

Manual de Agricultura Ecológica

Una introducción a los principios básicos y su aplicación

Enrique Kolmans
Darwin Vásquez



Grupo de Agricultura Orgánica
Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales

© Enrique Kolmans y Darwin Vásquez

Segunda edición: Noviembre 1999

Diseño de portada: Renán César

Corrección de estilo: Lydia González y Dulce María Vento

Edición: Claudia Álvarez

Este material ha sido publicado por el Grupo de Agricultura Orgánica de la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF) con el Apoyo financiero de la Organización Alemana Pan para el Mundo como parte del proyecto “Alternativas agroecológicas de desarrollo agrícola”.

Grupo de Agricultura Orgánica de ACTAF

Apartado 4029, C.P. 10400

Ciudad de La Habana

Tel: 845266

Telefax: 845387

Email: actaf@minag.gov.cu

Contenido

Agradecimientos	<i>iv</i>
Presentación	<i>v</i>
Prólogo	<i>vii</i>
Introducción	1
El suelo: Un organismo vivo	4
La formación del suelo	5
El edafón	8
Mineralización y humificación	8
La materia orgánica	10
El agua del suelo	11
El aire del suelo	11
Los agregados del suelo	12
Tipos de estructuras del suelo	12
Los horizontes	13
El perfil del suelo	13
Clasificación de los suelos por su capacidad de uso	14
La fertilidad natural del suelo	14
La planta: Un ente integral	16
La importancia de los nutrientes	17
Los macronutrientes	18
Los micronutrientes	19
Principales funciones de la raíz	20
Iones y coloides	21
La absorción de sustancias orgánicas e inorgánicas	21
Posibilidades de desarrollo de la agricultura	23
Fuentes de abonamiento	27
Sinergismo y antagonismo	28
Interacciones entre suelo y planta	30
La rizosfera o zona radicular inmediata	30
Simbiosis en la zona radicular	31
Susceptibilidad de las plantas a plagas y enfermedades debido a razones nutricionales	33
El potencial de defensa del suelo	
Productos metabólicos de hongos-micotoxinas	34
Conclusiones	35
	37

La rotación y asociación de cultivos	38
La rotación	39
La asociación	40
Tipos de asociación de cultivos	42
Autocompatibilidad y efecto en el cultivo posterior	43
Algunas reglas básicas para la rotación y asociación de cultivos	45
La labranza y no labranza del suelo	48
La compactación del suelo	49
La labranza apropiada: un reto	50
Labranza cero y labranza mínima	52
Nutrición y abonamiento orgánico	55
Requerimientos de la nutrición vegetal	57
Los abonos	58
El abono verde y cultivos de cobertura	59
El mulch	61
Estiércol y compost	62
El estiércol de corral	63
Purín	64
El compost	65
Regulación de malezas	69
Generalidades sobre la biología de las malezas	69
Tipos de propagación	70
Daños causados por malezas	70
Utilidad de las malezas	70
Algunas plantas indicadoras - mensajeras de la naturaleza	71
Control preventivo de malezas	73
Control de malezas con abonos verdes	74
Rotación y asociación de cultivos en el control de malezas	74
Labranza general del suelo	75
Técnicas y momentos de siembra	75
Control directo de las malezas	75
El equilibrio ecológico en la regulación de plagas y enfermedades	78
Medidas generales para favorecer la sanidad vegetal	78
Control directo de plagas	83
Preparados minerales y botánicos	84
Fungicidas	85
Insecticidas	85
La crianza ecológica	87

Características y problemas de la crianza convencional	89
Principios de la crianza ecológica	93
El animal y la fertilidad del suelo	97
Conclusión	102
La integración del árbol y el arbusto en la actividad agropecuaria - Sistemas agroforestales	105
Características de los sistemas agroforestales	105
Agricultura en los trópicos	105
Algunos sistemas agroforestales	107
Consideraciones generales en agroforestería	108
Capacidad de producción de la agroforestería	109
Algunos ordenamientos agroforestales	110
Árboles en las pasturas para incrementar la provisión en la alimentación animal	113
Beneficios del cultivo en callejones	114
La visión de sistemas en la agricultura	117
Ecosistema natural	119
Los flujos de energía	119
Agroecosistema	120
La implementación de la agricultura ecológica	123
Diagnósticos participativos con la comunidad o el grupo	126
Capacitación e intercambio	128
Generación de experiencias exitosas	129
Diagnósticos y planes de implementación de unidades agrícolas	130
Un comercio con ventajas para el agricultor	136
Potencial de los mercados internos y de exportación	136
La certificación	138
La agricultura ecológica en América Latina	140
Anexo. El Movimiento Campesino a Campesino: Pensamiento y principios.	143
Bibliografía consultada	148

Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo decidido y valioso de las instituciones con las que trabajamos durante los primeros tres años de la elaboración de este manual, el Instituto de Desarrollo de Medio Ambiente --IDMA-- y la Red de Agricultura Ecológica --RAE--, ambas en Perú. Nuestro especial agradecimiento a estas instituciones por la importancia que le dieron a nuestro trabajo y con que asumieron la tarea de apoyar la preparación del *Manual de Agricultura Ecológica*. De hecho, este apoyo implicó también el respaldo del Centro IDEAS del Perú, AGRECOL de Suiza, la Cooperación Internacional para el Desarrollo --CID-- del Reino Unido y el determinante de Pan para el Mundo de Alemania que hizo posible la culminación de este trabajo. Agradecemos también muy especialmente al Equipo del Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible --SIMAS-- y al CICUTEC de Nicaragua el haber asumido el compromiso y riesgo comercial de la edición y distribución.

Nuestro mayor reconocimiento a todos aquellos que con sus publicaciones y experiencias nos dieron los elementos y sustancias para la elaboración de este manual. Asimismo, deseamos dar las gracias a las organizaciones y a los participantes con quienes desarrollamos diversos cursos de introducción a la agricultura ecológica y que permitieron ajustar los contenidos a las necesidades de los que trabajan en el desarrollo rural. Especialmente ricas resultaron las experiencias con la Coordinadora Ecuatoriana de Agroecología --CEA--, la Coordinadora de Agricultura Ecológica de El Salvador --COAGRES-- y la Red de Agricultura Ecológica del Perú --RAE-- así como con todas las organizaciones y personas del Movimiento Agroecológico Latinoamericano --MAELA--.

A los pequeños agricultores, nuestro agradecimiento porque con su saber, esfuerzo y experiencia nos ayudaron a aprender, comprender y mejorar nuestro trabajo en el desarrollo rural.

Agradecemos también el valioso y desinteresado aporte de Roxana y Rainer Hostnig, quienes con la traducción del alemán al español del *Gran Libro de Agricultura y Horticultura Ecológica* sentaron en 1987 la primera piedra para la puesta en práctica de los cursos que, a su vez, fueron la base para la preparación de este estudio.

Gracias a todas aquellas personas que de alguna manera han hecho posible este esfuerzo, en especial a Tema, Alicia, Carlos, Kathi y Verónica Mercedes por su dedicación, esfuerzo, comprensión y buena voluntad demostrada en la realización de este trabajo.

Los autores

Presentación

"Actúa de tal manera que las construcciones de tu acción no sean destructivas de las futuras condiciones de vida."

Hans Jones

El libro *Manual de Agricultura Ecológica: Una introducción a los principios básicos y su aplicación*, aparece en un momento muy oportuno y preciso, por cuanto hoy nadie niega la pertinencia de considerar el componente ecológico y ambiental en el desarrollo agrícola. La crisis de sustentabilidad en el mundo se ha agravado de tal forma que obliga a tomar decisiones lo más rápido posible. Sin duda, la agricultura ecológica es la alternativa más real para alcanzar una agricultura sustentable, en un sentido amplio, es decir, incorporando además la sustentabilidad alimentaria como un concepto fundamental.

En América Latina, los problemas que impiden el desarrollo rural, además de una persistente injusticia social y relaciones desfavorables de intercambio internacional resultan de equivocados modelos tecnológicos productivos, principalmente. También, la incorporación de paquetes tecnológicos externos, basados en el alto uso de insumos, han agravado de manera catastrófica los grados de erosión y pérdida de la fertilidad de los suelos, incremento de las plagas y enfermedades, alteración y colapso de los ciclos hídricos así como la reducción alarmante del volumen y diversidad biológica y la desertificación, todo lo cual pone en grave peligro el desarrollo futuro.

Para cambiar esta situación se requiere con urgencia de la difusión y aplicación de la agricultura ecológica basada en el rescate y vigorización de sistemas de culturas originales, de formas de producción sostenible y conservadoras de los recursos. Ello es pertinente para permitir una alta eficiencia en el aprovechamiento de los recursos, basada en los principios ecológicos y localmente disponibles como por ejemplo la energía humana y la abundante energía solar (convertible en energía vegetal).

En la región, durante la década de los años 80, con mayor o menor fuerza se han ido creando iniciativas y experiencias agroecológicas en diversos países, la mayor parte de ellas han sido realizadas con proyectos de desarrollo rural. Los resultados alentadores obtenidos en algunos casos, el interés por un mayor intercambio e interacción, así como la disposición a la promoción agroecológica dentro de las estrategias de desarrollo rural, motivaron la concentración de un trabajo coordinado sobre el tema en la región que materializó con la formación del Movimiento Agroecológico Latinoamericano y del Caribe (MAELA).

En el contexto actual para el MAELA, es motivo de gran significación presentar el libro *Manual de Agricultura Ecológica: Una introducción a los principios básicos y su aplicación*. Sus autores, Kolmans y Vázquez, de vasta trayectoria en la puesta en práctica de la agricultura ecológica en trabajo de desarrollo rural, abordan de manera ordenada y sencilla, los principios de la agricultura ecológica y a través de su lectura es posible, permanentemente observar las ventajas que presentan este tipo de agricultura sobre la convencional de los paquetes tecnológicos de la Revolución Verde que día a día son más insostenibles. El manual, por su contenido y por su presentación cuidadosa, es un aporte al Movimiento Agroecológico Latinoamericano y del Caribe ya que, sin lugar a dudas, será de gran ayuda para los productores,

campesinos, técnicos y público en general que practican este tipo de agricultura y para aquellos que se inician en ella. También, será una herramienta de trabajo muy útil en los programas de capacitación que se realicen en la región y en los programas de desarrollo rural.

El primer capítulo se refiere al suelo como un organismo vivo. Rescatamos esta apreciación por cuanto la comunidad campesina en general, se siente parte íntima de este mundo, su condición de ser humano no la distancia de la naturaleza, es decir de los animales, los cerros y los ríos, sino que se siente hermanada con cada uno de ellos. En esta concepción, el hombre no es el centro del mundo, sino que está en el centro de las preocupaciones, es la vida misma de todos los seres que la pueblan.

Esta hermandad no lleva a una separación y objetivación de la naturaleza, es decir a considerarse distante y distinto del agua o de los montes. La vida de estas comunidades está impregnada de un profundo sentido de equivalencia. El hombre no es más importante que el agua en esta manera de ser y, es así, que tampoco hay una jerarquización por la complejidad biológica. Estamos aquí en un mundo donde el ser humano no se siente en la cúspide de la evolución, por el contrario, un sentimiento de ser todos parte de la naturaleza es el que recorre y confiere a cada uno de los actos de la vida el respeto por los demás. Este cambio en la manera de concebir la agricultura es el principal desafío que plantea el libro.

Dividido en capítulos temáticos, el manual entrega de una manera didáctica los diferentes contenidos que tienen relación con la agricultura ecológica, no sólo desarrollando los temas técnicos, sino que, también, haciendo un análisis de la puesta en práctica de la agricultura ecológica. Asimismo, entrega antecedentes sobre el comercio de productos ecológicos como una alternativa de producción campesina. Especial interés despertará el capítulo "La crianza ecológica" debido a la manera en que está abordado y porque no es frecuente encontrar este tema en las publicaciones agroecológicas. El capítulo presenta los problemas que enfrenta hoy la crianza convencional, al entregar los principios de la crianza ecológica.

Aun cuando en algunos momentos de su lectura el manual contiene lo que siempre estamos acostumbrados a hallar en este tipo de publicaciones, esto se debe al esfuerzo de sus autores por entregarnos una obra que enfoca la agricultura ecológica como un todo, donde la separación por capítulo es un recurso didáctico solamente para facilitar la comprensión del tema central. Estamos seguros de que, en poco tiempo, se convertirá en un documento de referencia para todos los que estamos empeñados en un desarrollo agrícola que armonice la relación del hombre con la naturaleza y lo haga compatible con la vida.

Agradecemos a sus autores la deferencia para con el Movimiento Agroecológico Latinoamericano y del Caribe al honrarnos con la presentación de esta interesante publicación y para sus autores ofrecemos nuestras palabras de reconocimiento y estímulo por su dedicación a la agricultura ecológica en la búsqueda del bienestar de las familias campesinas del continente.

Andrés Wehrle R.
Coordinador General MAELA
Pirapey, Paraguay, diciembre 1995

Prólogo

La campaña de Alimentos para la Paz nos ha traído la Revolución Verde, o sea la agricultura química-mecánica o también llamada convencional. Con ella, la producción agrícola se volvió muy costosa. Así, la mayoría de los campesinos perderán sus tierras y migrarán a las ciudades. En el mundo occidental, en los últimos cuarenta años, son más de cuatro mil millones de personas las que han abandonado las zonas rurales. Como no hay trabajo para todos, no existe el poder adquisitivo para la compra de alimentos y ellos, desnutridos, solamente aumentarán los cinturones de miseria de las metrópolis.

Con la Agricultura Ecológica, esta situación puede revertirse, permitiendo a los campesinos que permanezcan en sus tierras. Ecológico no significa exclusivamente orgánico, ni se refiere a una producción orientada solamente hacia la protección del consumidor, también protege a los suelos y asegura la buena nutrición de las plantas lo que, por ende, beneficia también al consumidor. Los autores logran transmitir de manera excelente que la agroecología considera los elementos que forman el ambiente de manera sistémica y no aisladamente. Con la agricultura ecológica se busca obtener productos de mejor calidad a menor costo además de lograr que los agricultores puedan seguir viviendo en el campo.

Con el libro *Manual de Agricultura Ecológica*, Enrique Kolmans y Darwin Vázquez ponen al alcance una guía importante para los técnicos que trabajan en la promoción del desarrollo campesino. Este trata, de manera muy bien organizada, los asuntos actuales del campo en subcapítulos concisos y bien definidos. Orienta también sobre la crianza de animales y, con consejos prácticos y sencillos, aborda el manejo rotativo de pastizales y la salud animal. Una de las partes más interesantes es la de la agroforestería, la que trata sobre los sistemas agroforestales y sobre los campos y pastizales semisombreados. Esta buena aproximación genera la inquietud de saber más sobre este novedoso tema.

Resulta muy oportuna la parte sobre diagnósticos de pequeñas unidades agrícolas a la cual sigue la parte sobre el proceso de capacitación. Con la información sobre el movimiento Campesino a Campesino que, en la Argentina, se conoce por Tranqueras Abiertas se obtiene los elementos para lograr una promoción agrícola sobre la base del intercambio de experiencias exitosas. Por lo tanto, esta obra constituye una gran contribución a la agricultura sostenible.

Ana Primavesi

Autora del libro Manejo Ecológico del Suelo

Brasil

El suelo: Un organismo vivo

Un suelo vivo presenta una gran actividad biológica, producto de la enorme cantidad de microorganismos que lo habitan, en él se encuentran: bacterias, hongos, algas, protozoarios, anélidos etc. que se cuentan por varios cientos de miles en un gramo de suelo y su población aumenta mucho más cerca de la zona radicular inmediata (rizosfera). Se estima que un metro cuadrado de suelo vivo contiene 10 millones de nemátodos, 100 mil colémbolos, 45 mil anélidos y unos 40 mil insectos y ácaros. Asimismo, un gramo de suelo contiene: unas 500 mil bacterias, 400 mil hongos, 50 mil algas y unos 30 mil protozoarios aproximadamente. Un gramo de suelo vivo además, puede contener más o menos 10 millones de bacterias, pudiendo encontrarse de 100 a 200 millones de bacterias en la rizosfera.

La acción conjunta de los factores bióticos y abióticos en el proceso de formación del suelo contribuye a la formación de una capa superficial humosa muy apreciada por los agricultores. El humus, es el resultado de la descomposición cíclica de la materia orgánica a consecuencia de la actividad del edafón, que solubiliza y libera los nutrientes a ser absorbidos por las plantas. En condiciones tropicales, la tasa de acumulación de humus en el suelo es baja, por lo que es muy importante fomentar el reciclaje "intensivo" de la materia orgánica.

Casi hasta mediados del siglo XIX prevaleció la teoría del humus como alimento básico para las plantas, pero en 1844 J. Von Liebig, con la publicación de sus investigaciones, sentó las bases para la agricultura moderna. Desde entonces el suelo ha sido objeto de múltiples y detallados estudios. Según Liebig, todo lo que una planta necesita puede ser encontrado en sus cenizas. Un raciocinio incompleto que vio la descomposición de la materia orgánica como un proceso exclusivamente químico, propició el desarrollo de la química agrícola en forma unilateral. Por ello, sería interesante revisar la carta con la cual Liebig sale al paso de la mala interpretación que se ha hecho de su declaración de 50 artículos, pues sólo en uno sugiere explorar la pista de las restituciones minerales, ocupando un lugar importante la materia orgánica. Sin embargo, sobre los trabajos de Liebig se desarrollaron los métodos de la agricultura convencional moderna que se basa en prácticas inadecuadas y nocivas para la fertilidad natural del suelo como:

- Nula diversidad con los sistemas de monocultivo
- Escasa diversidad en las asociaciones y rotaciones
- Rotación unilateral (inadecuada) de cultivos
- Labranza inapropiada e innecesaria
- Excesiva mecanización que produce alteración y destrucción del suelo
- Inadecuado manejo de las excretas animales
- Control químico de plagas y enfermedades

La agricultura ecológica implica una forma diferente de conceptualizar el suelo, el cual es su preocupación principal y es visto como la capa superior edafizada "viva" de la corteza terrestre. En ésta pueden desarrollarse las plantas fuertes y vigorosas. En la agricultura convencional, el suelo es sólo un soporte mecánico para las plantas.

El suelo se compone de:

- Elementos minerales (restos de rocas-minerales)
- Elementos orgánicos (flora y fauna = edafón) más raíces, residuos animales y vegetales, humus
- Agua (intermediario del metabolismo, intercambio de iones)
- Aire (mediador del nitrógeno, oxígeno y anhídrido carbónico)

La fertilidad natural del suelo es la capacidad de sostener a la planta e influir en su rendimiento. El suelo junto con factores como el clima y la forma de agricultura dan por resultado la productividad.

"Un suelo vivo y sano producirá más en términos cuantitativos y cualitativos."

La formación del suelo

El suelo se ha formado a través de millones de años mediante continuos ciclos naturales en los que los procesos de su formación desempeñan un papel importante. Son los llamados factores de formación del suelo los condicionadores de la naturaleza, duración y velocidad con que ocurren tales procesos. Estos factores principales son: material parental, clima, organismos, relieve y tiempo. Hay suelos que se han formado *in situ* a partir de la roca madre, mientras que otros son suelos transportados de origen aluvial, coluvial o por efecto del viento (loess).

En muchas partes de los países de América Latina la agricultura tradicional y la convencional se desarrolla en condiciones de laderas. Como consecuencia, la erosión es la causa principal de destrucción de los recursos naturales así como de fomento de la pobreza. Areas plantadas con cultivos anuales (principalmente monocultivos) pueden perder, por efecto de las lluvias y el viento, alrededor de 200 t/há/año y con ello, unos 200 kg de nitrógeno, 300 kg de fósforo, 2000 kg de potasio, 2000 kg de materia orgánica y muchos kilogramos de micronutrientes, entre otros. Si no se controla a tiempo, la erosión continuará hasta llegar a la roca madre y poco a poco el agricultor irá notando que las raíces tienen más dificultad en profundizarse y tomar los nutrientes, que el suelo retiene poca agua y que los efectos de la sequía son mayores. Al no poder infiltrarse, el agua descenderá por escorrentía y se llevará más suelo, dificultará cada vez más las labores agrícolas así como el crecimiento de las plantas. Finalmente, este proceso anula la viabilidad de la actividad agrícola con el consiguiente éxodo de los agricultores hacia los centros urbanos; en el Perú se dice: los agricultores bajan tras su suelo.

