

La preparación de suelos (remoción, desmenuzamiento y nivelación), independientemente de la modificación de su estructura, elimina malezas y expone a las partículas del suelo a la radiación solar ultravioleta (letal) e infrarroja (desecante), que bajan las poblaciones de hongos, bacterias y otros agentes biológicos (aves y otros animales) que devoran larvas de insectos. (Velasteguí, 1997).

La *preparación de terrenos* antes de una siembra y/o trasplante incluyen también:

- Desinfección de suelos (solarización, vapor de agua, agua hirviendo).
- Acondicionamiento de suelos (curvas de nivel, terrazas).
- Emiendas de suelo ej: encalamiento de suelos ácidos que mejora el pH, incrementa la absorción de nutrientes y provee a las plantas de tejidos más resistentes al ataque de fitopatógenos. Aplicación de azufre molido al suelo para corregir pH de suelos alcalinos (útil para el combate de *Agrobacterium tumefaciens*).
- Abonamiento con materiales orgánicos (compost, estiércoles, purín, humus de lombriz, harinas vegetales, abonos verdes, rastrojos y malezas no perniciosas).
- Fertilización química racional en algunos casos (de acuerdo al sistema agrícola practicado).
- Inoculaciones de suelo con organismos antagónicos a los agentes nocivos (ej. *Trichoderma*, *Paecilomyces*, *Gliocladium*, *Bacillus*, *Beauveria*, *Metarhizium*, *Verticillium*).

3.1.3.1.2 Labores de cultivo

Las labores de cultivo más utilizadas son:

- Las *distancias de siembra* (densidad de plantación) apropiadas para evitar excesos de humedad en el microclima y reducir el riesgo de ataque de la gran mayoría de agentes de enfermedad.
- El *trasplante* con pan de tierra, técnica para evitar destrucción de raíces.
- La *aireación del suelo*, que mediante técnicas de manejo evita compactaciones, y otras prácticas como *escardas*, *aporques*, etc., previenen la asfixia del sistema radicular y la incidencia de agentes microbianos de pudrición, y favorecen la eliminación de malezas que se encuentren compitiendo con el cultivo por agua, nutrientes y luz, a más de ser posibles hospederos intermediarios de agentes de enfermedad o plaga.

- Las **limpiezas, podas sanitarias e higiene** en finca, reducen las fuentes de contaminación y disminuyen las poblaciones de plagas y patógenos. En efecto, la eliminación de órganos y/o plantas enfermas o plagadas, lo que se conoce como control mecánico (podas sanitarias, retiro de rastrojos peligrosos por presencia de plagas o enfermedades o extirpaciones quirúrgicas de partes dañadas de los vegetales), es una agrotécnica útil para eliminar fuentes de inóculo o reservorios de plagas.
- Los **riegos adecuados**, según la especie y variedad cultivada, proveen de agua en las etapas fenológicas claves y los **drenajes** evitan encharcamientos (asfixia y pudrición de raíces) o un microclima con alta humedad relativa.

Para evitar enfermedades es preferible el riego por gravedad o goteo en lugar del riego de aspersión. Por ejemplo, el riego por aspersión puede disminuir el ataque de la palomilla de la col pero favorece las enfermedades en las hojas. Los excesos de agua en el suelo controlan varias especies de insectos plaga pero favorecen el ataque y la distribución de hongos y bacterias que afectan al sistema radicular y causan marchitamientos y/o muerte de las plantas. Períodos prolongados de sequía o desbalances hídricos pronunciados en el suelo, producen la caída de niveles de calcio en el tomate y la incidencia de la pudrición apical de los frutos como el agrietamiento en la manzana, durazno y cucurbitáceas.

- La **regulación del clima y del microclima**, es factor esencial para elevar la productividad y acortar los ciclos de cultivo, así como también para evitar la prevalencia de condiciones favorables para el desarrollo y ataque de los enemigos de las plantas. El clima (vientos, lluvia, radiación solar) tiene su influencia directa sobre el microclima, dentro del cual la topografía y el tipo de suelo juegan un papel preponderante, y sobre los cultivos, que a su vez se ven influenciados por su densidad y la sombra que proyecten.
- Las **coberturas o mulch naturales** (hojarasca, rastrojos o malezas picados, chips de madera, paja seca, etc.), o **artificiales** (cartones, periódicos, etc.) coadyuvan a controlar la sequía o desbalances hídricos en el suelo, controlan malezas y aportan nutrientes (ej. en cultivos perennes se debe sembrar entre hileras maní forrajero, kudzú, vicia, etc.). En cultivos de melón y tomate, el uso de mulch plástico plateado y blanco repele pulgones y el mulch de plástico negro en fresa controla malezas, conserva la humedad y evita que los frutos estén en contacto con el suelo y se pudran. La condición básica, para el caso de los materiales no biodegradables es retirar y reciclar los mismos, para evitar que se queden como contaminantes del suelo.

3.1.4 LA BIODIVERSIDAD, EL RECICLAJE DE RECURSOS ORGÁNICOS Y EL MANEJO FISIOLÓGICO DE CULTIVOS

En algunos casos las plantas requieren de un suplemento a la nutrición que se les proporciona vía suelo. Dicha suplementación esencial es a través del follaje, con lo cual se incrementan los niveles de defensas naturales al ataque de agentes nocivos; esto es lo que actualmente se conoce como **Manejo Fisiológico de los Cultivos** (Miller, 2001).

Así, el exceso de nitrógeno contribuye al desarrollo de ciertas enfermedades como los mildiús vellosos (*Peronospora trifoliorum* en alfalfa o *Bremia lactucae* en lechuga) y los oídios (*Sphaerotheca pannosa persicae* en duraznero u *Oidium* sp. en tomate de árbol) y de plagas como pulgones (*Myzus persicae*, el pulgón verde) y ácaros (*Tetranychus urticae*). En cambio, la deficiencia de este elemento favorece la proliferación de botrytis (*Botrytis cinerea*) y alternaria (*Alternaria solani*) en tomate riñón.

“La diversidad en el tiempo y en el espacio, el reciclaje y utilización de la materia orgánica en los sistemas agrícolas producen un incremento en la eficiencia del uso de la humedad, los nutrientes y la luz solar, causando complementariamente una reducción en la incidencia de malezas, plagas y enfermedades” (Altieri, 1987; Chaboussou, 1977).

El mundo de la agricultura “tecnificada” es de alto consumo de combustibles fósiles, no renovables. En efecto, esta agricultura utiliza energía proveniente del petróleo y maquinaria agrícola que funciona con sus derivados.

Por tanto, una agricultura así no podrá mantenerse en el tiempo y en el espacio, porque se reducirá la capacidad de las áreas cultivadas que puedan soportar condiciones adversas y se convertirán en zonas sin autonomía, pero con una alta dependencia de factores externos. En contrapartida, se expresa que lo que se debe privilegiar es la optimización del uso de los recursos renovables, aprovechar los ciclos naturales y la mantención de la actividad biológica utilizando una variedad de plantas con amplia base de constitución genética, y la ocupación de los espacios (Actaf, 2001).

El cuidado en la preservación de la *fertilidad del suelo* y el *reciclaje* de materiales orgánicos que favorecen el bajo empleo de insumos resultantes del uso de combustibles fósiles, es otro de los principios sostenidos por la agricultura alternativa, como base fundamental del crecimiento vigoroso de los cultivos.

La descomposición de materiales orgánicos de origen vegetal o animal, por acción de los microorganismos del suelo, especialmente los aeróbicos, complementados por organismos macroscópicos, desembocan en la mineralización de la materia orgánica, que es a su vez el resultado de la acción microbiana para producir sales solubles (nitratos, fosfatos, sulfatos, óxidos de magnesio, calcio y potasio) que son absorbidos por los vegetales.

De la totalidad de materia orgánica descompuesta que se incorpora a un suelo, del 2 al 5% es directamente tomada por las raíces, mientras que del 25 al 30% es materia orgánica

nica residual y del 60 al 75% se convierte en CO₂. Las grandes ventajas de la materia orgánica aportada a un suelo agrícola se traducen en aspectos de carácter físico, químico y biológico.

En vista que el método científico no puede aplicarse exactamente por la imposibilidad de replicar todo el cúmulo de factores que interaccionan en un suelo con materia orgánica, y puesto que se necesita volúmenes importantes de ésta por unidad de superficie, lo importante es buscar los mínimos deseables que mantengan la fertilidad de un suelo y produzcan aumentos del rendimiento. Por ejemplo, en un manejo en donde se aportan 100 TM / ha de abono orgánico en el primer año y 60 TM en cada año subsiguiente, para elevar el porcentaje de materia orgánica a un 5%, el reto sería disminuir el aporte de materia orgánica en los años siguientes hasta solo 5 TM anuales. Con los resultados anotados, diremos que se está logrando algo realmente positivo y económico. Otro ejemplo es el de aportar para cultivos hortícolas 10 TM de compost por hectárea el primer ciclo y 2 TM para los ciclos posteriores (Montesinos, 1996).

Una de las más fuertes corrientes en defensa de la naturaleza y de las plantas contra sus enemigos, es la que expone a la biodiversidad biológica como uno de los pilares esenciales para preservar los recursos naturales, proteger el medio ambiente y favorecer la generación de una variedad de alimentos que mejoren la calidad de vida y la salud humana (Actaf, 2001).

El principio para sustentar la protección fitosanitaria en un medio biodiversificado se basa en las diferentes preferencias alimenticias que los seres vivos poseen, lo cual evita o disminuye el riesgo de los agentes nocivos que se multiplican rápidamente y afectan a los vegetales. Pues, al existir diversas especies de plantas, aquellos no dispondrían de alimentación única y en gran cantidad, como sucede en áreas dedicadas al cultivo de una o pocas especies. En estas áreas, la uniformidad genética de especies mejoradas, si ese es el caso, podrían ser atacadas en alto grado por los enemigos propios de esas plantas.

La biodiversidad, relacionada a la protección fitosanitaria es un controlador natural de agentes nocivos

La biodiversidad, relacionada a la protección fitosanitaria, es un controlador natural de agentes nocivos ya que estructura diversas alturas y formas de plantas, así como un hábitat de interbarreras, que constituye un ambiente que no permite la multiplicación indiscriminada de las poblaciones dañinas ni su traslación libre dentro de la zona, como sí ocurre en áreas de monocultivos.

Es necesario observar la organización de cultivos en una zona determinada, por ejemplo las asociaciones maíz-fréjol-cucurbitáceas, los cultivos múltiples o policultivos (lotes pequeños cada uno con diferente cultivo), los cultivos intercalados y los cultivos en franjas son modalidades deseables. En contraste, el monocultivo favorece la incidencia de plagas y enfermedades por el aumento de las poblaciones y por la alimentación disponible a discreción. En el caso de las plagas, un monocultivo no ofrece barreras físicas que impidan su traslado y no tienen olor y color diferentes que los desorienten.

3.1.5 LA ROTACIÓN DE CULTIVOS

La rotación de cultivos es una de las agrotécnicas de mayor trascendencia en agricultura y en sanidad vegetal, ya que disminuye las poblaciones de agentes nocivos y puede interrumpir ciclos de vida de los mismos, con lo cual su presencia se reducirá. También coadyuva en el combate a las malezas, al proveer de especies que den sombra y contribuye a la biodiversidad (IICA, 1997).

Además, contribuye a mantener la fertilidad de los suelos, evitando que uno o pocos cultivos consuman cantidades excesivas de determinados nutrientes. Si en la rotación intervienen leguminosas u otras especies fijadoras, se aportarán a los suelos cantidades importantes de nitrógeno. La profundidad de la capa arable y su fertilidad se mejora al existir especies de raíces superficiales y de raíces profundas que permiten el balance de nutrientes y la extracción de elementos de capas profundas hacia arriba.

La rotación de cultivos, dependiendo de factores de rentabilidad, debe hacerse con especies muy diferentes: maíz-fréjol, melón-col-tomate, papa-pastizal con gramíneas y leguminosas, y evitar las asociaciones de plantas que tienen problemas fitosanitarios similares, preferencias parecidas por nutrientes o sistemas radiculares de la misma longitud o estructura, ej.: papa-ají-tomate o fréjol-tomate. Igualmente, los problemas de *Meloidogyne* y *Pseudomonas solanacearum* se pueden minimizar rotando las especies susceptibles con gramíneas.

3.1.6 AGROTÉCNICAS EN COSECHA Y POSTCOSECHA

Las pérdidas en cosecha y poscosecha pueden alcanzar hasta un 50% de los rendimientos potenciales y muchas de ellas se deben directa o indirectamente a problemas fitosanitarios (FAO, 2000).

Las agrotécnicas en cosecha y poscosecha son cruciales para evitar daños y pudriciones. Son de suma importancia la cosecha delicada de frutos, la desinfección de herramientas de cosecha; evitar causar heridas o magulladuras a la cosecha, embalaje y almacenamiento; lavado y tratamiento cuidadosos de frutos cosechados y con aguas apropiadas; almacenamiento y transporte a temperaturas adecuadas (0-5-12° C).

3.1.7 EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (MIP)

El MIP se define como la articulación de variadas técnicas de métodos diferentes de control, incluyendo el químico (excepto en los esquemas estrictos de Agricultura Orgánica), económicamente viables, no peligrosos para el ser humano y animales, que protejan el medio ambiente y, que contribuyan a una agricultura sustentable. (Basado en Andrews y Quezada, 1989; Uce-Clades, 1996).

Los principales métodos disponibles que involucran técnicas de carácter fitosanitarios para el diseño de estrategias MIP se describen en el cuadro 3.

Cuadro 3 Componentes fundamentales para un manejo integrado (MIP) de enfermedades de los cultivos

MÉTODOS	EJEMPLOS DE TÉCNICAS
AGRONÓMICO	Agrotécnicas (labores culturales) para propiciar el vigor de los cultivos.
GENÉTICO	Uso de variedades tolerantes o resistentes
MECÁNICO	Eliminación de material enfermo / Higiene de la finca.
FÍSICO	Uso de solarización / Vapor H ₂ O / Filtros U.V. / Ozono / Ultrasonido / CO ₂ .
BIOLÓGICO	Uso de microorganismos antagónicos, plaguicidas microbianos, parasitoides y predadores.
ECOLÓGICO	Utilización de insumos alternativos en armonía con los componentes del medio ambiente.
LEGAL O REGULATORIO	Aplicación de leyes y reglamentos de Sanidad Vegetal.
QUÍMICO	Uso y manejo racional de insumos de síntesis química.
Nutrición vegetal eficiente vía suelo y vía foliar.	
Vigilancia o monitoreo permanente de los cultivos a fin de seleccionar a tiempo las mejores estrategias de manejo.	

Autor: Velasteguí (2001)

La aplicación de estas opciones en la práctica agrícola ha dejado de ser utópica, transformándose en un conjunto de tecnologías científicas, que armonizadas entre sí dan como resultado el deseo lógico del ser humano por reestablecer los equilibrios ecológicos, incentivando el funcionamiento normal de los factores físicos, químicos y biológicos que interactúan en la naturaleza.

Por tanto, el manejo integrado de los problemas fitosanitarios se fundamenta en la utilización armónica de más de un método de control, que disminuyan los daños y a la vez que procuren reducir o eliminar el empleo de sustancias extrañas a las plantas. Lo importante es tratar de convivir con los agentes nocivos hasta cuando sus daños comienzan a tener una gravitación económica negativa (el “umbral económico” determinado por un monitoreo eficaz y oportuno), momento en el cual habrán de intensificarse las medidas de combate por focos y/o de manera general (Andrews y Quezada, 1989).

El cuadro 4, resume algunos de los componentes esenciales para diseñar estrategias MIP en el manejo de la “lancha” en papa.

