponer a los fitopatógenos propios del suelo a condiciones ambientales adversas para su desarrollo.

Además debemos detallar otras actividades que pueden ayudar a la desinfección como son la utilización de cubiertas vivas, la solarización, la vaporización, entre otras.

- Cubiertas vivas. Se refiere a la incorporación de material vivo de anteriores cultivos, así como el cubrimiento del suelo con materiales orgánicos en descomposición, con lo cual se logra un aumento de la temperatura del suelo que puede destruir organismos patógenos y además cambiar la composición química del suelo como es el aumento de nitrógeno que va a favorecer el desarrollo adecuado del cultivo y crear condiciones adversas para el patógeno (Bello, 2010).
- Solarización. Es un método antiguo que además de ser económico para el agricultor, no es tan agresivo para el medio ambiente. Consiste en el cubrimiento del suelo húmedo con plástico, para exponerlo al calor del sol, con lo cual se aumenta la temperatura entre 40 a 60°C durante 30 a 45 días en los meses más cálidos del año, logrando destruir así los patógenos existentes y algunas malezas. Se debe ser muy cuidadoso en el manejo de la temperatura para ser selectivos en el control de patógenos vs. organismos benéficos que por lo general son más termoresistentes (Elmore y Heefketh, 1983).

- Vaporización. Consiste en la utilización de vapor de agua para la elevación de la temperatura del suelo. El principio es el mismo que el de la solarización, pero requiere de maquinaria especializada, más costosa pero más eficiente en cuanto al tiempo. Se debe tener los mismos reparos respecto del cuidado del manejo de las temperaturas, que en el caso de la solarización (FAO, s/fb).
- Alcalinización del suelo. Se fundamenta en el manejo del pH para controlar organismos cuyo desarrollo es favorecido por la acidez del suelo. Consiste en incorporar al mismo, productos que contengan sustancias básicas como la ceniza vegetal y la cal hidratada. Se puede aprovechar además dicho uso de ceniza de origen vegetal como abono, ya que posee un elevado contenido de potasio que protege a la planta de enfermedades y se usa para repeler gusanos tierreros (Cordero, 2013).

#### **4.3.4. CONTROL FÍSICO**

Se refiere al uso de mecanismos físicos o barreras directas o indirectas que destruyen la plaga o enfermedad de manera inmediata impidiendo su proliferación (Fraume, 2006). Podemos mencionar las siguientes.

*Limpieza y podas.* Esta práctica, que puede ser considerada también dentro del manejo cultural, consiste en la eliminación física frecuente de ramas, hojas, frutos u otras partes de la planta que estén enfermos o infestados de plagas con el fin de interrumpir el ciclo biológico de dichos organismos. En algunos casos se puede hablar

de limpieza de malezas que afecte a la productividad del cultivo o que esté sirviendo de hospederos para la multiplicación de patógenos.

*Trampas.* El uso de trampas puede ser de gran ayuda para la captura, eliminación y monitoreo de plagas. Existen varios tipos de trampas, que utilizan mecanismos o productos atrayentes para las plagas, como pueden ser la luz, el color, el agua o en especial las feromonas sexuales. Podemos entonces hablar de trampas eléctricas o de luz, especialmente para lepidópteros y coleópteros (Proderena, 2008) y trampas de agua azucarada para capturar pulgones y otros insectos alados. El uso de trampas amarillas pegantes pueden servir para el control de mosca blanca, pulgón, minadores y trips, entre otros insectos. Las azules pegantes son más específicas para el control de trips. Pueden o no tener feromonas que atraigan a determinados insectos. Se utilizan tipo tarjetas, para dentro de los cultivos, sirviendo más para monitoreo, y también existen las tipo cinta que se usan como barrera alrededor de las plantaciones o dentro de las mismas cada cierta distancia. Otro mecanismo puede ser el uso de cebos tóxicos preparados con productos fagoestimulantes mezclados con insecticidas biológicos para eliminar gusanos de tierra, moscas, etc. (Proderena, 2008).

*Mulching.* Consiste en realizar una cobertura del suelo, alrededor de las plantas de un cultivo, con el uso de material orgánico, restos de vegetales, que incluso pueden ser alelopáticos a plagas, enfermedades y malezas (Donoso y Lara, 1999). También se puede utilizar como cobertura, plásticos negros o transparentes. Este sistema ayuda a mantener la humedad del suelo e impide la proliferación de muchos tipos de vegetación que podrían ser consideradas como malezas (GDR-Campaña de Jerez. s/f).

*Cercas vivas.* Las cercas vivas, en general, se utilizan en la agricultura para evitar especialmente los daños de animales grandes, roedores o aves, y para proteger los cultivos de factores climáticos adversos. Estas cercas pueden hospedar una gran cantidad de insectos, aves, arañas y otros organismos útiles para el control natural de las plagas. Una cerca crea nichos ecológicos e introduce más diversidad en las parcelas, y el resultado más común es disminuir el impacto de las plagas. También, como los cultivos están más protegidos de las influencias ambientales muestran una resistencia mayor (Brechelt, 2004a).

#### **4.3.5. INSECTICIDAS Y FUNGICIDAS ORGÁNICOS**

El reemplazo de los insecticidas sintéticos por sustancias vegetales representa una alternativa viable; gran variedad de plantas pueden utilizarse para hacer productos bioinsecticidas. Como ejemplos de este tipo de productos, podemos señalar entre otros, el Neem, *Azadirachta indica*, árbol asiático muy utilizado (preparado hecho triturando las semillas) para control de hemípteros y coleópteros, entre otros. También el extracto de *Meliaazedarach* para control de lepidópteros, áfidos, ácaros, y muchos otros extractos y/o infusiones de por ejemplo: el ajo, el ají, la guanábana, el tabaco, pueden ser usados para el control de lepidópteros, áfidos, trips, entre otros. No podemos dejar de mencionar los aceites esenciales, las piretrinas, la rotenona y otros (O'Farrill-Nieves, s/f) (Tabla 4).

Existen otros insecticidas que no son extractos de fuentes botánicas y sin embargo, se los considera orgánicos; entre otros ejemplos, ceniza vegetal para eliminar pulgones, o como repelente para gusanos de tierra, o para eliminar el polvillo blanco u

oídium. Otro ejemplo es el lavado (fumigación) de los cultivos con agua jabonosa, especialmente para el control de ácaros y escamas. También se puede usar un preparado de orina de ganado vacuno fermentado para el mismo tipo de control.

#### **4.3.6. USO DE ENTOMOPATÓGENOS Y DEPREDADORES NATURALES**

El uso de organismos para el control de plagas agrícolas es otra de las prácticas agroecológicas para disminuir el uso de químicos que perjudican el medio ambiente. Dentro de este mecanismo debemos señalar el parasitismo, la depredación, la antibiosis, y la competencia, entre otros.

*El uso de entomopatógenos.* Consiste en la introducción de organismos de control que son parásitos o depredadores de las plagas. Los parásitos atraviesan la superficie del animal plaga (principalmente es una característica de los hongos y bacterias), por ejemplo el *Paecilomyces* sp. parasita los huevos de nematodos, causando malformaciones, destrucción de ovarios y reducción de la eclosión (Piedra, 2008). Otro ejemplo es el hongo *Beauveria bassiana* que penetra e invade al insecto colonizando sus órganos y produciendo la muerte, especialmente utilizado para control de orugas, termitas, áfidos, trips, mosca blanca, etc. (Cisneros y Alcázar, 2001) (Tabla 5).

Por otra parte están los depredadores propiamente dichos, conocidos también como insectos benéficos o enemigos naturales. Por ejemplo, el *Amblyseius cucumeris* que se alimenta de las larvas de los trips, el *Anaphes nitens* para control de *Gonipterus*

sp. o el *Phytoseiulus persimilis* para control de ácaro rojo, entre muchos otros ejemplos. (Sponagel, 2000) (Tabla 6).

Los depredadores vertebrados que atacan insectos plagas son diversos e incluyen pájaros insectívoros, pequeños mamíferos, lagartijas, anfibios y peces, algunos de los cuales se usaron en el pasado como agentes de control biológico (Davis *et al.* 1976). Mientras los pájaros y los pequeños mamíferos en general no se emplean como agentes para el control biológico de plagas, los peces, por el contrario, se utilizan para el control de la larva de mosquitos, principalmente por medio de liberaciones aumentativas en cuerpos de agua (Miura *et al.*, 1984).

*La antibiosis.* Se puede definir como el mecanismo de interacción biológica por el cual un organismo patógeno es imposibilitado de sobrevivir en la cercanía de otros debido a que estos segregan sustancias que tienen el poder de destruir o detener el crecimiento de dichos patógenos (Moreno *et al.* 2014). Actualmente este concepto, dentro del control biológico, se utiliza para definir el uso de sustancias extraídas de microorganismos para controlar enfermedades en los cultivos. Por ejemplo el control de moscas, polillas o nematodos utilizando las endotoxinas extraídas del *Bacillus* sp. (O'Farrill-Nieves, s/f).

*Competencia.* Se da cuando se introduce en el medio una especie competitiva que desplaza a la especie dañina del cultivo, por ejemplo la inhibición de *Phytium* por *Pseudomonas fluorescens* (Villa *et al.* 2005).

#### **4.3.7. IMPORTANCIA DEL CONTROL BIOLÓGICO PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

Los agroecosistemas modernos son inestables. Los desequilibrios se manifiestan como brotes recurrentes de plagas y enfermedades en numerosos cultivos y en la salinización y erosión del suelo, contaminación de aguas y otros problemas ambientales. Éstos son claros signos de que la estrategia del control de plagas y enfermedades que se basa en la utilización de pesticidas ha llegado a su límite (Nicholls, 2008).

Los problemas fitosanitarios se combaten desde hace mucho tiempo con insecticidas químicos. Mucho más todavía en la agricultura convencional, causando efectos negativos en el medio ambiente, sobre todo por su efecto residual. Por ejemplo: los organoclorados, son residuos de gran persistencia sus residuos son de en el ambiente; además, debido a su alto grado de liposolubilidad, se acumulan en los tejidos adiposos de muchos organismos a través del proceso de biomagnificación en la cadena trófica (Brechelt, 2004a).

El manejo de plagas en agroecología integra un conjunto de técnicas que se integran de tal manera, que los cultivos pueden convivir con otros organismos, manteniendo un equilibrio, más que con la finalidad de eliminarlos; procurando mantener una población fluctuante, dentro de los límites aceptables a la salud y mantenimiento del cultivo y sin que afecte a plantas y/o animales de los ecosistemas adyacentes. En la actualidad, existe cada vez una mayor tendencia al uso de mecanismos de control biológico de plagas y enfermedades estableciendo principios

científicos que permitan una gestión correcta de los sistemas agrarios en armonía con el medio ambiente (Diez, 2010).

#### **4.4. MANEJO DEL AGUA**

El agua cubre aproximadamente el 66% de la superficie de la Tierra, de esta, la mayor parte es agua salada, menos del 2,5% de toda el agua es dulce (CDB, 2010). Actualmente el agua dulce es cada vez más escasa por la contaminación de ríos, lagunas y otras fuentes de agua, pero también porque la cantidad de lluvia que se infiltra en el suelo está disminuyendo a causa de la erosión del suelo y la urbanización, lo que impide la reposición de aguas subterráneas. Los patrones de uso del agua, actualmente, son insostenibles; el agua es un recurso finito y que además se encuentra distribuido de manera desigual en las diferentes zonas alrededor del mundo (Jiménez, 2012).