Las prácticas agrícolas como las siembras a favor de la pendiente, araduras profundas, el monocultivo, la no consideración de la agroforestería, el uso de productos agroquímicos, la quema de pastos, dejar el suelo descubierto mucho tiempo, la no incorporación de materia orgánica, el no uso de barreras vivas, el sobrepastoreo, la falta de una conciencia forestal, el exceso de encalado, entre otros, aceleran el proceso de erosión en relación directa con la fisiografía del terreno. Pero, debemos tener presente que la erosión del suelo no sólo se produce por efecto de la pendiente y la escorrentía, sino también por el mal uso del riego, que incluso en lugares de baja pendiente puede empezar a lavar el horizonte superficial del suelo. Asimismo, el

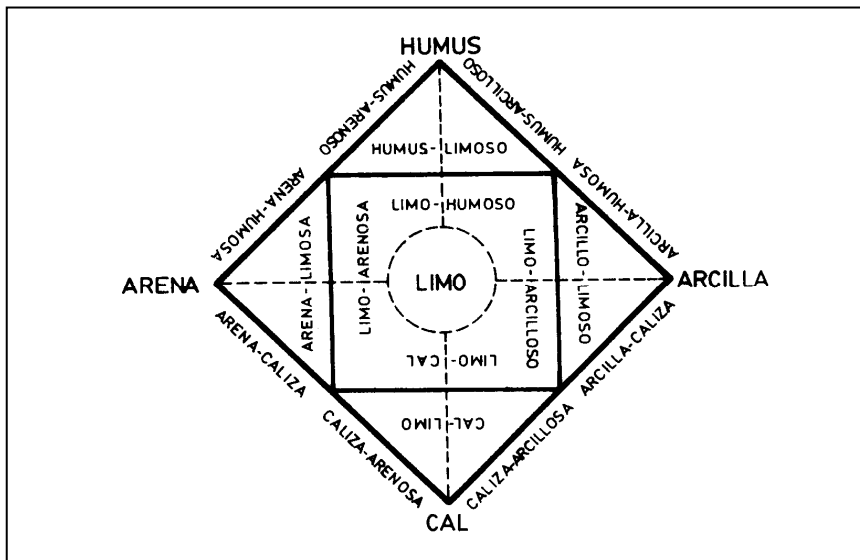
viento (erosión eólica) puede transportar toneladas de partículas del suelo de un lugar a otro. En ambos casos, las partículas más finas, principales responsables de la fertilidad del suelo, son transportadas con mayor facilidad.

Para controlar la erosión, es necesario conocer la capacidad de uso de cada suelo, pero mantener la cobertura vegetal es una medida fundamental. Hay pues una obligación de desarrollar y poner en práctica la conservación de suelos como un elemento importante dentro de la agricultura ecológica, sobre todo, en lugares donde se practica la "agricultura de laderas".

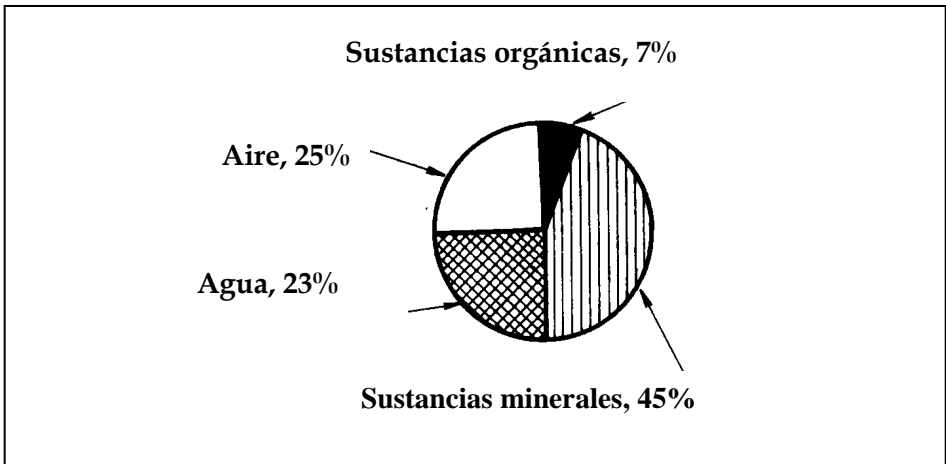
Las prácticas de siembra en curvas de nivel, formación lenta de terrazas, construcción de terrazas, la labranza mínima, construcción de terrazas con muros de piedra, zanjas de infiltración, uso de barreras vivas-productivas, agroforestería, asociación y rotación de cultivos, abonos verdes, no quema de pastos, cortinas rompeviento, entre otras deben ser consideradas para la puesta en práctica de la agricultura ecológica dentro de la unidad productiva. Las medidas señaladas deben ejecutarse en función de la fisiografía del terrero, el clima, la organización social etc.

Con el triángulo textural, es posible cuantificar la fracción mecánica del suelo (porcentaje de arena, limo y arcilla), lo que permite clasificar el suelo según su textura (por ejemplo: arenoso, arcilloso, limoso o franco). La cruz de suelos, además de correlacionar las variables, arena, arcilla y limo y sus diversas combinaciones, integra dos variables más como son la cal y el humus y podremos notar que se encuentran en relación inversa pues, cuando la cantidad de una aumenta, la otra disminuye ya que la cal reacciona oxidando rápidamente la materia orgánica. Esto puede ayudarnos a visualizar los cuidados que debemos tener con el encalado.

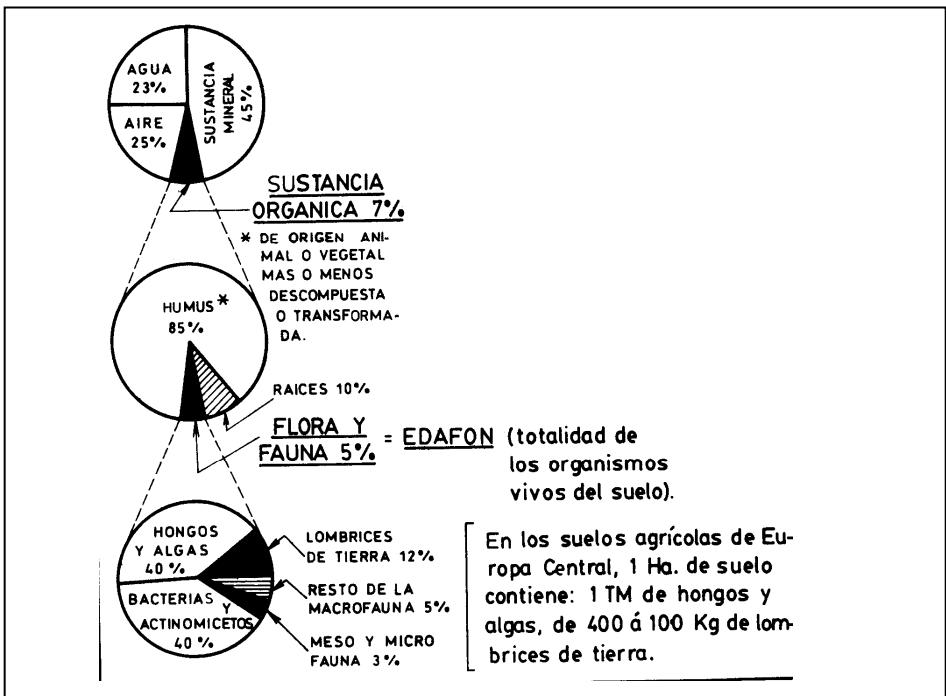
La siguiente cruz de suelos da una idea general sobre las diversas categorías del suelo.



Cruz de suelos



*Composición del suelo de pradera en volumen porcentual
(Schroeder, RFA 1989)*



*Composición de la materia orgánica del suelo de una pradera,
% de materia seca (Tischler, RFA 1969)*

Clasificación de las partículas del suelo (Sistema internacional)

- | | | | |
|---------------|--------------|---------------------|------------|
| • más de 5 mm | piedras | • 0.2 - 0.02 mm | arena fina |
| • 5-2 mm | cascajo | • 0.02 - 0.002 mm | limo |
| • 2-0.2 mm | arena gruesa | • menor de 0.002 mm | arcilla |

El Edafón

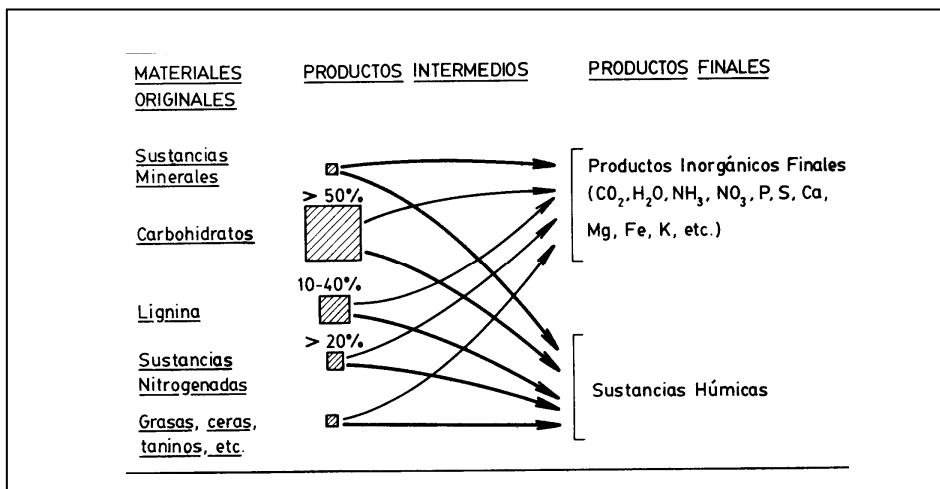
Si se considera una hectárea de suelo con una capa arable de 10 a 20 cm de profundidad y 1% de materia orgánica, se estima que contiene unos 1500 kg de microorganismos.

El edafón comprende la totalidad de los organismos del suelo, tanto la flora y la fauna en su forma macro y micro. Contribuye a solubilizar y mineralizar las fuentes nutritivas así como a mejorar la estructura del suelo. Solamente las bacterias y actinomicetos aportan dos tercios del carbono del suelo. Las bacterias viven como promedio media hora, forman colonias y son increíblemente móviles. Su rápido ciclo de vida y su enorme actividad metabólica mejoran la estructura del suelo, facilitan la movilización de compuestos a base de fósforo y hierro, difícilmente solubles. Los actinomicetos segregan antibióticos, mientras que los estreptomicetos junto con los hongos producen el típico olor a tierra.

En el suelo hay bacterias ligadas a funciones muy específicas, algunas descomponen las celulosas, pectinas y proteínas, otras como las nitrosomonas oxidan el amonio (NH^+4) a nitrito (NO^-2), las nitrobacterias oxidan los nitritos a nitratos (NO^-3), mientras que otras como *Azotobacter sp.* y *Rhizobium sp.* fijan el nitrógeno atmosférico en forma libre y en simbiosis, respectivamente. Los hongos dan firmeza mecánica a la estructura del suelo y, en simbiosis con las raíces de las plantas, aumentan el radio de acción de éstas y son fuente de energía y carbono. Las algas se ubican superficialmente debido a su necesidad de luz, mediante la fotosíntesis asimilan carbono y enriquecen el suelo con oxígeno y nitrógeno.

Mineralización y humificación

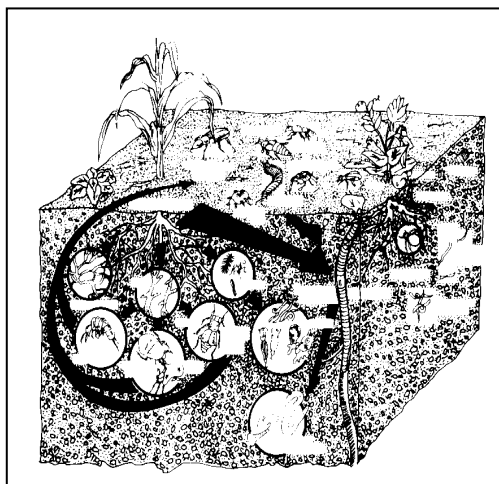
El edafón descompone y desintegra la materia orgánica produciendo su mineralización y humificación. La desintegración microbiana conduce a la liberación de los elementos orgánicos y su posterior transformación en productos inorgánicos (mineralización). A través del proceso de humificación (lo que aún no está esclarecido por completo) se forman las sustancias húmicas más importantes.



Mineralización y humificación (Schroeder, 1969)

La lombriz de tierra

Este anélido, mediante su metabolismo y trabajo digestivo mejora la estructura del suelo. Cuando construye sus galerías remueve el suelo y mezcla verticalmente las sustancias orgánicas de capa arable. Hay lombrices que perforan galerías en todas las direcciones y, en esta acción, segregan una mucosa que da firmeza a sus paredes y, por lo general, son excavaciones más profundas que las realizadas por los arados, ya que algunas llegan hasta los 4 m de profundidad, con la ventaja de que no destruyen la estructura del suelo.



Se estima que, en condiciones de clima templado, una hectárea contiene alrededor de 400 kg de lombrices, equivalente a una población de 2 a 4 millones de individuos aproximadamente. Al construir sus galerías, contribuyen a mejorar la circulación del aire y del agua, además almacenan sus deyecciones en la superficie del suelo a la entrada de las galerías en cantidades que fluctúan entre 10 y 90 t/há/año. Estas contienen gran cantidad de microorganismos y de 3 a 4 veces más nutrientes disponibles que un suelo natural. Fomentar el número de lombrices significa aumentar la capacidad productiva del suelo.

En la Sierra Central del Perú, en Huánuco a 2000 m de altitud se encontró alrededor de 1000 kg/há de lombrices y, si se relaciona con el peso de una o dos yuntas de bueyes, podemos comparar a la lombriz con un verdadero arado y esto no es ninguna exageración, pues al remover el suelo, cavar túneles, deponer sus deyecciones, entre otras, ayuda a mejorar la estructura del suelo. Sus excretas aumentan de tres a once veces el nivel de fósforo, potasio y magnesio disponible en el suelo, elevan de cinco a diez veces el nivel de nitratos y de calcio al disminuir la acidez de la tierra, al igual que transformar el humus mór en humus mull. Ello muestra que fomentar el desarrollo de las lombrices dentro del campo de cultivo es más importante que hacerlo fuera de él ya que el trabajo de la lombriz es complementaria a la de otros microorganismos que aumentan su población estimuladas por las condiciones que genera la lombriz de tierra. No basta sembrar lombrices o aplicar el humus que éstas producen, es necesario fomentar el desarrollo y la acción de estos organismos mediante rotaciones y asociaciones de cultivos, uso de abonos orgánicos, abonos verdes y mantener el suelo cubierto.

La degradación de la materia orgánica debe darse preferiblemente *in situ* y no fuera del campo, porque un humus casi mineralizado es biológicamente menos activo, a pesar de que pueda tener elementos de mayor disponibilidad para las plantas, pero no complementa las funciones de otros organismos en el suelo, pues nutre casi directamente a la planta sin contribuir, en mayor medida, al fomento de otros microorganismos. La lombriz *Eisenia foetida* puede ser una buena aliada para cuando las composteras se encuentren lejos del campo o en los procesos de transición hacia la agricultura ecológica cuando se requiere una mayor disponibilidad de nutrientes debido a la todavía baja actividad del edafón.

La materia orgánica

La materia orgánica está compuesta por los residuos animales y vegetales que, en condiciones favorables, están transformados por los organismos del suelo, perdiendo su estructura original. Su comportamiento, en el suelo está en función de las propiedades físicas y químicas existentes. Por lo tanto, la transformación de la materia orgánica está influida por las condiciones ambientales así como por las características físicas y químicas del suelo.

Mediante el proceso de la transformación de la materia orgánica, se mejora la estructura del suelo porque se provee las sustancias nutritivas a las plantas y se incrementa la capacidad de retención de agua.

Por otro lado, éste también permite agregar las partículas del suelo, lo que mejora su estabilidad, porosidad y estructura física. De esta manera, se incrementa su capacidad de infiltración y retención de agua de forma óptima. Este aspecto es muy importante en época de seca y sobre todo en regiones áridas.

La materia orgánica ayuda a mejorar las propiedades químicas del suelo y a retener los nutrientes; actúa como un "amortiguador" al regular la disponibilidad de éstos según las necesidades de las plantas. Por ejemplo, en los suelos ácidos, impide la fijación del fósforo, neutraliza el efecto tóxico del aluminio. La materia orgánica es muy importante en los trópicos por su propiedad tampón o amortiguadora (*buffering*) de los nutrientes. La disminución de los niveles de materia orgánica en el suelo implica la reducción de los nutrientes disponibles para las plantas.

La sostenibilidad de la materia orgánica

Según el clima, el grado de vida del suelo y tipo y cantidad de residuos se provee de nutrientes a los cultivos en forma suficiente y permanente. Por la intensidad de los ciclos biológicos, en condiciones del trópico, un buen manejo del suelo implica la generación significativa de materia orgánica-biomasa (vegetal y animal). La sostenibilidad de la fertilidad del suelo está en función de la capacidad de autogeneración de biomasa del sistema productivo. Por lo tanto, este aspecto requiere una atención prioritaria para el éxito de la agricultura ecológica.

Sin la materia orgánica en el suelo, los nutrientes son inalcanzables para las plantas. La materia orgánica se caracteriza por presentar a las plantas los nutrientes disponibles en forma ideal en cuanto a su variedad y concentración. La materia orgánica en un suelo agrícola varía de 1.5% a 4.5%, esto es unos 45 a 135 t/há de materia seca.

Efectos de la materia orgánica en la fertilidad del suelo

La materia orgánica aumenta la capacidad de almacenamiento del agua del suelo, mejora la porosidad de los suelos compactados, regula la aeración y la temperatura, crea una estructura granular aterronada que favorece el desarrollo óptimo de las raíces de las plantas.

Asimismo, tiene sustancias activas, aumenta la actividad biótica, es rica en microorganismos, reprime y regula el crecimiento desmesurado de las poblaciones de organismos dañinos. La materia orgánica es una gran reserva de nutrientes que es liberada poco a poco para su empleo e impide su arrastre por la erosión.

El agua del suelo

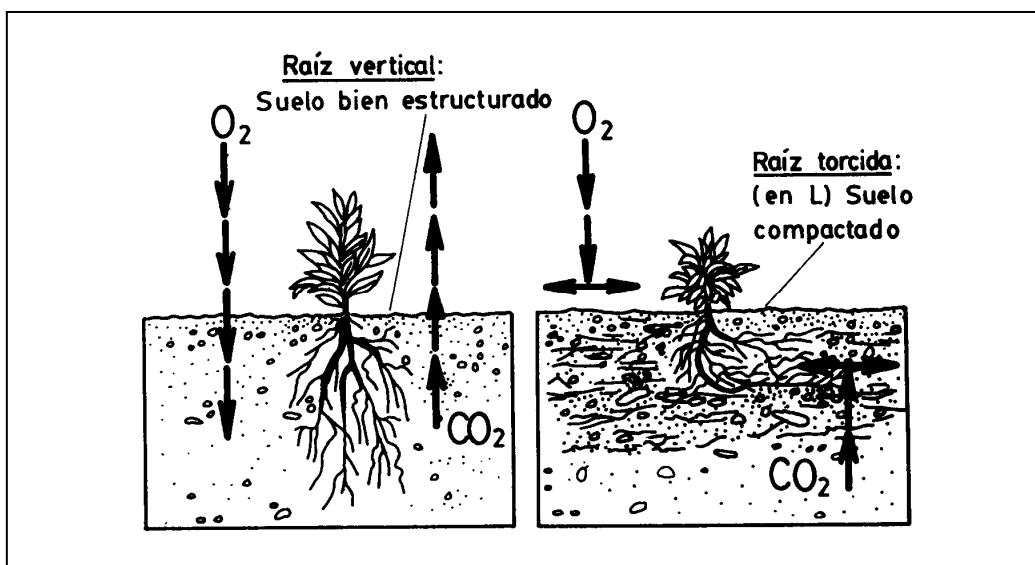
El agua es un elemento indispensable para el crecimiento de las plantas, es portadora de diversas sustancias nutritivas, por lo que la capacidad de retención de humedad del suelo influye en su fertilidad. Los suelos con buena humificación, presentan una buena capacidad de retención y percolación, mientras que los suelos pobres en materia orgánica presentan un drenaje excesivo o malo y necesitan mayor cantidad de agua lo que favorece la erosión y crea además una necesidad cada vez mayor de riego tecnificado.