Cuadro 4 Componentes básicos para el diseño de estrategias MIP en el manejo de la “lancha” (*Phytophthora infestans*) /papa

ELEMENTOS A SER CONSIDERADOS	INSUMOS Y PROCEDIMIENTOS
Historia del terreno	Por lo menos de 5 años para conocer la existencia de papa u otras solanáceas, las condiciones del suelo y de los cultivos, así como los problemas fitosanitarios presentados.
Desinfección del terreno y/o disminución del inóculo.	Solarización de suelo por 4-6 semanas. Rotación de cultivos, en algunos casos espaciando el cultivo de papas hasta en períodos de 3 a 4 años.
Remoción y desmenuzamiento del terreno	Una o dos labores de cada una de las prácticas de remoción y desmenuzamiento, según la estructura del terreno. Estas medidas son utilizadas principalmente en terrenos que han perdido su estructura.
Camellones de siembra o “guachado”	Construirlos altos y anchos. Evitar áreas de encharcamientos.
Papa-semilla	Utilizar papa-semilla certificada y de variedades resistentes a lanchar o preparar papa-semilla por el método de verdeamiento.
Desinfección papa-semilla	Captan/Terraclor/Tiuram/Vitavax 200 o 300/Malathión * Inmersión por 3-5 min., secar a la sombra. En agroecología se puede utilizar la ceniza para la desinfección de la semilla.
Densidad de siembra	Seleccionar los distanciamientos de siembra para evitar excesos de humedad en el microclima.
Nutrición vegetal	Equilibrio de nutrientes con base a abonos orgánicos y/o químicos, uso de rotaciones y asociaciones, según análisis físico-químico del suelo y su capacidad productiva. Bioestimulantes y fertilizantes foliares para estimular la generación de las defensas propias de las plantas.
Regulación del clima	Aireación del suelo, barreras rompevientos para evitar desbalances termo-hídricos.
Riegos y Drenajes	Practicar los más adecuados a fin de evitar humedades relativas excesivas en el microclima.
Control de malezas	Deshierbas manuales, cultivos en relevos (Ej. : papa – haba -pasto).
Aporques	Hacer aporques altos y oportunos, sin herir a las plantas.
Monitoreo de lanchar	Revisar semanalmente las partes bajas del cultivo en búsqueda de síntomas y/o focos. Monitoreo climático (lluvias/neblina/granizadas).
Aspersiones al follaje	Ejemplos de fungicidas protectantes: Polyram Combi, Kocide 101, Trimiltox Forte, Cuprofix, Curprosán * Ejemplos de fungicidas sistémicos: Ridomil Gold, Fongarid, Aliette,* Rotar productos protectantes y sistémicos, de diferentes mecanismos de acción. Usar solamente uno de los fungicidas mencionados. No se recomienda usar mezclas, excepto en zonas muy húmedas con lluvias intensas.
Eliminación del follaje	Cerca de la cosecha eliminar el follaje de las plantas manualmente para evitar riesgos de infección de tubérculos.

Autor: Velasteguí (2001)

- * Dentro de esquemas de agricultura orgánica, la mayoría de insumos de síntesis química no pueden ser utilizados, las excepciones son algunos productos protectantes cúpricos y azufrados. En agroecología el enfoque para el manejo de plagas y enfermedades se fundamenta en la prevención, mediante el diseño de agro ecosistemas con alta diversidad funcional y el manejo de la fertilidad y “vida” del suelo. Las aspersiones al follaje son sólo un complemento y se propende al uso de productos que no sean de síntesis química.

3.1.8 EXPERIENCIAS AGROECOLÓGICAS - ESTUDIOS DE CASO

3.1.8.1 La solarización, un método físico-biológico para la desinfección de suelos

Las investigaciones se realizaron en La Tola - Tumbaco, a 2.465 msnm, con temperaturas medias de alrededor de 16°C.

El método de control físico-biológico denominado solarización (Fig. 11 y 12) tecnología sencilla de descontaminación de suelos en pre-siembra, mediante la radiación solar natural y con la utilización de plástico delgado transparente el cual propicia la generación del “efecto invernadero”.

Un suelo completamente desnudo, sin ninguna cobertura, pierde fácilmente el calor que recibe del sol durante el día. En cambio, en un suelo ligeramente húmedo y cubierto por un plástico delgado transparente, los rayos solares penetran a la capa arable, se conserva la temperatura y no se pierde humedad. El plástico transparente de hasta 100 micras de espesor deja pasar la radiación infrarroja al suelo, mientras que el plástico negro, si bien capta mayor radiación infrarroja, en cambio, la guarda para sí, dejando pasar escaso calor al suelo.

Figura 11 Preparación de las platabandas para los ensayos y registro de temperaturas del suelo



Termómetro (color celeste)

El efecto descontaminante en el suelo por efecto de la solarización se debe a:

1. La elevación de su temperatura provoca un stress y a veces la reducción de la viabilidad de agentes patógenos y aún agentes plaga, ya que en condiciones de humedad aumenta su sensibilidad térmica, así como la conducción del calor.
2. Un control biológico al incrementarse las poblaciones microbianas benéficas por la elevación de la temperatura y el contenido de humedad en el suelo, lo cual potencializa la actividad de microorganismos antagonistas que contro-

lan las poblaciones de hongos patogénicos, de insectos plaga, de ácaros, así como también elimina malezas por espacios de tiempo prolongados. El principio es que los organismos patogénicos son menos resistentes a factores adversos que muchos de los saprófitos y controladores biológicos como *Trichoderma spp.* y *Bacillus subtilis*.

3. La generación de ciertas sustancias volátiles como el amoníaco y otras a partir de la descomposición de la materia orgánica, las que juegan también un rol en el control de agentes perjudiciales en suelos solarizados.

Existen, además, efectos colaterales benéficos por la solarización de suelos, ya que se incrementa la disponibilidad de sales solubles en ellos, en razón de que, al aumentar la temperatura y la humedad, los microorganismos se multiplican y su metabolismo es mayor con lo que la descomposición de la materia orgánica se acelera y, por tanto, también los procesos de mineralización de la misma.

De manera similar, por la generación de calor y la presencia de humedad, se aumenta la solubilización de sales minerales ya presentes o que han sido añadidas al suelo con fertilizantes químicos. Como consecuencia, se incrementa la productividad en cultivos sembrados en terrenos solarizados. En otros términos, se generan concentraciones más altas de sustancias solubles en agua, tanto de la materia orgánica como de los minerales, por lo que los cultivos que se establecen en dichos suelos crecen con mayor rapidez y vigor.

La *solarización* consistió en la remoción completa del terreno de platabandas de 30 x 1.5 x 0.20 m (Fig. 11), su desmenuzamiento y nivelación (uniformización del terreno para evitar encharcamiento por lluvia). Luego, se efectuó un riego ligero denominado “punto de siembra” (actualmente se recomiendan riegos abundantes a “capacidad de campo”); se tendió sobre el suelo una lámina de *polietileno delgado transparente* y se lo selló firmemente con tierra alrededor de cada platabanda. El plástico permaneció en el terreno durante seis semanas.

El tratamiento de *solarización* (con plástico transparente) se comparó con los tratamientos de (coberturas): plástico negro, plástico blanco, sacos de yute, papel, periódico y el testigo (sin cobertura).

La experiencia consideró la permanencia de las coberturas por 6 semanas, durante las que se registraron las temperaturas de suelo tres veces al día y tres veces por semana, con un geotermómetro de espiga metálica a 5 y 20 cm de profundidad en la parte central de las parcelas.

Luego del retiro de las coberturas se registró también el porcentaje de malezas por metro cuadrado, para lo cual se utilizó un marco de madera de esa medida, el que fue lanzado al azar en la parte central de cada platabanda. Finalmente, sin fertilización o abonamiento orgánico, se sembró lechuga (*Lactuca sativa*, var. Great Lakes) en las platabandas.

Las lecturas tomadas fueron: el porcentaje (%) de mortalidad de las plantas, el vigor y la coloración del follaje, el tamaño de plantas y el rendimiento en peso de 40 de ellas por tratamiento, cosechadas al azar, exceptuando aquellas de las hileras de los bordes.

Figura 12. Platabandas con algunos tratamientos empleados en la investigación: sacos de yute, papel periódico, plástico negro, plástico blanco de 100 micras de espesor (solarización) y el testigo (sin cobertura)



Uno de los resultados más sobresalientes de la solarización fue la obtención de temperaturas de suelo mayores en las platabandas de más de 4 grados centígrados, en promedio, que con plástico negro (Cuadro 5).

Cuadro 5. Temperaturas de suelo a 5 cm de profundidad, con diferentes cubiertas para desinfección del suelo (Noviembre - Diciembre 1995/ La Tola -Tumbaco)

TRATAMIENTOS	TEMPERATURAS DE SUELO (°C)			
	7 h 30	13 h 30	18 h 00	Promedio
Testigo	14.3	25.6	15.5	18.5
Papel periódico	17.7	22.5	18.3	19.5
Plástico blanco	15.7	25.3	19.0	20.0
Plástico transpar*	20.4	31.0	22.5	24.3
Plástico negro	16.3	26.0	19.5	20.6
Sacos de yute	15.3	23.5	19.0	19.3

* Solarización

Las temperaturas de suelo a 5 cm de profundidad fueron de mayor a menor, en su orden: plástico transparente, plástico negro, plástico blanco, papel periódico, sacos de yute y testigo.

Las temperaturas promedio entre 20.4 y 31.0°C son adecuadas para incentivar la reproducción de microorganismos, una mineralización más eficaz de la materia orgánica presente en todo suelo agrícola e incentivar la disponibilidad de mayor número de sales solubles.

Cuadro 6 Resultados de los tratamientos evaluando mortalidad de plantas de lechuga, presencia de malezas y peso de lechugas (La Tola Tumbaco)

TRATAMIENTOS	Mortalidad lechugas (%)	Presencia Malezas (%/m ²)	Peso promedio por planta de lechuga (g/planta)
Testigo	18.5	44.0	196.6
Papel Periódico	8.0	24.5	186.4
Plástico blanco	10.5	2.5	163.0
Plástico transparente*	4.4	1.6	306.4
Plástico negro	5.0	0.8	215.6
Sacos de yute	15.7	25.0	181.6

* Solarización

La mortalidad de las plantas de lechuga (cuadro 8) luego del trasplante fue menor en el tratamiento con el uso de plástico transparente (solarización). Esta mortalidad se debe, entre otras causas, al denominado “stress de trasplante” en el que interviene la rapidez de absorción de sales solubles en agua por parte de las raíces de las plantas recién trasplantadas.

Si un suelo solarizado provee la mencionada condición, entonces eso contribuirá a un mejor “prendimiento” y en consecuencia una se dará una menor mortalidad. Otra de las causas es el ataque de hongos fitopatógenos que provocan el “damping-off” afectando al cuello de las plantas en su primer mes de vida. Esto ocurrió en muy pocas ocasiones con la solarización.

El control de malezas también fue significativo en el tratamiento de solarización y ocupó el segundo lugar, siendo superado solamente por el plástico negro.

Finalmente, el rendimiento en peso de las lechugas fue mayor en el tratamiento con solarización, confirmando el proceso de generación de mayores índices de sales solubles en el suelo y su mejor y más rápida disponibilidad y asimilación por parte de las plantas.

Los resultados obtenidos en las investigaciones permiten concluir que, para zonas similares a las de La Tola-Tumbaco, se recomienda la desinfección del terreno por el método de la solarización de suelos (plástico transparente) por 6 semanas, con el fin de obtener una menor mortalidad de plantas después del trasplante, controlar malezas y conseguir mejores rendimientos por unidad de superficie (Velasteguí, 1997).

En cuanto a costos, la comparación entre los valores en la investigación versus la aplicación de un producto fumigante químico de suelos, se consigna en el cuadro 7:

Cuadro 7 Costos (en dólares) de desinfección de una 1 ha de terreno con Basamid Granulado versus Solarización.

DESINFECCION CON BASAMID GRANULADO					DESINFECCION CON SOLARIZACION				
Rubro	Unidad	Cantidad	Valor Unitario \$	Valor Total \$	Rubro	Unidad	Cantidad	Valor \$ unitario	Total \$
Remoción	hora	4	4.2	16.8	Remoción	hora	4	4.2	16.8
Nivelada	jornal	10	3.0	30.0	Nivelada	jornal	10	3.0	30.0
Basamid	Kg	300	10.0	3000.0	-----	-----	-----	-----	-----
Aplicación e incorporación	Jornal	10	3.0	30.0	-----	-----	-----	-----	-----
Riego	Jornal	10	3.0	30.0	Riego	Jornal	10	3.0	30.0
Compactado	-----	-----	-----	-----	Compactado	hora	2	4.2	8.4
Cobertura Plástica	-----	-----	-----	-----	Cobertura plástica	Kg	100	1.7	170.0
Sellado	-----	-----	-----	-----	Sellado	jornal	10	3.0	30.0
Aireación suelo	hora	2	4.2	8.4	Aireación suelo	hora	2	4.2	8.4
Total				3115.2					1823.6

El costo de la solarización de suelos es sustancialmente menor, más aún cuando el plástico transparente en la solarización se lo puede utilizar por dos ocasiones.

3.1.8.2 Evaluación de solarización y *trichoderma harzianum* para el control de *sclerotinia sclerotiorum* agente causal de la pudrición basal de la lechuga (Rivas y Velasteguí, 2000)

En la localidad de Chambo, provincia del Chimborazo a 2767 msnm y a 12.8 °C de temperatura media anual, se investigó la influencia de la solarización del suelo sobre el hongo fitopatógeno, *Sclerotinia sclerotiorum*, utilizando polietileno transparente de 50 micras de espesor en tiempos de 4, 8 y 12 semanas de permanencia de la lámina, colocada sobre terrenos enmendados previamente con *Trichoderma harzianum* a la dosis de 25 g/m². También se investigó la eficiencia de *T. harzianum* sin solarización.

Luego del proceso, se sembró lechuga variedad Great Lakes, a distanciamientos de 0.30 x 0.35 m. Se registraron temperaturas de suelo a 5, 10 y 15 cm de profundidad a las 8h00, 13h00 y 15h00; la población de propágulos de *T. harzianum*; la incidencia y severidad de la enfermedad; tamaño y peso de las plantas; la conductividad eléctrica y los niveles de sales solubles en el suelo y; un análisis económico de los tratamientos.

Entre los principales resultados de la investigación se obtuvo que con la solarización se alcanzaron *temperaturas promedio* de 30.69, 27.30 y 25.05 °C

a las 15h00, en las tres profundidades mencionadas, frente a 21.82, 19.42 y 18.28 °C con el testigo.

Los *propágulos de T. harzianum* se incrementaron con la solarización de 11 295 (4 semanas) a 12 423 (8 semanas) para luego descender a 4 943; mientras que con el testigo, los propágulos se incrementaron de 9 300 (4 semanas) a 10 992 (8 semanas) para luego descender a 4 416,8 (12 semanas).

La *incidencia y severidad de la enfermedad* en los tratamientos solarizados fue de 18.06% y 35.73 % (12 semanas) mientras que en el testigo fue de 44.44% y 49.97%, respectivamente.

En cuanto a *rendimiento* en peso, se logró un promedio de 0.737 kg/repollo, en 12 semanas del proceso mientras que solo se obtuvo 0.432 kg/repollo en el testigo.

Los tratamientos por 12 semanas registraron una *conductividad eléctrica* de 1.90 dSim/m en la solarización, frente al testigo con solo 0.87 dSim/m y en *sales solubles* 25.5 meq/l en la solarización frente a 14.8 meq/l, en el testigo.

El *retorno marginal* del tratamiento con solo *T. harzianum* fue el más alto con 39.30% mientras que en los mejores tratamientos con solarización (12 semanas) se alcanzó 26.11%, en vista del costo del plástico transparente utilizado.

Se recomienda, por tanto, la aplicación de *T. harzianum* a la dosis de 25 g/m² ya que es la más económica, de fácil manejo y que reduce en un 40% la pudrición basal.

La aplicación de *T. harzianum* más solarización por 12 semanas es también recomendable, ya que se logra reducir la incidencia de la enfermedad en un 60% y aumentar los rendimientos en razón de la generación de mayor mineralización de la materia orgánica y la disponibilidad de más cantidades de sales solubles en el suelo.

TEMA 3.2 MANEJO ECOLÓGICO DE PLAGAS

3.2.1 INTRODUCCIÓN

La agricultura actual se caracteriza por la presencia de un nuevo enfoque, en el que es importante el criterio de sustentabilidad de la producción y de sus recursos. Para lograr este objetivo se deberá recurrir al uso y manejo de los principios ecológicos que rigen en la naturaleza.

Entre estos principios están las relaciones entre comunidades vegetales y fitófagos, entre fitófagos y depredadores y, dentro de cada grupo entre sí, además del efecto que producen sobre todos ellos los factores físicos del área. También se debe conocer como el ser humano influye en estas relaciones.