El sector agrícola representa el 70% de la explotación de agua dulce de ríos, lagos y acuíferos; en algunos países en desarrollo el porcentaje puede ser de hasta el 90% (WWAP, s/f). Pese a esto, “la biotecnología agrícola es una de las herramientas más importantes para paliar los fieros efectos de la escasez de agua dulce. Si tomamos como ejemplo el caso de España, sólo durante 2009 el cultivo de maíz transgénico supuso el ahorro de más de 77.000 millones de litros de agua en un año en el que la sequía azotó todo el país” (Fundación Antama, 2009). Los mayores consumidores de agua son la agricultura, la industria y la energía (CDB, 2010). La mayoría de zonas del planeta tienen problemas urgentes de disponibilidad de agua o de su gestión (CDB, 2010).

Uno de los mayores problemas de la producción agrícola convencional es la contaminación de aguas superficiales y subterráneas con químicos, por la acumulación de estos productos por el uso de fertilizantes y plaguicidas comerciales; otros contaminantes del agua son los desechos domésticos e industriales. El agua contaminada intoxica los productos de la finca, enferma a los animales y en general tiene efectos dañinos sobre toda la finca, suelo, biodiversidad asociada y circundante y para el ser humano (Altieri, 1999). Los niveles de infiltración de agua lluvia están disminuyendo, por la deforestación, la erosión del suelo, el establecimiento de monocultivos y la urbanización, lo que afecta a la reposición del agua subterránea (CIED, s/f).

Para el adecuado manejo del agua es importante considerar conceptos como ciclo hidrológico, cuenca, conservación del agua y del suelo, preservación de la calidad del agua. El manejo del agua debe ser integral y tomar en cuenta las características eco geográficas de la finca y sus alrededores. La mayoría de agricultores, pequeños y medianos agricultores utilizan formas de riego en las cuales se desperdicia el agua, provocando además el lavado de nutrientes y el mal drenaje. Es importante difundir técnicas de riego más eficientes, por ejemplo de goteo o de aspersión. Entre otras técnicas están.

*Zanjas de infiltración.* Esta técnica se utiliza en zonas con pendientes medias a pronunciadas, para interceptar el aguade esorrentía que proviene de las partes altas; constituyen pequeños canales de sección rectangular o trapezoidal, que se construyen transversalmente a la máxima pendiente del terreno y siguiendo la curva a nivel (CIED, s/f).

Entre las principales técnicas para el manejo del recurso agua se puede mencionar.

*Waru-warú o camellones.* Sistemas de canales de agua que se usan sobre todo en tierras inundadas, tienen la capacidad de almacenar el calor del agua y así contrarrestar las bajas de temperatura (CIED, s/f) (Figura 4).

*Hoyadas.* En épocas de alta precipitación se hacen hoyos para almacenar agua en el suelo que luego ascenderá por efecto de capilaridad hacia la parte superior del suelo. Se utilizan también para aprovechar aguas subterráneas poco profundas (CIED, s/f) (Figura 5).

*Mulching o cobertura.* Se utilizan para conservar más tiempo la humedad del suelo y como protector de la escorrentía y la erosión del suelo (CIED, s/f) (Figura 6).

*Riego ecológico.* El riego ecológico tiene el propósito de proporcionar a las plantas la humedad necesaria para su desarrollo considerando el potencial erosivo del agua, por lo mismo, el riego debe ser con profundidad, el agua debe penetrar a las capas inferiores del suelo donde están la mayoría de las raíces. Unido al manejo ecológico del suelo protege, conserva y regula el agua en sí mismo. Un suelo saludable absorbe el agua de la superficie en menos de 10 segundos (Núñez, 2000).

Conforme a Núñez (2000), existen algunas consideraciones que se deben hacer para el riego ecológico:

- No regar poca agua con demasiada frecuencia (exceptuando los semilleros), es mejor hacer un riego profundo y copioso, para evitar el lavado de nutrientes y potencialmente las enfermedades.
- Evitar regar en la horas de mayor temperatura o exposición al sol, se recomienda temprano en la mañana o en horas de la tarde para que no haya evaporación.
- Un suelo rico en humus retiene más agua. Un kilogramo de humus puede retener 2 litros de agua.
- Recordar que existen cultivos que exigen más agua que otros y que las necesidades de humedad son diferentes en cada fase de desarrollo del cultivo (generalmente aumenta a medida que las plantas crecen hasta el máximo desarrollo vegetativo y luego disminuyen hasta la cosecha)
- Procurar regar con agua de pozo o cualquier fuente de agua natural.
- El agua no debe estar contaminada de agrotóxicos, ni heces, ni detergentes u otro químico.

#### **4.4.1. IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL AGUA**

El agua es de fundamental importancia para la vida, considerando que los seres vivos en su mayoría somos agua, casi el total de las reacciones químicas producidas en nuestro cuerpo se hacen en un medio acuoso (Carbajal, 2012).

El agua y la diversidad biológica son interdependientes, cualquier efecto sobre uno le afecta de forma natural al otro. La diversidad biológica es la que permite el que el ciclo del agua se cumpla (CDB, 2010).

Los bosques influyen en el ciclo del agua, en la forma en que el agua fluye y se almacena en el suelo, en los índices de evaporación y transpiración. Los humedales, por lo general, consumen altos niveles de nutrientes como por ejemplo el fósforo y el nitrógeno, adicionalmente pueden eliminar sustancias tóxicas (metales pesados) a través de la acumulación en sus tejidos lo que evita la contaminación del agua por estos elementos (CDB, 2010).

#### **4.5. SISTEMAS AGRÍCOLAS ASOCIADOS**

La asociación de cultivos consiste en producir dos o más especies diferentes en el mismo lugar y al mismo tiempo, para obtener resultados sinérgicos y lograr una mejora en el aprovechamiento de los nutrientes del suelo y de la luz solar, se protege al suelo de la erosión, con la asociación de cultivos se busca no agotar al suelo, sembrando una misma especie con los mismos requerimientos nutricionales, además de favorecer las interrelaciones radiculares para el mejor aprovechamiento de cada una de las especies sembradas (Núñez, 2000).

Los sistemas agrícolas asociados o la asociación de cultivos, también conocidos como policultivos proveen ventajas tanto al cultivo como al medio ambiente. La asociación de cultivos pretende juntar especies que no compitan sino por el contrario se ayuden entre ellas, en la captación y fijación de nutrientes, en el control de plagas, polinización, es decir obtener resultados sinérgicos además de una lograr una mejora en el aprovechamiento de los nutrientes del suelo y de la luz solar (Tabla 7).

La asociación puede comprender combinaciones de cultivos que se siembran en la misma fecha o en otra diferente, es decir puede ser simultánea o a intervalos, se pueden sembrar en forma espaciada, en hileras intercaladas de dos especies hasta policultivos de varias especies. Dependerá mucho de la zona del cultivo, de las condiciones y sobretodo de lo que se quiera conseguir. Es por esto que, en la determinación de las asociaciones, se debe tener en cuenta los aspectos de compatibilidad, beneficio mutuo, distanciamiento, así como características aéreas y radicales de las plantas.

La asociación de cultivos es muy difundida sobretodo en huertos de hortaliza y legumbres, en cereales pero también en aromáticas. Sin embargo existen estudios que demuestran que plantaciones típicamente de monocultivos como por ejemplo el banano puede verse beneficiado en cuanto a la producción al combinándolo con un tipo de melón, obteniendo cosechas con hasta un 26 % de incremento (Obiefuna, 1989).

Según Núñez (2000), existen diferentes tipos de asociación de cultivos:

- Mezclados - cuando el terreno se siembra al azar.
- Intercalados - cuando se siembra la planta con cierta distancia entre un surco y el otro.
- En parcelas - se siembran cultivos en parcelas y se intercalan por las fajas

Los policultivos proveen algunas ventajas a los cultivos: las plagas de insectos son menos abundantes, menor incidencia de patógenos (aunque a veces es

mayor), mejoran el control de malezas, diversidad de productos, rendimiento, disponibilidad de varios productos, protección del suelo, etc. (Altieri, 1999).

Es importante mencionar la *rotación de cultivos*; el principio fundamental de la rotación es muy sencillo, alternar cultivos de diferentes necesidades nutricionales, diversos sistemas de raíces y diferente comportamiento ante plagas y enfermedades, para esto se rotarán en el cultivo diferentes especies de distintas familias; así lograremos el restablecimiento del suelo entre uno y otro cultivo, evitaremos la proliferación de organismos que puedan convertirse en plagas, las enfermedades y malezas asociadas y por consiguiente tener un cultivo saludable e incrementar la producción.

La rotación de cultivos, influye en la producción de las plantas, afectando la fertilidad, la erosión, la microbiología y las propiedades físicas y biológicas del suelo; evitando la proliferación de agentes patógenos y el predominio de acaraos, insectos nematodos y malezas. La rotación debe considerar algunas pautas como, incluir un cultivo de leguminosas, cuidar de separar/alternar cultivos sensibles a plagas similares o igual susceptibilidad a las enfermedades, rotar cultivos susceptibles a las malezas con cultivos que las detengan (Altieri, 1999).

#### **4.5.1. AGROFORESTERÍA**

Dentro de la asociación de cultivos es importante mencionar también la agroforestería por los beneficios que da tanto al cultivo productivo como a la conservación de los recursos naturales propios de la finca y los de alrededor.

La base de los sistemas agroforestales, SAF, es el que la diversidad de componentes vegetales (árboles, arbustos y plantas herbáceas) habitan en diferentes estratos de suelo, de tal forma que son complementarios en el uso de los recursos (Casanova, *et al.* 2007).

La agroforestería utiliza como modelo a la naturaleza, aplicando sus sistemas a la agricultura, combinando árboles y plantas (Figura 7). De acuerdo a Altieri (1999), existen los siguientes sistemas en agroforestería:

- Agrosilvicultura - Combina cultivos agrícolas y boscosos de manera secuencial o concúrrete.
- Sistemas silvopastorales - Conjuga bosques y animales domésticos. Los bosques sirven para la producción de madera, alimento y forraje.
- Sistemas agrosilvopastorales - Conjuga bosques, cultivos agrícolas y crianza de de animales domésticos.

Los sistemas agroforestales deben justarse a las características ecológicas del sitio y a las necesidades y propósitos del mismo, comercial, de subsistencia o combinados. Los árboles han sido menospreciados en la agricultura convencional, sin considerar los beneficios que estos prestan, sus grandes doseles intervienen en la cantidad de radiación solar, en la precipitación y en los movimientos de aire, adicionalmente, influyen en las características del suelo, crean microclimas, afectan la hidrología y mejoran la fertilidad del suelo al explotar reservas minerales más profundas (Altieri, 1999).

La presencia de árboles en los cultivos, sobre todo en zonas escarpadas ayuda a la estabilidad del suelo por su sistema de raíces, aumenta la materia orgánica por la hojarasca que producen; también al disminuir la radiación solar, disminuyen la temperatura que junto con la reducción de los movimientos de aire, reducen la evaporación y mantienen la humedad relativa en comparación con zonas abiertas.

La presencia de árboles genera condiciones especiales, microclima, temperatura y humedad suelo favorable, mejor estado de materia orgánica que produce una mayor disponibilidad de nutrientes; así como su eficiente utilización y reciclaje, en general la biodiversidad dentro y adyacente al agroecosistema se puede ver beneficiada por la presencia de árboles.