También, los monocultivos, rotaciones y asociaciones de cultivos inadecuados, labranzas inapropiadas, falta de cobertura compactan el suelo y limitan e impiden la percolación del agua que se pierde por escorrentía junto con un valioso volumen de suelo.

El régimen hídrico del suelo está en relación directa con el ciclo del agua a través del paisaje y la atmósfera. El uso de fertilizantes químicos, en especial los nitrogenados, herbicidas, pesticidas y, en algunos casos, también el manejo inadecuado de los residuos orgánicos, la crianza intensiva al igual que los desagües, perturban el ciclo hidrológico.

El aire del suelo

El agua comparte con el aire la porosidad que hay entre las partículas sólidas del suelo en relación inversa, es decir, al inundar el suelo, el agua desplaza al aire y cuando el suelo empieza a secarse el aire desplaza al agua. El agua es retenida con mayor energía en los microporos (0.0002 - 0.01 mm), mientras que el aire circula por los macroporos.



*Intercambio gaseoso entre el suelo y el exterior.
Las raíces muestran el estado del suelo.*

Las raíces de las plantas y los organismos aportan al aire del suelo anhídrido carbónico (CO_2) en proporciones de 1/3 y 2/3, respectivamente. Este contenido varía con la estructura, tipo y profundidad del suelo. El intercambio gaseoso de anhídrido carbónico y oxígeno (O_2) entre la atmósfera y el suelo se denomina respiración del

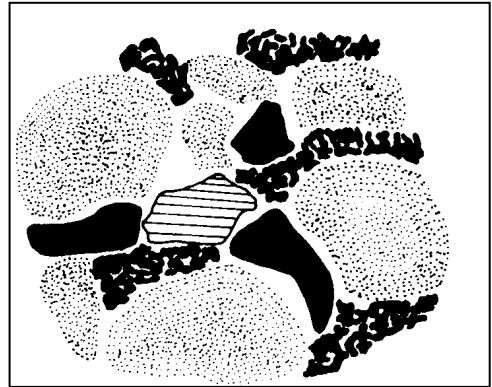
suelo, el contenido de anhídrido carbónico en el suelo es mayor que en la atmósfera. La medida de su salida puede servir de índice de la actividad biológica del suelo, fluctúa entre 0.5 a 3 g de anhídrido carbónico ($\text{CO}_2/\text{m}^2/\text{hr}$). Al mismo tiempo, los organismos y las raíces toman el oxígeno (O_2) necesario para sus funciones vitales.

El intercambio gaseoso es óptimo en suelos bien estructurados, más o en suelos compactados. ¡CUIDADO! los suelos muy ventilados oxidan rápidamente la materia orgánica. Por el contrario, los suelos compactados y anegados no pueden satisfacer a las plantas del oxígeno necesario.

Los agregados del suelo

Los componentes del suelo (minerales, sustancias orgánicas, agua, aire) se organizan en una variedad de formas estructurales denominados agregados.

Estos son unidades que dependen de las partículas del suelo, de la arcilla, óxidos de hierro, carbonatos, sílice, sustancias orgánicas etc., así como de la actividad del edafón y del clima principalmente.



Tipos de estructuras del suelo

- **Estructura de grano simple:** La presentan los suelos arenosos pobres en materia orgánica (los suelos arcillosos, pesados, ricos en limo y pobres en materia orgánica) así como el polvo suelto de los caminos. No hay unidades estructurales definidas. La agregación es limitada o nula en suelos con escasa materia orgánica al igual que su poder retentivo.
- **Estructura laminar y prismática:** Estas estructuras se encuentran, por lo general, en suelos pesados, pobres en materia orgánica, biológicamente casi inertes. No ofrecen buenas condiciones para el desarrollo de las plantas. El suelo con estructura columna está muy seco por exceso de aeración, mientras que el de tipo laminar es muy húmedo debido a su mal drenaje.

La estructura prismática y columnar también puede encontrarse en algunos subsuelos arcillosos. Se desarrolla por efectos de su desecación y contracción y forma rajaduras en el suelo.

La estructura laminar se observa en algunos horizontes superficiales de materiales finos, arenosos, salinos y carentes de estructura definida.

- **Estructura granular:** Es la estructura ideal llamada también "migajón". Los agregados son partículas redondeadas, humosas y porosas de 1 a 10 mm de diámetro y se denominan gránulos, si son mayores de 10 mm.

Los suelos de estructura granular son suaves y sueltos lo que permite una adecuada movilización del aire y del agua. También pueden trabajarse fácilmente. Se originan en suelos ricos en materia orgánica debido a la fuerte actividad del edafón sobre éste y a

la sustancia mineral lo que influye notablemente en la fertilidad del suelo. La mejor estabilidad de los agregados contribuye a disminuir la erosión.

Los organismos del suelo al digerir y excretar los minerales y sustancias orgánicas confieren mayor estabilidad (contra los impactos de agua de lluvia, aniegos, vientos u otra actividad de degradación) a los agregados conformados por compuestos orgánico-minerales tales como: arcillas, carbonatos, sustancias húmicas, sustancias orgánicas etc. Constituyen así el denominado "complejo arcillo-húmico" que retiene determinados iones procedentes de la solución del suelo.

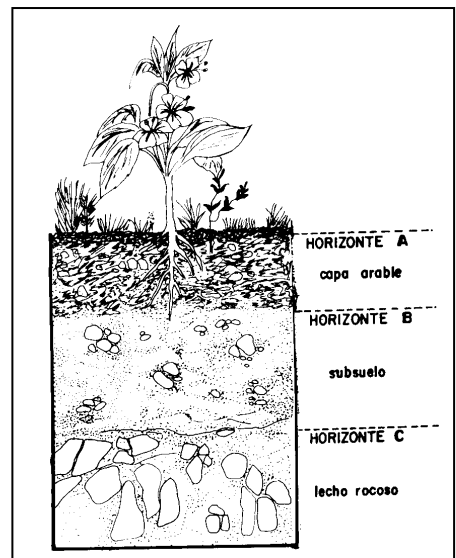
El tipo de materia orgánica predominante en el suelo también influye en la estabilidad de los agregados así como en la distribución equilibrada de agregados de diferente tamaño, condicionando una buena aeración, retención del agua, buen drenaje y favorecer la actividad del edafón.

Los horizontes

Los factores de formación del suelo ocurren de forma diferente de una región a otra y originan diversas calidades de suelo.

Al hacer un corte vertical se observa el perfil del suelo conformado por varias capas u horizontes, diferenciados entre sí claramente por el color, estructura, además de otras características originadas por procesos de formación del suelo, por ejemplo, el agua, según su intensidad, causa la erosión y lixiviación del suelo.

Una calicata permite examinar los horizontes del suelo, que en un suelo agrícola común normalmente fluctúa entre tres y cuatro.



El perfil del suelo

El perfil del suelo está constituido por la sucesión de los horizontes y puede observarse al hacer un corte transversal en éste. Estos horizontes se diferencian por el color, contenido de materia orgánica, tamaño de partículas minerales etc. y se van denominando con letras mayúsculas.

- Horizonte A: Horizonte superficial, rico en materia orgánica, de color oscuro, de vida muy activa, con alta presencia de raíces (capa arable).
- Horizonte B: Horizonte intermedio, a menudo más compactado que el A, de coloración más clara (marrón rojizo a rojo), poca actividad biológica, con escasa presencia de raíces.
- Horizonte C: Roca no consolidada, escasa presencia de raíces sin vida.

Conforme se intensifica el proceso de formación del suelo se presenta una mayor diferenciación de los horizontes. Muchos suelos se caracterizan por presentar

determinadas combinaciones de horizontes. Estos, cuando son superficiales son muy susceptibles a la erosión, si no cuentan con un manejo apropiado que les permita lograr una buena estructura física, química y biológica. Es necesario una buena cobertura en terrenos con pendiente.

Clasificación de los suelos por su capacidad de uso

Hay diversos sistemas de clasificación de los suelos. La clasificación por la capacidad de uso da una mejor idea de las limitaciones que presentan los suelos para las prácticas agrícolas. Sin embargo, muchos conceptos se encuentran actualmente en revisión y para el caso específico de la zona andina se habla ahora de una clasificación en función de la delimitación de las zonas agroecológicas. Ello, principalmente debido a que gran parte de la agricultura que se desarrolla en los Andes, no concuerda con los indicadores que comúnmente se dan acerca del uso del suelo.

La fertilidad natural del suelo

Para que un suelo rinda cosechas satisfactorias son necesarios los siguientes procesos:

1. La meteorización de la roca madre y de los minerales, transformándolos en minerales arcillosos, óxidos e hidróxidos.
2. Humificación y mineralización de la materia orgánica.
3. Formación de agregados de estructura granular debido a la mezcla de partículas minerales y orgánicas.

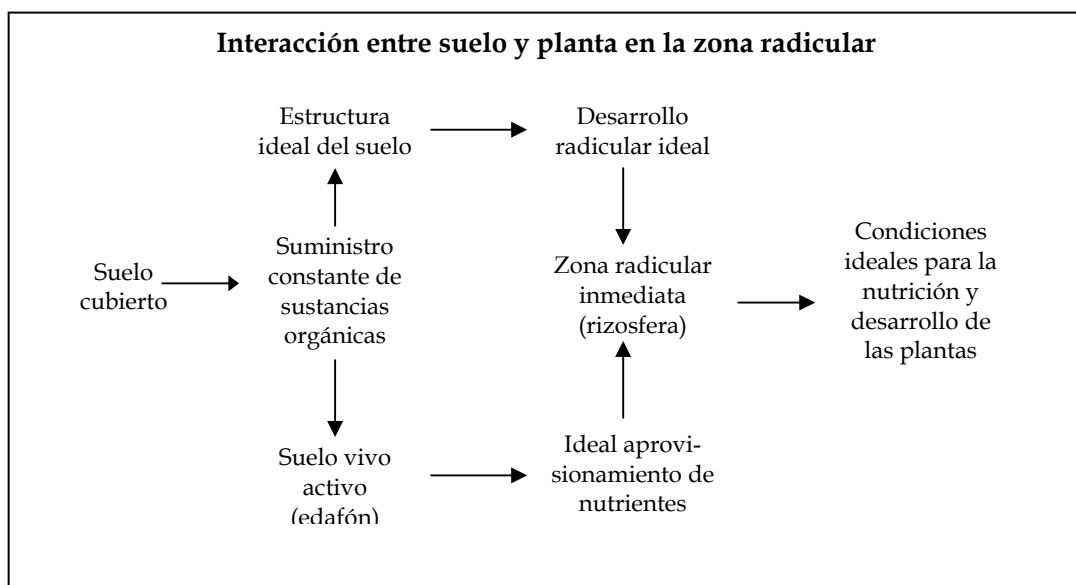
El conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos en el suelo, solubilizan los nutrientes necesarios para las plantas. Las características físicas son también un indicador de la fertilidad del suelo.

Las prácticas agroecológicas evitarán todo aquello que pueda generar daño a la actividad del edafón y a la estructura del suelo el cual en la agricultura ecológica es considerado un organismo vivo.

A continuación algunas consideraciones:

- Renunciar al control químico de plagas, enfermedades y malezas para permitir la activación del edafón y la resistencia fisiológica de la planta.
- Renunciar al uso de fertilizantes sintéticos, para permitir la actividad del edafón mediante el fomento y reciclaje constante de la materia orgánica.
- Generar el suministro de materia orgánica con el mínimo uso de energía e insumos externos.
- Considerar en el manejo del suelo la actividad del edafón, como la base para lograr condiciones óptimas para el desarrollo del sistema radicular de la planta, es decir, lograr una adecuada nutrición.
- Propiciar una adecuada y óptima diversidad que garantice la eficiencia de la interacción planta-planta y suelo-planta, mediante rotaciones y asociaciones.
- Asegurar un adecuado régimen hídrico del suelo a través de una óptima presencia de materia orgánica y cobertura vegetal.

- Considerar que, sólo la interacción óptima del conjunto de factores y procesos puede conducir a un rendimiento integral, porque el todo es más que la suma de las partes.
- Realizar labores apropiadas en el suelo y reconocer el valor de una cobertura vegetal permanente para la conservación de la estructura del suelo y de la actividad del edafón.
- Valorar el uso del árbol y arbustos dentro de los cultivos, especialmente en los trópicos, ya que permite una mejor cobertura del suelo y aporte de materia orgánica. Los sistemas agroforestales (cultivos con árboles y arbustos) permiten un uso más eficiente del suelo.
- Respetar los ciclos e interrelaciones biológicas para tener rendimientos superiores a los de la agricultura convencional, tradicionalmente extractiva.



- ? Fomentar el funcionamiento óptimo de los ciclos biológicos sobre la base de una adecuada presencia y buen manejo de los residuos vegetales y animales.
- ? Rotación y asociación de cultivos bajo el principio de la diversidad.
- ? Labranza y cuidado ecológicamente sano del suelo.
- ? Cobertura y protección del suelo
- ? Uso del árbol y arbusto en la movilización de los nutrientes y de la humedad.

La planta: Un ente integral

Los experimentos realizados por Van Helmont (1577 - 1644) y Stephan Hales (1677 - 1761) demostraron, contra la creencia de aquella época, que además del suelo, el aire y el agua desempeñan un papel importante en la nutrición de las plantas. Este tema de gran interés en el siglo XVIII, indujo a estudiar la composición de las cenizas vegetales, así como la esencia y procedencia de los elementos encontrados.

Las investigaciones promovidas por la Academia de Ciencias de Gottingen en el siglo XIX acerca de las sustancias minerales encontradas en las cenizas de las plantas, dieron como resultado lo siguiente:

1. Que son vitales para las plantas
2. Que tienen que ser absorbidos por las plantas desde el medio exterior

En ese mismo siglo, Sachs y Knopp utilizaron la hidroponia y la prueba del elemento faltante y comprobaron la importancia y esencia de los elementos procedentes del aire, agua y suelo (C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Cu, B, Mo, Co, Mn, Zn). También determinaron su función y las alteraciones producidas en las plantas por su deficiencia. En la actualidad, estas investigaciones no han concluido y se conocen por lo menos 16 elementos además de otras sustancias que son esenciales para las plantas.

La agricultura ecológica no rechaza el valor de los conocimientos científicos, pero sí cuestiona la orientación de la agricultura convencional que observa a la planta desde su estructura material en demasía hacia el exterior y olvida la existencia de un lado interno (a cada lado exterior le corresponde un lado interior) que ordena los componentes materiales en función del ambiente y del cosmos, razón que obliga a reconocer, incentivar y respetar las leyes naturales, principios fundamentales en que se basa la agricultura ecológica.

Estos principios son más importantes que la presencia o suma de sustancias. En efecto, si vemos los componentes de una célula viva, éstos consisten en agua, proteínas, hidratos de carbono, enzimas, sales etc. Los procesos metabólicos se encargan de intercambiar permanentemente estos componentes.

Si bien la célula está formada por varios componentes, la suma o mezcla de estas sustancias no posibilita la vida de la célula; son los principios y leyes inherentes a la vida los que hacen posible el funcionamiento de ella. Lo determinante no son las sustancias o componentes para los sistemas vivos, no bastan las definiciones clásicas de la física y la química ya que la aplicación e interpretación reduccionista de estas definiciones nos conduce a resultados y conclusiones erróneas. Por ello, las características e importancia de los elementos descritos a continuación no deben ser tomados en forma aislada, como lo hace la agricultura convencional, sino dentro de los principios que rigen el funcionamiento de los sistemas vivos para lo cual se requiere una visión y comprensión integral de la planta como un ser vivo.

La importancia de los nutrientes

Para sintetizar las sustancias orgánicas que permiten generar y mantener los ciclos vitales en la naturaleza, la vegetación que cubre la Tierra capta la luz del sol. A partir de sustancias como el anhídrido carbónico (CO₂), agua, energía solar y minerales, las plantas sintetizan sustancias orgánicas como azúcares, aceites, proteínas, celulosa, vitaminas etc.

Para que el funcionamiento metabólico de la planta sea adecuado y su desarrollo óptimo, es necesario que las sustancias nutritivas se encuentren en equilibrio, interactuando en forma armónica, un exceso o déficit ocasiona plantas débiles, susceptibles a plagas y enfermedades, baja calidad alimentaria y cosechas de poca durabilidad. La susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades no es sólo consecuencia de la falta de enemigos naturales y del monocultivo, sino también de una mala nutrición.

Cada nutriente no puede evaluarse en forma aislada, sino en relación con los demás. El hecho de que algunos nutrientes cumplen un papel especial en la nutrición vegetal, no significa que deban ser considerados en forma aislada o como únicos.

Relación de las sustancias nutritivas de las plantas Síntomas de deficiencia de nutrientes

Suelo carente de Síntoma

- Nitrógeno: Hojas cloróticas (verde claro o amarillo), hojas más viejas se tornan amarillas en las puntas, los bordes de las hojas permanecen verdes, mientras que la nervadura central se pone amarillenta.
- Fósforo: Plantas atrofiadas y de color verde oscuro, las hojas más viejas adquieren un color púrpura.
- Potasio: Acortamiento excesivo de los entrenudos o hinchazones (por ejemplo, en gramíneas y maíz). Amarillamiento en la punta de las hojas que adquieren después un aspecto necrótico.
- Magnesio: Clorosis general de las hojas más viejas, cuyas áreas internervales presentan rayas blancas.
- Cinc: Manchas blancas en la parte basal de las hojas nuevas, a ambos lados de la nervadura central, los entrenudos aparecen acortados.
- Azufre: Clorosis general de las hojas.
- Manganeso: Las hojas nuevas están moteadas. En el caso del manzano aparecen manchas cloróticas en las áreas internervales de las hojas. Las zonas cloróticas se vuelven necróticas.
- Molibdeno: En la familia de las Brassicas (col), las hojas toman forma acopada, enrollamiento de las hojas y de las puntas de éstas.
- Boro: El centro de las raíces pivotantes se vuelve gris y se pudre, especialmente en nabos.

Los macronutrientes

Se consideran así a los nutrientes que las plantas toman en mayor cantidad, pero no en forma aislada ni única. Entre éstos tenemos:

Nitrógeno

- **Importancia:** Componente de las proteínas y de compuestos orgánicos. Favorece el crecimiento. El 80% del aire es nitrógeno.
- **Deficiencia:** Bajos rendimientos, débil macollamiento, madurez prematura, hojas de color verde claro.
- **Exceso:** Poca resistencia frente a enfermedades y plagas, madurez retardada, calidad (concentración de amidas y nitratos) y capacidad reducida de almacenamiento; hojas de color verde azulado oscuro.

Fósforo

- **Importancia:** Es parte elemental en compuestos proteicos de alta valencia. Influye en la formación de semillas y en la formación de raíces. Es regulador principal para todos los ciclos vitales de la planta.
- **Deficiencia:** Bajos rendimientos, deficiente macollamiento y malformación de raíces, retraso en la floración y la madurez.
- **Exceso:** Fijación del cinc en el suelo (bloqueo).