El manejo ecológico de plagas comprende, por lo tanto, la aplicación de los principios que rigen el desarrollo de plantas y de fitófagos en condiciones naturales, es decir donde no interviene el ser humano. Además, si se habla de manejo ecológico, se debe rebasar el predio del agricultor, para involucrar grandes áreas en lo posible cuencas hidrográficas, o agroecosistemas.

3.2.2 LA ECOLOGÍA Y EL MANEJO DE PLAGAS

La ecología comprende el conocimiento de las relaciones que se establecen entre los integrantes de las comunidades vivientes, en un área determinada, y la influencia que ejercen sobre ellas los elementos físicos de la naturaleza. Estas áreas son de dos tipos: las que han recibido la intervención del ser humano y las que no han recibido esta intervención. En el presente caso, si se refiere a manejo de plagas, se entiende que son áreas en las que el ser humano ejecuta su actividad.

En un medio en el que no ha intervenido el ser humano, la característica más importante consiste en la estabilidad de las comunidades vegetales y animales, a lo largo del tiempo. Esta estabilidad, sin embargo, es el resultado de una continua lucha por la supremacía de las especies, lo que hace que las poblaciones cambien, pero siempre alrededor de una media poblacional.

Las áreas con intervención del ser humano se caracterizan por la poca o ninguna estabilidad de las poblaciones y por la reducción de la variabilidad vegetal y animal. Esto significa que imperan una o pocas especies y, dentro de éstas, en el caso de las plantas, es posible reconocer una marcada estrechez genética y una dominancia artificial de la planta que se cultiva. La discontinuidad en el tiempo se debe a que son plantas que duran poco desde el punto de vista ecológico, inclusive en el caso de los frutales, los cuales normalmente viven algunos años.

Las plantas presentes en estas áreas no se perpetúan por sí solas, como ocurre en las áreas no disturbadas, y no son producto de una selección natural. En muchos casos tienen un mismo origen genético, e inclusive pueden provenir de un solo individuo,

como sucede en plantas que se reproducen en forma clonal. También la estrechez genética se hace evidente en el caso de cultivo de híbridos, de manera que se disponen de plantas muy semejantes entre sí. Esta estrechez genética expone a que los daños por plagas y enfermedades involucren a la totalidad de las plantas de un cultivo determinado.

La presencia mayoritaria de pocas especies vegetales, hace que los organismos fitófagos, se nutran de ellas y al disponer de abundante alimento, incrementan fácilmente su población. Además los fitófagos tienen una mayor tasa de multiplicación que sus enemigos naturales.

El conocimiento de las fuerzas que intervienen para la estabilidad de las poblaciones y las características de los eslabones en la escala alimentaria son importantes medios para desarrollar una agricultura sostenible

En estas circunstancias, las plantas que son motivo de interés del ser humano por sí solas no pueden sobrevivir, y peor aún ofrecer altos rendimientos por unidad de superficie. Por lo tanto, se hace necesaria la implementación de métodos de control de los principales organismos que las afectan.

El conocimiento de las fuerzas que intervienen para la estabilidad de las poblaciones y las características de los eslabones en la escala alimenticia son importantes medios para desarrollar una agricultura lo más cercana posible a lo que ocurre en forma espontánea en la naturaleza.

3.2.3 MÉTODOS DE MANEJO ECOLÓGICO DE PLAGAS

3.2.3.1 Asociación de cultivos:

Los agricultores que producen para autoconsumo, frente al riesgo climático y ante la necesidad de disponer de una mayor variabilidad de alimentos, desarrollaron un sistema en el que la norma es la combinación de cultivos en una misma parcela. En estas circunstancias se encuentra un menor desarrollo de plagas que en condiciones de monocultivo.

El menor daño de plagas en cultivos asociados es ampliamente conocido, pero poco investigado, especialmente en otros cultivos diferentes a los que han sido desarrollados por los agricultores.

La combinación de cultivos o asociación de cultivos con fines de control, deberá incluir plantas que no compartan las mismas plagas. Además de la combinación de especies será necesario introducir variabilidad dentro de cada una de ellas. Esta variabilidad permitirá presentar una mejor resistencia frente a los efectos adversos del medio, entre los que se encuentran las plagas.

El principio que rige para este caso indica que, mientras mayor variabilidad vegetal exista, deberá presentarse una mayor variabilidad de especies animales, entre las que se incluye a los enemigos naturales.

La combinación de cultivos también puede incluir el cultivo en franjas, en contornos (Figura 13) e inclusive la siembra de plantas aisladas de una especie diferente al cultivo principal. La intención, en estos casos, consiste en que estas plantas se constituyan en lugares de refugio, y en sitios de alimentación de enemigos naturales de las plagas de los cultivos principales además de formar barreras físicas que disminuyen el traslado de plagas.

Un ejemplo de estos casos lo constituye el estudio de las relaciones de parasitismo del minador de hoja en papa, *Liriomyza huidobrensis*, en la parroquia Santa Martha de Cuba en el Cantón Tulcán, provincia del Carchi, mediante el empleo de parasitoides provenientes de haba.

El cultivo de papa desde aproximadamente el año 1997 es fuertemente atacado por el minador de la hoja debido a la eliminación de sus enemigos naturales, por el posible desarrollo de resistencia, y por el alto uso de pesticidas.

Entre los enemigos naturales del minador de la hoja de papa se encuentran dos parasitoides muy pequeños denominados comúnmente como avispietas, y con los nombres científicos de *Diglyphus* sp y *Chrisocharis* sp.

El minador de la hoja de papa del Carchi, también está presente en el haba en la zona de Colta en Chimborazo, donde no se aplican insecticidas a este cultivo, y por lo tanto son una fuente de insectos benéficos.

El trabajo consistió en la obtención de parasitoides provenientes del haba en Chimborazo y su traslado al cultivo de papa en el Carchi. Las pruebas realizadas durante 1999 y el 2000 demostraron que es factible su reproducción en este nuevo lugar. La efectividad de control fue de alrededor del 40%, en comparación con las parcelas con manejo del agricultor con agroquímicos que mostraron el 8% de efectividad de control. (Gallegos y Asaquibay, 2000).

La combinación de cultivos se estudia desde el año 2001, para lo cual se sembraron papas, en medio del cual se cultivan parcelas de haba. Al observarse la presencia de larvas de minador en el haba se liberaron parasitoides provenientes de Chimborazo. Se espera que los parasitoides que se desarrollen en el haba se trasladen después a la papa en busca de las larvas de minador, y reduzcan el daño en este cultivo. La efectividad de los parasitoides en las papas se comparará con el control del minador que realiza el agricultor mediante la aplicación de insecticidas. El ensayo está en proceso, por lo cual no se dispone al momento de información (Chulde, 2001)".

La combinación de cultivos deberá parecerse a lo que ocurre en forma espontánea en la naturaleza. En ella existe una especie dominante, alrededor de la cual coexisten otras, y cada una de ellas busca su propia supervivencia. El conjunto de especies presenta un mayor equilibrio a través del tiempo.

En condiciones de manejo agrícola la simplicidad de especies vegetales es una limitante para enfrentar los problemas de plagas.

Figura 13 Cultivo de papas en el que se ha sembrado al contorno hileras de cebada para disminuir el flujo de plagas migrantes. La siembra de cebada se realizó un mes antes del cultivo principal.



El empleo de cultivos en relevo también puede constituir otra práctica de combinación de cultivos, aunque por el corto tiempo en el que permanecen juntos los dos cultivos en el campo, no se manifiesta una protección mutua significativa frente al daño que pueden producir las plagas.

3.2.3.2 Resistencia varietal

La resistencia varietal a insectos fitófagos es la capacidad de una población de plantas para evitar, tolerar o recuperarse del daño producido por estos insectos. Este daño podría ser elevado en otro tipo de plantas de la misma especie, dentro de condiciones similares de medio ambiente. La resistencia de estas plantas se debe a características bioquímicas o morfológicas que afectan el comportamiento o el metabolismo de los insectos.

A continuación se presentan algunas consideraciones sobre resistencia varietal (Metcalf y Luckmann, 1975) que permitirán establecer antecedentes para el desarrollo de métodos de trabajo sobre este tema.

3.2.3.2.1 Evolución de la interacción insecto-planta

Se considera que en el inicio de los tiempos los insectos eran polívoros y consumían indiscriminadamente una alta variedad de plantas. Algunas de estas plantas, al sentirse amenazadas por las plagas, evolucionaron para producir ciertos compuestos denominados metabolitos secundarios, los cuales producían efectos adversos en los insectos que las consumían. En otros casos, las plantas produjeron estructuras físicas que impedían el fácil acceso de los insectos a las fuentes de alimento. En respuesta, a su vez, ciertos biotipos de insectos evolucionaron para romper las barreras creadas por estas plantas.

El proceso continuó para desarrollar nuevas barreras físicas y compuestos químicos nocivos a las plagas con la consiguiente adaptación de parte de

los insectos a estos vegetales, originándose nuevas especies de plantas y de insectos en un proceso permanente de coevolución.

Algunas plantas son preferidas como fuente de alimento por ciertos insectos y descartadas por otros. En esta escala de preferencia es posible seleccionar cultivares que podrían ser aprovechados con fines de manejo de insectos plaga.

Uno de los ejemplos lo constituye el desarrollo de la variedad de maíz 'Mishca Mejorado' para lo cual se colectaron familias de esta raza, en diferentes lugares de Pichincha tales como El Quinche, Pifo, Tumbaco, Sangolquí, Amaguaña, entre otros.

Las familias de este maíz se sembraron en un mismo lugar para identificar a aquellas que presentaron los 10 mejores rendimientos. En el siguiente año se cruzaron entre ellas y se seleccionaron nuevamente las mejores familias.

Posteriormente se continuó la selección para altura de inserción de la mazorca, tipo de mazorca, rendimiento de grano, y sanidad de planta y de mazorca. La sanidad de la mazorca consistió en la ausencia de daño de la mosca del choclo, *Euxesta eluta*, y de la mariposa del choclo *Heliothis zea*.

El fundamento de este trabajo consistió en que, si en algunos de estos lugares hubo una alta presencia de plagas, también hubo selección y por lo tanto pueden encontrarse cultivares con mayor resistencia. Esta resistencia, a su vez, puede incorporarse en otros materiales los cuales, por su parte, pueden ofrecer mayores rendimientos de grano. A la final, se pudo disponer de una variedad que incluía estos dos caracteres.

(Silva, 1994-1998)

En el proceso de aceptación o de rechazo de la planta por el insecto ocurren situaciones complejas, cuyos mecanismos en algunos casos se han podido llegar a conocer, como se indica a continuación.

3.2.3.2.2 Localización y reconocimiento del huésped

Los insectos disponen de mecanismos visuales y olfatorios que les permiten localizar a la planta específica de su preferencia. Se conoce que ciertos colores ejercen una fuerte atracción para los insectos como es el hecho del color amarillo para varias especies de áfidos y de mosca blanca. El sistema olfativo, en cambio, entra en juego cuando el insecto se encuentra junto a la planta, o realiza una masticación inicial, para que la planta libere los estímulos correspondientes, haciendo que se desencadene el proceso de alimentación o de oviposición.

El valor nutricional de la planta y la ausencia de compuestos tóxicos determinarán que ocurran los procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento y desarrollo de los estados inmaduros de los insectos, y la longevidad y fecundidad de los adultos.

3.2.3.2.3 Componentes de las plantas en el sistema de resistencia

Los componentes principales que confieren resistencia son dos:

• Factores físicos

Los factores físicos que confieren resistencia comprenden ciertas características morfológicas de la planta huésped, como la succulencia de los tejidos, la suavidad de la superficie, la presencia de pelos, trichomas y espinas. Además se incluyen estructuras completas que protegen especialmente los órganos reproductivos de la planta.

Algunos ejemplos conocidos son:

- a. Un cultivar de papa que presenta resistencia a áfidos, debido a que éstos al llegar a la hoja son atrapados por las secreciones que emiten los trichomas, luego de lo cual, no pueden moverse y mueren por inanición.
- b. Los frutales que poseen cuezco que, en su oportunidad, formaron esta estructura para proteger los órganos reproductivos que contienen la semilla.
- c. En la planta de maíz, los factores que confieren resistencia a los insectos que se alimentan de la mazorca son: la mayor distancia desde el extremo de la mazorca hasta el final de las brácteas, la mayor compactación de éstas y la forma ensortijada de los estigmas (o pelo de choclo) antes de que salgan del extremo de la mazorca.

Los insectos de la mazorca son la mosca *Euxesta eluta* y la mariposa *Heliothis zea*. Las hembras de estos insectos colocan los huevecillos en la parte externa de los estigmas, luego de lo cual la larva que nace de ellos se introduce en busca de los granos para alimentarse de los mismos. Los mecanismos de resistencia antes indicados son una barrera para el normal tránsito de las larvas hacia los granos de la mazorca, y por lo tanto no pueden alcanzarlos. Las larvas que no alcanzan a llegar a los granos se alimentan únicamente de los estigmas o de la parte superior de la mazorca.

• Factores químicos

El ambiente externo alrededor de la planta está comprendido por compuestos provenientes del metabolismo secundario, que emergen desde las capas externas de los tejidos. Estos compuestos generan estímulos olfatorios que contribuyen a la localización y reconocimiento de la planta huésped. La planta internamente posee una mezcla compleja de productos, algunos con valor nutricional. Otros en cambio, actúan como estimulantes o inhibidores alimenticios, algunos tóxicos; y un gran número como productos inertes.

La presencia de metabolitos secundarios permite al insecto reconocer a una planta como su huésped, y en otros casos sirve como mecanismo de defensa.

3.2.3.2.4 Mecanismos de resistencia

Otro de los aspectos de la relación planta-insecto es la identificación de los mecanismos de resistencia en los que se incluye el efecto del ambiente. Los mecanismos de resistencia pueden ser de dos tipos: ecológicos y genéticos.

• Mecanismos de resistencia ecológicos

La *asincronía fenológica*, se refiere a la susceptibilidad que presenta una planta a un insecto fitófago, en un estado fenológico específico (estado fenológico son las etapas, por las cuales atraviesa una planta: germinación o brotación, plántula, desarrollo vegetativo o crecimiento, floración, fructificación y madurez). Por otra parte, el mayor desarrollo de las poblaciones de insectos en su estado más perjudicial ocurre en una época específica del año. Cuando estos dos eventos coinciden se tiene el mayor daño posible en la planta y, por lo tanto, ocurre la mayor reducción en su rendimiento.

Los cambios en el patrón de crecimiento de la planta que ofrezcan una asincronía entre el estado susceptible de la planta y el estado perjudicial de la plaga constituyen una *modalidad de resistencia* que se denomina *evasión*.

La asincronía fenológica puede lograrse por la siembra adelantada o retrasada de un cultivo.

La asincronía puede lograrse por la siembra adelantada o retrasada de un cultivo, o por la introducción a la zona de una variedad precoz, o tardía, dependiendo del caso.

En el sentido estricto de la palabra, la asincronía fenológica no coincide con el concepto de resistencia; sin embargo se presenta de esta manera como una forma de explicación de este fenómeno.

La *resistencia inducida*, las variaciones en el manejo cultural tales como cambios en la fertilización e irrigación, producen efectos en el contenido nutricional de la planta, lo que provoca una respuesta diferente en los insectos fitófagos. Si la respuesta de los insectos ante estos cambios es en detrimento de su desarrollo y multiplicación el fenómeno se lo denomina resistencia inducida.

La aplicación de una sobredosis de nitrógeno (en forma de urea) en cítricos y otros cultivos incrementa la presencia de escamas y de ácaros. Si se quiere lograr una inducción de resistencia se deberá estudiar el efecto de dosis bajas y en forma fraccionada, o el uso de nitrógeno proveniente de fuentes orgánicas tales como compost, humus de lombriz, etc.

En el caso del efecto de la irrigación en el desarrollo de insectos plaga no existen estudios realizados en cultivos de la Sierra; sin embargo esto puede constituirse en una línea de investigación importante. En el caso del algodón, el empleo de riegos cortos en tiempo y de láminas de agua reducidas, ha demostrado ser un aporte significativo en la reducción del desarrollo de los insectos plaga.

• Mecanismos de resistencia genética

Los mecanismos de resistencia genética se basan en caracteres hereditarios que no son fácilmente alterados por el ambiente. Si bien este tema se abordó cuando se discutió sobre los componentes de las plantas que confieren resistencia, en este caso se incluye la observación de la respuesta del insecto con relación a estos componentes.