#### **4.5.2. IMPORTANCIA DE LA ASOCIACIÓN DE CULTIVOS**

La asociación de cultivos es importante pues integra y permite sinergias favorables en el agroecosistema, complementariedad entre las diferentes especies que favorecen el mejoramiento y/o mantenimiento del suelo (exploración por raíces de diferentes profundidades y utilización diferencial de nutrientes y humedad), incorporación de diversidad genética, adaptabilidad diferencial a heterogeneidad edáfica y microclimática, susceptibilidad o tolerancia diferencial a plagas, enfermedades y malezas, creación de microclimas favorables o desfavorables, producción de sustancias químicas para estimular componentes deseados y suprimir componentes indeseables (sustancias aleloquímicas, repelentes, etc.), producción y movilización de nutrientes (micorrizas, fijación de nitrógeno, etc.), producción de biomasa para alimento, abono verde o mulch, provisión de cobertura de suelo para

conservación de suelo y agua, promoción de insectos benéficos y antagonistas mediante adición de diversidad y materia orgánica, entre otras (Altieri y Nicholls, 2000).

La asociación de cultivos, sea este de cultivos alimenticios, medicinales y/o de rituales, o bien en sistemas mixtos, agroforestería, agrosilvopastoral, silvicultura o mixto, tienen menor impacto en los recursos naturales; permitiendo la capacidad de restauración de los ecosistemas y recursos afectados.

#### 4.6. AGRICULTURA CONVENCIONAL VS AGROECOLOGIA

Actualmente existen básicamente **dos tendencias** para “hacer agricultura” la agricultura **convencional** y la **agroecología** (incluyendo a la agricultura orgánica, ecológica, permacultura, etc.); las mismas tienen aparentemente el mismo objetivo: producir alimentos; sin embargo es necesario hacer una evaluación de las técnicas y prácticas utilizadas en cada una cuando de conservación de recursos naturales se trata.

La **convencional** a gran escala e industrializada que le apuesta a la mayor productividad, para teóricamente mitigar el hambre en el mundo, sin considerar que la intensidad y técnicas del manejo pueden ser a largo plazo ecológicamente insostenibles. A partir de los 60's impulsa el uso de un paquete tecnológico compuesto básicamente de semillas certificadas y de un alto uso de agroquímicos que aumenten la producción y controlen plagas, enfermedades y malezas de los cultivos. Ha reemplazado grandes áreas naturales con una o pocas especies (monocultivos) con lo

cual ha simplificado esencialmente la estructura natural, lo que ha dado como resultado un ecosistema artificial que requiere de insumos agroquímicos para mantenerse.

La agricultura convencional es especializada en unidades de producción con altos rendimientos por lo que nos ha llevado a creer que la agricultura es un milagro moderno en la producción de alimentos. Pese a esto, la realidad nos demuestra que la excesiva dependencia de los monocultivos a los insumos agroindustriales, (cultivo intensivo, pesticidas y fertilizantes químicos) han causado deterioro en el Medio Ambiente y en la sociedad rural (Altieri, 2001b); impacto en el suelo, en la vida silvestre (polinizadores, enemigos naturales, peces); impacto sobre el agua y su ciclo; desarrollo de resistencias e impacto en la sociedad rural (económico, cultural y de salud).

La **agroecología** busca la producción de alimentos desde un enfoque más holístico, respetando el medio ambiente y sus procesos, procurando causar el mayor impacto en los recursos naturales, basada en la agrobiodiversidad local y que respeta la cultura gastronómica y los saberes y prácticas agrícolas de la zona.

La diferencia entre la agricultura convencional y la agroecología implica no solo las técnicas de manejo, también incluye otras consideraciones como, el enfoque y los objetivos.

La agricultura convencional tiene un enfoque reduccionista, concentrado en un solo tipo de agricultura, sin óptica sistémica, basada principalmente en tecnologías mecanizadas y con altos insumos agroquímicos, a corto plazo, apuesta a la productividad que de más réditos económicos; no incorpora el costo ambiental;

generalmente se enfoca en monocultivos o sistemas simples con baja diversidad; esterilización del suelo para evitar patógenos y el uso de químicos para el control de plagas.

La agroecología es integral, recoge varias técnicas y varios sistemas de prácticas agrícolas; la apuesta es la producción integrada y al uso bajo o nulo de insumos agroquímicos. Considera la biodiversidad como parte fundamental del éxito del cultivo, incorpora costos ambientales, diseñando sistemas complejos ricos en biodiversidad, considera la biodiversidad funcional y estructural del agroecosistema, maneja plagas incluyendo varias técnicas naturales, procura mantener la salud del suelo y su composición y dinámica.

Para una comparación más detallada ver Tabla 8.

## 5. CONCLUSIONES

Es innegable el efecto que tiene la agricultura sobre los recursos naturales; desde el inicio de las primeras actividades agrícolas, pecuarias y de pesca el resultado ha sido sino de deterioro, al menos de modificación de la dinámica natural: bosques, valles, agua, suelo, aire y biodiversidad (sobre todo agrobiodiversidad) se han visto afectados por las prácticas agrícolas convencionales.

El crecimiento rápido de la población humana (la explosión demográfica), y el cambio e incremento de las humanas actividades (menos mano de obra en el campo), junto a un modelo de desarrollo basado en los bienes del capital, ha provocado, aparentemente, que la producción de alimento sea deficiente y que el hambre crezca en el mundo. De esta situación nacen prácticas de cultivo agresivas a los recursos naturales, que le apuestan a la producción sin considerar los costos ambientales o sociales de estas acciones. Se intensifica el uso de agroquímicos, antibióticos, insecticidas y fertilizantes que aumentan la productividad del cultivo. Se incrementan las prácticas de monocultivo, además con el uso de pocas variedades (las más vendidas) en detrimento de la conservación de la diversidad genética de las especies alimenticias.

El uso indiscriminado de fertilizantes, fungicidas e insecticidas químicos ha producido contaminación del agua, del suelo y del aire, con los efectos adversos sobre la calidad de estos y el efecto negativo en general para la conservación de los recursos naturales. La salud y fertilidad del suelo se ha visto negativamente afectada, perdiendo las condiciones básicas que le permite al auto recuperación y afectando a futuro la

misma capacidad del suelo para sostener y tener rendimientos aceptables para los mismos cultivos.

Las prácticas agrarias de la agricultura convencional, ha llegado a un punto de no retorno: la dependencia de los cultivos y del rendimiento productivo a los agroquímicos. El deterioro de los recursos naturales, mina la capacidad productiva para la alimentación futura al ser la agricultura el “primer” usuario de estos.

El caso de los agroquímicos para el control de plagas y malezas tiene un efecto negativo sobre los “malos” pero también sobre toda la biodiversidad dentro y fuera del cultivo.

Si bien existe amplia bibliografía sobre prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente y de técnicas agroecológicas a nivel global con experiencias concretas en algunos países; es necesario hacer estudios, en el Ecuador, que documenten el efecto de por ejemplo los insecticidas en la biodiversidad de insectos en general y de otras especies de flora y fauna; que recojan y revaloricen las prácticas agrícolas de los pequeños y medianos agricultores en el campo (conocimientos y técnicas e insumos utilizados), de ser el caso, como estrategias para la producción de alimentos y la conservación de los recursos naturales.

Es fundamental dirigir la investigación para la producción de alimentos basada en los principios de la agroecología, el rendimiento productivo en la agricultura ecológica, orgánica, campesina y agroecológica, en nuestro país, no ha sido lo suficientemente documentada, por lo que es difícil concluir sin temor a errar que sea más o menos productiva que la agricultura convencional. A decir de los datos descritos

en este trabajo, la tendencia favorece a la agroecología, mucho más si el enfoque es de conservación y sostenibilidad de los recursos naturales.

Es necesario hacer mayor investigación sobretodo en sistema agrícolas asociados que favorezcan todavía más el rendimiento productivo del sistema y disminuyan el impacto sobre el medio ambiente de la actividad agrícola. Relaciones entre plantas, animales, insectos tendientes a mantener el equilibrio y la capacidad de resiliencia de los recursos naturales.

Para finalizar, es de suma importancia señalar que todos los mecanismos de manejo que usa la agroecología constituyen un todo, el manejo de suelos, el manejo del agua, el control biológico de plagas y enfermedades, la asociación y rotación de cultivos, la fertilización con abonos naturales, y cualquier otra práctica utilizada, serán realmente eficaces, siempre y cuando se incluyan dentro de un programa de manejo integrado de todo el sistema de producción en lugar de ser aplicados de manera aislada o emergente.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abaya-Yala. 1996. **Manual de Prácticas Agroecológicas de los Andes Ecuatorianos**. Editorial Abya-Yala. Ecuador. 302 p.
2. Altieri, M. 1999. **Bases científicas para la agricultura sustentable**. Editorial Nordan–Comunidad. Montevideo. 325 p.
3. Altieri, M., y C. I. Nicholls. 2000. **Agroecología, Teoría y práctica para una agricultura sustentable**, 1a edición. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. PNUMA. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México D.F., México. 257 p.
4. Altieri, M. 2001a. **Agroecología principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables**. Disponible en: <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/cap2-Altieri.pdf>. [fecha de consulta 15 de enero de 2015]
5. Altieri, M. 2001b. **La Agricultura Moderna: Impactos Ecológicos y la Posibilidad de una Verdadera Agricultura sustentable**. Disponible en: <http://www.motril.es/fileadmin/areas/medioambiente/ae/presentacion/documentos/IOAgriculturaModerna.pdf> . [fecha de consulta 11 de enero de 2015]
6. Badii, M. H. y J. L. Abreu. 2006. **Control biológico una forma sustentable de control de plagas** (Biological control a sustainable way of pest control). Daena: International Journal of Good Conscience. 1(1): 82-89. Marzo 2006 – Septiembre 2006. ISSN 1870-557X. Disponible en: [http://www.spentamexico.org/v1-n1/1\(1\)%2082-89.pdf](http://www.spentamexico.org/v1-n1/1(1)%2082-89.pdf) [fecha de consulta 17 de febrero de 2015]
7. Bejarano, F. 2002. **La Espiral del Veneno**. RAPAM, Texcoco, Estado de México, 2002. En: Brechelt, A. 2004a. **El Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades**. Edita: Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL). Chile. 36 p.
8. Brechelt, A. 2004a. **El Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades**. Edita: Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL). Chile. 36 p.
9. Brechelt, A. 2004b. **Manejo Ecológico del Suelo**. Edita: Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL). Chile. 28 p.
10. Bello, A., Jorda, C. y Tello, JC. 2010. **Agroecología y Producción Ecológica**. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=mPB12NjnDM4C&pg=PA14&lpg=PA14&dq=Diversidad+y+complementaridad+gestion+agrosistemas&source=bl&ots=amwWbz91l1&sig=npwWr-pbOpT7duWSqbHHHt71-Fs&hl=es&sa=X&ei=1BbiVJmvJ8KvggSml4OoDA&ved=0CC0Q6AEwAg#v=onepage&q=Diversidad%20y%20complementaridad%20gestion%20agrosistemas&f=false> [fecha de consulta: 16 de febrero de 2015]