Potasio

- **Importancia:** Es importante para la síntesis de proteínas e hidratos de carbono, influye en la firmeza del tejido (solidez del tallo), resistencia y calidad (conformación del fruto).
- **Deficiencia:** Bajo rendimiento y poca estabilidad de la planta, mala calidad y alta pérdida del producto cosechado, mayor necesidad de agua, bloqueo de la síntesis de proteínas (escaso efecto del nitrógeno), poca resistencia a heladas, enfermedades y plagas.
- **Exceso:** Bloqueo en la fijación del magnesio y del calcio, con la consecuente reducción de la calidad alimenticia de la planta.

Calcio

- **Importancia:** Es parte fundamental en determinados compuestos, importante en la regulación del pH, fortalece las raíces y paredes de las células y regula la absorción de nutrientes.
- **Exceso:** Por ejemplo, el hierro puede ser fijado a pH muy bajo o muy alto.

Magnesio

- **Importancia:** Es parte elemental en compuestos importantes como la clorofila por ejemplo, actúa también como activador enzimático.
- **Deficiencia:** Hasta ahora sólo en casos aislados, principalmente en suelos livianos, pobres en cal, síntesis reducida de hidratos de carbono, clorosis internerval.

Los micronutrientes

Corresponden a esta categoría los elementos que las plantas absorben en menor cantidad, pero que son indispensables en los procesos vitales de las plantas. Actúan como catalizadores en muchas reacciones bioquímicas.

Hierro

- Importancia: En la síntesis de la clorofila.
- Deficiencia: Muy raras veces, principalmente en los suelos con exceso de sal. Clorosis internerval (hojas jóvenes), hojas de color blanco.

Cloro

- Importancia: Necesario para las plantas sólo en pequeñas cantidades. Algunas plantas toleran cantidades altas, por ejemplo la remolacha, las coles, la espinaca y el apio. En grandes cantidades disminuye el desarrollo o la calidad de las plantas sensibles al cloro como por ejemplo, la papa, pimiento, tabaco, frijol, frutas y especies forestales.

Manganeso

- Importancia: Constituyente de la clorofila y activador enzimático.
- Deficiencia: Muy raras veces, principalmente en suelos livianos con exceso de azúcares.

Boro

- Importancia: En el metabolismo de carbohidratos y translocación de azúcares.
- Deficiencia: Muy a menudo, principalmente en suelos livianos y alcalinos, sobre todo cuando están secos. Un exceso de boro es dañino para las plantas.

Cinc

- Importancia: Importante en el metabolismo (formación de enzimas y clorofila).
- Deficiencia: Muy raras veces, principalmente en suelos que han recibido una sobredosis de cal y fertilizantes. En frutales, enanismo de las hojas. En plantas jóvenes de maíz produce un rayado blanco.

Cobre

- Importancia: En el metabolismo (síntesis de enzimas y clorofila) y como componente en las plantas alimenticias y forrajeras.
- Deficiencia: Principalmente en suelos livianos, ricos en humus. Hojas jóvenes cloróticas, especialmente en la punta de los brotes y de las hojas.

Molibdeno

- Importancia: Se encuentra en la nitrogenasa, necesaria para la fijación de nitrógeno (bacterias nodulares). Es importante para el género Brassica.
- Deficiencia: Raras veces, principalmente en suelos muy ácidos.
- Exceso: Nocivo, sobre todo para los animales.

Silicio

- Abundante en las gramíneas y la cola de caballo. Hace al forraje áspero y aumenta su resistencia.

Sodio

- El potasio puede ser parcialmente reemplazado por el sodio, el cual asume sus funciones. Tiene mucha importancia en la nutrición animal.

Cobalto

- Importante para el desarrollo de las bacterias nodulares (fijación simbiótica de nitrógeno).

Yodo

- Muy importante para el hombre y los animales.

Todos estos elementos, bajo condiciones de un óptimo funcionamiento de los ciclos biológicos y específicamente de los ciclos naturales de los nutrientes, se encontrarán en cantidades suficientes y equilibradas a disposición de la planta. Sólo en los casos que se comprueba una real deficiencia se podrá hacer uso de aportes externos naturales.

Ningún elemento es más importante que otro, a pesar de la mayor o menor cantidad en que pueden ser retenidos o absorbidos por el suelo y la planta. La carencia o exceso de un nutriente tiene consecuencias negativas en la composición (calidad) y desarrollo de la planta. Asimismo, la forma de la disponibilidad en términos cuantitativos y cualitativos, influye en las plantas en cuanto a calidad, vitalidad, resistencia y susceptibilidad a plagas y enfermedades, conformación, sabor etc.

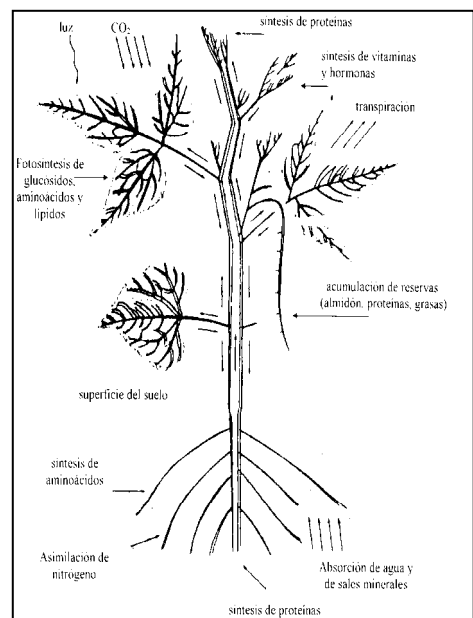
La obtención de plantas sanas en vitalidad y calidad se logra con el respeto a la organización interna, propia de cada organismo vivo, y permite el desarrollo de individuos de orden superior a partir de los nutrientes absorbidos.

Las sustancias minerales son absorbidas por toda la planta, incluyendo las hojas. Sin embargo, esta absorción ocurre principalmente a través de las raíces.

Principales funciones de la raíz

1. Anclar la planta en el suelo, absorción, almacenamiento y transporte de agua y nutrientes
2. Resistencia a la tracción, necesaria para la fijación de la planta en el suelo por medio del cordón central.
3. El parénquima de la raíz funciona como un depósito.
4. La epidermis de la raíz (corteza) es un tejido de protección.
5. Los pelos radiculares sirven para la absorción de agua y de nutrientes.

El sistema radicular se ramifica al abarcar dimensiones considerables. Así el sistema radicular de un cereal aislado llega a ocupar un espacio de suelo equivalente a unos 4 a 5 m³ y



Circulación de las savias en un vegetal.

alcanza una longitud aproximada de 80 km. El déficit de nitrógeno induce a la expansión de las raíces para una búsqueda de nutrientes. Asimismo, la penetración es mayor en plantas que crecen en suelos con napas freáticas profundas. De esta forma, las especies como el tamarindo, algarrobo y otras especies similares pueden alcanzar napas freáticas de 30 m de profundidad. Este también es el caso de las plantas datileras en la periferia de un oasis. Se sabe, por otro lado, que el sistema radicular de muchos árboles puede ser tan amplio como su copa.

Iones y coloides

Los nutrientes son absorbidos por las plantas en forma de iones, disponibles en la solución suelo o en sus coloides. Los iones producto de la respiración de las raíces, HC0-3 y H^+ son intercambiados por iones como el $\text{H}^2 \text{P0-4}$, N0-3 Cl , K^+ , Mg^{2+} , etc. y existe una gradiente de absorción que hace imposible evitar la absorción de iones innecesarios o dañinos.

Los iones son el resultado de la disposición de sustancias moleculares o átomos pudiendo ser de carga positiva (cationes) o negativa (aniones).

Los nutrientes pueden encontrarse en forma libre en la solución suelo o también como compuestos orgánicos e inorgánicos insolubles o de lenta solubilidad. Parte de los iones libres son absorbidos por los coloides del suelo, evitando de esta manera su fácil lavado, así como una elevada concentración de iones libres. Esta capacidad de amortiguación de los nutrientes del suelo se conoce como "buffering" ya que evita el efecto tóxico de altas concentraciones y desequilibrios en el suelo.

El pH influye para que los iones sean retenidos por los coloides del suelo o queden disueltos en el agua. Un pH bajo disminuye la capacidad de fijación de los coloides del suelo, especialmente para cationes facilitando su lavado. El pH es pues muy importante para la absorción de nutrientes. Las diversas especies de plantas requieren también diferentes niveles de pH.

La absorción de sustancias orgánicas o inorgánicas

Los órganos de la planta (flores, fruto con semillas, hojas, tallos con brotes, raíces) están formados por tejidos y éstos a su vez por complejos de células.

Los nutrientes necesitan ingresar a las células vegetales a través de las membranas. Estas toman las sustancias minerales y orgánicas de la solución suelo en forma de iones, acción que puede ocurrir de diversas maneras:

1. Por transporte pasivo o difusión

La difusión se da porque entre dos soluciones hay una tendencia a la nivelación de sus concentraciones. La facilidad de este transporte dependerá del grado de permeabilidad de la membrana.

Durante la absorción de sustancias nutritivas, además de la difusión hay también:

- Una gradiente de afinidad de la planta hacia cada nutriente.
- La absorción de iones por ósmosis es irreversible. Se denomina ósmosis a la difusión de iones que ocurre en soluciones de menor a mayor concentración.

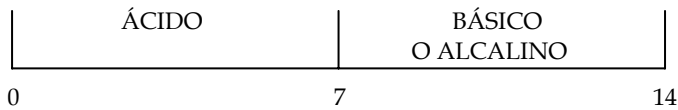
2. A través del transporte activo

Se lleva a cabo mediante un sistema de bombeo y de portadores que absorben la sustancia a transportar y la llevan al interior a través de las membranas de la célula. Se emplea un sistema de bombeo cuando hay un desnivel de concentraciones.

Ya no existe duda de que las plantas son capaces de absorber sustancias orgánicas. Diversos experimentos comprueban la absorción de aminoácidos y enzimas. También es posible que haya una estimulación de la planta mediante sustancias de tipo hormonal que influyen en la vitalidad general del vegetal.

¿Qué es el pH?

El pH o potencial de hidrógeno (para la solución suelo, en nuestro caso) está referido a la concentración o actividad de los iones H^+ , estableciéndose un patrón de medida que presenta una escala de 0 a 14 y se le asigna el valor de 7 al nivel neutro.



Un suelo no saturado, en presencia de agua, se comporta como un ácido débil liberador de iones hidrógeno. En el agua y en los líquidos neutros, el número de iones hidrógeno (H^+) es igual al de los iones oxhidrilos (OH^-). Entonces $pH = p(OH^-) = 7$. Las soluciones ácidas contienen más hidróxidos que oxhidrilos, por ejemplo, un $pH = 3$ indica que la concentración de iones hidrógeno es de 10⁻³ gramos por litro. Cabe señalar que, en una escala logarítmica el aumento o disminución en una unidad o más, implica una acidez 10 veces mayor o menor, o múltiplos de 10 si la variación es mayor.

Todas las soluciones en la naturaleza tienen un determinado pH, por ejemplo, la sangre tiene 7.3-7.5 (ligeramente alcalino), los jugos gástricos 1.0-2.0 (extremadamente ácidos), la solución suelo 3.0-9.0 etc.

Los suelos poseen un poder amortiguador o tampón que es una propiedad de oponer resistencia a cambiar su pH. Las células de los organismos vivos también poseen sistemas reguladores de pH que impiden las alteraciones de sus funciones vitales. Sin embargo, hay plantas que se desarrollan con predilección en suelos ácidos (papa, yuca, frijol caupí, maní, avena, centeno, etc.). Otras prefieren suelos alcalinos (cebada, trigo, algodón, remolacha, alfalfa etc.).

En suelos muy ácidos no siempre el humus llega a su estado final deseable, a causa de condiciones desfavorables para la actividad del edafón. Ello puede observarse en regiones altoandinas muy húmedas, también cerca de las lagunas o en la Amazonia. En este tipo de humus predominan los ácidos fúlvicos sobre los húmicos que son muy solubles en agua. Esto implica que son fácilmente lixiviados por la lluvia junto con otros minerales, dejando empobrecido el suelo. Esto explica también el color negro de las aguas de algunos ríos.

Posibilidades de desarrollo de la agricultura

Los nutrientes en el suelo están sujetos a cambios constantes. Parte se pierde por lixiviación, escorrentía o por determinados procesos de transformación química, pero, la mayor extracción se debe al hombre.

Cada vez se hace menos común la práctica, en muchas partes del trópico y subtropico, de dejar el suelo en descanso por varios años o en barbecho para que mediante la meteorización de la roca madre, el trabajo de los organismos del suelo, la fijación de nitrógeno atmosférico, la generación de biomasa etc. se genere la recuperación de la fertilidad natural del suelo.

Esta práctica no sólo fue abandonada a consecuencia de la teoría de J. Von Liebig, la cual señala: "la pérdida de los nutrientes minerales en el suelo producida por las cosechas puede ser compensada por medio del abonamiento artificial con nutrientes minerales", en consecuencia, se inicia así el uso de fertilizantes sintéticos de fácil aplicación y que es uno de los principales pilares de la agricultura convencional.

En América Latina, donde la presión sobre el recurso suelo a causa de su injusta distribución y el crecimiento poblacional acelerado influyen en su agotamiento. Con la Revolución Verde se pretendió una aparente solución a estos inconvenientes, obviando por completo las reales causas y las particularidades sociales, económicas y ecológicas. Ello sólo ha conducido a un agravamiento enorme del problema.

Con la manipulación y el cambio de los agricultores hacia una mentalidad de producción industrial, el incremento de prácticas degradadoras y extractivas en los países industrializados y el traslado mecánico de este razonamiento a la realidad distinta de América Latina, se creó la imagen de un falso progreso, se consolidaron formas de agricultura intensivas en el uso de productos agroquímicos para la regeneración de la fertilidad y, con ello, muchos agricultores han perdido toda la relación con el suelo y el respeto a los ciclos vitales de la materia orgánica y su relación con la fertilidad sostenida del suelo. Hoy en día, los nutrientes, en gran parte, no provienen de suelos biológicamente activos, sino de la industria con gran costo de capital y energía, tales suelos son sobreexplotados y, cada día, se empobrecen y agotan más.

Por otro lado, si fuera exacta la teoría de la obligatoriedad de la restitución de los minerales extraídos por las cosechas, hace siglos que la Tierra se hubiera convertido en un desierto. Sin embargo, muchas experiencias comprueban que algunos sistemas de producción han empobrecido y agotado el suelo y otros, contrariamente han logrado elevar la fertilidad del suelo hasta niveles muy altos, posibilitando también rendimientos altos y sostenidos, sin la necesidad de recurrir al uso de fertilizantes químicos.

Hoy, la ciencia moderna, con mayor conocimiento sobre la nutrición vegetal, cuestiona la agricultura convencional. El suministro desequilibrado de nutrientes como N, P, K, fuertemente promocionados como sustancias naturales por las multinacionales de productos agroquímicos y los servicios oficiales de extensión, deja de lado los oligoelementos y otras sustancias con la consiguiente alteración del suelo y de la vida de extensas zonas del planeta. Con ello no sólo se ha hecho dependiente de estos insumos a muchos agricultores en el mundo, sino también se ha generado pobreza y

éxodo en el campo. Por ello, no se puede dejar de considerar lo que hoy más y más se reconoce: para una fertilidad duradera y una buena capacidad productiva del suelo es indispensable un suelo lleno de vida microbiana y rico en sustancias orgánicas.

Sin duda, la mayoría de los conocimientos científicos que son la base de la agricultura convencional, son muy útiles para la humanidad, sin embargo, se han alterado profundamente las estructuras socio-económico-culturales que han llevado la situación al límite ecológicamente soportable para el planeta Tierra.

Entre las formas de desarrollo de la agricultura tenemos:

1. El suelo natural no intervenido

En la naturaleza no intervenida por el hombre, el desarrollo vegetal tiene lugar de acuerdo con los principios ecológicos como clima, suelo, luz, competidores, parásitos, simbiosis etc.

En ese sentido, los organismos no se encuentran distribuidos por simple casualidad. Es notoria la gran diversidad de especies presentes en los paisajes naturales y son extremadamente raros los casos de monocultivos. En suelos con cobertura vegetal, el ciclo alimenticio se regula mediante los procesos de formación del suelo: físicos, químicos y biológicos. De esta manera, el suelo es enriquecido ya que los minerales (perdidos o extraídos) son restituidos en forma armónica y equilibrada.

El suministro de nutrientes ocurre a través de la meteorización de la roca madre, por un lado, y también por la actividad del edafón que libera sustancias orgánicas e inorgánicas. A esto se agrega la fijación del nitrógeno atmosférico por bacterias nitrificantes.

La concentración de la solución suelo es mínima ya que, generalmente, las sustancias minerales presentes en el suelo se encuentran en forma difícilmente solubles en agua.

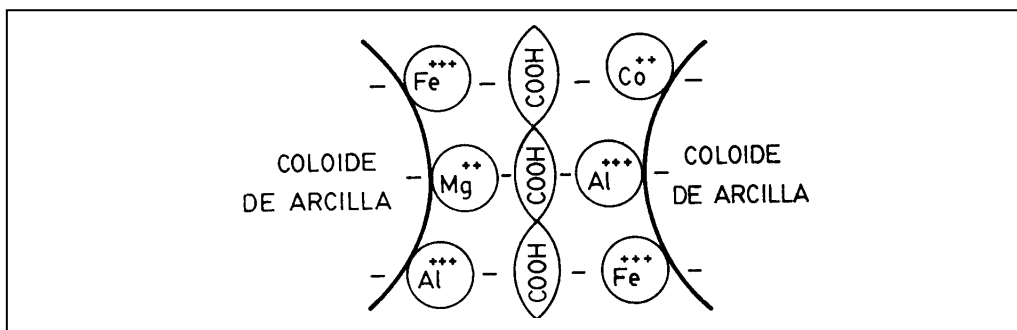
Las plantas absorben los iones minerales de la solución suelo, que luego serán restituidos mediante procesos físicos, químicos y biológicos. La baja concentración de iones minerales en la solución suelo y su constante reabastecimiento forman un estado de equilibrio, requisito indispensable para la absorción continua y natural de nutrientes por las plantas.

2. La solución nutritiva artificial

La hidroponía es la forma extrema de la nutrición vegetal en la cual las raíces se encuentran en una solución acuosa de sales nutritivas, en concentraciones basadas en la experiencia y en los requerimientos de la planta que se va a cultivar.

La liberación constante de nutrientes con una solubilidad mayor que la existente en el suelo, obliga a la planta a absorber sales nutritivas en exceso (a pesar de que ésta no absorbe todo lo que se le ofrece) produciendo una alteración en el ritmo de crecimiento y desarrollo, con toda la secuela de efectos negativos que ello produce (bajo contenido de materia seca, cambios en el sabor, color, aumento de pérdidas etc.).

Las soluciones de sales nutritivas poseen concentraciones comparables a la de los suelos fertilizados con abonos químicos.



La materia orgánica cumple un papel importante en la agregación de la fracción mineral del suelo

La hidroponía es un método de cultivo extremadamente artificial, frente al natural donde a causa de las sales minerales fácilmente solubles diluidas a altas concentraciones. Se obliga a la planta a absorber nutrientes en forma anormal, originando inestabilidad y desequilibrios en la estructura del sistema tornándose altamente vulnerable debido a que las secuencias y ciclos biológicos vitales de la planta son alterados.

3. La agricultura convencional química - tecnificada

Este modelo de agricultura se basa en el uso de fuertes cantidades de insumos externos, con un gran consumo energético en forma de productos agroquímicos y maquinaria así como el empleo de semillas de alto rendimiento bajo estas condiciones. Demanda una gran cantidad de capital y crédito.