Los *factores de resistencia que influyen en los procesos de comportamiento de la plaga* están determinados por los componentes que poseen las plantas. Así, una planta huésped puede ser rechazada completamente por un insecto si esta no le ofrece los requerimientos adecuados para su alimentación o para la oviposición de las hembras.

La dificultad para desarrollar un sistema de análisis químico de las plantas y del comportamiento de los insectos ha determinado que al momento no se disponga de mayor información sobre este campo. No obstante, en otros países constituye una importante área de investigación.

Los *factores de resistencia que afectan a los procesos metabólicos* de los insectos se denominan antibiosis. Este efecto incluye respuestas de intoxicación letales, hasta efectos suaves y subcrónicos.

Los principales síntomas que se observan frente a estos factores de resistencia son:

- a. Muerte de la larva en sus primeros períodos.
- b. Tasas anormales de crecimiento de la larva.
- c. Conversión anormal del alimento.
- d. Fallas al momento de la formación de la pupa.
- e. Fallas en la emergencia del adulto.
- f. Disminución en la longevidad y fecundidad del insecto (Metcalf y Luckmann, 1975).

Las posibles explicaciones fisiológicas para la presentación de estos síntomas pueden ser:

- a. Presencia de metabolitos tóxicos entre los que se incluyen alcaloides, glucósidos, quinonas y otros.
- b. Ausencia o cantidades subóptimas de nutrientes esenciales para el insecto.
- c. Proporciones no balanceadas de nutrientes.
- d. Presencia de antimetabolitos que hacen que algunos nutrientes esenciales no se encuentren disponibles para los insectos.
- e. Presencia de algunas enzimas que inhiben los procesos normales de digestión.

Los insectos, para crecer y desarrollarse, obtienen de las plantas compuestos llamados metabolitos. Sin embargo las plantas también elaboran sustancias de defensa, las cuales afectan al funcionamiento normal del insecto, y son a las que se les denomina antimetabolitos (National Academic of Science, 1965).

• Resistencia mediante estructuras

Dentro de estos mecanismos se incluyen factores morfológicos de la planta que impiden o dificultan la normal alimentación del insecto o la oviposición de la hembra.

• Tolerancia

La tolerancia es una modalidad de resistencia que tienen ciertas plantas de reparar el daño, para ofrecer un rendimiento adecuado a pesar de la presencia de insectos, que pueden dañar a un hospedero susceptible. La tolerancia puede presentarse como característica de la planta en sí, o como parte de una comunidad de plantas.

“Un ejemplo de la capacidad de tolerancia a la reducción de plantas de un cultivo se observó en maíz sembrado en Amaguaña, Pichincha, en el que el rendimiento de grano fue semejante entre una población de 45 000 plantas por hectárea, que es la densidad óptima, y otra en la que se efectuó un raleo a 35.000 plantas.

En los sitios donde se eliminaron plantas, las que quedaron en el campo, al tener más luz y menos competencia de raíces mejoraron el tamaño y la calidad de la mazorca y por lo tanto no se afectó el rendimiento. El raleo se asemejó al daño efectuado por la larva de *Agrotis* sp. conocido como gusano trozador”.

(Silva, 1994)

3.2.3.2.5 Recomendaciones para la obtención de un cultivar resistente

En los cultivos que presentan polinización abierta, como es el caso del maíz, o en los que es factible el cruzamiento manual, como por ejemplo en la papa, es posible realizar un *proceso de mejoramiento* mediante las siguientes recomendaciones.

- Establecer previamente las características que debe disponer el cultivar que se quiere desarrollar; es decir, determinar qué factor adicional debe poseer este cultivar.
- Identificar el progenitor que posea el carácter deseado en el caso de resistencia a insectos, uno de los padres debe presentar la característica de resistencia.
- Realizar el mayor número de cruzamientos posibles.
- Realizar una selección de los descendientes que presenten algún grado de resistencia.
- Cultivar en forma aislada, o cruzar entre sí, los materiales seleccionados.
- Repetir el proceso por varias generaciones, imponiendo parámetros de sanidad cada vez mayores.

El agricultor generalmente realiza una selección de semilla, sin embargo,

considera el rendimiento a la cosecha como su único parámetro. Es importante que se adicione criterios de sanidad, en la planta, como también en el producto cosechado.

En el caso del maíz, el agricultor selecciona para semilla las mazorcas más grandes, pero no considera que éstas provienen de plantas muy tardías, y que la inserción de la mazorca en la planta puede ser muy alta y, por lo tanto, más sensible al acame en presencia de vientos fuertes. Además, generalmente no se incluye el criterio de sanidad de la mazorca como un factor importante al momento de seleccionar semilla.

3.2.3.3 Sistemas de comunicación de los insectos

Los insectos, como todos los organismos, requieren relacionarse con otros individuos de su misma especie o de especies diferentes, con su fuente de alimento y con el medio ambiente que le rodea, entre otros factores. La comunicación entre individuos de la misma especie puede ser con fines reproductivos, de alarma ante un peligro, de agregación, de reconocimiento de senderos, etc.

El sistema de *comunicación entre insectos con fines reproductivos* se basa en el hecho de que la hembra emite al ambiente sustancias químicas denominadas feromonas sexuales, las que provocan una respuesta de acercamiento en el macho. La identificación de estos compuesto ha permitido diseñar diferentes tipos de trampas que capturan machos. La muestra capturada determinará la densidad de población del insecto, el inicio de etapas de infestación y, en algunas oportunidades, puede constituirse en un método de control.

“Un ejemplo de este caso lo constituye el empleo de trampas con feromona para la captura de los machos de la polilla centroamericana de la papa *Tecia solanivora*. Estas trampas son utilizadas en la actualidad especialmente por los agricultores que producen papa en la localidad de El Chamizo, cantón Montúfar, Carchi.

“Al momento las trampas sirven para identificar la presencia del insecto y su fluctuación poblacional (lo que permite disminuir el uso de insecticidas), para lo cual se utilizan de dos a cuatro trampas por hectárea. Con fines de control se recomiendan 16 trampas por hectárea, (el costo por trampa es de un dólar). A pesar de que este número es el recomendado, no ha sido posible demostrar su efectividad, posiblemente debido al efecto de las poblaciones provenientes de campos vecinos que aportan con una invasión constante de insectos, o también a que los compuestos presentes en el dispositivo utilizado en la trampa no son los mas apropiados. La investigación está en proceso y en búsqueda de una mayor efectividad de estas trampas.”

(Gallegos, 2001)

El fundamento de este control se basa en el criterio de que al eliminarse la población de machos, las hembras no dispondrán de individuos que las fecunden y, por lo tanto, no ovipositarán o los huevecillos serán infértiles.

La liberación *de compuestos con fines de alarma* se conoce en el caso de los pulgones. Un pulgón, al ser destruido su cuerpo por un predador libera una sustancia que al ser percibida por los demás integrantes de la población hace que se desprendan de la planta y se dejen caer al suelo. La aplicación práctica de este conocimiento todavía no es factible, pero se espera que en un futuro se pueda aprovechar esta forma de comportamiento con fines de control.

La *comunicación con fines de agregación* consiste en la liberación de compuestos tanto por la hembra como por el macho, lo que les ayuda a agruparse en sitios específicos. En el caso de los adultos del gusano blanco de la papa, *Premnotrypes vorax*, se dice que expulsan compuestos que les incitan a la agregación. El conocimiento de este comportamiento permitió la utilización de trampas a las que se les agregó alimento.

“Las trampas para gusano blanco, *Premnotrypes vorax*, (Figura 14) ofrecen al insecto un sitio de refugio. La trampa se confecciona con un cartón de 0.4 x 0.4 m. o con un costal en desuso; en donde se aplica un insecticida en forma localizada, se colocan en el campo a una distancia de 10 m entre si, inmediatamente después de la preparación del suelo y de la siembra. Al amanecer llegan los insectos a la trampa donde se refugian durante el día. Para mejorar el atractivo de la trampa, se coloca en su interior una rama de una planta de papa”.

“Los agricultores que han adoptado este sistema de control se encuentran en Cotopaxi en las comunidades de El Chaupi, en el cantón Latacunga, y en Yanahuaico en el cantón Pujilí. En Chimborazo en las comunidades de Pusniag y de Cahuagui en el cantón Guano, y en La Delicia perteneciente al cantón Riobamba. En el Carchi en la comunidad de Santa Marta de Cuba en el cantón Tulcán y en San José de Huaca en el cantón Huaca. Además, en Pichincha en la Estación Experimental, ubicada en Santa Catalina, en el cantón Mejía.

En las áreas de Chimborazo y Cotopaxi los agricultores indican una reducción del 40 al 70% en el uso de insecticida. En el Carchi el proceso se encuentra en sus etapas iniciales de adopción, por lo que no se ha cuantificado su efecto, pero se estima que la reducción del uso de pesticidas será menor que en las provincias antes mencionadas. En Pichincha se indica una reducción del uso de insecticida de entre el 70 y 80%. Debido a que estas trampas son de bajo costo, la rentabilidad se ubica en términos semejantes a la proporción de la reducción del uso de insecticidas.”

(Gallegos, 2001)

Figura 14 Estado adulto (macho y hembra) del gusano blanco de la papa, (la hembra tiene mayor tamaño).



Otro ejemplo sobre la presencia de compuestos de agregación se observa en la langosta migratoria. Estos insectos migran en grandes cantidades y antes de iniciar su vuelo se juntan debido al efecto de los compuestos que liberan.

Un prototipo de reconocimiento de senderos es el que presentan las hormigas, las que determinan el camino de recorrido entre el hormiguero y la fuente de alimento. Previamente, las hormigas exploradoras recorren el campo para determinar la planta que va a alimentar al resto de la comunidad. El camino es marcado por sustancias que son reconocidas por las obreras, que también las secretan y no permiten que ninguno de los individuos se pierda en el trayecto.

Hasta ahora no se conoce un método de control mediante el aprovechamiento de esta forma de comunicación entre insectos. No obstante, se podría explorar métodos de confusión de caminos y de encauzamiento de la población de obreras hacia sitios en los que les espere un método de control.

La comunicación entre especies diferentes se presenta en pocas oportunidades, como es el caso de parasitoides y huéspedes. La hembra del parasitoide reconoce si su huésped está o no previamente parasitado por otro individuo para ovipositar o no en él. De esta manera protege a su futura progenie para que ésta disponga de suficiente alimento para su desarrollo normal.

3.2.3.4 Atrayentes alimenticios

La identificación de las fuentes alimenticias por parte de los insectos se analizó en la sección sobre el reconocimiento de las plantas que les sirve de alimento. Con todo se ampliará algunos aspectos sobre este tema.

Los insectos, para la consecución de su fuente de alimento, son estimulados o controlados por sustancias químicas que están presentes en las plantas. Los procesos de búsqueda de alimento y de sitios de oviposición son controlados por productos químicos que emite o contiene la planta. En el primer caso se les denomina “lures de alimentación” o “estimulantes de olor” y, en el segundo caso, “lures de oviposición”.

El insecto plaga que se encuentra en nuestro país y del cual se conoce su atrayente alimenticio es la mosca mediterránea de la fruta, *Ceratitis capitata*. El atrayente alimenticio para esta especie se denomina “Trimedlure”. Para otros insectos también se conocen sus atrayentes alimenticios, como para la mosca del melón, la mosca oriental de la fruta y el rinoceronte del coco, entre otros.

Los atrayentes de los insectos pueden ser utilizados con fines de monitoreo de poblaciones, para atraerlos y eliminarlos mediante trampas o cebos y para provocar confusión en la comunicación entre insectos y entre éstos y las plantas.

Otro aspecto interesante del comportamiento de los insectos lo constituye el caso de los repelentes, los que previenen el daño de las plantas o animales, haciéndoles poco atractivos, no palatables u ofensivos para los insectos.

Los casos prácticos del uso de repelentes son pocos; pese a lo cual desde hace varios años se menciona el efecto del caldo bordeles aplicado al follaje para repeler los saltones de la hoja (Fam. Cicadellidae) y de la pulguilla (Fam. Crysomellidae), (Metcalf y Metcalf, 1993). También se emplea el pentaclorofenol y sal de sodio, en madera para repeler a termitas, y compuestos basándose en toluamida para repeler mosquitos que pican al ser humano y que pueden transmitir enfermedades, (National Academic of Science, 1965).

La comunicación con el ambiente físico se establece con base a respuestas de los insectos a componentes físicos como: luz, temperatura y humedad, entre otros. La respuesta de los insectos a la luz ha permitido el empleo de trampas, especialmente para adultos de mariposas pertenecientes a la familia Noctuidae.

La mayor temperatura, dentro de ciertos límites, permite que los ciclos biológicos de los insectos se cumplan en un menor número de días. Este hecho hace que las poblaciones alcancen altos niveles rápidamente al incrementarse la tasa de multiplicación.

Si bien no es posible manejar la temperatura con fines de control, en cultivos a campo abierto y en épocas de mayor temperatura, deberá reforzarse las medidas de control. Algunos insectos son más sensibles que otros al efecto de la temperatura; entre estos insectos, los áfidos responden fácilmente a este incremento.

La humedad relativa cumple un papel importante en algunas especies, así, en el caso de los ácaros, la menor humedad produce una deshidratación de los huevecillos, y por lo tanto una alta mortalidad.

La temperatura y la humedad relativa están íntimamente relacionadas, por eso, a mayor temperatura se presenta una menor humedad relativa. El incremento de temperatura se debe a una mayor irradiación solar y esta produce una menor humedad relativa.

3.2.3.5 Control biológico.

El control biológico es la represión de la población de organismos, mediante la utilización de otros organismos. Este control es parte de lo que ocurre en la naturaleza, en la cual ocurre mortalidad tanto por factores bióticos como abióticos. Al conjunto de estos dos factores se le denomina *control natural*.

El *control natural*, mediante factores bióticos, se presenta como parte del intercambio de energía que se da en la naturaleza a partir de los elementos del suelo. La energía llega a los estratos superiores gracias a la presencia de eslabones, los organismos aprovechan la energía acumulada en el eslabón anterior y a su vez se constituyen en alimento para el siguiente eslabón. Además, todos los organismos presentes reciclan materiales al sistema.

El funcionamiento integrado del sistema, en cuanto a transmisión de energía, reciclaje de materiales y autocontrol de poblaciones permite que el mismo alcance un equilibrio y pueda perpetuarse a través del tiempo.

Para enmarcar mejor la discusión sobre el control biológico, es conveniente presentar algunos aspectos del flujo de energía que se presenta en la naturaleza y es a lo que denominamos cadena alimenticia

En el primer lugar de la cadena se encuentran las plantas, las cuales absorben los elementos del suelo y, mediante los cloroplastos, con la energía del sol, forman compuestos complejos. El material formado por las plantas constituye fuente de alimento para los herbívoros; éstos a su vez son consumidos por los carnívoros. Además, existen otros organismos, los cuales llevan a cabo relaciones de comensalismo, mutualismo, parasitismo, etc.

En el caso de la agricultura, de las plantas se alimentan los fitófagos, éstos son alimento de entomófagos, los cuales incluyen a predadores y parasitoides. Los parasitoides pueden ser fuente de alimento de hiperparásitos, los cuales pueden ser consumidos por los hiperparásitos primarios y secundarios, e inclusive terciarios. Los hiperparásitos son parásitos de los parasitoides.

El control biológico se realiza mediante el manejo de los predadores y parasitoides, a los que se agregan los entomopatógenos, los cuales son microorganismos que afectan a los insectos fitófagos, (y también a predadores y parasitoides). Los organismos que ejecutan un control biológico son específicos; en algunos casos el rango de los hospederos puede ampliarse, pero siempre dentro de ciertos límites. La especificidad se debe a que las relaciones entre sí han ocurrido durante mucho tiempo, por lo tanto han dado origen a un proceso de coevolución.

En control biológico no se debe esperar nivel cero de plagas.

Una de las características más importantes del control biológico consiste en que no es factible alcanzar la eliminación total del organismo huésped, debido a que esto significaría un suicidio para la especie controladora. En otras palabras, se puede decir que en control biológico no se debe esperar nivel cero de plagas.

• Predadores

Los predadores son insectos que se alimentan externamente de otros insectos a los que se denomina presas, los que generalmente tienen aparato bucal masticador, aunque también hay predadores con aparato bucal succionador, que se alimentan del contenido líquido de sus presas. En algunos casos, tanto los estados inmaduros como los adultos son predadores, en otros encontramos como tales únicamente a los estados inmaduros.