11. Cajamarca, D. 2012. **Procedimiento para la elaboración de abonos orgánicos**. Tesis. Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 118 p.
12. Carbajal, A. y M. González. 2012. **Propiedades y funciones biológicas del agua**. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf> [fecha de consulta: 15 de marzo de 2015]
13. Casanova F., L. Ramírez y F. Solorio. 2007. **Interacciones radiculares en sistemas agroforestales: mecanismos y opciones de manejo**. Avances en Investigación Agropecuaria, vol. 11, núm. 3, septiembre-diciembre, pp. 41-52, Universidad de Colima. México
14. CBD, Convenio de Diversidad Biológica. 2010. **Guía de buenas prácticas: agua potable, diversidad biológica y desarrollo**. Disponible en: <http://www.cbd.int/development/doc/cbd-good-practice-guide-water-booklet-web-es.pdf> [fecha de consulta 9 de febrero de 2015]
15. CIED. s/f. **Técnicas Agroecológicas y el Uso de Recursos**. ABSTRACT No. 4 - Técnicas Agroecológicas. Unidad de Comunicación e Información. Disponible en: <http://www.valsalice.edu.co/articulos/Tecnicas%20agroecologicas%20y%20el%20uso%20de%20recursos.pdf> [fecha de consulta 15 de enero de 2015]
16. Cisneros, F. 1995. **Control de Plagas Agrícolas**. Disponible en: [http://www.avocadosource.com/books/cisnerosfausto1995/cpa\\_toc.htm](http://www.avocadosource.com/books/cisnerosfausto1995/cpa_toc.htm). [fecha de consulta 15 y 16 de enero de 2015]
17. Cisneros, F. y Alcázar, J. 2001. **Manejo Integrado del Gorgojo del Camote o Tetuan del boniato, *Cylas formicarius* (Fab.)**, en Cuba. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. 138 p.
18. Cordero, M. 2013. **Técnicas Agroecológicas para la desinfección de suelos agrícolas**. Serie: Cuadernillos de Agricultura Agroecológica Colección: Rescatando y compartiendo conocimientos sobre Agricultura Sostenible para el

- desarrollo de los pueblos de América Latina. Asociación el Bálsamo. El Salvador. 18 p.
19. Davis, D. E., K. Myers y J. B. Hoy, 1976, **Biological control among vertebrates**, en: Huffaker, C. B. y P. S. Messenger, eds., 1976, *Theory and practice of biological control*, Nueva York, Academic Press, 501-519. En: Nicholls, C. 2008. **Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico**. Medellín. Editorial Universidad de Antioquia, 282 p.
  20. Dent, D. 1991. **Insect Pest Management**. England: C. A. B. International En: Altieri, M. 1999. **Bases científicas para la agricultura sustentable**.
  21. Díaz et al., (2006, 2007a). **Ejemplos de relaciones causales entre algunos caracteres de especies vegetales, procesos ecológicos y el suministro de potenciales servicios de los ecosistemas**. En: Martín-López, B. et al. 2007. Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas* 16 (3): 69-80. Septiembre 2007. Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/94/91> [fecha de consulta: 9 de febrero de 2015]
  22. Díez, M. **Bases agronómicas para la utilización de restos agrarios en la biodesinfección de suelos**. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 2010. 605 p.
  23. Donoso, C y A. Lara. 1999. **Silvicultura de los Bosques nativos de Chile**. 1era edición. Editorial Universitaria. Chile. 421 p.
  24. Educ.ar. s/f. **Los transgénicos en la agricultura**. Disponible en: [http://www.educ.ar/dinamico/UnidadHtml\\_get\\_6eba4e61-7a07-11e1-80d1-ed15e3c494af/index.html](http://www.educ.ar/dinamico/UnidadHtml_get_6eba4e61-7a07-11e1-80d1-ed15e3c494af/index.html) [fecha de consulta 17 de enero de 2015]
  25. Elmore C. y K.A. Heefketh 1983. **Soil solarization: an integrated approach to weed control**. Proceedings, 35th Annual California Weed Conference. 143 p.
  26. FAO. s/fa. **Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible: Soluciones para la compactación del suelo**. Disponible en: <http://www.eneek.org/descargas/dteknikoak/ROTACIONES.pdf> [fecha de consulta 12 de enero de 2015]
  27. FAO. s/fb. **Manual para la capacitación de trabajadores de extensión y agricultores**. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y1806S/y1806S00.pdf> [fecha de consulta 20 de enero de 2015]

28. FAO. 2002. **Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra**, basado en el trabajo de Michel Robert, Institutnational de re cherche agronomique. París, Francia. Informes sobre recursos mundiales de suelos. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s09.htm> [fecha de consulta: 14 de febrero de 2015]
29. FAO. 2004. **Carbon sequestration in dry land soils. World Soils Resources Reports**. No. 102. FAO. Rome. Disponible en: [www.fao.org/docrep/007/y5738e/y5738e00.htm](http://www.fao.org/docrep/007/y5738e/y5738e00.htm) Fecha de consulta: 25-09-2008. En: Semarnat. 2008. Informe de la situación del medio ambiente en México: Compendio de Estadísticas Ambientales. 380 p.
30. FAO. 2013. **10 datos del hambre para el 2014**. Disponible en: <http://es.wfp.org/historias/10-datos-del-hambre-para-el-2014>[fecha de consulta: 9 de enero de 2015].
31. Fernández, P. 2009. **Elaboración y efecto de los bioinsecticidas en la producción de hortalizas y frutas**. Disponible en: [http://es.slideshare.net/cephasx/bioinsecticidas?qid=879ee928-215b-447e-b03f-96810d6a3c28&v=qf1&b=&from\\_search=1](http://es.slideshare.net/cephasx/bioinsecticidas?qid=879ee928-215b-447e-b03f-96810d6a3c28&v=qf1&b=&from_search=1) [fecha de consulta: 16 de marzo de 2015]
32. Ferrato, J. y M. Rodríguez. 2010. **Buenas Prácticas Agrícolas para la Agricultura Familiar. Cadena de las principales hortalizas de hojas en Argentina**. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO Representación de la FAO en Argentina. Argentina. 535 p.
33. FONAG. 2010. **Abonos orgánicos: Protegen el suelo y garantizan alimentación sana**: Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. Fondo para la protección del agua. 25 p.
34. Fraume, N. 2006. **Manual: Abecedario Ecológico**. La más completa guía de términos ambientales. Editorial San Pablo. Bogotá, Colombia. 326 p.
35. Fundación CRATE, 2011. **Control orgánico de plagas y enfermedades**. Disponible en: [http://www.crate.cl/2011/Mi%20manual%20de%20agricultura%20sustentable/purines\\_vegetales\\_y\\_animales%5B1%5D.pdf](http://www.crate.cl/2011/Mi%20manual%20de%20agricultura%20sustentable/purines_vegetales_y_animales%5B1%5D.pdf) [fecha de consulta: 14 de marzo de 2015]
36. Fundación Antama, 2009.**La escasez de agua dulce, el gran reto del futuro**. Publicado por Redacción el 16 oct. 2009. Disponible en: <http://fundacion->

- [antama.org/la-escasez-de-agua-dulce-el-gran-reto-del-futuro/](http://antama.org/la-escasez-de-agua-dulce-el-gran-reto-del-futuro/) [fecha de consulta 15 de marzo de 2014]
37. Gabriel, J., Crespo, M. y D. Danial. 2013. **Curso sobre producción de hortalizas de alta calidad para el mercado interno**. Fundación para la Promoción de Producto Andinos–PROINPA. Disponible en: [http://www.academia.edu/9921892/CURSO\\_SOBRE\\_PRODUCION\\_DE\\_HORTALIZAS\\_DE\\_ALTA\\_CALIDAD\\_PARA\\_EL\\_MERCADO\\_INTERNO](http://www.academia.edu/9921892/CURSO_SOBRE_PRODUCION_DE_HORTALIZAS_DE_ALTA_CALIDAD_PARA_EL_MERCADO_INTERNO) [fecha de consulta 14 de marzo de 2014]
  38. Gamboa, L. 1989. **El cultivo de la rosa de corte**. Universidad de Costa Rica. San José. 48 p.
  39. García, A. y Bello, A. 2004. **Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica**. I Conferencia Internacional ECO-BIOLOGÍA del SUELO y el COMPOST León, 15 - 17 de Septiembre de 2004. Disponible en: <http://www.soilace.com/pdf/pon2004/19.Alvarez.pdf> [fecha de consulta 14 de febrero de 2014]
  40. GDR-Campiña de Jerez. s/f. **La Agricultura Ecológica**. Junta de Andalucía. España. 384 p.
  41. Greco, A. **Ecología Agrícola y Protección Ambiental: IX– Agroecología: sistemas agroecológicos de producción**. Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo. Disponible en: [http://campus.fca.uncu.edu.ar:8010/pluginfile.php/17388/mod\\_resource/content/1/2013-%20IX-%20Agroecologia%20y%20sistemas%20agroecologicos.pdf](http://campus.fca.uncu.edu.ar:8010/pluginfile.php/17388/mod_resource/content/1/2013-%20IX-%20Agroecologia%20y%20sistemas%20agroecologicos.pdf) [fecha de consulta 9 de enero de 2015]
  42. Grupo ETC. 2014. **Con el caos climático, quien nos alimentará: ¿La cadena industrial de producción de alimentos o las redes campesinas?**. Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración 96 p.
  43. Guerrero, P. y A. Polo. 1990. **Usos, aplicaciones y evaluación de turbas**. Ecología No. 4, 1990, pp. 3-13. ICONA, Madrid. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia\\_04\\_01\\_tcm7-45701.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia_04_01_tcm7-45701.pdf) [fecha de consulta 14 de marzo de 2015]
  44. Hawksworth, D.L.; Mound, L.A. 1991. **Biodiversity databases: the crucial significance of collections**. In: Hawksworth, D.L. (Ed.). **The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: It's Role in Sustainable Agriculture**. CAB International, Wallingford, pp. 17- 29. En: García, A. y Bello, A. 2004. **Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica**. I Conferencia Internacional ECO-BIOLOGÍA del SUELO y el

- COMPOST León, 15 - 17 de Septiembre de 2004. Disponible en:  
<http://www.soilace.com/pdf/pon2004/19.Alvarez.pdf> [fecha de consulta 14 de febrero de 2014]
45. [http://www.natureduca.com/agro\\_hist\\_neolitico1.php](http://www.natureduca.com/agro_hist_neolitico1.php) [fecha de consulta 14 de febrero de 2015]
46. [http://www.huffingtonpost.es/2014/10/16/hambre-mundo-datos\\_n\\_5994488.html](http://www.huffingtonpost.es/2014/10/16/hambre-mundo-datos_n_5994488.html) [fecha de consulta 9 de febrero de 2015]
47. Jiménez, B. y J. Galizia. 2012. **Diagnóstico del agua en las Américas**. Red interamericana de academias de ciencias foro consultivo científico y tecnológico, AC.México. 448 p.
48. León, E. 1997. **El riego en ornamentales**. Curso de especialización en floricultura. Modulo II. Instituto de posgrado, Universidad Central del Ecuador. 29 p.
49. Manual Básico de Agricultura Ecológica. s/f. Disponible en:[http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia\\_ambiental/agricultura\\_ecoloxica/Manual%20Agricultura%20Ecoloxica.pdf](http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecoloxica/Manual%20Agricultura%20Ecoloxica.pdf) [fecha de consulta 9 de enero de 2015]
50. Martín-López, B.J.A. González, S. Díaz, I. Castro y M. García-Llorente. 2007. **Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional**. Ecosistemas 16 (3): 69-80. Septiembre 2007. Disponible en:  
<http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/94/91> [fecha de consulta: 9 de febrero de 2015]
51. MEA. Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. World Resource Institute., Washington DC. Disponible en: <http://www.unep.org/maweb/documents/document.354.aspx.pdf> [fecha de consulta: 11 de febrero de 2015]
52. Miura, T., R. M. Takahashi y W. H. Wilder. 1984. **Impact of the mosquito fish (*Gambusia affinis*) on a rice field ecosystem when used as a mosquito control agent**. *Mosquito News*, 44: 510-517. En: En: Nicholls, C. 2008. **Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico**. Medellín, Editorial Universidad de Antioquia, 282 p.
53. Moreno, J. Moral, R. García, J. Pascual, J. y Bernal, M. 2014. **De Residuo a Recurso. El Camino hacia la Sostenibilidad**. Red española de compostaje. España. 183 p.