La hidroponía que es la expresión extrema de este modelo productivo se basa en métodos de fertilización en la que se aplican principalmente nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), complementados con calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S) etc., altamente solubles. No obstante que las bondades del humus de las sustancias orgánicas son reconocidas por la agricultura convencional, ésta le da poca atención, priorizando los rendimientos cuantitativos logrados con el uso intensivo de fertilizantes químicos.

Se separó la crianza de los cultivos, se eliminó las asociaciones, se simplificó la rotación de cultivos, se intensificó el uso de productos agroquímicos y de maquinaria, dando por resultado la industrialización de la agricultura y la perturbación de los diversos ecosistemas.

Desde el punto de vista económico, la agricultura convencional cada vez se muestra menos atractiva, debido a que ni los rendimientos ni la calidad corresponden a las inversiones de dinero y energía empleadas (agroquímicos y maquinaria). Esto se hace más evidente aún en las condiciones del trópico y subtropical, no sólo por los aspectos de inviabilidad económica, sino también por el mayor grado de vulnerabilidad ecológica y socio cultural que la de los países industrializados en latitudes templadas.

Es bastante conocido los efectos negativos de los productos agroquímicos sobre el suelo y el edafón. Por ejemplo, un agricultor que emplea una dosis de fertilizante de 200 kg/há equivale a disolver 200 g en 10 litros de agua. Esto es una solución al 2%. Si se pone en esta solución una lombriz de tierra muere al instante debido a la corrosión de sus mucosas. Si se introduce una mano herida se producirá un ardor que obliga a

retirar la mano al instante. Lo mismo le sucede a las bacterias y simbioses, pero con efectos letales, antes de que la solución alcance la raíz. Es lógico que se requiere incrementar el volumen de agua pues las necesidades de las plantas aumentan para poder soportar esta concentración. Es el caso de una sopa salada (al 2%), las mucosas del estómago y del intestino al no poder soportar altas concentraciones, aumenta nuestro requerimiento de agua. Exactamente lo mismo sucede con la planta y el suelo.

El uso de productos agroquímicos perturba pues al ecosistema y afecta a los microorganismos beneficiosos a favor de los patógenos y parásitos.

El efecto del abonamiento químico produce las siguientes alteraciones en el suelo:

- El deterioro y reducción del edafón implican una menor liberación y fijación de los nutrientes.
- La disminución del humus y el desarrollo radicular aumentan la erosión y lixiviación.
- El suministro de nutrientes en exceso causa la disminución de otros, por efectos antagónicos.
- Alteraciones desfavorables en el pH.
- La inmovilización de nutrientes
- La saturación indeseable con sales minerales
- Efecto negativo en la meteorización y el proceso de humificación que altera la liberación de nutrientes.
- La reducción de compuestos y sustancias orgánicas que aumentan la susceptibilidad de las plantas a plagas y enfermedades

4. La agricultura ecológica

Al contrario de la agricultura convencional, ésta trata de imitar, en lo posible, a la naturaleza. Una expresión de ello es el incremento de la biomasa para abono verde o el aporte de otros abonos orgánicos según principios ecológicos, desistiendo del uso de productos fitosanitarios químicos, marcando de esta manera una diferencia sustancial con la agricultura convencional.

En la agricultura ecológica es importante fomentar los microorganismos para mejorar la fertilidad del suelo, considerando la calidad y cantidad de los nutrientes, además de la organización interna de los procesos biológicos.

Cada especie de planta favorece el desarrollo de tipos específicos de vida, especies diferentes exudan sustancias diferentes que favorecen y reprimen determinadas poblaciones de organismos en el suelo. De ahí la importancia de las rotaciones y asociaciones para aumentar la fertilidad mediante la actividad y equilibrio del edafón.

Con la agricultura ecológica se busca una nutrición lenta y constante al fomentar la nutrición vegetal indirecta (a través del edafón) y no la nutrición directa que altera los procesos biológicos y el ecosistema en general. Esto se debe a que el hombre no puede

determinar exactamente las concentraciones ni las sustancias requeridas tal como si lo hace la naturaleza en un ecosistema estable.

Fuentes de abonamiento

Aunque la agricultura ecológica busca una considerable presencia de biomasa generada en el mismo sistema de cultivo que posibilite: un reciclaje de la materia orgánica, la actividad del edafón, movilizar las reservas del suelo. En algunos casos la complementación con otros recursos para el abonamiento puede ser conveniente. Por lo general, se buscará depender lo menos posible de insumos extralocales y costosos.

A continuación se señalan algunas de las diferencias más sobresalientes entre la agricultura convencional y ecológica:

Agricultura convencional	Agricultura ecológica
<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de producción abierto 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de producción lo más cerrado posible
<ul style="list-style-type: none"> • Nutrición vegetal directa 	<ul style="list-style-type: none"> • Nutrición vegetal indirecta
<ul style="list-style-type: none"> • Nutre a la planta directamente con fertilizantes fácilmente solubles 	<ul style="list-style-type: none"> • Alimenta al edafón para que sea éste el que suministre los nutrientes a la planta en forma apropiada
<ul style="list-style-type: none"> • Emplea fertilizantes fácilmente solubles 	<ul style="list-style-type: none"> • Emplea fertilizantes de baja solubilidad (efecto lento)
<ul style="list-style-type: none"> • Desprecia y desactiva conscientemente la actividad del edafón 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimula la actividad del edafón, convirtiéndolo en un ayudante confiable y económico.
<ul style="list-style-type: none"> • Utiliza métodos de producción incompatibles con los ciclos naturales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Trata de imitar, en lo posible, a la naturaleza
<ul style="list-style-type: none"> • En los análisis de suelos da sólo importancia a los nutrientes químicos solubles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Considera como indicador de la fertilidad la cantidad/calidad de los nutrientes, actividad biológica, estructura etc.
<ul style="list-style-type: none"> • Evalúa el rendimiento en términos cuantitativos 	<ul style="list-style-type: none"> • Evalúa el rendimiento en términos cuantitativos y cualitativos
<ul style="list-style-type: none"> • Alto consumo energético 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo consumo energético

Características de las plantas nutridas armónicamente

1. Menor susceptibilidad a plagas y enfermedades
2. Mayor contenido de materia seca
3. Mejor sabor
4. Mejor capacidad para conservación y almacenamiento
5. Mayor contenido de sustancias nutritivas
6. Síntomas bajos o nulos de degradación

Algunos fertilizantes usados en la agricultura ecológica

Abastecimiento orgánico

- Abonos verdes
- Excretas de animales
- Residuos de cosecha y de fincas
- Residuos orgánicos domésticos
- Residuos de canal y de pesca
- Residuos de madera (aserrín, viruta)
- Algas y otros vegetales acuáticos
- Humus de lombriz
- Nitrógeno atmosférico (fijado por microorganismos)
- Residuos agroindustriales (aceite, lana, textil, etc.)

Abastecimiento mineral

- Cenizas vegetales
- Rocas en polvo (fosfóricas, potásicas)
- Ceniza volcánica
- Cal dolomita
- Harina de conchas
- Bentonita
- Fosfato Thomas (siderúrgicas)
- Feldespastos, micas

Sinergismo y antagonismo

La agricultura ecológica presta mucha atención a las reacciones químicas de los nutrientes en el suelo ya que algunos de ellos pueden favorecer (sinergismo) o dificultar (antagonismo), es decir algunos nutrientes químicamente se atraen y otros se rechazan. Los siguientes nutrientes se favorecen mutuamente en la absorción por las plantas: K-NH + ⁴;K-Na;Mg-Mn; Mn-Zn. Los siguientes nutrientes se obstaculizan mutuamente en la absorción por las plantas: K-Ca; Ca-Mg; Fe-Ca.

Para la agricultura ecológica es muy importante el comportamiento de los nutrientes en el suelo en relación con los procesos biológicos de la planta (metabolismo-síntesis de proteínas) y su influencia en la susceptibilidad a plagas y enfermedades.

La nutrición orgánica eleva la calidad y resistencia de la planta. Solamente renunciar al uso de fertilizantes químicos no significa que ya se produce ecológicamente, lo fundamental es el fomento del ciclo suelo-planta-suelo. Asimismo, la aplicación de grandes cantidades de estiércol o excrementos en forma inapropiada (ejemplo: gallinaza fresca con viruta, contienen amoníaco y resinas) o putrefactos, tampoco puede calificarse de ecológico ya que estas prácticas pueden afectar la vida microbiana del suelo de la misma forma que los fertilizantes sintéticos.

El empleo de fertilizantes solubles y pesticidas no constituye una forma de producción sostenible ya que, al no respetar los procesos secuenciales de la vida dañan la biología del suelo, produciendo su muerte así como fuertes perturbaciones en todo el ecosistema de la unidad agropecuaria. El problema está en que además de que los productos agroquímicos no beneficiaron al suelo, llevaron a los agricultores a hacerse dependientes de tales insumos y del crédito bancario que condiciona la compra de estos productos y del paquete tecnológico a favor únicamente de la industria y el comercio.

Cuando decimos que la agricultura ecológica se basa en la naturaleza no implica que ésta no recurra a ninguna técnica, la agricultura es, en sí misma, una actividad artificial que para lograr una mayor producción neta que la de un ecosistema natural hace uso de una serie de técnicas basadas en los ciclos vitales naturales. Una de las medidas más importantes para mantener la fertilidad natural del suelo, es el reciclaje de nutrientes de la materia orgánica.

El conocimiento de la capacidad de los organismos para la autorregulación de sus procesos vitales permite una visión interior de la maravillosa conformación de las plantas. Al dejar de lado toda unilateralidad que atente contra la autorregulación óptima de los procesos biológicos y sus interacciones se contribuye al fomento consciente de los mismos que, es a su vez, la meta de la agricultura ecológica así como una tarea cultural del agricultor y campesino.

En la agricultura ecológica es importante fomentar los microorganismos para mejorar la fertilidad del suelo considerando la calidad y cantidad de los nutrientes, los procesos biológicos, el ordenamiento de la materia, energía e información que van a determinar la calidad interna. Mediante una nutrición vegetal indirecta no se alteran otras poblaciones de organismos que se encuentran en relación con las plantas. Mientras que, en una nutrición directa, es el hombre que determina la cantidad de los nutrientes requeridos, al desactivar así la capacidad natural de las plantas.

Principios básicos de la agricultura ecológica

1. Estructura diversificada del sistema de producción
2. Ver el conjunto del sistema productivo en forma integral e interdependiente (holístico)
3. Fomento de la fertilidad autosostenida del suelo
4. Aprovechamiento, lo mejor posible, de las fuentes de generación propias de la fertilidad de la finca.
5. Nutrición indirecta de las plantas mediante la actividad biológica del suelo.
6. Enfrentamiento de las causas y no de los síntomas en la protección vegetal, fomentando el equilibrio y la regulación ecológica.
7. Conservación y labranza del suelo sobre la base del mejoramiento bioestructural y la materia orgánica.
8. Selección y mejoramiento de variedades vegetales y razas de animales en función de las condiciones naturales.
9. Crianza y producción animal sanas de acuerdo con la naturaleza y requerimientos fisiológicos de los animales.
10. Producción ecológica, social y económicamente estable.

Interacciones entre suelo y planta

La Rizosfera o Zona Radicular Inmediata

La actividad del edafón y el papel de la materia orgánica como fuente de nutrientes son ya bastante reconocidos. En el ciclo suelo-planta-suelo hay un complejo de interacciones que influyen en el desarrollo y calidad de las plantas.

La rizosfera es el espacio inmediato alrededor de la raíz donde tiene lugar una vida microbiana más activa. Se estima por gramo de suelo una población de cientos de millones de bacterias que se alimentan no sólo de las sustancias que el suelo les da, sino también de las excreciones radiculares de las plantas. Esto ocurre a cambio de entregar otras sustancias nutritivas a otras plantas mediante un complejo de intercambios e interacciones entre las plantas y los organismos del suelo.

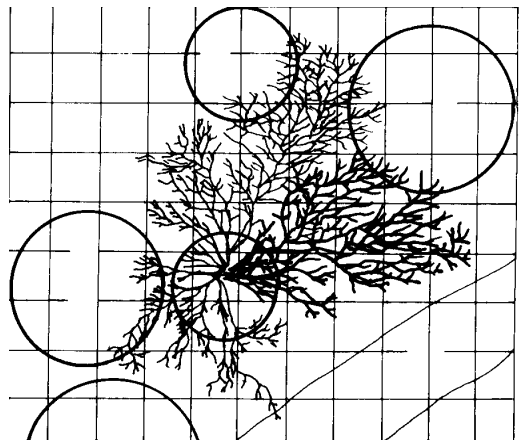
Cada una de las diferentes especies de plantas favorecen el desarrollo de un tipo específico de vida y las raíces de las plantas también tienen una población particular de microorganismos con la que interactúa. Algunas de estas interacciones se describen a continuación:

Las excreciones radiculares

Se puede afirmar que las excreciones radiculares son sustancias biológicas activas que producen efectos favorables o de represión en determinados patógenos. Algunos son de efecto alelopático, es decir, influyen en el desarrollo de las plantas vecinas debido a sus excreciones o productos metabólicos (solución o gas). En solución, el efecto es a través de las hojas o raíces, en forma gaseosa es a través de los estomas. En ambos casos, pudo ser el efecto de activación e inhibición. Durante la germinación cada semilla libera por la radícula diversas fitohormonas, entre ellas las auxinas, que regulan el crecimiento y que pueden desempeñar un papel importante en el control de las malezas. Diversas investigaciones muestran que tales auxinas pueden llegar hasta un radio de 3 cm alrededor y actuar como inhibidores de las semillas de estas malezas que se encuentran en el suelo.

La duración del efecto de las auxinas dependerá de las condiciones del suelo. Los estudios realizados en los Estados Unidos encontraron una duración de 6 a 8 semanas en suelos activos y de sólo 3 a 4 días en suelos empobrecidos.

Esta auxina permitiría germinar a los cultivos más rápidamente para imponerse en el medio o por lo menos retardar la germinación de otras especies y evitar la competencia en el primer estudio.



Alelopatía

Este fenómeno no puede ser explicado por efecto de la competencia por luz, agua y nutrientes. La propiedad que tienen las plantas de inhibir el crecimiento de otras plantas e inclusive la misma especie se conoce como alelopatía.

Algunas gramíneas producen excreciones radiculares que influyen negativamente en otras plantas. Las excreciones radiculares de la alfalfa retardan el crecimiento del algodón, pero no del trigo. El rechazo mutuo entre las raíces de la soya se debe también a excreciones radiculares. El coquito (*Cyperus rotundus*) tiene efecto alelopático en el algodón. Los rastrojos de maíz usados como cobertura muerte inhiben la germinación del trigo.

En el maíz puede observarse el efecto de las auxinas cuando ocurren fallas en la germinación, al intentar una resiembra de aquel difícilmente prosperará pues aquellas tratarán de imponerse reprimiendo a las plantas de la resiembra. Las raíces de manzanos vecinos se rechazan mutuamente. Lo mismo sucede entre los duraznos. En cambio, sí existe una buena compatibilidad entre las raíces de las siguientes especies: manzano-ciruelo amarillo, manzano-durazno, manzano-cerezo.

Hay también exudados radiculares de algunas gramíneas que son utilizados por algunas bacterias del género *Azospirillum* y éstas a cambio entregan amonio (NH^4) a la planta.

Los fitoncidas

Diversos estudios muestran que dentro de una comunidad vegetal hay diversas relaciones de reciprocidad, principalmente a través de las excreciones radiculares. Determinadas sustancias excretadas por las plantas se conocen como fitoncidas. Pueden tener un efecto tóxico o de apoyo en la planta vecina o indirecto cuando la planta es estimulada vía los microorganismos del suelo. Estos pueden también colonizar la zona radicular de otras plantas al influir positiva o negativamente.

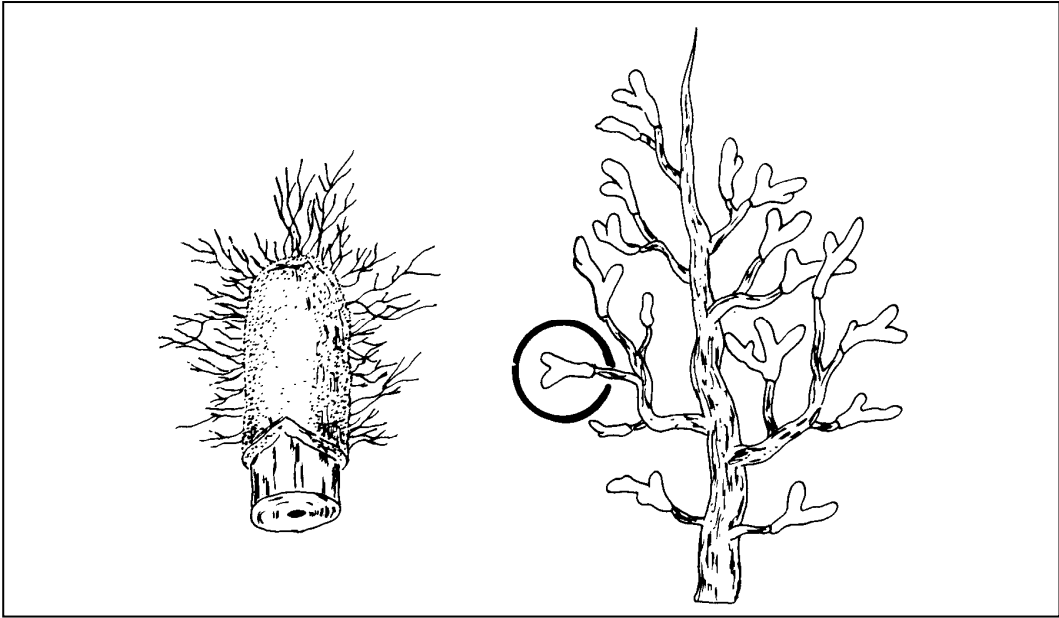
Son múltiples las razones por las que la agricultura ecológica juzga de manera diferente a las malezas. Muchas pueden ser favorables para nuestros propósitos pues a pesar de desconocer una serie de sustancias fitoncidas, es conocido el efecto de extractos o infusiones vegetales contra plagas y enfermedades provenientes de las malezas.

Por lo tanto, producto de la actividad metabólica hay excreciones radiculares que pueden impedir o estimular el desarrollo de otras especies vegetales y esto es importante para la regulación de malezas y la asociación de cultivos. Además, en la zona radicular hay determinada flora microbiana que repele y regula la presencia de gérmenes patógenos.

Simbiosis en la zona radicular

En la zona radicular hay diversas formas de interacciones, una muy importante es la simbiosis. En ésta, sea con bacterias u hongos, se estimula una mayor actividad fotosintética de la planta ya que el hongo y las bacterias requieren energía para elaborar sustancias nutritivas y entregarlas a la planta.

Micorrizas



Las micorrizas envuelven y recubren las terminaciones de las redes prolongando su radio de acción

Este término se refiere a la simbiosis que hay entre un hongo y una planta, en la que las hifas del hongo atraviesan el tejido radicular, forman una unidad, incrementan el radio de acción de las raíces y desempeñan así un papel importante en el abastecimiento de fósforo.

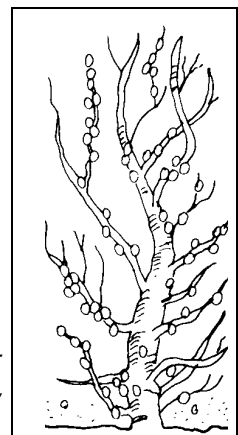
Las micorrizas, al igual que los líquenes y las bacterias nodulares, presente el mismo tipo de simbiosis. Estos hongos viven en las raíces de muchas plantas, ayudan a solubilizar el fósforo y el potasio e inclusive a fijar el nitrógeno. Ana Primavesi (Brasil, 1992) menciona que estos microorganismos pueden estimularse al espolvorear las semillas con determinados microelementos. Por ejemplo, en la avena se usa manganeso (Mn) al 0.5%. En maíz, cinc (Zn) y boro (B) al 0.03% y en el trigo, boro y manganeso al 0.03%.