Los predadores usados mayoritariamente por el ser humano (Cisneros, 1975) se encuentran dentro del orden Coleóptera y de las familias Coccinelidae, y Carabidae. En el orden Hemíptera las principales familias comprenden a Miridae, Anthocoridae y Nabidae, entre otras. En Neuróptera se incluyen las familias Chrysophidae, Hemerobiidae y Sympherobiidae. En el caso de Díptera encontramos a las familias Syrphidae, Cecidomyiidae, Asilidae, como las más importantes. Además de las familias indicadas, se encuentran especies dentro de Himenóptera, en las que se incluyen avispas y hormigas.

Existen varios ejemplos exitosos sobre el uso de predadores para el control de plagas en la agricultura, algunos de ellos han sido introducidos de otros países, otros han estado presentes en la misma área de prácticas de protección y otros más han sido criados en laboratorios y posteriormente liberados.

El mejor ejemplo de este caso lo constituyó la importación que realizó el Ministerio de Agricultura y Ganadería de la mariquita perteneciente al orden Coleóptera; *Rodolia cardinalis* utilizada para el control de la escama algodonosa de los árboles de los parques de la ciudad de Quito, en el año de 1976. El control que realizó esta mariquita fue muy importante, llegando a lograr casi la exterminación del insecto plaga. Además del control biológico se aplicó un control cultural mediante podas de las ramas afectadas.

La limitación más importante para su aplicación consiste en que debe haber un esfuerzo sostenido en el tiempo para su protección, para su multiplicación y posterior liberación. La población de parasitoides depende de la cantidad de presas existentes, de la actividad del ser humano y de las condiciones climáticas. Cuando estos factores son adversos, los enemigos naturales pueden perder, por lo que se requiere implementar un sistema de protección.

• Parasitoides

Es el insecto que durante su fase larvaria se desarrolla en el interior de otro insecto.

El parasitoide puede ingresar al huésped cuando éste se encuentra en estado de huevecillo, o en estado larval. La hembra ovíparita sobre o en el interior del huésped; en casos especiales se conoce que ovíparita en el follaje del cual se

alimenta la larva huésped y de esta manera ingresa conjuntamente con su alimento. Luego de haber consumido el cuerpo del huésped el parasitoide se transforma en pupa y posteriormente en adulto.

El uso de parasitoides para controlar insectos plaga es una práctica generalizada en muchos lugares del mundo. Existen instituciones o empresas encargadas de la multiplicación y venta de estos controladores biológicos.

En el país el caso más generalizado de uso de parasitoides en grandes extensiones de cultivo se puede ver en los ingenios azucareros de la Costa, para controlar al barrenador de la caña de azúcar, *Diatraea saccharalis*, mediante la mosca parasitoide *Paraterisia claripalpis*. Otro control importante es el de la broca del café *Hypothenemus hampei* por medio de la avispa *Prorops nasuta*. Un tercer caso fue la producción comercial que realizaba la empresa BIOESA (ubicada en la carretera Santo Domingo – Quevedo) la cual producía parasitoides de la familia Braconidae, *Trichogramma sp*, para el control de *Spodoptera sp.* y de *Diatraea sp.* .

Se puede concluir que el empleo de parasitoides en el control que realizan los ingenios azucareros es eficiente, debido a que de otra manera las pérdidas serían elevadas y la aplicación de otras medidas de control tiene fuertes restricciones. En cuanto al control de la broca del café, a pesar del éxito obtenido por el INIAP, no ha tenido continuidad y en la actualidad se aplica el control natural. Finalmente, la empresa Bioesa, tuvo que cerrar su producción debido a la falta de mercado; los productores de tomate, que eran sus clientes iniciales, suspendieron las liberaciones de la avispa y regresaron al control químico.

El control biológico, además de su eficiencia requiere de consideraciones de operación y de mercado que ayuden a su implementación y sostenimiento a través del tiempo.

Los parasitoides, mencionados anteriormente, pertenecen a los órdenes Himenóptera (avispas) y Díptera (moscas). En el primer caso están las familias Braconidae, Ichneumonidae, Trichogrammatidae, Eulophidae y Aphelinidae, entre otras. En díptera las familias Tachinidae, Sarcophagidae, y Bombyliidae, son las más importantes, (Cisneros, 1995).

Las familias tanto de predadores como de parasitoides indicadas permiten observar la notable variabilidad de enemigos de las plagas que se presentan en la naturaleza.

El conocimiento del comportamiento y de las necesidades de alimentación y de refugio de predadores y parasitoides permitirá alcanzar niveles de población adecuados para el control de los insectos plaga.

• Entomopatógenos

Comprenden microorganismos tales como virus, bacterias y hongos, que actúan sobre los insectos. En la naturaleza se encuentran en forma ocasional; sin embargo ha sido posible aislarlos, multiplicarlos y liberarlos en el ambiente con la finalidad de provocar epizootias (es decir, una amplia diseminación de la enfermedad) en los insectos plaga.

Una característica importante de ellos consiste en el hecho de que es posible multiplicarlos en forma artificial, lo cual facilita enormemente sus posibilidades de empleo para el control de insectos en el campo.

El control microbiológico, para tener éxito, requiere que se maneje adecuadamente las condiciones del ambiente, especialmente la humedad, así como también el efecto de los rayos del sol, los cuales afectan la persistencia de la capacidad de infección.

Los *virus* son especialmente importantes para el control de larvas de Lepidóptera. Las larvas infectadas progresivamente se vuelven lentas, dejan de alimentarse y se paralizan; su cuerpo se vuelve blando y de color negro con la apariencia de una bolsa de líquido. Al final las larvas cuelgan de sus patas posteriores.

El procedimiento para multiplicar los virus consiste en la recolección de larvas enfermas del campo, a las que se les somete a una trituración y se les agrega agua destilada. Este líquido se aplica a una mayor cantidad de larvas, para después repetir el proceso. Una variante consiste en secar y moler las larvas enfermas hasta obtener un polvo.

Las *bacterias* afectan especialmente a larvas de Lepidóptera, aunque también se desarrollan en larvas de Díptera y de Coleóptera. Las larvas infectadas también se inmovilizan y cambian hacia colores oscuros; expulsan una sustancia líquida por la boca y por el ano. El ejemplo de mayor uso en cuanto a bacterias para control biológico es el caso de *Bacillus thuringiensis*. Esta bacteria ha sido ampliamente estudiada y ha dado origen a diferentes preparados comerciales.

En cuanto a la vía de ingreso de los virus y las bacterias se requiere que el insecto los ingiera, para que puedan desarrollarse en el interior del huésped.

Los *hongos*, por su parte, ingresan al interior del cuerpo a través del integumento. Luego de que se desarrolla el hongo en el interior, salen las estructuras reproductivas para dispersarse en el ambiente. Previamente cubren el cuerpo del insecto mediante micelios de color blanco, verde o rosado, dependiendo de la especie de hongo.

El procedimiento para la utilización de un hongo entomopatógeno consiste en la recolección de un insecto muerto en el campo, a este insecto se le coloca en una cámara húmeda a fin de que el hongo esporule. Posteriormente se realiza el aislamiento y multiplicación en un medio de cultivo. De éste se obtienen esporas, las que se inoculan a un sustrato, que puede ser arroz o cebada, principalmente. El sustrato debe estar esterilizado previamente y después se coloca en un ambiente adecuado para que se produzca la esporulación del hongo. Este sustrato es el que se aplicará en el campo para ejercer una función de control.

3.2.4 RECOMENDACIONES

Para el manejo de una plaga se requiere que intervengan en forma integrada los diferentes componentes de control. (En las figuras 15 y 16 se puede observar algunos ejemplos)

La aplicación unilateral de una medida de control puede provocar que el insecto plaga supere fácilmente esta barrera y produzca pérdidas en el rendimiento o en la calidad del producto.

Se debe dar mayor énfasis a la aplicación de medidas preventivas de control antes que a las curativas.

Los productores que aplican un manejo ecológico de plagas deberán desarrollar un mercado que reconozca la calidad que representa el producto obtenido bajo estas condiciones.

Figura 15 Lotes con diferentes etapas de desarrollo del cultivo de papa, lo que limita un control adecuado de las plagas.



Figura 16 Agricultores observando larvas de gusano blanco en malezas, algunas de las malezas que hospedan al gusano blanco son el nabo y la lengua de vaca. Para un control adecuado de plagas se debe identificar las malezas que pueden hospedar determinadas plagas.



TEMA 3.3 MANEJO AGROECOLÓGICO DE LOS SUELOS EN LA ZONA ANDINA DEL ECUADOR

3.3.1 INTRODUCCIÓN

En la zona andina las pérdidas de suelo, son alarmantes, pues hay vastas extensiones de suelos deteriorados, erosionados y altamente degradados. En estas circunstancias, es urgente analizar y planificar el manejo de los suelos bajo otra perspectiva.

En el presente documento se plantean en una forma muy escueta, principios y técnicas para un manejo agroecológico de suelos, se trata de combinar los conocimientos ancestrales en el manejo de recursos naturales con énfasis en el manejo y conservación del recurso suelo, con las tecnologías actuales que implican métodos de análisis de suelos, análisis foliares, uso y estudio de microorganismos (bacterias y actinomicetos) capaces de fijar nitrógeno y de hongos micorrícicos beneficiosos para la absorción de nutrientes por las raíces.

3.3.2 PRINCIPIOS

El manejo agroecológico de suelos, comprende los siguientes principios:

• Uso de recursos de la finca

Las plantas requieren para su crecimiento y desarrollo, agua, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, carbono, macro y micro elementos. Dentro de un enfoque agroecológico, las fuentes de estos elementos que se pueden considerar, son las siguientes: (Bourguignon, 1989)

- Restituciones orgánicas de la explotación agrícola que pueden provenir de abonos, majadas, residuos de cosechas, compost, abonos verdes, humus de lombriz y otras fuentes similares.
- Reservas minerales del suelo, asimilables o fijadas en el complejo arcillo-húmico que están disponibles posteriormente por solubilización.
- Las reservas orgánicas acumuladas (humus) que pueden ser mineralizadas.
- Los productos de síntesis microbiana que resultan de la actividad de las bacterias libres como *Azotobacter*, o asociadas como *Rhizobium* o *Micorrizas*.
- Finalmente, para completar los requerimientos de las plantas, se requieren insumos exteriores a la finca, estos pueden ser abonos orgánicos o fertilizantes minerales.

Es importante indicar que de estas cinco fuentes de elementos nutritivos, las cuatro, son recursos de la finca, aunque la tendencia y la presión tecnológica, pretenden basar la producción, sólo en la provisión de fertilizantes químicos de alta solubilidad, los cuales son externos a ella y además importados del exterior.

- **Conservación de recursos**

Este principio es fundamental y contempla la conservación del suelo, agua y recursos genéticos. En la zona andina se desarrollaron extraordinarias obras de conservación y manejo de suelos, de modo que ahora se trata de recuperar el conocimiento andino en el desarrollo de prácticas de conservación de los mismos (Fig. 17) como construcción de terrazas de banco, terrazas de formación lenta, terrazas individuales, diques de control de cárcavas, zanjas de infiltración, surcos en contorno, zanjas de desviación, siembra de barreras vivas, cultivos en contorno, etc.(Bayancela, 1996).

- **Mano de obra familiar**

La agroecología plantea el uso de mano de obra familiar. Si se trata de suelos con fuertes pendientes, si tienen una baja fertilidad, o están muy compactados, entonces la prioridad para desarrollar las diferentes actividades estará dada a nivel de cada finca. A medida que se van mejorando los suelos, se va disminuyendo el empleo de mano de obra, un suelo mejorado requiere de labores culturales más espaciadas, el objetivo es llegar a labranza mínima o labranza cero.

Figura 17 Rescate de prácticas de conservación de recursos naturales en las comunidades de Llantantoma, Angahuana y Calhua Chico, en la parte alta de la cuenca del río Ambato



- **Minimización del uso de agrotóxicos**

La agroecología propone una agricultura menos dependiente de insumos externos y amigable con el medio ambiente, en consecuencia se plantea la disminución paulatina del uso de agrotóxicos en función de la recuperación de agrosistemas y de equilibrios ecológicos. A partir de la introducción de los paquetes tecnológicos de la revolución verde, se intensificó el uso de productos químicos de alto impacto tanto para fertilizar los cultivos como para el control de plagas y enfermedades.

En este segundo caso se aplicaron altas cantidades de productos clorinados, especialmente para el control de plagas y nemátodos del suelo, lo que provocó un desequilibrio de la microfauna del suelo, hubo el apareamiento de resistencia a los plaguicidas y se presentaron contaminaciones ambientales que subsisten hasta hoy.

3.3.3 TÉCNICAS

Tradicionalmente, cuando se describen técnicas de conservación de suelos, se las divide en dos clases:

- *Obras físicas.*
- *Prácticas, técnicas agronómicas o medidas vegetativas.*

Las *primeras* permiten la conservación física del suelo y lo protegen de factores abióticos como la erosión hídrica o eólica. Estas prácticas se han realizado incluso en la agricultura convencional.

En el caso de las *técnicas o prácticas agronómicas* hay incidencia sobre el aspecto físico y biológico del suelo. La agroecología combina estas dos prácticas o técnicas que permiten no solamente conservar los suelos, sino que posibilitan el restablecimiento de equilibrios ecológicos, la recuperación de procesos biológicos y la restitución de agrosistemas.

Figura 18 Policultivos en la comunidad Cuatro Esquinas, Parroquia Pasa, Cantón Ambato



La *rotación y la siembra de policultivos*, es una medida vegetativa que permite un adecuado manejo biológico y logra mantener “el suelo vivo”(Aubert, 1973), ya que se conservan las poblaciones de lombrices, microorganismos antagónicos, ácaros, nemátodos predadores, parasitoides y entomopatógenos, que se desarrollan en diferentes especies.

Con el uso de estas técnicas, el suelo mejora su estructura a diferentes profundidades, se estimulan procesos de aireación y oxigenación, y el desarrollo de condiciones adecuadas

de aerobiosis para la vida microbiana en los suelos. Además, contribuyen a mantener la fertilidad de los suelos evitando que uno o pocos cultivos consuman cantidades excesivas de determinados elementos químicos. Si en la rotación intervienen leguminosas u otras especies fijadoras, se aportarán a los suelos cantidades importantes de nitrógeno. La profundidad de la capa arable y su fertilidad mejora a las especies de raíces superficiales y a las de raíces profundas, las cuales permiten el balance de nutrientes y la extracción de elementos desde capas profundas hacia arriba.

En la comunidad 4 esquinas, Parroquia de Pasa, Cantón Ambato, provincia de Tungurahua, altitud entre 2800 y 3400 msnm, temperatura promedio de 12°C, en terrenos de Carmen Alulima, se hicieron prácticas para mejorar la fertilidad del suelo e incrementar la producción en el cultivo de papa.

“En zonas deterioradas con afloramientos de cangagua, los campesinos obtienen una producción muy baja de 5 qq de papa, por uno de semilla sembrada.

Fue preciso realizar adecuadas labores como arado, cruza, retrocruza, para aflojar el suelo que se encontraba muy compactado, luego se hicieron siembras de vicia y avena que se adicionaron a los tres meses de la siembra como abonos verdes. Después se hizo una siembra de chocho, que fue incorporada al suelo a los dos meses. Posteriormente se agregaron residuos de cosechas, majada y humus de lombriz.

A continuación de estas labores se efectuaron cultivos de papa que se combinaron con otros cultivos como cebolla, alcachofa y haba (Fig. 18)

La papa no tuvo ningún problema de plagas ni de enfermedades, las primeras producciones de papa fueron de 10 qq de producción por 1 qq de semilla sembrada. Se continuaron estas prácticas y se lograron cada vez mejores producciones de 15 y 20 qq de producción por uno de semilla sembrada.

Los resultados de esta experiencia fueron un suelo mejorado por la incorporación de residuos de cosechas y una adecuada rotación de cultivos que vienen practicando los agricultores de esta zona, desde siempre. La rotación más generalizada es la de “papa-haba-cebada-mellico-pasto-papa”. Ahora se intercalan otros cultivos en las mismas parcelas.