54. Nicholls, C. 2008. **Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico**. Medellín, Editorial Universidad de Antioquia, 282 p.
55. Núñez, MA. 2000. **Manual de técnicas agroecológicas**. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/descargas/nunez01.pdf> [fecha de consulta 14 de enero de 2015]
56. Obiefuna, J. C. 1989. **Biological weed control in plantains (*Musa AAB*) with egusi melon (*Colocynthis citrullus* L.)**. Biol. Agric. Hort. 6: 221-227. En: Altieri, M. 1999. **Bases científicas para la agricultura sustentable**. Disponible en: <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf> [fecha de consulta 12 de enero del 2015]
57. O'Farrill-Nieves, H. s/f. **Insecticidas biorracionales**. Disponible en: <http://academic.uprm.edu/ofarrill/HTMLobj-323/biorational.pdf> [fecha de consulta: 18 de enero de 2015]
58. Olider, O. 2008. **Conservación de recursos naturales**. Editorial Pax México, 30 de jun. de 2008 - 662 p.
59. Paliwal, R., Granados, G., Lafitte, H. y Violic, A. 2001. **El maíz en los trópicos Mejoramiento y Producción**. FAO. Roma. 392 p.
60. Pedraza, R., Teixeira, K., Fernández, A.; García de Salamone, I., Baca, B., Azcón, R., Baldani, V. y Bonill, R. 2010. **Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión**. Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria 11(2), 155-164. Disponible en: <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Revista/Microorganismos.pdf> [fecha de consulta: 11 de enero de 2015]
61. Piedra, R. 2008. **Manejo biológico de nemátodos fitoparásitos con hongos y bacterias**. Tecnología en Marcha, Vol. 21-1, Enero-Marzo 2008, P. 123-132.
62. Porcuna, J. 2007. **Producción integrada: Una estrategia de tránsito hacia sistemas más sostenibles**. Ecosistemas 16 (1): 37-43. Enero 2007
63. Proderena. 2008. **Manejo Integrado de Plagas**. Talleres de Capacitación para la gestión integral de plagas, Módulo 10. Ministerio del Ambiente y Unión Europea. 19 p.
64. Ramírez, A. y Mijangos A. 1999. **Efectos Nocivos Provocados por el Uso de Plaguicidas en la Fauna Silvestre de México y sus Consecuencias Ecológicas**. Disponible en: <http://www.ambiente-ecologico.com/revist54/ramire54.htm> [fecha de consulta 14 de febrero de 2015]

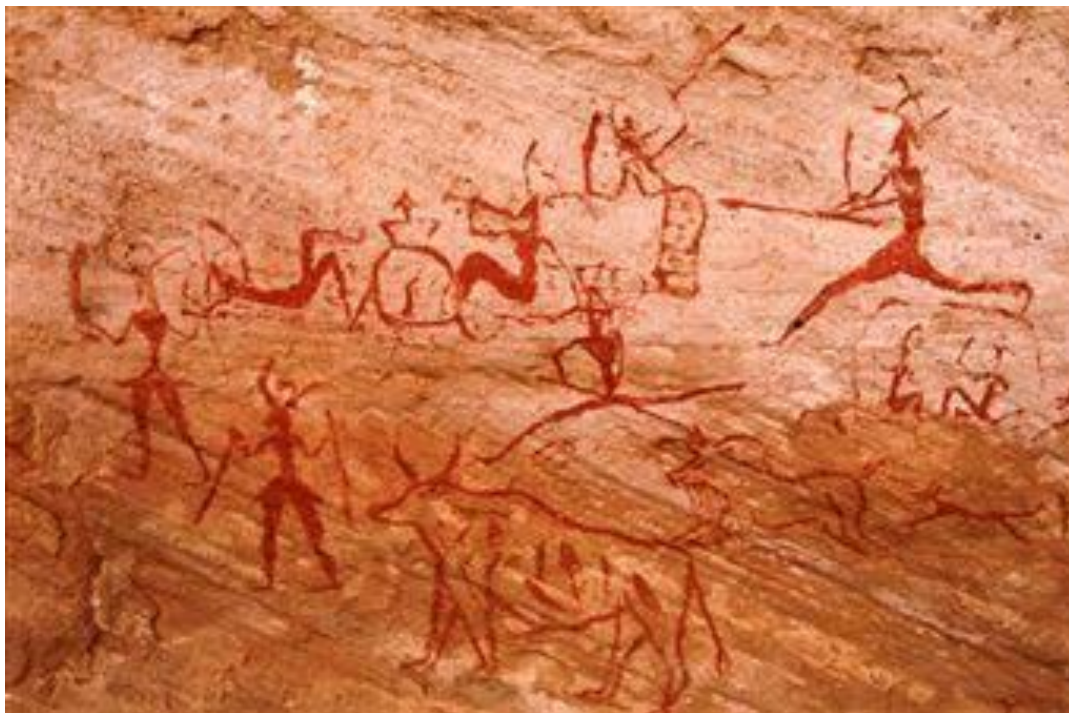
65. Reinjntjes, CB, Haverkort & A. Waters-Bayer. (1992). **Farming for the future**. Mac Millan Press Ltd., London. En Altieri, M. s/f. **Agroecología principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables**. Disponible en: <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/cap2-Altieri.pdf>. [fecha de consulta 15 de enero de 2015]
66. Ricci, O. 2012. **Harina de Sangre**, artículo. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-avicultura/industria-carnica/articulos/harina-sangre-t4049/471-p0.htm> [fecha de consulta 15 de enero de 2015]
67. Rodríguez, M. s/f. **Guía de Identificación y Manejo Integrado de plagas y enfermedades en piña**. Banacol. Costa Rica. 66 p.
68. Sánchez C, 2003. **Abonos orgánicos y lombricultura**. Ediciones Ripalme. Perú. 135 p.
69. Sánchez, M, Prager, M., Naranjo, R. y E. Sanclemente. 2012. **El suelo, su metabolismo, ciclaje de nutrientes y prácticas agroecológicas**. Agroecología 7: 19-34. Disponible en: <http://revistas.um.es/agroecologia/article/viewFile/170971/146191>[fecha de consulta: 10 de enero de 2015]
70. Santamarta, J. 1997. **Agricultura y medio ambiente**, Conferencia en el Congreso de Agricultura Ecológica de la Comunidad Valenciana, Campus de Burjasot de la Universitat de València, 14 a 16 de Noviembre de 1997. Disponible en: <http://www.crie.uji.es/agric/santa.htm> [fecha de consulta: 10 de enero de 2015]
71. Semarnat. 2008. **Informe de la situación del medio ambiente en México**: Compendio de Estadísticas Ambientales. 380 p.
72. Shaxson, F y R. Barber. 2005. **Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal, El significado de la porosidad del suelo**. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/008/y4690s/y4690s06.htm> [fecha de consulta: 13 de enero de 2015]
73. Sinergia. s/f. **Producción respetuosa en Viticultura. Impactos Ambientales en Agricultura**. Disponible en: [http://www.lifesinergia.org/formacion/curso/03\\_impactos\\_ambientales\\_en\\_agr.pdf](http://www.lifesinergia.org/formacion/curso/03_impactos_ambientales_en_agr.pdf) [fecha de consulta: 9 de enero de 2015]
74. Sponagel, K. 2000. **El Manejo de los Insectos y Ácaros Plagas en el Cultivo de Flores de Corte**. Quito, Ecuador 20 p.

75. Suárez, G. y J. Bustamante. 1999. **Variedades resistentes: una alternativa para el control de la roya del café**. FONAIAP DIVULGA, Colección. Número 63 Julio-Septiembre 1999. Disponible en: [http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas\\_tec/FonaiapDivulga/fd63/texto/variedades.htm](http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd63/texto/variedades.htm)[fecha de consulta: 11 de enero de 2015]
76. Suquilanda M. 2007. **Tecnologías limpias para la producción Agrícola**. Jornadas de Capacitación 2. 17 de marzo de 2007. Grupo Esmeralda. Presentación.
77. Teasdale, J. 2004. **Principios y prácticas para el uso de cultivos de cobertura en el manejo de sistemas de malezas**. En: Manejo de malezas para países en desarrollo. Addendum I. Editado por R. Labrada. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0d.htm> [fecha de consulta 20 de enero de 2015]
78. Teruo, H., Japón, O. y JF. Parr. s/f. **Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenible**. Disponible en: [http://www.fundases.com/userfiles/file/MicroorG\\_Benef\\_Efect.pdf](http://www.fundases.com/userfiles/file/MicroorG_Benef_Efect.pdf) . [fecha de consulta: 9 de febrero de 2015]
79. Universidad de Wisconsin. s/f. Los riesgos de esparcir estiércol sin procesar. Hojas información sobre cuestiones de seguridad en la granja. Disponible en: [http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/documents/es\\_manureRev.pdf](http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/documents/es_manureRev.pdf). [fecha de consulta 14 de marzo de 2015]
80. Vandermeer, J. 1995. **The ecological basis of alternative agriculture**. Annual Review of Ecology & Systematics,26: 201-224.
81. Victoria, J., Viveros, C., Cassalerr, C. y Calderón, H. 1997. **Establecimiento de semilleros limpios**. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Serie Técnica no. 22. 19 p. En: Gómez, A., J, Mendoza, F. Garcés y Raúl Castillo. **Producción de semilla de caña de azúcar de alta calidad sanitaria en el Cincae**. Disponible en: [http://www.aeta.org.ec/2do%20congreso%20cana/art\\_campo/Gomez.%20A%20Prod%20semilla%20limpia.pdf](http://www.aeta.org.ec/2do%20congreso%20cana/art_campo/Gomez.%20A%20Prod%20semilla%20limpia.pdf) [fecha de consulta 14 de marzo de 2014]
82. Villa, P., Frías, A. y G. González. 2005. **Evaluación de cepas de Pseudomonas sp. para el control de hongos fitopatógenos que afectan cultivos de interés económico**. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Sistema de Información Científica. Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/2231/223120688007.pdf> [fecha de consulta 15 de febrero de 2015]

83. Yovera, M., Vizcaya, T. y A. Mendoza. **La nanotecnología: aplicaciones de la química en la ingeniería de alimentos**. Disponible en:  
[http://www.academia.edu/6426824/LA\\_NANOTECNOLOG%C3%8DA\\_APLICACIONES\\_DE\\_LA\\_QU%C3%8DMICA\\_EN\\_LA\\_INGENIER%C3%8DA\\_DE\\_ALIMENTOS](http://www.academia.edu/6426824/LA_NANOTECNOLOG%C3%8DA_APLICACIONES_DE_LA_QU%C3%8DMICA_EN_LA_INGENIER%C3%8DA_DE_ALIMENTOS) . [fecha de consulta: 11 de enero de 2015]
84. WWAP. s/f. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos. s/f. **3er Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo: El agua en un mundo en constante cambio**. Disponible en:  
[http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/wwap\\_WWDR3\\_Facts\\_and\\_Figures\\_SP.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/wwap_WWDR3_Facts_and_Figures_SP.pdf). [fecha de consulta 15 de marzo de 2015]
85. Zapata, R. s/f. **Origen del humus y su efecto en el suelo**. Disponible en:  
<http://www.riartas.com/recursos/archivos/jornadasmateriaorganica/articulo5.pdf>  
[fecha de consulta 18 de enero de 2015]