Bacterias nodulares

Determinadas bacterias que viven en el suelo penetran por los pelos radiculares y forman nódulos debido al estímulo del metabolismo bacteriano.

Estas bacterias aportan compuestos nitrogenados a la planta y hacen posible su buen desarrollo aun en suelos pobres en nitrógeno. Las más importantes son las del género *Rhizobium* que realizan simbiosis con las leguminosas y llegan a fijar hasta 300 kg N/há.

Para que las diversas razas del género *Rhizobium* nodulen correctamente, es necesario que el suelo presente condiciones biológicas, físicas y químicas óptimas.



Susceptibilidad de las plantas a plagas y enfermedades debido a razones nutricionales

Las alteraciones fisiológicas y bioquímicas en la planta se deben al uso de productos agroquímicos. Estos favorecen el aumento de plagas y enfermedades así como el riesgo de las cosechas. Normalmente, la susceptibilidad a plagas y enfermedades es vista sólo como algo inherente a la carga genética de la planta.

El profesor Chaboussou (INRA, Francia) demostró que la susceptibilidad a las plagas y enfermedades está en relación directa con la cantidad de sustancias solubles presentes en las células provenientes de los fertilizantes sintéticos que ya no pueden ser sintetizados a proteínas. Se sabe ahora que la mayoría de las plagas y patógenos se nutren de sustancias solubles en agua como azúcar, glucosa, aminoácidos etc.

La capacidad de sintetizar proteínas por las plantas puede verse afectada por factores como aspersiones químicas, temperatura, disponibilidad de micro y macro nutrientes y agua.

Una buena aplicación de la agricultura ecológica se basa en prácticas que generan una fertilidad propia a través de la actividad del edafón. Por lo tanto el ataque de plagas y enfermedades es menor en suelos abonados con materia orgánica debido a que sus efectos positivos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo influyen en el vigor y resistencia de las plantas. Chaboussou señala tres aspectos que pueden explicar el aumento de la susceptibilidad a plagas y enfermedades:

- Influencia directa de los productos agroquímicos (en especial el exceso de nitrógeno)
- Selección de patrones susceptibles
- Variedades de alto rendimiento que absorben grandes cantidades de nitrógeno quizás más de las que pueden sintetizar.

Todo parece indicar que el efecto de los productos fitosanitarios químicos y de los fertilizantes de rápida acción quiebran la resistencia de la planta. La teoría de la trofobiosis de Chaboussou dice: "Todo ciclo de vida depende de la satisfacción de las necesidades nutricionales del organismo vivo, igual si se trata de un virus, una planta o un animal". Por esta razón, investiga desde hace años las relaciones entre el parasitismo y la fisiología de la planta hospedera afectada por las prácticas agrícolas (control químico y fertilización) que alteran las síntesis de proteínas. Se puede afirmar, que todas las sustancias que perjudican el crecimiento de las plantas perjudican también la síntesis de proteínas la cual es un proceso importante durante el crecimiento. En la agricultura ecológica se toma en cuenta la relación directa que hay entre el estado metabólico de la planta y la susceptibilidad a plagas y enfermedades.

La nutrición de los vegetales es alterada por los fertilizantes químicos, pero esto no debe llevar a pensar que el simple hecho de usar abonos orgánicos hará al vegetal resistente. Un suelo pobre sólo dará plantas enfermas por lo que las plagas tendrán que destruirlas buscando un equilibrio.

Evidentemente, la síntesis de proteínas no puede explicarlo todo. Hay otros mecanismos que se están estudiando como las sustancias repelentes propias de las plantas, procesos en el suelo, suelos represores etc. que limitan el desarrollo de plagas y

enfermedades. Sin embargo, en la actualidad se sabe que la nutrición vegetal constituye un factor principal en la resistencia a tales plagas y enfermedades.

El potencial de defensa del suelo

Hasta mediados del siglo XIX, el humus era considerado el sustrato nutritivo irremplazable para la planta. Luego con la publicación de la teoría de J. Von Liebig se dejó de lado dicha convicción.

Cada vez son más los informes sobre la disminución del humus y su efecto en la compactación y erosión de los suelos y en la aparición de plagas y enfermedades resistentes y nuevas. En consecuencia, a pesar del uso de los productos agroquímicos, los ingresos marginales de los agricultores disminuyen cada vez más.

Actualmente, los fitopatólogos buscan nuevas formas de detectar y desarrollar las defensas del suelo y de las plantas por lo que se habla ya de "regulación ecológica", "higiene del suelo", "control biológico", "potencial antifitopatógeno". Todas ellas tratan de desarrollar o activar en forma armónica determinadas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. En la agricultura ecológica es importante el principio del manejo cuidadoso de la materia orgánica e intensificación del ciclo de ella. Tanto el manejo apropiado del suelo, la generación de materia orgánica y cobertura vegetal deben ser en lo posible imitando los ciclos vitales naturales, siguiendo en lo posible la estructura natural del bosque o mediante el uso de cobertura verde y mulch. Ello contribuye a intensificar el ciclo de la materia orgánica y a mejorar las características del suelo.

La conservación e incremento del humus se justifica por lo siguiente:

- Mejora las cualidades físicas del suelo (color, olor, formación de agregados más estables y una adecuada formación de poros) así como también regula la temperatura del suelo.
- Mejora la estructura del suelo, al incrementar la capacidad de retención de agua (muy importante en zonas áridas). Asimismo, permite un mejor uso del agua y mayor resistencia a la sequía.
- Participación en los procesos químicos del suelo aumentando la capacidad de intercambio iónico. Su poder tampón o capacidad buferante le permite retener y liberar los nutrientes en función de las necesidades de la planta.
- En suelos ácidos, facilitan la solubilización del fósforo o inmovilizan y neutralizan, a ciertos niveles, elementos tóxicos como el aluminio.
- Es muy importante en suelos tropicales para elevar su poder tampón y de intercambio iónico.
- Formación de complejos de metales pesados, difícilmente solubles. Abastecimiento complementario de sustancias nutritivas inorgánicas, influye en las reacciones de oxidación-reducción, quelatificación intensificada de micronutrientes etc.

La generación de la fertilidad orgánica enriquece e intensifica la relación suelo-planta produce una mayor estabilidad en el sistema que disminuye las pérdidas por plagas y enfermedades. Los productos resultantes de la descomposición de proteínas, carbohidratos y ligninas estimulan una diversidad de funciones de los microorganismos. Asimismo, los suelos con un buen contenido de materia orgánica presentan un equilibrio entre la flora beneficiosa y la flora patógena (que está regulada), mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo, la nutrición de las plantas y activan las defensas de éstas.

Según Scharpf (RFA 1971): "Al comienzo de cada infección se lleva a cabo una lucha entre la planta y el agente patógeno que con frecuencia resulta demasiado débil por lo que las condiciones metabólicas desempeñan un papel importante en la vitalidad y resistencia de la planta a las plagas y enfermedades. La materia orgánica tiene doble influencia en la vitalidad de la planta: primero indirectamente a causa del mejoramiento físico químico del suelo y, segundo directamente poniendo a disposición humus y otras sustancias activas que actúan en el metabolismo y la fisiología de las células donde se localizan las sustancias de defensa."

Se ha comprobado que los suelos con suficiente contenido de materia orgánica inhiben la propagación excesiva de gérmenes patógenos naturales del suelo y mantienen las poblaciones de microorganismos en equilibrio. Este potencial de resistencia, puede ser diferenciado entre efectos antagónicos o antibiontes, competidores y parásitos. La flora de la rizosfera y las micorrizas desempeñan en ello un papel muy importante.

Efectos de la materia orgánica en la resistencia a plagas y enfermedades

- Un mayor contenido de materia orgánica aumenta la resistencia a plagas y enfermedades
- La materia orgánica tiene características repelentes y activadores de la micro flora y fauna competitiva en el suelo.
- Los suelos con abundante humus fomentan la producción de antibióticos contra las enfermedades.
- La alta producción de anhídrido carbónico (CO₂) en un suelo vivo inhibe o destruye en cierto grado algunos patógenos, por ejemplo, nemátodos.
- Residuos de agroquímicos incrementan la susceptibilidad a plagas y enfermedades.

Las sustancias orgánicas del suelo pueden impedir, parcial o totalmente la infestación de las plantas ya sea inactivando las toxinas de algunos patógenos, inmunizando la planta al absorber ciertas sustancias húmicas, en especial determinados compuestos fenólicos, creando condiciones de pH desfavorables para tales patógenos etc.

Productos metabólicos de hongos-micotoxinas

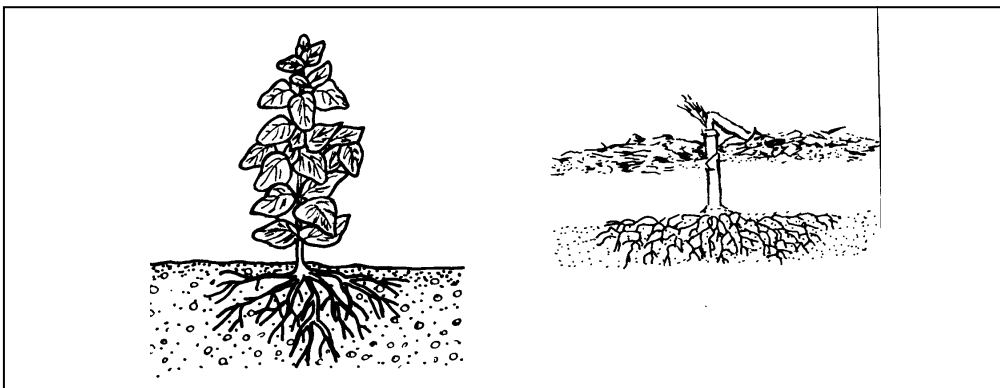
En los últimos años se ha producido un notable incremento de enfermedades en los animales, mencionaremos: pérdidas en el peso, alteraciones en la fecundidad, baja en el rendimiento lácteo, en la producción de huevos, en la longevidad del animal, etc.

La mayor parte de estos casos se reportan en los países industrializados, no sólo por la mayor artificialidad en la crianza, sino también porque en los países del sur no se han realizado estudios acerca del efecto y relación de estas toxinas con la salud de los animales.

El incremento de enfermedades tales como la aflatoxicosis (flavotoxina del hongo, *Aspergillus flavus*) en aves e incluso en el hombre, la Stochybotryotoxicosis en caballos, vacunos, pollos y cerdos que junto con la intoxicación por *Fusarium* pueden ocasionar retardos en el crecimiento, alteraciones fisiológicas, formaciones cancerígenas etc. que preocupan en la actualidad a los científicos pues hay que considerar que en muchas enfermedades bacterianas fracasaron los tratamientos con antibióticos, no pudiendo excluirse su transmisión al hombre.

Las investigaciones realizadas señalan a determinados hongos como responsables de estas enfermedades, producto de la agricultura intensiva, que al perturbar el equilibrio de la flora del suelo crea condiciones favorables para que estos patógenos produzcan micotoxinas en cantidades desproporcionadas que luego van a ser ingeridas por los animales en los forrajes u otros alimentos y el clima como factor de propagación importante.

El uso de productos agroquímicos y la existencia de determinadas condiciones ambientales muchas veces modificadas por el hombre, han ocasionado cambios bruscos en la flora del suelo en cuanto a proporción, dominancia y funciones de las poblaciones, fomentando así una diseminación y acumulación nociva de patógenos y sus respectivos metabolitos.



Interacciones entre suelo y planta

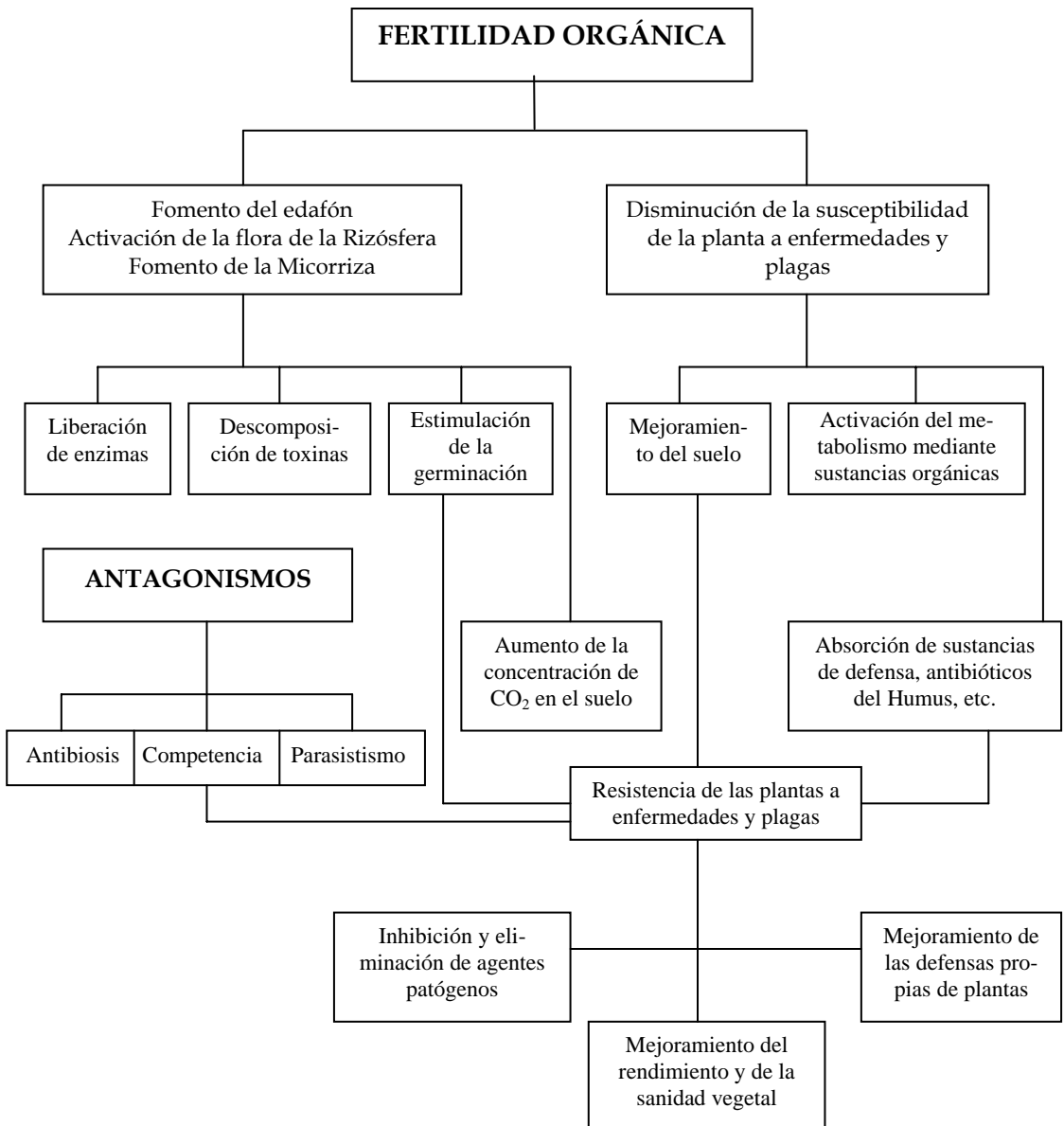
Hay un mayor consenso para afirmar que el enfoque actual de la agricultura convencional se orienta sólo a considerar los rendimientos máximos visibles, dejando de lado las leyes de la biocenosis que se convierten en perturbaciones del ecosistema agrícola y de los procesos biológicos de graves consecuencias en los animales y humanos que ingieren estos vegetales. Se pretende subsanar el error de este enfoque con el empleo de venenos químicos, que lejos de ser una solución han agravado el problema por ejemplo, el fomento de patógenos y creación de resistencia a ellos.

Sólo hay un remedio contra las micotoxinas: consiste en eliminar las prácticas que fomenten el desarrollo y la producción desproporcionada de patógenos con sus respectivas toxinas.

Conclusiones

Como hemos podido observar en este estudio, la vida de las plantas no está desligada del suelo es así que ya no se ve al suelo tan sólo como el elemento que sostiene a la planta, sino como elemento interactuante para su desarrollo. De seguir perdiendo el suelo, que es lo que se está haciendo con la agricultura convencional, se agravarían los desequilibrios ecológicos ya existentes dentro del mismo, se perdería la fauna microbiana, el problema de plagas y enfermedades se acrecentaría y estaríamos ganando suelos descubiertos y pobres para la producción agrícola.

Efectos de la fertilidad orgánica en la salud de las plantas



La rotación y asociación de cultivos

La rotación es un conjunto de secuencias donde los cultivos se suceden dentro de un determinado terreno; mientras que la asociación consiste en la realización de arreglos espaciales de combinaciones de cultivos.

Con ambas prácticas, se trata de imitar a la naturaleza en cuanto a la diversificación de especies vegetales. En la mayoría de los sistemas de producción agroecológicos se combinan las asociaciones y rotaciones para asegurar una diversidad en el espacio y en el tiempo. Por lo general, las asociaciones y rotaciones comprenden cultivos no perennes. Las combinaciones de árboles y arbustos con cultivos agrícolas no perennes son consideradas como sistemas agroforestales.

En las latitudes tropicales y subtropicales, los sistemas de producción agropecuaria deben simular lo más posible la diversidad de los ecosistemas naturales. En el trópico debe evitarse la errónea adopción de experiencias diseñadas para condiciones de climas templados, cuyos ecosistemas naturales presentan una menor diversidad. En latitudes extremas, los agroecosistemas funcionan bien con una menor diversidad.

Los sistemas de producción orientados al monocultivo son inapropiados. A la larga, ocasionan bajos rendimientos, disminución de la materia orgánica, lo que a su vez, trae como consecuencia el "cansancio del suelo", agresividad de las malezas, fomento y diseminación de plagas y enfermedades así como una baja eficiencia en el uso del suelo.

Una diversidad bien estructurada asegura un uso más eficiente del suelo, su mejor conservación, una regulación adecuada de malezas, plagas y enfermedades, una buena fijación de nitrógeno (leguminosas), un óptimo aprovechamiento de la energía solar, mayor producción de materia orgánica, mejor regulación y retención de humedad, condiciones favorables para el fomento de un edafón diversificado y equilibrado que se expresa en una buena disponibilidad de nutrientes.

Esta diversidad debe lograrse con cultivos que se estimulen mutuamente o por lo menos no se inhiban entre sí. La agricultura ecológica, contrariamente a la convencional, recurre al principio de la diversidad ordenada mediante asociaciones y rotaciones de cultivos en forma de técnicas como: cultivos en relevo o en siembras simultáneas, cultivos intercalados, siembras intermedias para abono verde, cultivos de callejones, cultivos de cobertura etc. Un buen plan de rotación y asociación se basa principalmente en una alternada combinación de cultivos que se ayudan mutuamente. Para la realización de los planes de cultivo, debe tenerse en cuenta los aportes de cada cultivo a la fertilidad del suelo, y su grado o nivel de extracción.

Al igual que en los ecosistemas naturales, se debe buscar la máxima capacidad de autogeneración y conservación de la fertilidad orgánica en la unidad agropecuaria. Sin recurrir a gastos y despliegue energético innecesarios, como en algunos casos puede ocasionarse con la producción o compra de abonos orgánicos producidos externamente.

La rotación

La rotación de cultivos consiste en ocupar la tierra con cultivos diferentes que se suceden en el tiempo con la finalidad de mantener la fertilidad del suelo. Con esta práctica se trata de aprovechar el suelo manteniendo una cobertura productiva a un costo mínimo de producción durante el mayor tiempo posible, y un uso óptimo de la mano de obra de la que dispone el agricultor. La rotación de cultivos es una necesidad ante la disminución de los rendimientos producidos por rotaciones unilaterales.