(Bayancela, 2001)

Esta diversificación de especies (Fig. 18), incluye la incorporación de algunas multiuso, como frutales, plantas melíferas, especies arbustivas o forestales (Fig. 19) que producen biomasa y sirven de alimento para los animales. Esta biomasa regresa al suelo en forma de majada de los animales o a través de las hojas que caen, y poco a poco van formando un mantillo que se va descomponiendo lentamente y va aportando al suelo una gran riqueza de microorganismos. Al mismo tiempo crea las condiciones favorables para que se desarrollen altas poblaciones microbianas que entran en el ciclo de la descomposición de hojas, tallos, residuos de cultivos. Por otro lado, la descomposición de celulosa y lignina, forma humus y materia orgánica que mejoran la fertilidad de los suelos.

Los *surcos en contorno*, *barreras vivas*, *mulch*, *incorporación de estiércoles*, *humus y abonos verdes* aportan al mejoramiento de la fertilidad de los suelos. Cuando hay protección vegetativa alrededor de las parcelas (Fig 19), se modifica el microclima al

interior de las mismas y se logra una mayor producción de biomasa, la misma que se recicla y posibilita elevar los contenidos de materia orgánica de estos suelos.

El manejo agroecológico del suelo requiere de la integración de los subsistemas: recursos hídricos, pecuarios y forestales.

El manejo agroecológico del suelo requiere de la *integración de los subsistemas: recursos hídricos, pecuarios y forestales*. De este modo se logra un manejo eficiente del agua y de la humedad, de la producción de estiércol, purines que son fuentes de aminoácidos, materia orgánica, ácidos húmicos y fúlvicos que permiten la recuperación de suelos en una forma más acelerada.

La mayoría de los suelos de las comunidades de la COJACAP (antes COCC), organización de Segundo Grado del Cantón Pujilí son arenosos, con bajísimos contenidos de materia orgánica, muy erosionados y con baja fertilidad; como consecuencia las producciones son muy bajas. En estos suelos, las alternativas productivas se ven disminuidas por el alto requerimiento de agua, y lamentablemente, por la poca disponibilidad de este recurso.

Los suelos arenosos tienen una baja capacidad de retención de agua, por lo tanto, para el mejoramiento de la producción se debe mejorar la estructura y la textura de estos suelos.

En pequeños lotes en estas comunidades se hicieron siembras simultáneas de sacha chocho, vicia, tréboles y otras leguminosas, como fréjol, lenteja, habilla, chocho, se fueron incorporando al suelo conforme iban floreciendo. Así, se logró una sucesión de especies, incluso de "malas hierbas" y una recuperación paulatina de la población microbiana del suelo. En los sitios donde los agricultores no disponen de animales, se utilizaron solamente residuos de cocina para la preparación de compostajes. Cuando disponía de majada ya descompuesta de animales, ésta se aplicó directamente y la recuperación fue más rápida, pues se logró un excelente desarrollo de la vegetación en menos tiempo, se realizaron análisis de contenidos de materia orgánica y ésta se fue incrementando de 0,5 % a 2,5 y a 3% en 6 meses.

Al inicio se observaron plantas que crecen en suelos pobres como coquito (*Cyperus* spp), bledo (*Amaranthus* spp), paico, etc, luego crecieron especies indicadoras de mejor suelo como ortiga (*Urtica urens*), lengua de vaca (*Rumex acetocella*), trébol (*Trifolium repens*), llantén (*Plantago major*), diente de león (*Taraxacum officinale*) (Olivera, 2001). Estas especies se incorporan al suelo o se dejan en mulch, posteriormente se siembran hortalizas y se logra un incremento significativo de la producción y productividad.

Las comunidades de la COJACAP, se encuentran a altitudes entre los 2800 y 4000 msnm., la temperatura, dentro de un amplio rango, va desde los 7 hasta 24 °C., con un promedio de 12.5 °C, las precipitaciones van desde los 450 a 700 mm / anuales en la zona baja y en la zona alta pueden superar los 1000 mm / anuales.

(Bayancela, 2001)

Respecto al subsistema forestal, los árboles aportan no solamente con su biomasa a la recuperación del mantillo, sino también, a la formación de humus y de materia orgánica. Las especies forestales (leguminosas) fijan nitrógeno mediante la relación simbiótica con bacterias nitrificantes (Género *Rhizobium*) y a través de actinomicetos (Género *Frankia*), caso del aliso (*Alnus acuminata*), (Añazco, 1998).

La hojarasca al cubrir los suelos, favorece el desarrollo de hongos *Eumicetes* (Primavessi, 1982) que en condiciones de aerobiosis, aceleran los procesos de descomposición de la materia orgánica y la formación de humus. Muchas especies tienen micorrizas cuya importancia se describe a continuación.

Figura 19 Recuperación de materia orgánica en suelos arenosos en San Isidro, Isinche, 10 de Agosto, comunidades de la COJACAP, cantón Pujilí.



Otra técnica agronómica es el *uso de micorrizas*, asociaciones estrechas, simbióticas y mutuales, entre los hongos y los vegetales superiores. Estas asociaciones se producen a nivel radicular (micorriza significa hongo de la raíz).

Los hongos colonizan las raíces y proveen a las plantas de agua y minerales que extraen del suelo a través de su red externa de hifas, en cambio la planta proporciona al hongo sustratos energéticos y carbohidratos que la planta desarrolla a través de la fotosíntesis.

Las raíces de las plantas y las hifas de las micorrizas, forman agregados en el suelo, esto ayuda a la regeneración de la vegetación, a la creación de reservas de nutrientes y al restablecimiento de su ciclo, posibilitando de esta manera el desarrollo de procesos de recuperación de la fertilidad de los suelos.

La importancia desde el punto de vista del manejo agroecológico del suelo, radica en que las micorrizas han contribuido en tres aspectos fundamentales:

- Recuperación de tierras erosionadas. Para ello se utilizan pastizales que son inoculados con micorrizas, después se incorpora esta materia verde y se va mejorando la fertilidad de suelos.
- Recuperación de dunas costaneras. En este caso la técnica seguida es la de utilizar especies que, en simbiosis con las micorrizas, resisten niveles de stress debido a la salinidad y a deficiencias hídricas.

- Restitución de la estructura del suelo. Se logra con especies micorrizadas que forman agregados entre las hifas y el micelio de los hongos y las raíces de las plantas, de este modo se va mejorando la estructura.

Las micorrizas se clasifican en ectótrofas o ectomicorrizas y endótrofas o endomicorrizas (Bouchet, 1979).

Las *ectomicorrizas* son muy comunes, generalmente están localizadas sobre las raíces de los vegetales leñosos. El micelio del hongo forma una capa algodonosa blanquecina, sobre las raíces y es visible a simple vista, mientras que las hifas del hongo penetran en los espacios que existen entre células vegetales individuales. La mayoría de estos hongos pertenecen a los basidiomicetos o ascomicetos (Martín, 1980)

Un ejemplo muy común es el de la asociación del hongo *Boletus (Suillus) luteus*, con las raíces del pino (*Pinus radiata o pátula*) o el de varias especies de eucalipto (*Eucaliptus globulus*) y el hongo (*Scleroderma vulgare*)

Las *endomicorrizas*, se localizan en el interior de las raíces de las plantas y penetran en sus células; se encuentran con mayor frecuencia en plantas herbáceas. Estos hongos incluyen a *Rhizoctonia*, *Clitocybe*, *Corticium*, que están en asociación micorrícica con pseudobulbos de orquídeas que se encuentran en estado natural en los bosques nativos (Bouchet, 1979).

Algunos investigadores señalan una tercera clase que son las *ectoendomicorrizas* que crecen alrededor de las raíces y también en el interior de las mismas (Agrios, 1978).

Las micorrizas mejoran el crecimiento de las plantas por las siguientes razones:

- Incrementan la superficie de absorción del sistema radicular, por selectividad, absorbiendo y acumulando nutrientes, especialmente fósforo.
- Posibilitan la solubilización y hacen disponibles y asimilables minerales que normalmente no son solubles.
- Protegen la raíz contra infecciones provocadas por hongos patógenos del suelo como *Phytophthora*, *Pythium* y *Fusarium*.
- Las micorrizas no causan enfermedades en las plantas, pero la ausencia de las micorrizas en ciertas plantas, provoca una disminución del crecimiento de las mismas.

En estos últimos años se ha dado más importancia al estudio de las micorrizas y sus relaciones en los procesos de restauración de ecosistemas, en especial se ha investigado el rol de las micorrizas vesículo-arbusculares (VAM), (Miller, 1987).

Los géneros *Acaulospora* y *Glomus*, se han utilizado con éxito en el cultivo de café. Actualmente se dispone en el mercado internacional de una variada oferta de micorrizas, que tienen presentación de producto comercial para diferentes cultivos y se comercializan como biofertilizantes.

Sin embargo, es importante indicar que en nuestro país, existe una gran cantidad de especies de hongos micorrícicos nativos e introducidos. A continuación se presenta una sistematización de una experiencia sobre micorrizas en pino.

“En el Colegio Celina Vivar del cantón Saraguro, ubicado a 2.500 msnm con una temperatura promedio de 13,3°C, precipitación de 781,9 mm anuales, humedad relativa de 82% y evapotranspiración promedio de 650mm, se instaló un vivero para producción de plantas forestales, con el Proyecto PROMUSTA de CARE Internacional y el MAG.

En este vivero, los promotores forestales observaban que el crecimiento de las plántulas era muy lento. Para el llenado de fundas y la siembra de semillas, se ensayaron algunos sustratos que contenían tierra, arena, abono orgánico, fertilizantes y productos químicos como insecticidas y funguicidas para la desinfección.

Se había observado que en el suelo, alrededor de la corona de los árboles de pino, crecían hongos (callambas); se dedujo entonces el hecho de que estos hongos crecían en las raíces de pino.

En el vivero, se realizaron ensayos para utilizar los sustratos mencionados, algunos fueron desinfectados y otros no. El mejor resultado se evidenció por el mayor desarrollo y crecimiento de las plántulas, esto se obtuvo cuando se colocó tanto en los semilleros como en las fundas para el trasplante la tierra de las plantaciones de pino y especialmente cuando esta tierra no era desinfectada.

Al no desinfectar la tierra con funguicidas, se permitía el crecimiento del hongo *Boletus* que estaba en relación simbiótica con las raíces de pino.

Es de este modo que, de una manera muy práctica, se inició la reproducción de ectomicorrizas. Más tarde se desarrollaron actividades de producción con el establecimiento de bancales micorrícicos, es decir, se sembraban plántulas en el vivero con poca distancia de separación entre ellas. Se conseguía de este modo un entrecruzamiento de raíces y una mejor y más rápida cobertura de las raíces por parte del hongo, de estos bancales se extraía luego la tierra que contenía hifas del hongo y que era utilizada para la producción de plántulas en fundas.

Las prácticas descritas se hicieron en muchos viveros en la zona andina en el país, además el hongo *Boletus* es comestible y constituye un valor agregado muy importante de las plantaciones de pino, especialmente aquellas realizadas en terrenos de las comunidades, pues se está ampliando el uso de hongos tanto para la alimentación en las propias comunidades como para la comercialización.

(Bayancela, 2001)

3.3.4 VENTAJAS DEL MANEJO AGROECOLÓGICO DE LOS SUELOS

Al aplicar principios y técnicas de manejo agroecológico de los suelos se logra:

- Reciclaje de insumos y uso de recursos de la finca.
- Utilización de mano de obra familiar y menor erogación de gastos en este rubro.
- Cultivos de subsistencia y excedentes para la venta.
- Conservación de suelos.
- Agrobiodiversidad.

- Niveles estables de producción con el tiempo.
- No dependencia de insumos que implican inversión de un capital que estos agricultores no poseen.
- Se impulsa la seguridad alimentaria.
- Valoración de la situación ambiental y la salud humana.

3.3.5 DESVENTAJAS

Desconocimiento casi generalizado y deficiente sistematización e investigación del manejo agroecológico de los suelos.

En la zona andina, prácticamente hay una generación que perdió sus conocimientos ancestrales, pues con el advenimiento de la *revolución verde*, se dejó de lado estos saberes y se dio paso a la utilización indiscriminada de tecnologías introducidas a través de políticas institucionales, empresas multinacionales e incluso a través del pensum en las Universidades. Ello ha impedido que las propuestas agroecológicas sean conocidas y tengan el apoyo y sustento necesarios.

Ahora, luego de cinco décadas de ensayar con tecnologías de la *revolución verde*, se está desarrollando una profunda reflexión en torno al estado ambiental de los suelos, y se considera que hubo tecnologías que permanecieron durante miles de años sin causar los impactos que tan sólo en 5 décadas ha causado la propuesta de la mencionada revolución.

TEMA 3.4 MANEJO ECOLOGICO DEL AGUA EN CULTIVOS ANDINOS

3.4.1 INTRODUCCIÓN

El manejo ecológico en los cultivos andinos considera la situación actual del riego en el Ecuador; el deterioro de los recursos suelo y agua por el mal manejo de ellos en la producción agropecuaria y el incremento de la frontera agrícola sin planificación alguna.

Sugiere el uso de técnicas de conservación de la humedad y tecnologías de punta ajustadas a nuestra realidad para regar más superficie con menos agua, liberando muchas áreas de suelos que pueden ser utilizadas como áreas de recuperación de la vegetación natural.

3.4.2 CONSERVACIÓN DE LA HUMEDAD

3.4.2.1 Factores que inciden en la conservación de la humedad

Para la conservación de la humedad en los suelos de la zona andina ecuatoriana, se deben considerar algunos aspectos:

- **Pluviosidad**

Es necesario conocer la época lluviosa y la época de estiaje o de menor pluviosidad. En forma general la estación lluviosa se presenta en los meses de septiembre y octubre, y de enero a mayo, Se presenta menor pluviosidad en noviembre y una ausencia casi total de lluvias desde junio hasta la primera quincena de septiembre.

- **Insolación**

Se requiere saber las épocas de mayor incidencia del sol, pues debido a la acción de sus rayos, se produce la evaporación del agua y la disminución de la humedad del suelo. Este período es más intenso entre junio y septiembre, los meses de julio y agosto son de mayor incidencia de los rayos del sol.

- **Viento**

Las épocas de viento más fuerte coinciden con las de mayor incidencia del sol, entonces la acción del viento, del sol y la ausencia de lluvias, influyen en forma directa en deficiencias hídricas y de humedad en los cultivos en estos períodos, de modo que sólo es posible la producción si se dispone de agua de riego.

3.4.2.2 Prácticas para mejorar la conservación de la humedad

• Prácticas agronómicas

Es conocido desde siempre que un suelo nunca debe permanecer descubierto, por ello se requieren prácticas que permitan tener una cobertura del suelo casi en forma permanente.

a. Policultivos

La agricultura actual, en especial de cultivos introducidos como el trigo, avena y cebada, dejan el suelo descubierto durante los meses más críticos de deficiencia de lluvia; esto provoca una fuerte erosión hídrica y eólica, en cambio los cultivos andinos y las prácticas de la agricultura andina tienen el suelo cubierto, debido por un lado al uso de policultivos o cultivos asociados, y por otro lado a que luego de la cosecha del maíz, por ejemplo, dejan el suelo en barbecho y para el uso de alimentación de animales. De esta manera, se protege el suelo hasta que se reinician las lluvias y comienza a crecer la vegetación nuevamente.

b. Sistemas agrosilvopastoriles y silvopastoriles

El establecimiento de estos sistemas permite que el suelo esté cubierto y que se conserve la humedad. La incorporación de árboles posibilita que se pueda extraer humedad de capas más profundas del suelo; además, la sombra que proyectan disminuye la evaporación debajo de los mismos, aunque también hay competencia con los cultivos a su contorno por esta humedad. Otra importante función de los sistemas agroforestales utilizados como cortinas rompevientos, es la disminución de la acción del mismo, ya que el viento puede extraer hasta 7500 m³ de agua por hectárea y por año.

c. Densidades de siembra

Esta práctica permite tener una mejor cobertura del suelo, si se manejan las distancias de siembra adecuadas. El suelo está descubierto temporalmente hasta que se desarrollan los cultivos. Es preferible que el suelo esté descubierto cuando las condiciones climáticas son de alta nubosidad; de este modo, se minimiza el efecto del sol y se disminuye o regula la evaporación

d. Incorporación de materia orgánica

La materia orgánica juega un papel muy importante en los mecanismos de retención de agua, por lo tanto su incorporación eleva la capacidad de absorción de agua en los suelos.

e. Uso de mulch (cobertura)

Se refiere a la cobertura del suelo con diferentes materiales. Esta práctica es común en los árboles frutales; cuando se hace la limpieza de malas hierbas se las deja a su alrededor, de este modo se logra conservar mejor la humedad en la base o corona de los árboles y se pueden espaciar los riegos. Al dispo-

ner de humedad permanente en la corona de los árboles, se incrementa la microfauna y microflora del suelo, se activan los procesos biológicos y se mejora la producción.