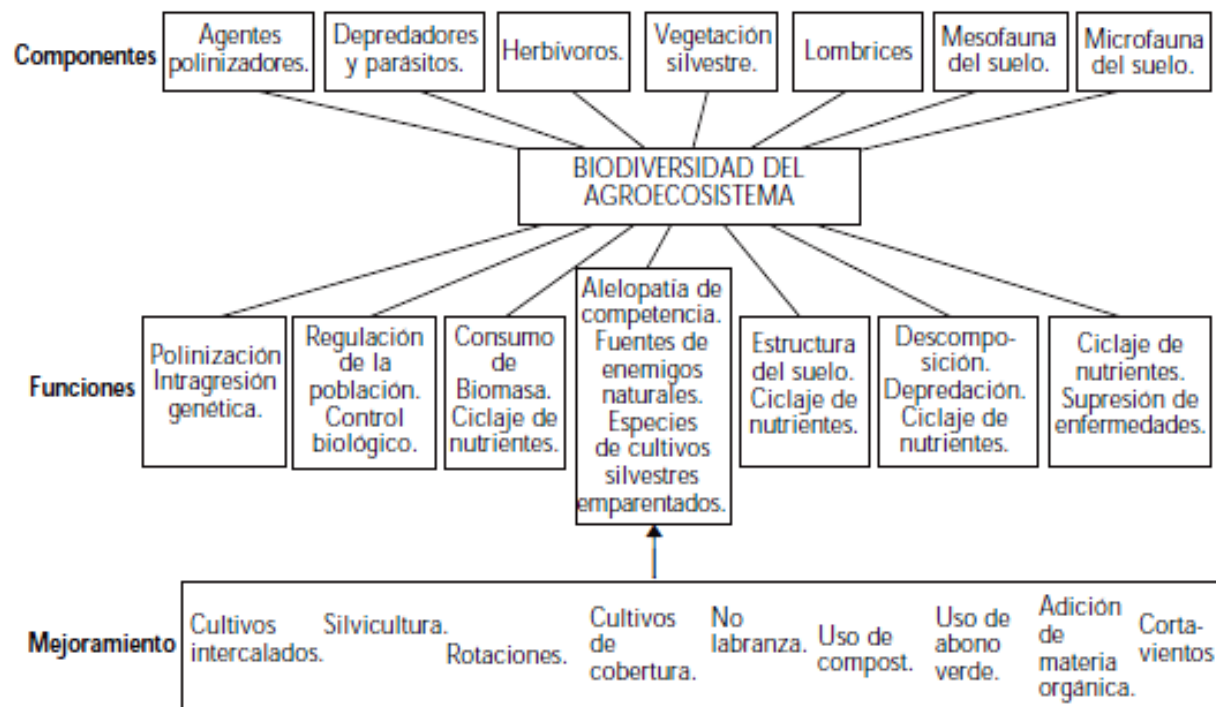
## 7. FIGURAS



### **FIGURA 1. Pueblos cazadores – recolectores.**

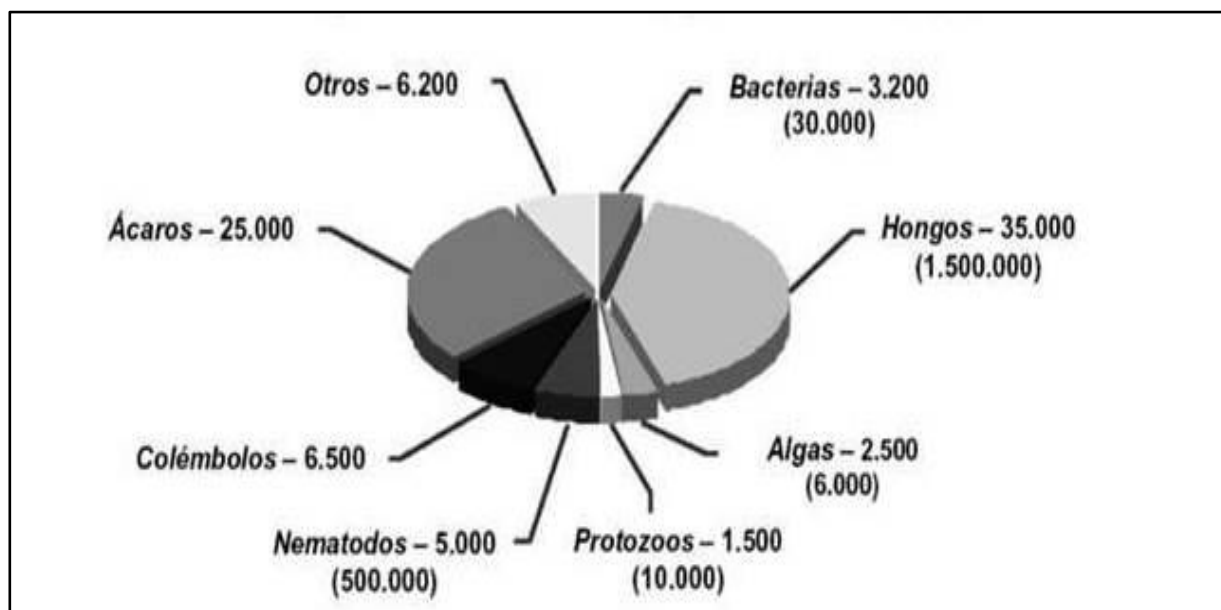
Antes del desarrollo de la agricultura y el pastoreo, la forma de subsistencia en todo el mundo era, fundamentalmente, la caza, pesca y recolección de frutos silvestres.

Fuente: [http://www.natureduca.com/agro\\_hist\\_neolitico1.php](http://www.natureduca.com/agro_hist_neolitico1.php)



**FIGURA 2. Componentes, funciones y estrategias de mejoramiento de la biodiversidad en agroecosistemas.**

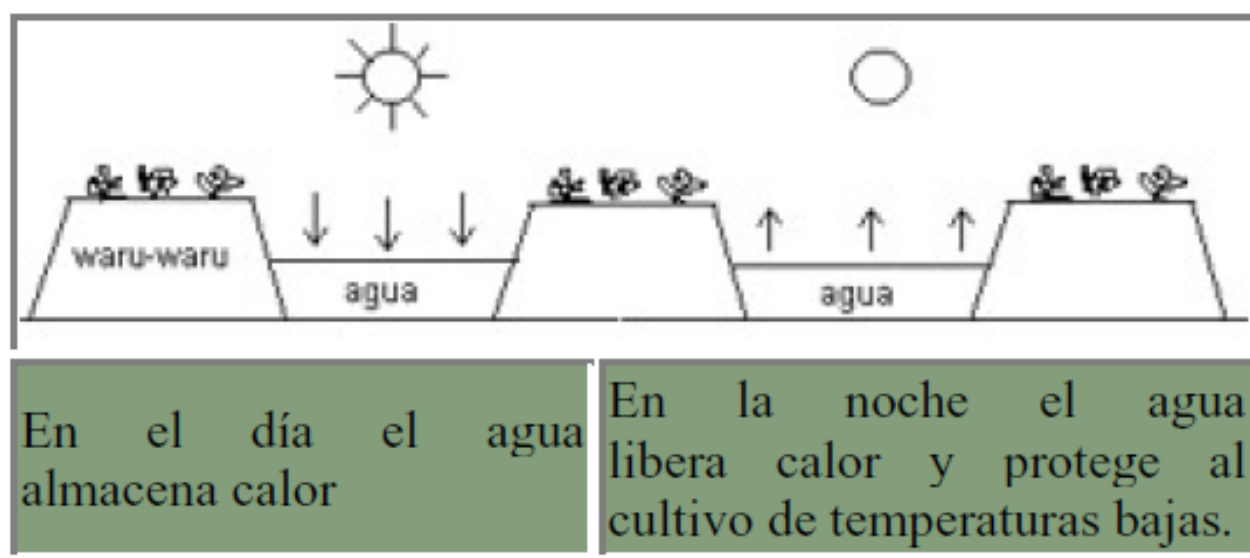
Fuente: Altieri, 1999.



**FIGURA 3. Especies de organismos del suelo.**

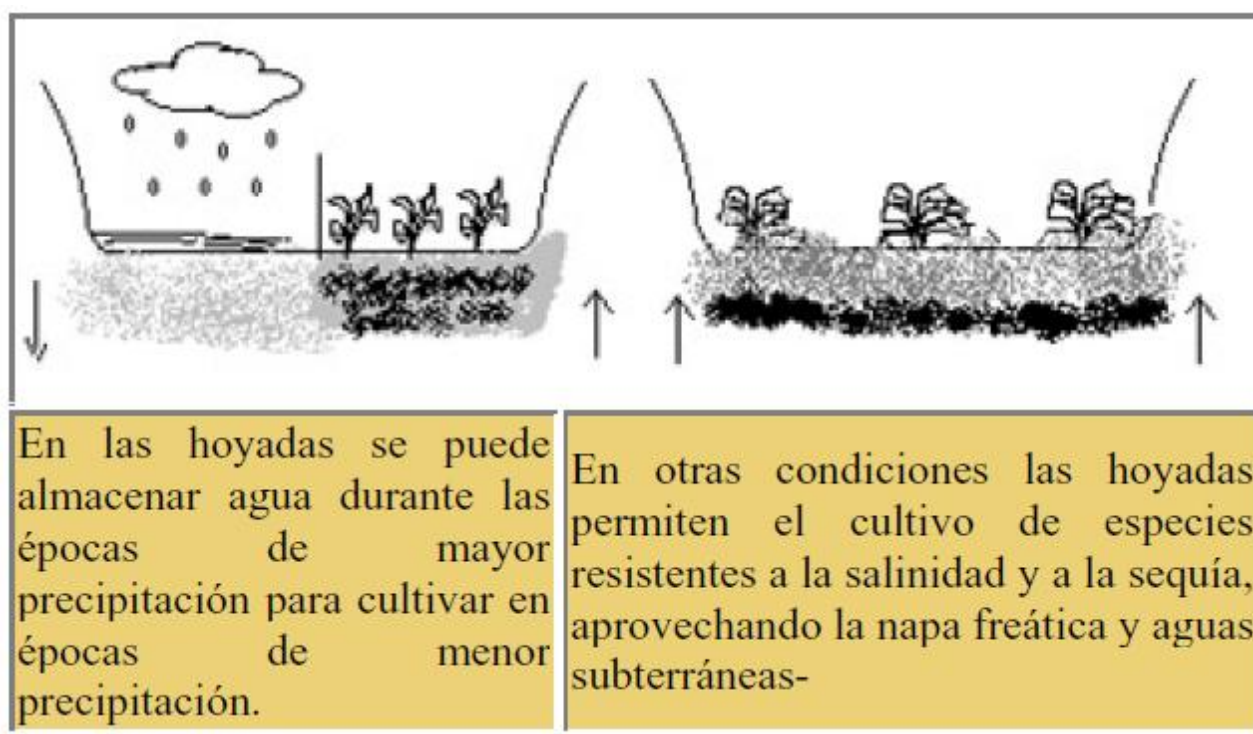
Número de especies conocidas de organismos del suelo y su estimación potencial (entre paréntesis).

Fuente: García, A. y Bello, A. 2004.