Un aspecto muy importante en la rotación son las fechas de siembra, de cosecha y el tiempo requerido para la preparación del suelo. De mucha utilidad resulta la elaboración de un plan graficado de rotación y asociación, de esta manera podemos planificar el orden en el espacio y en el tiempo, además de poder tomar en consideración áreas, volúmenes de producción, etc.

La planificación adecuada de un plan de rotación permitirá que éste se ajuste a los requerimientos del suelo en los lotes respectivos. Por ejemplo, un plan de rotación puede iniciarse con un abono verde o un cultivo forrajero de gran aporte de biomasa y nitrógeno (leguminosas) para así generar las condiciones de fertilidad que requiere el cultivo posterior. Con estos criterios, al sucederse cultivos generadores de fertilidad con extractivos y poco extractivos, se puede completar un ciclo a la vez que se garantiza la suficiente diversidad. Es conveniente asociar, en lo posible, a los cultivos extractivos con cultivos generadores de fertilidad como es en el caso tradicional de la asociación maíz + frijol.

Una forma de planificar una rotación es dividir el área de la unidad productiva en parcelas similares. Por facilidad, se recomienda dividir las en un número igual al número de años y determinar los cultivos a sucederse con el fin de asegurar un trabajo adecuado. Se debe alternar y suceder cultivos con sistemas radiculares y requerimientos nutritivos diferentes.

Ensayo de larga duración (1961-1973) Estación Agrícola Experimental de Grossenzerdorf, RFA

Rotación	Sin abonamiento, kg/há	Abonamiento químico, kg/há	Estiércol, kg/há
Centeno permanente (monocultivo)	660 (100%)	1385 (100%)	1155 (100%)
Centeno en una rotación de tres campos	1190 (180%)	1565 (113%)	1480 (128%)

Resultado:

- 80% de incremento en la producción solo por efecto de la rotación (en la parcela no abonada)
- 13% de incremento en la parcela abonada con fertilizante químico
- 28% de incremento en la parcela abonada con estiércol

En un plan de rotación debe determinarse la ubicación del cultivo previo y del cultivo posterior, el tipo de suelo, en fin, todos los aspectos que permitan determinar fechas óptimas de siembra, períodos libres entre cultivos (previo y posterior) para una preparación adecuada del suelo. No todos los cultivos y variedades son siempre apropiados para determinadas ubicaciones y ambientes.

La asociación

Consiste en la instalación de dos o más cultivos en un mismo campo, no establecidos necesariamente al mismo tiempo, el cual, como ya se ha indicado, debe estar integrado a un plan de rotación. Hay asociaciones de gran valor comprobadas y conocidas y muchas son parte de sistemas tradicionales de producción. Sin embargo, éstos no siempre cuentan con la estructura y distanciamiento necesarios que la agricultura ecológica, sobre la base del principio de la diversidad ordenada, busca para posibilitar el adecuado desarrollo de las labores culturales e incremento de la productividad. En la determinación de las asociaciones debe ponerse especial consideración en los aspectos de: compatibilidad, beneficio mutuo, distanciamiento, características aéreas y radicales de las plantas.

En lo posible, deben asociarse cultivos que presenten características vegetativas y desarrollo radicular diferentes para aprovechar los diferentes niveles en la superficie como dentro del suelo y así utilizar mejor la disponibilidad de los nutrientes y la humedad en los diferentes estratos del suelo. La parte aérea de la planta debe permitir el mejor aprovechamiento de la luz así como del espacio disponible en lo vertical y en lo horizontal. El ordenamiento estructural del sistema debe buscar también una máxima cobertura del suelo. Algunos sistemas tradicionales emplean determinadas asociaciones como por ejemplo: maíz + frijol en continua rotación; esto no es recomendable, pues una secuencia continua año tras año puede ser peligrosa y hasta contraproducente, porque como dijimos, las plantas excretan determinadas sustancias radicales que estimulan a unas y reprimen a otras, lo que puede ocasionar un desequilibrio en el edafón y, con ello, fomentar determinados patógenos.

Es conocida la tradicional asociación maíz + frijol + calabaza: el maíz aprovecha la luz en la parte más alta, le sigue el frijol en la parte media y uso del maíz como tutor, y la calabaza con menor requerimiento de luz en la parte inferior. Igualmente, si observamos el enraizamiento superficial del maíz y de la calabaza que enraiza a mediana profundidad, por lo que el aprovechamiento de nutrientes se realiza a diferentes niveles. Otra consideración importante es el aporte de múltiples excreciones radicales que favorecen una actividad diversa y equilibrada del edafón. Una asociación con estas características permite además fijar el nitrógeno en el suelo, aprovechar la humedad de las capas más profundas, mejorar la bioestructura del suelo, mayor aporte de biomasa que volverá al suelo etc.

El ejemplo señalado contrasta con lo nocivo de la práctica de la agricultura convencional de sembrar, por ejemplo el maíz en monocultivo, que por su enraizamiento superficial genera compactación del suelo, desequilibrios nutricionales, erosión, susceptibilidad a plagas y enfermedades, ineficiencia en el uso del agua, baja producción de materia orgánica, etc.

Otro ejemplo de asociación puede lograrse también con pastos o forrajes: es el caso de la alfalfa + trébol + gramínea en la que se consigue un mejor aprovechamiento en la parte aérea como en la zona radicular y además es conocida por sus buenas propiedades en el incremento de la fertilidad y su buen valor nutritivo en la alimentación animal.



En las asociaciones de cultivo, la agricultura ecológica recurre al principio de la diversidad ordenada, esta diversidad ayuda a equilibrar las poblaciones de plagas, enfermedades y sus controladores



La asociación maíz+frijol+calabaza es una práctica común entre las culturas de América Latina

Las ventajas de la asociación de cultivos pueden resumirse:

- Se hace un mejor uso del suelo, agua y del espacio que en los monocultivos
- Los problemas de plagas y enfermedades son menores
- Se regulan mejor las malezas
- Algunas especies se benefician mutuamente
- Las producciones son siempre mayores

Tipos de asociación de cultivos

Cultivos intercalados: Es la siembra simultánea de dos o más cultivos en el mismo terreno, en surcos independientes, pero vecinos.

Cultivos mixtos: Consiste en sembrar simultáneamente dos o más cultivos en el mismo terreno, sin organización de surcos.

Cultivos en franjas: Consiste en la siembra simultánea de dos o más cultivos en el mismo terreno, pero en franjas amplias. Esto permite un manejo independiente de cada cultivo.

Cultivos de relevo: Consiste en la siembra de dos o más cultivos en secuencia, sembrando o transplantando el segundo antes de la cosecha del primero. Luego de la cosecha del primer cultivo el segundo aprovecha el mayor espacio y residuos para su desarrollo.

Cultivos de relevo para abono verde: Una forma importante de asociación lo constituyen los cultivos de relevo, especialmente con leguminosas que pueden servir de abono verde e incluso de forraje, además de las bondades que poseen en favor del suelo por su buena cobertura así como en el control o represión de plagas, enfermedades y malezas. La ventaja generada es el bajo costo de producción.

Como cultivos de relevo se pueden usar leguminosas de cobertura, cultivos forrajeros o asociaciones de éstos. Son instalados sin preparación especial, por ejemplo dentro de los cereales. No existen reglas fijas que determinen el momento de siembra. Este depende de las características varietales de la planta, del ambiente, de las prácticas culturales etc. Debe evitarse que por competencia, el cultivo de relevo limite al cultivo principal.

En las fases iniciales de adopción de la agricultura ecológica, muchos agricultores no comparten el criterio de la preparación especial para la siembra de abonos verdes para incorporarlos al suelo o dejarlos como mulch, sin que de ello obtengan un producto directo. Por tal razón, más fácilmente es aceptada la instalación de siembras de relevo para abono verde, que puedan cumplir también con la función de mantener cubierto al campo hasta la instalación del próximo cultivo principal. Por ejemplo, en América Central, el frijol terciopelo + maíz es la práctica que más se usa para iniciar la agricultura ecológica.

Razones para el aprovechamiento de los forrajes

En la mayoría de las condiciones, los residuos de los cultivos cortados (o pastados) en verde tienen mayores bondades como incrementadores de la fertilidad que aquellos cosechados maduros. Ello está en función de la menor relación carbono/nitrógeno (C/N) del cultivo verde, además de los efectos favorables producidos en la estructura del suelo a consecuencia de su mejor cobertura.

Los efectos positivos incluyen también la influencia favorable en la regulación de las malezas, plagas y enfermedades. Sin embargo, la demora de la cosecha puede generar limitantes para el cultivo posterior.

Maíz

Ubicación dentro de la rotación. El maíz no es susceptible a determinadas enfermedades del cuello y tampoco favorece a los nemátodos.

Cultivos previos: cereales menores, maíz, papa, leguminosas.

Buena autocompatibilidad. Sin embargo, el monocultivo no es conveniente para el suelo.

Papa

Ubicación dentro de la rotación: sin papas no se obtienen buenos rendimientos en los cereales. La papa genera condiciones favorables para ciertas hortalizas. Sólo debe sembrarse cada 4 años en un mismo terreno, pero debe asegurarse buenos aportes de materia orgánica, para evitar problemas de nemátodos y otros patógenos propios de la papa.

Cultivos previos: mezclas forrajeras de leguminosas + gramíneas, alfalfa + trébol, trébol + gramíneas. Su autocompatibilidad es variable.

Leguminosas de grano

Especies como el frijol, soya, arveja, lupino, haba, lenteja entre otras son de gran importancia para las asociaciones y rotaciones. Algunas de ellas, se recomiendan como cultivo inicial y posterior en un ciclo anual, por sus cortos períodos vegetativos.

Como cultivo previo, poseen mayor valor generador que cultivos de raíces y tuberosas, por las bondades de su sistema radicular.

Por lo general, la mayoría de las leguminosas de granos, salvo haba y soya, requieren períodos de descanso de 2 a 3 años, por su variada autocompatibilidad.

Alfalfa

Sus raíces alcanzan hasta 2 m de profundidad, mejorar las propiedades del suelo y reprimen las poblaciones de nemátodos. Se recomienda períodos de descanso de por lo menos tres años luego del cultivo anterior (de varios años). Es usado como cultivo previo a cultivos de gran requerimiento de nitrógeno. Tiene baja autocompatibilidad.

Trigo

Ubicación dentro de la rotación. Es conveniente una proporción del 25% y sólo cada 4 años en el mismo terreno.

Cultivos previos: papas y leguminosas de granos, trébol, alfalfa (tiene un período fitotóxico de algunas semanas).

La avena, a diferencia del trigo y centeno, no es hospedero alternante de enfermedades del tallo. El trigo tiene baja autocompatibilidad.

Autocompatibilidad y efecto en el cultivo posterior

Los cultivos autocompatibles son aquellos que bajo condiciones de fertilidad y manejo normales pueden ser cultivados varias veces seguidas, sin que ello produzca

mermas en los rendimientos. Las condiciones ambientales influyen en el grado de compatibilidad que fluctúa desde una buena compatibilidad hasta la incompatibilidad consigo misma.

No es posible dar una receta de valor general. Para las consideraciones de rotación y asociación, es necesario tomar en cuenta todos los factores de producción basados en la práctica y experiencias locales.

Muchos agricultores viejos y tradicionales saben de los grados de compatibilidad y autocompatibilidad, por lo que es importante tomar en cuenta estos conocimientos.

A continuación en el siguiente recuadro, se dan algunos ejemplos de rotaciones de cultivos que no deben ser tomados como referencia rígida, sino más bien como una idea de las diversas posibilidades que hay y que muestran algunos ejemplos de autocompatibilidad y efectos en cultivos posteriores.

Las condiciones climatológicas también deben ser consideradas. Por ejemplo, en zonas de regular precipitación, un cultivo forrajero de varios años de duración como cultivo previo, no genera efectos negativos para el cultivo posterior, pero en zonas secas es posible que los cultivos forrajeros de gran requerimiento de humedad, como la alfalfa u otros cultivos intermedios de corta duración, con gran volumen de biomasa no dejen las suficientes reservas de agua en el suelo. Esta situación obliga a buscar cultivos posteriores que tengan bajas exigencias de humedad durante su primer período vegetativo.

Los cultivos de gran desarrollo radicular y de biomasa, mantienen y hasta elevan el nivel de materia orgánica del suelo. Por ello, en función de su biomasa, los cultivos pueden clasificarse como generadores o consumidores de materia orgánica y que dentro de una rotación adecuada de cultivos deberán necesariamente sucederse. De acuerdo con estos criterios deben asociarse los cultivos.

Las mayores cantidades de residuos se logran con cultivos forrajeros de larga duración, pero también con la entresiembr de cultivos de leguminosas, como frijol terciopelo, canavalia o dólico. Una alta producción de raíces incrementa la estabilidad de la estructura migajón así como también la capacidad de retención de humedad y de nutrientes. Las mezclas forrajeras como por ejemplo alfalfa + trébol + gramíneas tienen esta propiedad.

Ensayos de larga duración (1961-1973) Grossenzerdorf, RFA	
Tipo de cultivo	Residuos de cosecha materia seca, (Tm/há)
Alfalfa + trébol + gramíneas de varios años de duración	60 = 80 (incrementador)
Tipos de trébol + gramíneas de 1 año de duración	45 = 50 (incrementador)
Maíz de grano y ensilaje	18 = 22 (neutral)
Cereales	18 = 24 (neutral)
Papas	6 = 10 (consumidor)

¿Qué plantas asociar? (Ana Primavesi, Brasil)

Hay dos métodos para determinar rápidamente si dos plantas son compatibles o no:

Método 1

Se extrae la raíz con toda la tierra, enseguida, se sacude con fuerza para tirar la tierra. Se coloca la tierra en un plato o sobre una superficie y se introducen 50 semillas del cultivo que se quiere sembrar. Paralelamente, se colocan 50 semillas en otro plato o superficie con arena lavada. Si las semillas sembradas en la tierra nacen primero con más vigor y en mayor número, se señala que existe compatibilidad entre las dos. Pero, si las semillas plantadas en la arena germinan primero, es señal de incompatibilidad entre las dos. Obviamente, esta última asociación o rotación no debe ser realizada.

Método 2

Se toma una hoja (1.0 g de hoja) de cada uno de los cultivos a probar. Enseguida se machaca y se introduce cada una de ellas en 20 ml de agua destilada (el volumen de agua puede medirse con una jeringa hipodérmica). Se deja reposar durante cuatro horas y enseguida se pasa por papel filtro o en cuatro láminas de gasa. Paralelamente, se prepara una solución al 10% de cloruro de cobre (10 g en 100 ml de agua destilada). A cada 4 ml de solución se le agregan 4 ml de extracto de una de las hojas. Se mezcla bien y se coloca el líquido en una placa Petri y se deja secar. En la placa surgirá una cristalización armónica, típica de la planta. Repítase el proceso con el extracto de la otra planta.

A continuación se mezclan 5 ml de un extracto de igual cantidad con el otro. Agréguese a 4 ml la solución de cobre (4 ml). Viértase en una placa Petri y déjese secar. Si la cristalización formada fuera armónica las dos plantas son compatibles, pero si fueran confusas las plantas no son compatibles y por tanto no pueden participar en una asociación o rotación.

El proceso parece trabajoso, pero vale la pena. Al final, una de las razones por la que no se obtiene los beneficios deseados en la asociación y rotación de cultivos es justamente la utilización involuntaria de cultivos incompatibles.

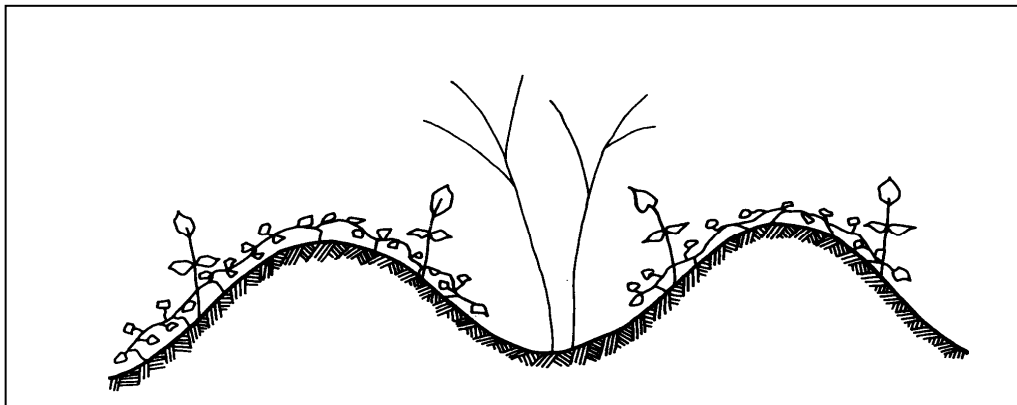
Algunas reglas básicas para la rotación y asociación de cultivos

- Cultivos de enraizamiento profundo, después y junto a los de enraizamiento superficial
- Rotar y asociar plantas de reducido desarrollo radicular con plantas de gran desarrollo radicular
- Cambio secuencial y combinación de cultivos fijadores de nitrógeno con cultivos extractores de nitrógeno (40% de la proporción de cultivos como mínimo deben ser leguminosas).

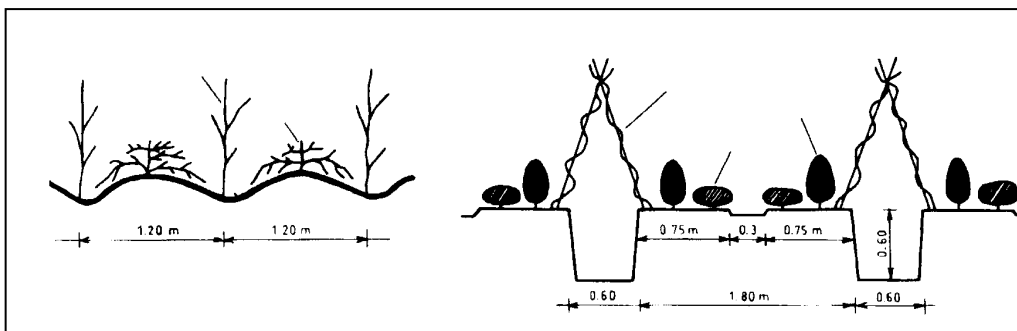
- La siembra de cultivos de largo estadio juvenil debe hacerse después de cultivos con efectos represores hacia las malezas.
- Instalar cultivos susceptibles a determinados patógenos, después y junto con aquellos que tienen un efecto represor sobre estos patógenos.
- La proporción de cereales no debe ser mayor al 60% (lo óptimo sería el 50%).
- No dejar descubierto al suelo dentro de dos cultivos principales, en lo posible, completar el ciclo anual con rotaciones y asociaciones (relevos) de cultivos intermedios cortos (cobertura-abono verde).
- Una secuencia y asociación equilibrada de cultivos es de gran importancia para el control de malezas.
- Determinados cereales (sorgo, trigo y cebada) son cultivos altamente extractivos, por lo que deben sembrarse después y junto con cultivos incrementadores de la fertilidad del suelo.
- Establecer planes de rotación y asociación de una duración mínima de 5 a 7 años.
- Mantener la cobertura del suelo lo más posible.
- Lograr una máxima intersección de luz por área foliar mediante un óptimo aprovechamiento del espacio aéreo.
- Obtener una máxima producción de biomasa para aportarla como materia orgánica al suelo.

La diversidad de cultivos basada en la rotación y asociación conducida ecológicamente asegurara lo siguiente:

- Uso más eficiente del suelo
- Mejor conservación del suelo
- Regulación adecuada de malezas, plagas y enfermedades
- Buena fijación de nitrógeno (leguminosas)
- Óptimo aprovechamiento de la energía solar
- Mayor producción de materia orgánica
- Mejoramiento de la bioestructura del suelo
- Máxima estimulación de la actividad del edafón
- Buena movilización de las reservas de nutrientes en el suelo
- Mejor regulación y retención de humedad



La asociación maíz/sorgo + frijol/soya + camote, permite una buena productividad, cobertura de suelos y represión de malezas



Asociación de frijol + caña de azúcar y asociación de tomate/frijol + pimienta + coliflor



Esquema de una asociación donde se mezclan cultivos temporales con árboles y arbustos. Maíz, frijol, tomate, camote, calabaza, alrededor de árboles de plátano, papaya y leucaena. Este sistema proporciona diversas ventajas a la parcela y a la alimentación familiar.