- **Obras físicas**

Zanjas de infiltración

Para conservación de la humedad se construyen este tipo de obras, que en época de lluvia permiten almacenar agua y en épocas de estiaje facilitan su infiltración.

Terrazas

Estas obras prácticamente son sustratos para el crecimiento de las plantas. Se incrementa la profundidad del horizonte A y además se modifica la estructura y textura del suelo, esto permite que la terraza pueda acumular mayores cantidades de agua.

3.4.3 MANEJO DEL AGUA

3.4.3.1 Principios del manejo ecológico del agua

El tema esta orientado específicamente al manejo ecológico del agua en los cultivos andinos más comunes.

A nuestro juicio, el manejo ecológico del agua no necesariamente implica el abandono total de las tecnologías actuales, que contribuyen a utilizar el recurso agua con el menor desperdicio posible.

El deterioro y la eliminación total en varios sitios de la flora y de la fauna, de la cubierta vegetal autóctona, que es una reserva natural de agua, ponen de manifiesto la disminución tanto en cantidad como en calidad de ésta, comprometiendo seriamente a la producción agropecuaria del país y a la estabilidad de los ecosistemas que tanta riqueza nos han prodigado en el pasado, con un aire fresco y sano, alimentos abundantes y nutritivos, medicinas naturales y paisajes de inigualable belleza.

Ante tan dolorosa realidad, que muestra día a día paisajes grises con suelos erosionados y poblaciones pobres sin agua y sin producción, queda el aunar esfuerzos para ayudar a la naturaleza a que haga lo suyo y recupere de alguna manera la biodiversidad perdida.

En materia de riego, hoy por hoy estamos obligados a realizar acciones para emular lo que la naturaleza hacía, conducir el agua cristalina desde las montañas escabrosas hasta las zonas productivas, aunque de otra manera.

En el Cuadro 8 se puede ver las acciones de la naturaleza y del hombre para conducir el agua de un sitio a otro.

Cuadro 8 Actividades de la naturaleza y el hombre en la conducción del agua

ACTIVIDAD DE LA NATURALEZA	ACTIVIDAD DEL HOMBRE
• Desvíos	• Bocatomas
• Reservas de agua con esponjas de cubierta vegetal	• Reservorios
• Vegetación, raíces entrelazadas para retención	• Desarenadores, sedimentadores, rejillas, filtros
• Arroyos	• Acequias y canales
• Lluvias	• Aspersión
• Producción espontánea	• Producción controlada, forzada.

Fuente: Trujillo, (2001)

Los principios fundamentales para un riego ecológico son:

- a. Conducir el agua limpia hacia los sitios de riego, para incremento de la productividad y de la producción planificada.
- b. No desperdiciar el agua en su captación, conducción y aplicación, para cubrir la mayor superficie de tierras con una misma cantidad de ella, a fin de liberar de presión a muchas áreas de suelos que pueden estar a cargo de la naturaleza, para que prosiga con su actividad normal.
- c. Organización y compromisos comunitarios para el mejor uso de los recursos y su protección, deteniendo el avance de la frontera agrícola.
- d. Implementar sistemas de cultivo que permitan el aprovechamiento eficiente y conservación de la humedad: policultivos, barbechos, cubiertas vivas y muertas, prácticas agroforestales, etc.

3.4.3.2 Técnicas y tecnologías

Para el manejo ecológico del agua en la región andina, ante la evidente escasez de ésta y el incremento de la población, no necesariamente todas las prácticas ancestrales o tradicionales son las más aconsejables frente a la realidad actual.

En muchas situaciones, el uso de la tecnología de punta es necesario para regar más con menos, e iniciar el proceso de recuperación de suelos, vegetación y fauna perdidos.

Es el momento propicio para el uso de sistemas de riego a presión, de otra manera podríamos en el futuro próximo encontrarnos con paisajes lunares en nuestra propia tierra.

El riego a presión en el área andina no es muy caro, pues se aprovecha la energía natural de la gravedad que reduce en gran medida los costos de

estos métodos. Además, esta energía se la puede utilizar para otros fines benéficos, aprovechando el ingenio y la sabiduría campesina.

El riego a presión técnicamente manejado no erosiona el suelo, incrementa la superficie de riego y la densidad de siembra en ciertos cultivos

El riego a presión técnicamente manejado no erosiona el suelo, incrementa la superficie de riego, incrementa la densidad de siembra en ciertos cultivos y se puede regar la mayoría de cultivos tradicionales del área andina u hortícolas exóticas de alta rentabilidad. Con el riego a presión es más fácil programar cosechas y retardar o acortar ciclos vegetativos en función de los requerimientos del mercado.

Un sistema de riego a presión requiere de un componente importante como es el reservorio, que le permite al agricultor regular el caudal de servicio y facilitar la actividad de riego, evitando el trabajo en altas horas de la noche. También evita remanentes de agua que constituyen un desperdicio y dificultan el control.

En el país se han planificado, diseñado y ejecutado muchos sistemas de riego a presión, a tal punto que el agricultor ecuatoriano en el área andina cree en ellos, por lo que los aplica a la medida de sus posibilidades.

La implementación de un sistema de riego a presión en el área andina no demanda de altos conocimientos de ingeniería hidráulica y no necesita de costosos levantamientos topográficos de las zonas beneficiadas; es suficiente la dirección técnica de profesionales comprometidos con el desarrollo rural y el aporte, los compromisos y la decisión de la comunidad:

- El aporte con su participación directa en la planificación y montaje de los sistemas.
- Los compromisos para operar y mantener los sistemas, detener la agresión a la naturaleza, protegerla y cuidarla.
- La decisión por apuntar al cambio del entorno y la calidad de vida.

La conducción terciaria para entregar el agua a nivel de parcela, mantendrá una presión mínima de 25 psi (libras / pulgadas cuadradas, se puede obtener esta presión con un desnivel aproximado de 20 m), para instalar sistemas de riego ya sea por goteo, micro-aspersión o aspersión o incluso riego por surcos si no existen medios para regar por los métodos antes indicados.

Todo sistema de riego a presión ha de tener válvulas de paso y de flote en sus cajones rompe-presión y un reservorio de regulación.

El tamaño del aspersor no conducirá un caudal superior a 0.2 l/s a 25 psi. Este aspersor ha de estar conectado a una base y una manguera flexible y de longitud máxima de 15 m a fin de no estropear el cultivo con las labores del riego.

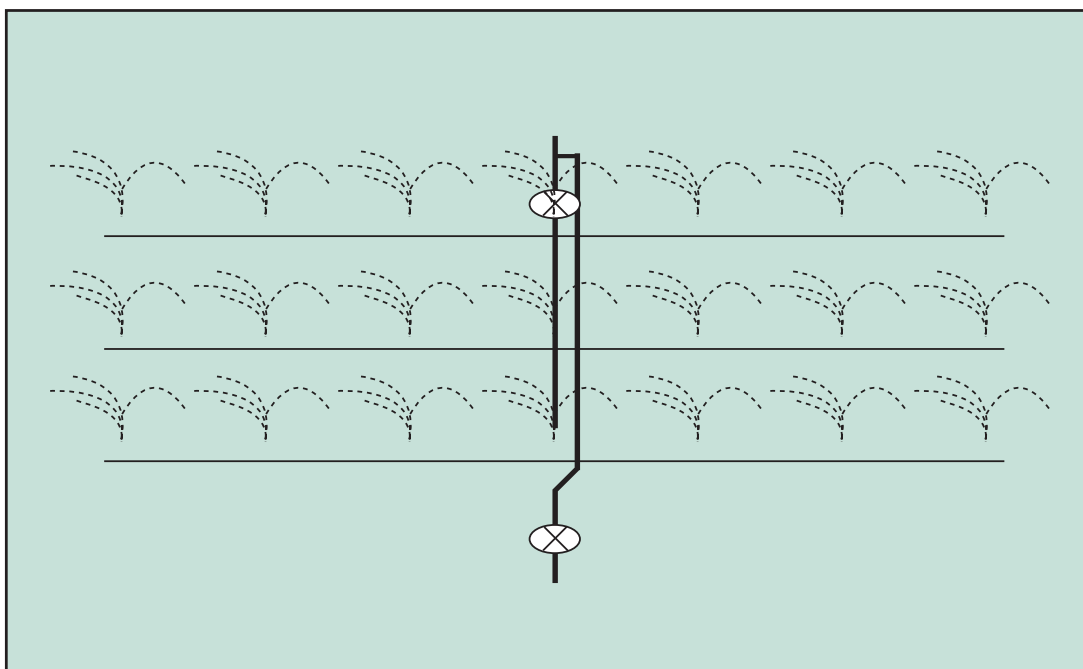
En el Ecuador hay tres tipos de sistemas de riego por aspersión para pequeñas parcelas:

Sistema 1

Instalación de aspersores fijos de tamaño pequeño (Figura 24), que funcionan simultáneamente con abrir una sola válvula de paso. Sistema validado por Swissaid en la comunidad Gatazo Zambrano.

Se colocan 81 emisores por hectárea, ubicados a una distancia de 15 m, en el sistema funcionan simultáneamente 27 aspersores. El sistema de riego necesita un caudal mínimo aproximado de 5.5 l/s y aunque su precio es alto (aproximadamente \$ 3000 a 4000 dólares por hectárea), permite regar con turnos cortos extensiones relativamente grandes y utiliza poca mano de obra para operar (Fig. 20).

Figura 20 Sistema de riego por aspersión con 27 aspersores fijos que funcionan simultáneamente

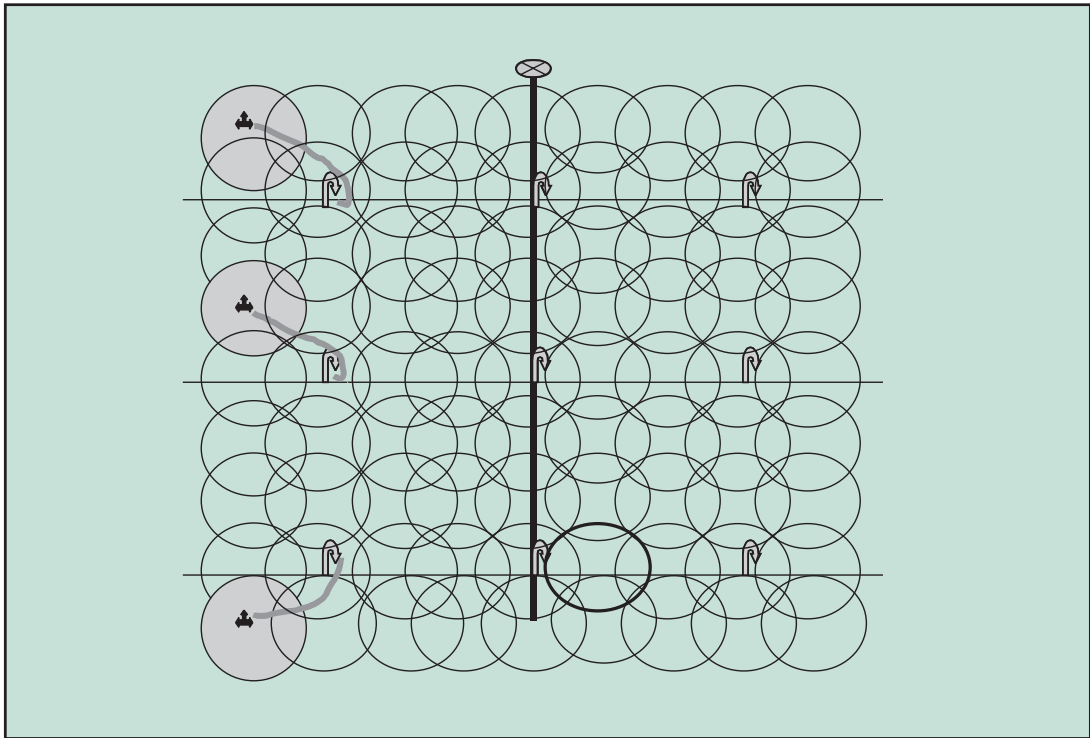


Sistema 2

Instalación de 3 aspersores flotantes de tamaño pequeño, por ha, funcionan los tres aspersores al mismo tiempo. Es un diseño de la Universidad de UTAH validado en Guatemala, traído y validado en Ecuador por el Ing. Miguel Sánchez Ixcaraguá.

Este sistema ha tenido una mejor aceptación en la Sierra Ecuatoriana que los sistemas 1 y 3, su costo aproximado es de \$ 1200 dólares por hectárea. (Figura 21)

Figura 21 Sistema de aspersión con tres aspersores flotantes que funcionan simultáneamente, conectados a nueve llaves de manguera



Sistema 3

Es el caso del sistema validado por las comunidades de Patococha, funciona una vez a la semana, se caracteriza por la instalación de una sola válvula en cabecera de parcela y un solo aspersor tamaño mediano (Fig. 24). Este sistema (Figura 22) de riego es el que tiene un menor costo, comparado con los otros dos sistemas, sin embargo necesita mucha mano de obra y se maltratan las plantas con el movimiento de la manguera, por lo tanto su aceptación es menor que el sistema anterior.

Figura 22 Sistema de aspersión con un aspersor mediano flotante

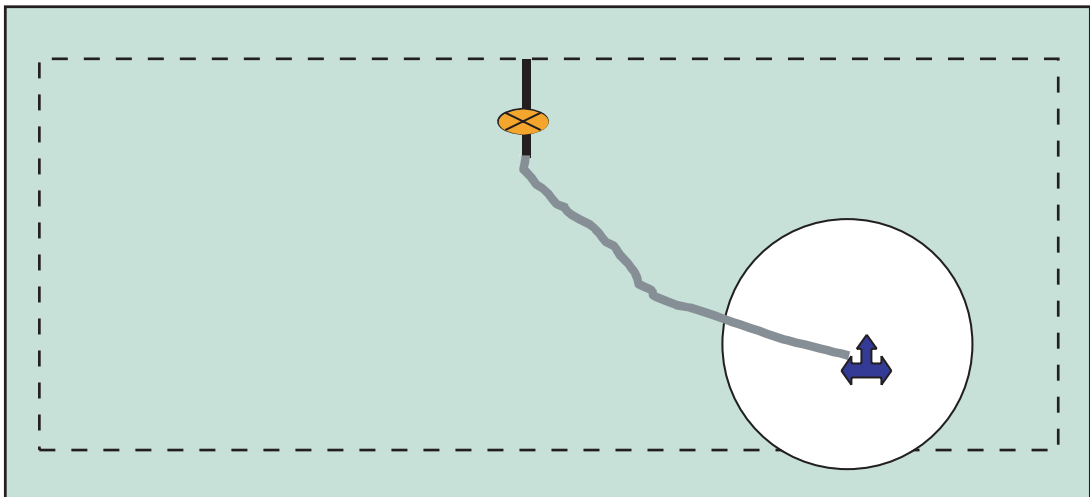


Figura 23 Signos convencionales de las tres figuras

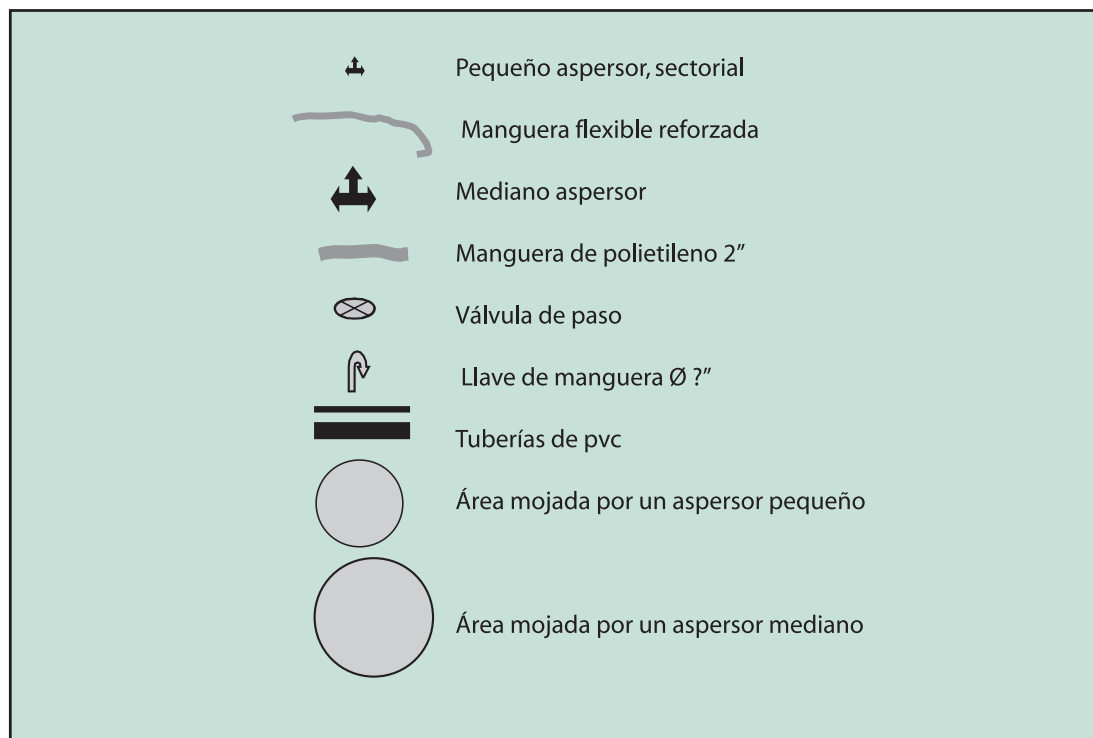
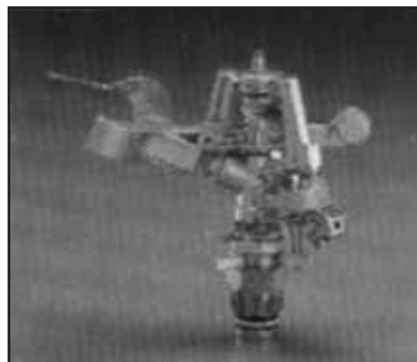


Figura 24 Aspersores sectoriales para riego Andino (Catalogo NAAN 1990).