**FIGURA 4. Waru waru o camellones.**

Fuente: CIED, s/f. Técnicas agroecológicas y el uso de recursos

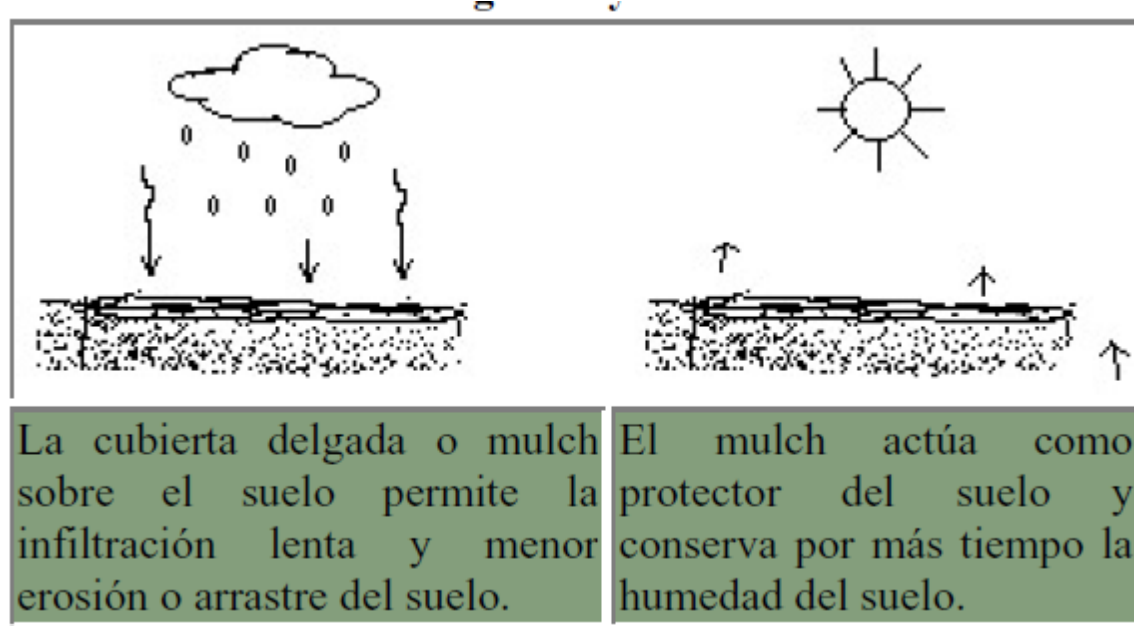


En las hoyadas se puede almacenar agua durante las épocas de mayor precipitación para cultivar en épocas de menor precipitación.

En otras condiciones las hoyadas permiten el cultivo de especies resistentes a la salinidad y a la sequía, aprovechando la napa freática y aguas subterráneas-

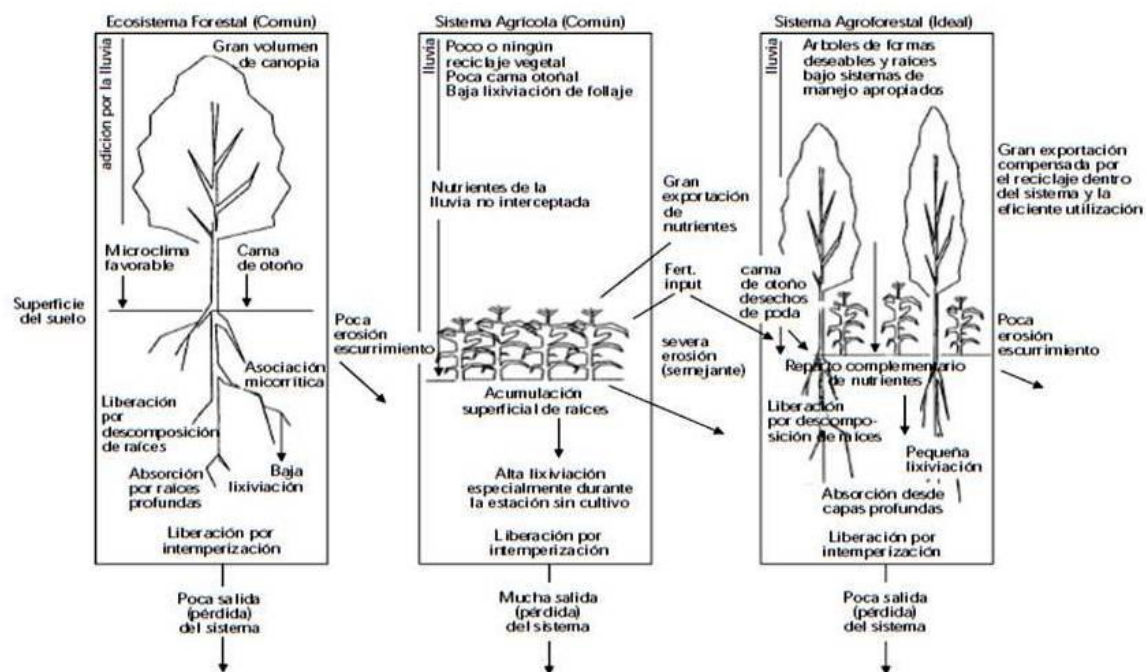
**FIGURA 5. Hoyadas.**

Fuente: CIED, s/f. Técnicas agroecológicas y el uso de recursos



**FIGURA 6. Mulch.**

Fuente: CIED, s/f. Técnicas agroecológicas y el uso de recursos



**FIGURA 7. Sistema agroforestal ideal.**

Presentación esquemática de las relaciones nutrientes y ventajas del sistema agroforestal ideal, en comparación con los sistemas agrícola y forestal común  
Fuente: Altieri, 1999.

## 8. TABLAS

**TABLA 1. Relaciones causales entre algunos caracteres de especies vegetales, procesos ecológicos y el suministro de potenciales servicios de los ecosistemas.**

<b>SERVICIOS DE LOS ECOISTEMAS</b>	<b>PROPIEDADES Y PROCESOS DE LOS ECOSISTEMAS</b>	<b>CARACTERES FUNCIONALES</b>	<b>COMENTARIOS</b>
Mantenimiento de un clima favorable	Intercambio de energía Reduce el porcentaje de albedo <sup>1</sup> Aumenta rugosidad de la cobertura terrestre	Tamaño de la planta Estructura del dosel Longevidad de la planta y de la hoja Estructura de la hoja	Plantas grandes siempre verdes, con arquitecturas complejas, absorben más energía
Secuestro de carbono	Retención de carbono en biomasa y materia orgánica del suelo	Tamaño de la planta Densidad del leño Profundidad de las raíces Longevidad de la planta y de la hoja Textura y contenido de macronutrientes de la hoja	Plantas grandes, longevas, con leño denso y tasas lentas de descomposición favorecen la retención de carbono en la biomasa
Regulación de la cantidad y calidad del agua disponible	Evapotranspiración Estructura del suelo por el sistema radicular	Tamaño de la planta Área de la hoja Profundidad y arquitectura de las raíces	Plantas grandes con grandes hojas y raíces profundas tienen mayor tasa de transpiración influyendo sobre la disponibilidad de agua en el suelo y sobre el clima local Sistemas radiculares densos y profundos favorecen la retención de agua en el perfil del suelo

<sup>1</sup>radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre la misma

Continuación...

**Relaciones causales entre algunos caracteres de especies vegetales, procesos ecológicos y el suministro de potenciales servicios de los ecosistemas.**

Formación y mantenimiento de suelos fértiles	Descomposición Retención del suelo por el sistema radicular	Profundidad y arquitectura de raíces Longevidad de la planta y de la hoja Textura y contenido de macronutrientes de la hoja	Hojas tierna ricas en macronutrientes y de corta vida se descomponen más rápidamente y aumentan la disponibilidad de nutrientes en el suelo Hojas esclerófilas, pobres en reducen la disponibilidad de nutrientes pero brindan mejor capacidad de retención de agua en l suelo. Plantas perennes, con sistemas radiculares densos y profundos retienen mejor el suelo y controlan procesos de erosión
Abastecimiento	Herbivorismo por ungulados	Estructura y composición química de las hojas	Plantas de follaje concentrado en los estratos bajos, de hojas tiernas y ricas en nutrientes favorecen el herbivorismo por ungulados
Capacidad de suministrar los servicios a lo largo del tiempo	Persistencia en el banco de semillas Transporte de semillas por diversos agentes	Tamaño de la semilla Forma de la semilla Estructuras anexas de las semillas (alas, ganchos, estructuras carnosas, cubiertas duras, etc.)	El tamaño y forma de la semilla está asociado con la longevidad en el banco de semillas del suelo El tamaño y presencia de estructuras anexas se relacionan con la distancia a la que pueden dispersarse por sí mismo o por medio de agentes dispersores

**Ejemplos de relaciones causales entre algunos caracteres de especies vegetales, procesos ecológicos y el suministro de potenciales servicios de los ecosistemas.**

Fuente: Basado en Díaz *et al.*, (2006, 2007a).

**TABLA 2. Asociación entre caracteres funcionales de plantas y respuesta de las plantas a diferentes agentes potenciales de perturbación.**

	Potencial agente de perturbación	Caracteres funcionales	Comentarios
<b>Respuesta a posibles agentes de perturbación en el suelo</b>	Pastoreo	Historia de vida Tamaño de la planta Arquitectura Tamaño de la semilla Forma de la semilla	El pastoreo favorece a las especies anuales, de pequeño tamaño, arquitectura en roseta y semillas pequeñas (Díaz et al 2007b)
	Roturación <sup>2</sup>		La roturación favorece a las especies con arquitectura en roseta y con semillas pequeñas
<b>Resistencia a incendios</b>	Incendio	Grosor de la corteza Estructuras con capacidad de rebrote (raíces, rizomas o tallos) Flores pirófilas Conos serótimos (piña) Semillas pirófilas	Cortezas gruesas protegen el sistema vascular de los incendios La capacidad de rebrote permite a la especie persistir tras un incendio Bancos de semillas persistentes, especies serótimas o especies con germinación o floración pirófila se ven favorecidas con los incendios (Pausas et al, 2004)

**Ejemplos de asociación entre caracteres funcionales de plantas y respuesta de las plantas a diferentes agentes potenciales de perturbación.**

Fuente: Martín-López *et al.* 2007.

<sup>2</sup>acción de *roturar* o labrar la superficie del terreno con una profundidad no superior a unos 30 centímetros.

**TABLA 3. Manejo Agroecológico de Plagas.**

<b>Manejo Agroecológico de Plagas (MAP)</b>	
<b>Controles culturales</b>	Control manual de insectos Eliminación de plantas o frutas enfermas Barbecho Variedades resistentes Rotación y Asociación de cultivos Manejo de densidad y fechas de siembra Manejo de riego para combate de malezas Cercas vivas para crear refugios para los enemigos naturales Trampas Caldos minerales
<b>Control biológico</b>	Conservación o fomento de enemigos naturales de las plagas Aumento de organismos benéficos Introducción de enemigos naturales contra plagas exóticas
<b>Control con plantas insecticidas</b>	Uso de polvos, extractos, aceites de plantas con propiedades insecticidas, reguladores de crecimiento, repelentes o que alteren el comportamiento de las plagas

Fuente: Bejarano GF. 2002

**Cuadro resumen de Manejo Agroecológico de Plagas.**

Fuente: Brechelt, 2004a.

**TABLA 4. Bioinsecticidas botánicos.**

<b>PLAGAS QUE CONTROLAN</b>	<b>PLANTAS</b>
Gusanos, trips, pulgones, chinches	Ajo ( <i>Allium sativum</i> )
Larvas de lepidópteros, pulgones, babosas, gusanos tierreros, gorgojos, ácaros, minadores	Ají ( <i>Capsicum frutescens</i> )
Hormigas, babosas, gusanos tierreros	Ajenjo ( <i>Artemisia abisinthium</i> )
Mosca minadora, mosca blanca, ácaros	Barbasco ( <i>Lonchocarpus</i> sp.)
Pulgones, mosca blanca, trips, mosca minadora	Tabaco ( <i>Nicotiana tabacum</i> )
Gusanos defoliadores	Chirimoya ( <i>Anona</i> sp.) Semillas
Hemípteros, ácaros, coleópteros	Neem ( <i>Azadirachta indica</i> )
Lepidópteros, áfidos, ácaros	Cinamomo ( <i>Melia azedarach</i> )
Ácaros, pulgones, trips	<b>Aceites esenciales</b> de anís, canela, geranio, eucalipto, menta, mostaza
Pulgones, trips, mosca blanca	<b>Piretrinas:</b> Crisantemo ( <i>Dendranthemum cinerariaefolium</i> ).
Pulgones, ácaros, trips	<b>Rotenona:</b> <i>Derris</i> sp., <i>Lonchocarpus</i> sp., <i>Tephrosia</i> sp.
Ácaros, hormigas, pulgas	<b>Aceite de Cítricos.</b> D-Limonene.
Pulgones, trips	<b>Alcaloides:</b> Lirios ( <i>Schoenocaulam officinale</i> )

**Ejemplos de Bioinsecticidas botánicos.**

FUENTES: Fernández, 2009 y O'Farrill-Nieves, s/f

**TABLA 5. Control biológico de plagas.**

<b>Organismo</b>	<b>cultivos</b>	<b>Plaga objetivo</b>
<i>Bacillus thuringensis</i>	Repollo Tomates yuca Camote Papa Maíz	<i>Pieris</i> sp. <i>Heliothis</i> y <i>Spodoptera</i> <i>Erynnis</i> sp (polilla, larva) y <i>Spodoptera</i> sp. <i>Spodoptera</i> sp. <i>Heliothis</i> sp. (polilla, larva) <i>Spodoptera</i> sp. (gusano cogollero)
<i>Beauveria bassiana</i>	Plátano Camote	<i>Cosmopolites sordidus</i> (gorgojo negro) Curculionidae
<i>Metarthizium anisopliae</i>	Pastos Arroz	Cercopidae Curculionidae
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Guayaba Café Plátano	Nemátodos del género Meloïdogyne Nemátodos <i>Radophulus similis</i>
<i>Verticillium lecanii</i>	Tomates Pimienta Pepinos	Mosca blanca Mosca blanca Mosca blanca
<i>Trichogramma</i> sp.	Pastos Yuca Caña de azúcar	<i>Mocis</i> sp. (gusano medidor) <i>Erynnis</i> sp. <i>Diatraea saccharalis</i> (barrenador de caña)
<i>Pheidole megacephala</i> (hormiga leona)	Camote	Gorgojo

**Control biológico de plagas:** Organismos biológicos para el control de plagas insectiles en Cuba.

Fuente: Altieri, 1999

TABLA 6. Control biológico de plagas.

Plaga	Especies de enemigos naturales
<b>Mosca blanca</b>	<b>Parasitoides:</b> <i>Encarsia Formosa</i> , <i>Eretmocerus eremicus</i> , <i>Eretmocerus mundos</i> . <b>Depredadores:</b> <i>Macrolophus caliginosus</i> , <i>Delphastus pusillus</i> .
<b>Minadores de hoja</b>	<b>Parasitoides:</b> <i>Dacnusa sibirica</i> , <i>Opius pallipes</i> , <i>Diglyphus isaea</i>
<b>Pulgones</b>	<b>Parasitoides:</b> <i>Aphidius colemani</i> , <i>Aphidius ervi</i> , <i>Aphelinus abdominalis</i> <b>Depredadores:</b> <i>Adalia bipunctata</i> , <i>Hippodamia convergens</i> , <i>Aphidoletes aphidimyza</i> , <i>Chrysoperla carnea</i> , <i>Chrysopa carnea</i> , <i>Harmonia axyridis</i>
<b>Araña roja</b>	<b>Depredadores:</b> <i>Neoseiulus californicus</i> , <i>Amblyseius californicus</i> , <i>Phytoseiulus persimilis</i> , <i>Feltiella acarisuga</i> , <i>Therodiplosis persicae</i>
<b>Trips</b>	<b>Depredadores:</b> <i>Amblyseius degenerans</i> , <i>Amblyseius cucumeris</i> , <i>Neoseilus californicus</i> , <i>Orius albidipennis</i> , <i>O. laevigatus</i> , <i>O. majusculus</i> , <i>O. insidiosus</i> , <i>Hypoaspis aculeifer</i> , <i>Hypoaspis miles</i> .
<b>Orugas</b>	<b>Parasitoides:</b> <i>Trichogramma evanescens</i> , <i>Trichogramma brassicae</i> <b>Depredadores:</b> <i>Podisus maculiventris</i> , <i>Macrolophus caliginosus</i>
<b>Cochinillas</b>	<b>Parasitoides:</b> <i>Leptomastix dactylopii</i> , <i>Anagyrus pseudococci</i> . <b>Depredadores:</b> <i>Cryptolaemus montrouzieri</i>

**Control biológico de plagas:** Ejemplos de enemigos naturales.

Fuente: Badii y Abreu, 2006

**TABLA 7. Asociación de cultivos**

<b>Cultivo plantas</b>	<b>Compañeras</b>	<b>Antagónicas</b>
<i>Allium cepa</i> (cebolla)	Lechuga, remolachas, tomate fresa , zanahoria. Valeriana y perejil	
<i>Allium sativum</i> (ajo)	Remolacha y tomate. Familias de las coles, fresa y frejol común	
<i>Apium graveolens</i> (apio)	Caupi y quinchocho	
<i>Arachis hypogaea</i> (maní)	Cacao, coco y plátano	
<i>Capiscum annuum</i> (pimiento)	Perejil y zanahoria	Girasol, tomate y rábano
<i>Capiscum frutescens</i> (ají dulce)	Perejil y zanahoria	Solanáceas, girasol ayuma y tomate
<i>Carica papaya</i> (papaya)	Café, cacao, frutales y maíz	
<i>Daucus caroto</i> (zanahoria)	Rabanito, rábano y tomate	Eneldo, ajo, acelga
<i>Ipomea batata</i> (batata)	Maíz, yuca y berenjena	
<i>Fragaria sp.</i> (fresa)	Cebolla, espinaca, eneldo y valeriana	Familia de la col
<i>Lactuca sativa</i> (lechuga)	Aj, tomate, zanahoria, rábano y pepino	
<i>Manibot esculentus</i> (yuca)	Maíz, papaya y piña	
<i>Musa paradisiaca</i> (plátano)	Café, cacao, piña, yuca, cítricos, papaya	
<i>Phascolus aureus</i> (fréjol mungo)	Aguacate y jengibre	
<i>Parsea americana</i> (aguacate)	Maíz, pepino, zanahoria y batata	
<i>Psidium guajara</i> (guayaba)	Familia e la col, fréjol	
<i>Petrosilenium sativum</i> (perejil)	Café, coco, tomate, rosas, espárragos, leguminosas, mostaza	
<i>Rafanus savinus</i> (rábano)	Café, cacao, coco, piña	
<i>Solanum melongena</i> (berenjena)	Tomate, apio, arveja	Cebolla, ajo, gladiolo
<i>Solanum tuberosa</i> (papa)	Frejoles, pepino, lechuga y espinaca	
<i>Saccbarum officinarum</i> (caña de azúcar)	Fréjol, lechuga, camote, col china, rábano	
<i>Spinacia oloracea</i> (espinaca)	Lechuga, fresa	
<i>Theobroma cacao</i> (cacao)	Ajo, frejol, maíz, col de repollo, berenjena	
<i>Zea mays</i> (maíz)	Todas las leguminosas	

**Ejemplos de asociación de cultivos**

Fuente: Núñez, 2000

### TABLA 8. Efectos de la agricultura industrial y de la agroecología sobre los recursos naturales.

Elaboración personal. Fuente original: Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración, Grupo ETC. 2014.

RECURSO NATURAL	AGRICULTURA INDUSTRIAL	AGROECOLOGÍA
<b>SUELO</b>	<p>La manufactura de nitrógeno sintético requiere el 90% de toda la energía que usa la industria de fertilizantes</p> <p>Usa entre el 70 y 80% de tierra arable Utiliza 176 millones de toneladas de fertilizantes sintéticos cada año, el 80% del fertilizante se usa para fertilizar cultivos forrajeros (carne)</p>	<p>Logra que de 70 a 140 millones de toneladas de nitrógeno sean fijadas anualmente en los suelos, a través de favorecer microorganismos naturales</p> <p>Usan entre el 20 y 30% de la tierra arable del planeta, de la cual cultiva por lo menos la mitad sin usar fertilizantes sintéticos (por ejemplo, el 23% del nitrógeno que se usa en sistemas agrícolas de cultivos asociados proviene del estiércol. Conserva la diversidad microbiana agrícola en la medida que logra mantener la integridad de los suelos y la diversidad de cultivos y animales.</p>
<b>BIODIVERSIDAD</b>	<p>Deforesta 13 millones de hectáreas y destruye 75 mil millones de toneladas de cubierta vegetal cada año. Trabaja con 5 especies y menos de 100 variedades de ganado. Europa y Norteamérica tienen la proporción más alta de especies pecuarias en peligro de colapso.</p> <p>La apicultura comercial da servicio a una tercera parte de los cultivos en los países industrializados. Las colonias de abejas están teniendo bajas dramáticas a causa de los insecticidas La sobreexplotación ha causado que el 20% de las especies de agua dulce se encuentren en peligro de extinción. El 30% de las reservas oceánicas están sobreexplotadas y el 57% están al límite de la sobre-explotación. El 75% de las tierras deforestadas en el Amazonas brasileño está ocupado por ganaderos. Utiliza 176 millones de toneladas de fertilizantes sintéticos cada año, el 80% del fertilizante se usa para fertilizar cultivos forrajeros (carne). Contribuyen a la destrucción del 1.5% de los prados submarinos.</p>	<p>Desde los años setenta han cultivado más de 2.1 millones de variedades de 7 mil especies Utilizan más de 40 especies pecuarias y mantienen 7 mil variedades locales 71 de los 100 cultivos alimentarios más importantes son polinizados por abejas (principalmente abejas silvestres).</p>

Continuación...

**Efectos de la agricultura industrial y de la agroecología sobre los recursos naturales**

---

<b>AGUA</b>	<p>Usa el 70% del agua destinados a prácticas agrícolas, 76% del agua que cruza las fronteras nacionales se usa para la agricultura industrial y el procesamiento de sus productos (por ejemplo, el comercio de frijol de soya y sus derivados gasta el 20% del total de los flujos de agua internacionales), El comercio de productos animales e industriales requiere cada uno del 12% del uso del agua</p> <p>El agua que se usa para la producción de alimentos que luego se desperdician (riego y procesamiento) sería suficiente para satisfacer las necesidades domésticas de 9 mil millones de personas.</p>	<p>Las filtraciones de nitrato hacia los mantos freáticos son cuatro veces menores en las parcelas que no usan agroquímicos</p> <p>Se podría reducir la demanda de agua en un 50%</p>
<b>GASES EI</b>	<p>Ocasiona entre el 44 y 57% de las emisiones de gases con efecto invernadero al año y libera 299 millones de toneladas de carbono a la atmósfera</p>	<p>La agricultura orgánica y campesina, así como las prácticas agroecológicas de restauración de suelos pueden almacenar entre 3 y 8 toneladas adicionales de carbono por hectárea, reduciendo hasta el 60% de las emisiones GEI</p> <p>Los microbios gastrointestinales, al variar entre razas y piensos....reducen las emisiones de metano de las reses</p> <p>Las emisiones de GEI se reducirían al menos en 60%</p>
<b>COMBUSTIBLES FOSILES</b>	<p>Usa más del 80% de los combustibles fósiles</p>	<p>el uso de combustibles fósiles se reduciría entre 75 y 90%</p>

**Efectos de la agricultura industrial y de la agroecología sobre los recursos naturales.** Elaboración personal. Fuente original: Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración, Grupo ETC. 2014.