ASPERSOR PEQUEÑO



ASPERSOR MEDIANO

Especificaciones técnicas de los aspersores:

Aspersor pequeño:

Caudal (Q)	=	0.2 l/s
Presión (P)	=	21 psi
Diámetro regado (D)	=	24 m
Boquilla	=	4.0 mm

Aspersor mediano:

Caudal	=	0.74 l/s
Presión	=	56 psi
Diámetro	=	50 m
Boquilla	=	9.0 x 3.2 mm

NOTA: Se puede utilizar aspersores metálicos de cualquier marca, que cumpla con estas especificaciones técnicas, algunas marcas disponibles en el mercado son; Rain Bird, Rain Trol, Senninger, Riegos Costa etc.

3.4.4 SISTEMATIZACIÓN DE EXPERIENCIAS

3.4.4.1 Proyecto de desarrollo rural integral “Dalincochas”

Ubicación

Parroquia Sevilla. Cantón Alausí. Provincia Chimborazo.

Antecedentes

La mayor parte del área de ejecución del proyecto esta cubierta de cultivos tradicionales y pastos, hay sectores, sobretodo en los de gran pendiente, que tienen chaparro nativo como chilcas, mentas, huicundos y en las partes más altas paja de páramo y chuquiragua. El proyecto tiene 200 ha de bosque de pino (Fig. 25), declarado por las comunidades como bosque protector.

Hay dos tipos de cultivos, los de secano y los cultivos con riego. Entre los primeros están la cebada, el trigo y la lenteja; los cultivos con riego son: papas, arveja y en pequeña escala hortalizas. El proyecto Dalincochas beneficia a tres comunidades: Dalín, Cochas y la parroquia Sevilla. Estuvo bajo la dirección de la ONG “Oficina de Desarrollo Comunitario” (ODC), con financiamiento del “Fondo Ecuatoriano Canadiense para el Desarrollo” (FECD).

Figura 25 Bosque protector de pinos en la zona del proyecto.



Figura 26 Prueba del sistema de riego en Dalincochas



Uno de los componentes de este proyecto fue el riego, que se puso en funcionamiento en marzo de 1998 y para el cual se destinó un monto de \$ 25.000 aproximadamente. La meta era beneficiar con riego por aspersión a 65 agricultores del sector Collayaco, en una superficie regada de 21 ha, con un caudal promedio de 8 l/s del que dispone la fuente.

Resultados

Se cumplió el objetivo de dar riego por aspersión a los 65 agricultores; además, para el sector Curiyacu se instaló un reservorio y un sifón, con el que se beneficiaron 200 familias con riego por surco. Para la realización del proyecto se contó con la participación de los agricultores, en reuniones y

planificación, días de campo, mingas en la instalación del sistema y construcción del reservorio, prueba y puesta en operación del sistema (Fig. 26) y cursos de capacitación, para el manejo del riego.

Los agricultores están muy agradecidos por el proyecto, riegan zonas en las que antes no era posible hacerlo por los métodos tradicionales, sus suelos no están erosionados como el de los vecinos que no tienen este sistema, cultivan hortalizas y también: papa y arveja, ya no solo para autoconsumo, pues venden el excedente en un mercado creado en Sevilla por el proyecto para este propósito. El mercado funciona todas las semanas los días miércoles y es una fuente de cereales y hortalizas para la zona.

3.4.4.2 Proyecto San José de Arrayán

Su ubicación y características de cubierta vegetal son las mismas que las del proyecto anterior, ya que los dos están dentro de la misma micro-cuenca.

Antecedentes

El proyecto San José de Arrayán fue ejecutado por la misma organización ODC, pero el apoyo financiero para la realización de este proyecto, con un aporte económico de USD \$ 26.978 aproximadamente, fue dado por “EL CONSELL DE METROPOLITÁ DE MUNICIPIS DEL ÀREA METROPO-LITANA DE BARCELONA”, por gestión de la Pastoral de Alausí.

El proyecto beneficia a 75 familias aproximadamente, con solo 6 l/s en la fuente, con este caudal cada agricultor logró regar 0.25 ha, con riego por aspersión. Por gravedad y en las condiciones anteriores a la instalación del sistema los agricultores regaban en su totalidad un máximo de 7 ha, es decir una superficie de 0.1 ha por agricultor.

En la captación y conducción se logró el incremento de eficiencias deseado, debido a que a estos dos sistemas se une el de reserva. Se hace esto para que los agricultores no rieguen en la noche, a fin de no provocar erosión en sus suelos que son de gran pendiente (Fig. 27).

El reservorio de regulación nocturna fue diseñado y construido como se han hecho en otros proyectos de similares características en el área andina (Fig. 28).

*Figura 27 Topografía agreste
(fondo del paisaje) San José de Arrayán*



Figura 28 Reservorio en Arrayán



Resultados

Este sistema de riego se concluyó en julio de 2001. Los resultados expuestos por los agricultores fueron:

- Se riegan terrenos donde anteriormente no llegaba el agua.
- Antes solo podía regar un agricultor, con el caudal existente, hoy riegan tres agricultores simultáneamente.
- Ya no regamos en la noche.

Además expresaron que les interesaría tener riego por aspersión en todas sus parcelas.

Hay otros proyectos de esta naturaleza: Químiag 1.200 ha. Cuturiví en Cotopaxi 45 ha. San Isidro en Cotopaxi 20 ha y Gatazo Zambrano en Chimborazo 8 ha, entre otros.

TEMA 3.5 MANEJO PECUARIO

3.5.1 GENERALIDADES

Antes de dedicarse a la práctica de la agricultura, después de domesticar especies vegetales, el ser humano ya había domesticado animales que le servían para su alimentación, así como también para el transporte de carga a grandes distancias.

En el contexto de los sistemas diversificados de producción agrícola, que se manejan en la actualidad bajo el enfoque agroecológico, la presencia de las especies animales (mayores y menores) es de capital importancia, pues ellas contribuyen a cerrar el ciclo de nutrientes, mediante el aporte de desechos (estiércoles, plumas, cerdas, cascarones, sangre, huesos, etc.), al mismo tiempo que se obtienen bienes para la alimentación y el vestido: leche, carne, huevos, lana, etc.

La propuesta tecnológica de la agricultura convencional sacó de los sistemas productivos agrícolas a las especies animales.

La propuesta tecnológica de la agricultura convencional sacó de los sistemas productivos agrícolas a las especies animales, de manera que ello hizo que se interrumpa el ciclo natural de nutrientes, para de esta manera obligar a los agricultores a la compra de insumos de origen sintético (fertilizantes y plaguicidas), produciéndose desde entonces marcados desbalances en los agroecosistemas, con sus consiguientes secuelas de desactivación biológica, pérdida de la fertilidad de los suelos y, por ende, baja de la producción y productividad agropecuaria.

3.5.2 LA PRODUCCIÓN PECUARIA EN LOS ANDES ECUATORIANOS

En la zona andina del Ecuador, haciendo parte de los sistemas productivos que generaron y desarrollaron los grupos nativos desde antes de la venida de los españoles, ya aparecen especies animales tales como camélidos y auquénidos, a los que se suman cuyes y conejos, que de manera complementaria se criaban junto a las áreas de producción de cultivos para hacer parte de la dieta nutricional diaria y del balance de nutrientes naturales en el suelo.

En la actualidad las especies señaladas subsisten, muchas de ellas mejoradas y otras reintroducidas como es el caso de las alpacas, a las que se han sumado otras especies animales introducidas (vacunos, equinos, ovinos, porcinos) que en conjunto hacen parte del manejo predial y de la biodiversidad.

En la región andina del Ecuador se manejan principalmente explotaciones de ganado vacuno (Figura 29), tanto con fines de producción lechera, como de carne y trabajo, y en menor escala se manejan equinos, ovinos, caprinos, porcinos y animales menores como aves de corral y cuyes. Los equinos son importantes tanto como animales para transportarse, como también para llevar carga, especialmente en sectores donde no hay vías ca-

rozables. En los últimos tiempos se han incorporado a los patrones de producción andina, explotaciones piscícolas (truchas) y en menor escala apícolas.

Figura 29 El ganado bovino en las economías campesinas es una fuente de alimentos, de provisión de abono orgánico (estiércol y orinas) y una caja de ahorro.



Las vacas sirven para la provisión de leche, que en épocas de mayor producción o por razones de distancia a las vías de comunicación, se transforma parcialmente en queso. Los machos bovinos se usan para las tareas de labranza, siendo la mayor importancia del ganado el mantenimiento del valor, como una forma de ahorro.

A raíz de la aplicación de la Reforma Agraria, ocurrió una nueva distribución de la tierra y restricciones para pequeños productores en el acceso al uso del agua y de áreas de pastos.

En la zona de páramo a más de 3600 msnm, en las praderas naturales y a “pastoreo libre” se cría ganado (vaconas secas y machos), para producción de carne. En estas circunstancias no se administran mayores cuidados alimentarios o sanitarios. En los sectores destinados a la producción de leche, predomina el ganado mejorado con holstein, en diferentes grados de mezcla con el criollo.

El origen de este ganado es antiguo y data de la época de las haciendas. Por lo general la reproducción no se controla genéticamente, y se utilizan los sementales que se encuentran disponibles que muchas veces son prestados (sin pago) por los vecinos. Es interesante destacar que los reproductores se usan para el trabajo, especialmente en las tareas de labranza como animales de tiro (yuntas).

A raíz de la aplicación de la Reforma Agraria, ocurrió una nueva distribución de la tierra y restricciones para pequeños productores en el acceso al uso del agua y de áreas de pastos, con lo que se vieron precisados a disminuir significativamente sus hatos de ganado ovino, perdiéndose con ello una gran fuente de provisión de alimentos y abono orgánico.

3.5.3 TECNOLOGÍAS PARA EL MANEJO PECUARIO EN LA REGIÓN ANDINA DEL ECUADOR

Es importante señalar que el manejo de las explotaciones pecuarias, en el ámbito “agroecológico”, debe regirse por las necesidades fisiológicas y etológicas básicas de los animales, lo que incluye:

1. Permitir que los animales satisfagan sus necesidades básicas de comportamiento.
2. Propiciar que todas las técnicas de manejo, especialmente en lo que a niveles de producción y rapidez de crecimiento concierna, estén dirigidas hacia el logro de la buena salud y bienestar de los animales.

Respondiendo a los principios señalados, los animales deben manejarse de la siguiente manera:

- Con acceso al aire libre y al pastoreo, según el tipo de animal y la época del año.
- En sistemas de manejo animal evitar el confinamiento permanente; en estabulación, jaulas, etc, permitiendo el acceso a la tierra.
- En ambientes (corrales, establos) libres de materiales tóxicos (pinturas y preservantes de madera), ya que pueden afectar la salud de los animales.
- Por razones de bienestar, el tamaño del rebaño o de la parvada no debe afectar adversamente los patrones de comportamiento de los animales.
- Por razas que estén adaptadas a las condiciones locales.
- Mediante técnicas de reproducción naturales, por lo que no se permiten las técnicas de transferencia de embriones, como tampoco el uso de especies o razas provenientes de la ingeniería genética.
- Respetando las características distintivas de los animales.
- Con una alimentación 100% ecológica y de buena calidad, en lo posible procedente de la misma finca.
- Sin el uso de promotores del crecimiento o estimulantes sintéticos, ni organismos provenientes de la ingeniería genética. Tampoco es apropiado el uso para alimentación del ganado de los siguientes productos: urea, subproductos animales, excrementos y aminoácidos puros.
- Mediante prácticas de manejo dirigidas al logro de la máxima resistencia a enfermedades y a la prevención de infecciones. Los medicamentos y métodos naturales, incluyendo homeopatía y acupuntura, deben ser enfatizados.
- Considerando el tipo de medicamento, así cuando se utilicen medicamentos alopáticos, el período de carencia debe ser por lo menos el doble del período recomendado para el medicamento. El uso profiláctico de medicamentos alopáticos no está permitido.

Entre las *tecnologías para el manejo pecuario agroecológico* están:

3.5.4 SISTEMAS DE PASTOREO

Para dar un manejo adecuado a las praderas es necesario determinar la forma de consumo del pasto por parte del ganado.

3.5.4.1 Pastoreo intensivo

Consiste en introducir el ganado en los potreros sin divisiones. Este método es fácil y poco oneroso; sin embargo, se corre el riesgo de que la pradera se deteriore rápidamente.

3.5.4.2 Pastoreo rotativo

Esta forma de manejo de las praderas se caracteriza porque las divide en pequeños potreros, y el ganado va siendo ubicado de manera sistemática, para que consuma el pasto y luego este pueda recuperarse. Hay otras variantes de este sistema:

- El *manejo a la soga*, llamado también “sogeo” muy popular en el sector campesino, por el cual se ata al animal a una estaca dándole una cantidad considerable de soga para que este consuma el pasto que está a su alcance dentro del diámetro que le permite la cuerda a la que está atado.
- El manejo bajo el *sistema de la talanquera*, que consiste en la implementación de un corral desarmable y móvil, dentro del cual se encierran los animales para que pastoreen y pernocten.
- Recientemente se ha implementado el *manejo con cerca eléctrica*, para lo cual se instalan potreros circundados por un hilo eléctrico de bajo voltaje.

El sistema de pastoreo rotativo tiene la ventaja de que permite la recuperación del pasto, el consumo se ajusta a las necesidades de los animales y de la misma manera tanto el estiércol como la orina se distribuyen sobre el campo de manera uniforme permitiendo una fertilización natural. Se argumenta que los productores que han optado por este sistema han aumentado la cantidad de pasto disponible en un 50% con relación al que tenían cuando usaban el pastoreo intensivo.

Otra de las tecnologías para el manejo de la pradera es cortar el pasto y facilitarlo a los animales en comederos montados, para tal propósito, en los establos. Este sistema necesita de una mayor dotación de mano de obra y si se logra ordenar bien el consumo de pasto de los animales sus resultados serán óptimos.

De esta manera los animales aprovechan mejor el alimento y también se consigue recoger la totalidad del estiércol y orina en los corrales, para la fertilización directa de las praderas o para la elaboración de abonos orgánicos sólidos o líquidos, fermentados o descompuestos aeróbica o anaeróbicamente.

Esta forma de manejo de la pradera admite guardar el alimento utilizando técnicas como el ensilaje o la “henificación”. Otra de las ventajas de esta última