La labranza y no labranza del suelo

La agricultura ecológica busca a través de las fuerzas biológicas tener un efecto positivo. Por ejemplo, la acción de la lombriz de tierra y las raíces de los cultivos ayudan a lograr condiciones físicas, químicas y biológicas en el suelo óptimas para el desarrollo de las plantas.

El alto costo y despliegue energético que ocasiona la mecanización y la labranza en la agricultura convencional están disminuidos en la agricultura ecológica mediante el aprovechamiento de las fuerzas biológicas. Estas son la base de muchos sistemas de agricultura tradicional y son a la vez expresión de avances recientemente desarrollados por científicos y agricultores. Diversas experiencias demuestran que es viable lograr sistemas de producción que requieren poca o ninguna labranza. Sin embargo, bajo determinadas condiciones de suelo, clima, tipo de cultivos, agresividad de malezas, aspectos socioculturales etc., la labranza es necesaria y en la agricultura ecológica debe buscarse la más apropiada. En muchos casos, la labranza mejora las condiciones del suelo en cuanto a su capacidad de retención, de humedad, aireación, capacidad de infiltración, temperatura, evaporación, etc.

Para la conservación de la actividad del edafón es necesario seleccionar prácticas de labranza apropiadas, de tal manera, que no se disturben los procesos bioestructurales del suelo para lo cual debe considerarse:

1. Baja presión sobre el suelo
2. Corta duración (poco tiempo)
3. Bajo requerimiento energético (poca energía)

La preparación del suelo debe contribuir a la activación del edafón y al mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo con el fin de favorecer la germinación y el desarrollo de las plantas. Los suelos de estructura migajón o granular brindan óptimas condiciones para las plantas, por consiguiente, la preparación del suelo y labores culturales realizadas mecánicamente deben, en lo posible, causar el menor daño a la estructura del suelo.

No hay una receta única para una labranza apropiada. Esta debe estar en función del suelo y sus propiedades. La cercanía y la relación del agricultor con el suelo permiten "sentir" el tipo de manejo y los requerimientos para la labranza. Condición básica para ello es la observación y cuanto mayor sea ésta mejor serán las decisiones. Para ello, debe considerarse la estación, el clima, el suelo, el tipo de cultivo, los implementos de labranza, la energía, el tiempo, la diversidad de los ecosistemas etc. que varían de región a región. En líneas generales se debe partir de los siguientes principios:

- Invertir la capa superficial del suelo con una mínima alteración o mezcla de los diferentes horizontes. Cuando más pesado sea un suelo más superficial debe ser su remoción. Su mejora estructural debe lograrse al combinar la actividad biológica y la labranza.
- Evitar el exceso de labranza en suelos pesados
- En lo posible, utilizar implementos que no causen efectos nocivos de importancia en la actividad biológica del suelo

- En períodos de desarrollo vegetativo intensivo se deben limitar las labranzas a labores superficiales.
- Evitar la labranza en suelos secos, duros e impermeables (pegajosos) en estado de humedad. Operar en estas condiciones ocasionaría gran consumo de fuerza y energía, además de daños a la estructura del suelo.
- En suelos pesados y compactados para las operaciones de labranza es preferible poner a punto el terreno.
- Debe prepararse el suelo de la manera más rápida posible para que la actividad del edafón se disturbe lo menos posible.
- Coberturas vivas o mulch en el suelo protegen las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (amortiguan la precipitación, evitan su lavado y lo protegen contra la insolación).
- Una labranza para aflojar el suelo y más aun si es profunda, sólo es efectiva si las raíces del cultivo a instalar cumplen la función de soporte bioestructural lo más pronto posible.

La compactación del suelo

La compactación del suelo es causada por la presión de las ruedas e implementos del tractor. El efecto de las labranzas inapropiadas es la destrucción de la estructura y la reducción de la porosidad.

La presión que se produce es de proyección vertical y horizontal. La compactación del suelo puede también llegar a capas muy profundas. Al trabajarse los suelos con humedad excesiva o al dejarlos sin cobertura --que protejan los agregados-- se favorece la compactación.

La prueba de pala

Antes de proceder a cualquier operación de labranza es necesario conocer el estado de desarrollo del suelo (estructura, penetración, distribución de raíces etc.). La prueba de pala nos proporciona datos muy útiles para la toma de decisiones y desarrolla un manejo apropiado del suelo. Esta prueba consiste en:

1. Introducir una pala recta de aproximadamente 20 cm verticalmente al suelo, demarcando un cuadrado.
2. Se realizan cortes sucesivos para la formación de un prisma o bloque
3. Se extrae el bloque cuidando que no se desagregue

La realización de esta prueba permite, de manera rápida, evaluar el color, la textura, la estructura, la existencia de agregación granular, la compactación, los horizontes, el desarrollo y penetración radicular (vertical y horizontal) a través del perfil etc. Estas características son índicas de gran aplicación. Un conteo de lombrices en esta prueba sirve de indicador de la actividad biológica del suelo.

En ciertos casos, donde por efecto de continuos monocultivos, sobre todo de enraizamiento superficial y excesivo uso de maquinaria agrícola se produce la formación de capas endurecidas puede ser conveniente el uso de un subsolador o de una aradura más profunda. Ello puede evitarse si se tiene en cuenta las siguientes consideraciones:

- Evitar el uso excesivo de maquinaria pesada
- No realizar labranzas del suelo en estado muy húmedo
- Incluir cultivos de enraizamiento profundo en las rotaciones y asociaciones
- Evitar el sobrepastoreo por ganado cuando el suelo esté anegado o con excesiva humedad.

La labranza apropiada: Un reto

El suelo es el factor de producción más importante para la planta y, a la vez, el más influenciado por el hombre en forma positiva o negativa.

La agricultura ecológica busca un suelo de óptimas condiciones --físicas, químicas y biológicas-- mediante prácticas apropiadas que imitan en lo posible a la naturaleza (suministro de materia orgánica, cobertura vegetal, mulch, labranzas apropiadas, etc.) evitando araduras muy profundas, el uso excesivo de maquinaria pesada, el uso de productos agroquímicos etc.

Los suelos de estructura granular son los que presentan las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas. A diferencia de la agricultura convencional, las labores agrícolas no deben ser de gran despliegue energético. Es necesario buscar un costo mínimo y esto se logra con el mejoramiento y conservación del suelo en su globalidad.

La mayoría de las "modernas" maquinarias y aperos agrícolas no responden a la exigencia de la agricultura ecológica.

La labranzas demasiado profundas que aflojan el suelo en demasía al igual que labranzas en suelos pesados y secos dañan la estructura. Al mezclarse los diferentes horizontes se afecta a los microorganismos, se profundiza la materia orgánica y se fomenta las malezas. Las operaciones deficientes hacen necesario nuevas y costosas operaciones para lograr una condición física más favorable para el desarrollo de las plantas.

El Rotovator es una máquina de gran demanda energética y a pesar que no trabaja a profundidades apreciables, pulveriza los agregados y facilita la sedimentación de las partículas, el lavado de los nutrientes y la compactación del suelo con la consiguiente disminución de la aeración y movimiento del agua en los macroporos y microporos del suelo, respectivamente.

Es absurdo que hasta ahora la agricultura convencional no haya resuelto el deficiente uso de la energía en la producción. Al contrario, la utilización de los productos agroquímicos y del monocultivo produce efectos nocivos en la bioestructura y la materia orgánica que obligan a labranzas cada vez más costosas, razón por la cual la agricultura convencional gasta en tractores cada vez más pesados. Debido a los subsidios en los países industrializados esto aún es posible, pero para la mayoría de

los agricultores de América Latina aquello siempre estuvo fuera de su alcance. La aplicación de la Revolución Verde, en la mayoría de los casos, sólo se limita al uso de productos agroquímicos y prácticas de monocultivo. El efecto nocivo del uso inapropiado y excesivo de maquinaria pesada por parte de los agricultores, en el trópico y subtropical, es mayor porque éstos no disponen de los recursos y porque las condiciones ecológicas son más vulnerables.

Las prácticas de la agricultura ecológica permiten la generación y conservación de una estructura física y biológica del suelo sin grandes requerimientos de labranza y con una disminución considerable de despliegue energético. En las condiciones de la mayoría de los pequeños agricultores de América Latina, estos requerimientos se cubren, generalmente con un uso adecuado de la tracción animal y hasta con labores manuales. El rescate y desarrollo de tecnologías agrícolas apropiadas pueden ser de gran utilidad para mejorar los conocimientos y prácticas actuales.

Voltear la superficie y soltar a profundidad

Esta es una recomendación común en la agricultura ecológica ampliamente reconocida. Con el volteo o la remoción superficial se busca no alterar la valiosa capa de humus y de materia orgánica que no debe entremezclarse con los horizontes más profundos (30 - 50 cm), como se hace muchas veces en la agricultura convencional. Al enterrar los restos de la cosecha o abonos orgánicos de demasiada profundidad, puede generarse efectos de fitotoxicidad por las condiciones anaeróbicas a las que son sometidas. La remoción superficial busca que la capa orgánica de 10 a 20 cm cumpla la función de piel del suelo, protectora y alimentadora del edafón, reguladora térmica, resistente a la erosión, etc.

La soltura a profundidad se refiere a que ésta debe ser lograda y mantenida sin voltear o entremezclar el suelo, de tal manera que se puede asegurar una buena aeración y regulación de la humedad sobre la base de un aporte de la mejora bioestructural del suelo que se produce por la acción de las raíces, galerías de lombrices, actividad microbiana, etc.

Por lo general, con arados y aperos de tracción animal puede lograrse una remoción superficial. En combinación con un régimen adecuado de rotación y asociación de cultivos que permitan la generación y presencia de adecuados niveles de materia orgánica también se logra una soltura a profundidad ya que estimula la presencia y acción de las raíces y del edafón (incluyendo lombrices). Estas tienen la suficiente capacidad para lograr un suelo suave y suelto. Sin embargo, bajo determinadas condiciones según el tipo de suelo, el manejo convencional o extractivo prolongado puede ser necesario un aflojamiento mecánico a profundidad (subsolador, arado de cincel, etc.).

Otra posibilidad, especialmente para latitudes tropicales y subtropicales, es un barbecho dirigido y prolongado instalando una siembra densa de especies con capacidad de soltura profunda mediante sus raíces de las capas endurecidas del suelo con especies como *Melilotus alba*, *Crotalaria* y *Cajanus cajan*.

Labranza cero y labranza mínima

En la actualidad, la ciencia puede recurrir a los conocimientos de una agricultura tradicional, con labranza mínima o sin ella y también avances recientes en experiencias prácticas y de investigación demuestran la viabilidad de la mínima o ninguna labranza. Ello vuelve aún más atractiva a la agricultura ecológica que busca trabajar con un mínimo despliegue energético y un máximo aprovechamiento de las fuerzas naturales.

No se pueden fijar reglas de aplicación general para el tema de la labranza. Rusch, edafólogo alemán, señala: "Posiblemente no existen en el mundo dos suelos con un comportamiento exactamente igual, como en el caso de la constitución biológica de los gemelos, por ello en vez de molestar al agricultor con recetas sobre labranza es necesario que él vuelva a comprender que su suelo es un organismo vivo y que lo debe tratar como tal". Según este razonamiento sólo será posible encontrar un manejo del suelo apropiado, si se le entiende como un organismo vivo.

Toda labranza altera el funcionamiento del suelo, por lo que es conveniente evitar cualquier acción innecesaria que disturbe la vida del suelo.

Las condiciones tropicales y subtropicales permiten --cuando los suelos no son demasiado pesados y al existir la suficiente humedad-- una alta capacidad de reciclaje de la materia orgánica. Una labranza regular en suelos tropicales no siempre es conveniente porque ocasiona una oxidación acelerada de la materia orgánica y la lixiviación de los nutrientes en zonas lluviosas.

En estas latitudes, las altas precipitaciones aceleran la pérdida del suelo cuando éstos quedan expuestos, sin cobertura, después de la labranza. Un aspecto cuestionable de la agricultura tradicional, en algunos sistemas de producción, es que frecuentemente se recurre a la ayuda del fuego destruyendo al edafón y la materia orgánica a simples cenizas.

Estas condiciones, junto con la posibilidad de aprovechar la acción del sol para provocar una rápida interrupción del crecimiento de las malezas cortadas sobre el suelo y su conversión en una cobertura de materia orgánica (mulch), hacen que la agricultura con poca labranza o sin ella, sea una práctica común en muchas partes del trópico.

En los Estados Unidos de América, sobre la base de estos conocimientos, se han desarrollado sistemas mecanizados que han hecho posible una agricultura de labranza cero en latitudes templadas. Pero, estos sistemas emplean grandes cantidades de herbicidas, porque se basan en monocultivos y fertilización química con la consecuente facilidad para el desarrollo de las malezas. Esta es la condición para evitar el uso del arado, pero con ello se provoca efectos altamente nocivos en la actividad biológica del suelo y la materia orgánica se convierte únicamente en un mejorador físico del suelo.

Por lo general, en suelos con propiedades, físicas, químicas y biológicas adecuadas es recomendable una agricultura ecológica con una reducida labranza. Por el contrario, es menos recomendable en suelos muy agotados y aquellos que se endurecen mucho durante la época de sequía.

Labranza cero en la agricultura natural de Masanobu Fukuoka

En la isla de Shikoku, en el sur del Japón, el fitopatólogo Masanobu Fukuoka ha desarrollado en su pequeña finca su método de agricultura natural. En las laderas Fukuoka produce cítricos y verduras en las partes bajas y planas arroz y cereales de invierno, todo sin labranza y sin aportes significativos de abonos orgánicos.

En más de 25 años los suelos no han sido removidos y sus niveles de producción son comparables con los de la agricultura convencional intensiva en las zonas más productivas del Japón. Sin embargo, su método requiere menos trabajo.

Todo comenzó cuando, por casualidad Fukuoka encontró en un campo abandonado unas plantas de arroz que prosperaban sin riesgo de inundación. Hoy, Fukuoka practica un sistema de producción anual que al igual que el tradicional, comprende arroz en el verano y centeno o cebada en invierno. En otoño se siembra arroz, trébol blanco y un cereal de invierno y se cubre la semilla con una capa gruesa de paja de arroz. El centeno o cebada y trébol germinan inmediatamente. Las semillas del arroz quedan latentes en el suelo hasta la primavera. El centeno y la cebada se cosechan al comienzo del verano (mayo) y después de la trilla, la paja entera es distribuida sobre el mismo campo. Luego, en el siguiente mes (junio), cuando caen las lluvias amazónicas, se inunda el campo durante poco tiempo para debilitar el trébol y las malezas y permitir que el arroz se desarrolle a través de la cobertura de paja. Luego que el campo se encuentre sin agua, también el trébol puede seguir desarrollándose al pie de la planta de arroz. El arroz es cosechado en otoño (octubre) y luego, la siembra es instalada de la misma forma señalada.

Fukuoka logra una producción de 4 800 a 5 600 kg/há de arroz. Los rendimientos en los cereales de invierno, muchas veces, superan el de los agricultores convencionales y tradicionales de la zona.

Labranza mínima en hileras

Esta forma de labranza mínima que también es difundida entre los pequeños agricultores en Honduras consiste en segar al ras la cobertura vegetal de un campo en ladera para luego trazar curvas a nivel, a las distancias que requieren las hileras del cultivo al instalarse. Luego, la tierra se remueve sólo sobre estas líneas trazadas para luego mezclarlo con abono orgánico y sembrar en ella. Esta práctica permite que el cultivo respectivo pueda cubrir y competir con la maleza cortada. Además, cultivando año tras año en estas hileras en curvas a nivel, se van formando pequeñas terrazas cuyos taludes, con la ayuda del azadón, se vuelven paradas. El corte periódico de la vegetación en los taludes con machete permite el aporte de mulch.

Lo más importante en estas prácticas es lograr mantener buenas condiciones bioestructurales y una dinámica de regulación de malezas que reduzcan o haga innecesaria la labranza. Ambas condiciones se pueden lograr con una permanente cobertura del suelo y con una efectiva represión de las malezas. Para ello, se puede recurrir a las siguientes técnicas:

- Cultivos asociados con una cobertura que no permita el desarrollo de las malezas.
- Coberturas vivas, como leguminosas represoras de las malezas, pero no de los cultivos que permanecen cuando se retira el cultivo y en las que se instalan cultivos de sucesión.
- Coberturas suficientes de mulch que fomentan y conservan la fertilidad y que reprimen a las malezas.
- Combinaciones de las tres técnicas señaladas anteriormente.

Labranza cero y mínima en Honduras

Asociación: maíz + frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*)

Esta experiencia se realiza en la costa norte de Honduras, en condiciones de trópico húmedo con una temperatura media de 28°C y una precipitación sobre los 3000 mm/año con altitudes variables.

Gracias a la introducción del frijol terciopelo, cientos de pequeños agricultores en asociación con el cultivo de maíz vienen obteniendo mejoras en cuanto a rendimiento, control de la erosión, disminución de las malezas y reducción de los costos por labranza.

En dos ciclos diferenciados: enero-junio y julio-diciembre, por lo general, los agricultores siembra el maíz en el primer ciclo y luego de 1 a 2 meses siembran el frijol terciopelo o frijol abono. Después de la cosecha del maíz sus tallos son doblados y dejados sobre el campo, y la *Mucuna* comienza a rastrear hasta cubrir los tallos y el suelo. La cantidad del follaje producido por esta leguminosa está entre los 50 a 70 t/há con un espesor de más de 20 cm. Esta cobertura del frijol terciopelo reprime las malezas creando condiciones adecuadas para la siembra directa y la semilla del maíz en la próxima campaña.

En el segundo año, el frijol terciopelo del año anterior germina espontáneamente y continúa su ciclo con la siembra nueva del maíz. Sin ningún uso de fertilizantes obtienen 2 700 a 3 250 kg/há de maíz. Esto es más del doble del promedio nacional. El uso intensivo de leguminosas produce innovaciones en el sistema agrícola, por ejemplo, se está dejando de lado la labranza y la migración rural viene decreciendo porque los agricultores han encontrado un método simple y barato de hacer producir la tierra. La adopción de esta leguminosa ha sido fácil y rápidamente adoptada por los agricultores sin necesidad de mucho esfuerzo en la promoción ya que ellos valoran bastante los beneficios de una buena innovación.

Con el frijol terciopelo los agricultores reciben ingresos adicionales a los producidos por el maíz, contrastando con la situación anterior de bajo rendimientos e ingresos. Otra ventaja es que para la siembra de la leguminosa no necesitan créditos pues la semilla pasa de una mano a otra además su cultivo coincide con las labores realizadas para el maíz --los agricultores están familiarizados con ella-- dando por resultado una mayor eficiencia en el uso de ambos recursos.

Nutrición y abonamiento orgánico

Las plantas para desarrollarse necesitan un suelo fértil y, a su vez, éste necesita de las plantas para mantener su fertilidad natural. Ello constituye una interrelación cíclica suelo-planta que consiste en un eterno crecer y morir y que en la naturaleza permite la existencia de ecosistemas estables. La agricultura ecológica pretende reproducir esta interrelación cíclica por lo que considera importantes aspectos como:

1. Diversidad

El suelo alberga una comunidad viviente compuesta por una gran diversidad de plantas y animales que garantizan la estabilidad del sistema. Un ecosistema estable no se logra con monocultivos. Estos fomentan desequilibrios biológicos en el suelo y en el ecosistema que se convierten en la aparición masiva de determinadas plagas y enfermedades. Además, ocasionan una extracción unilateral de determinados nutrientes del suelo.

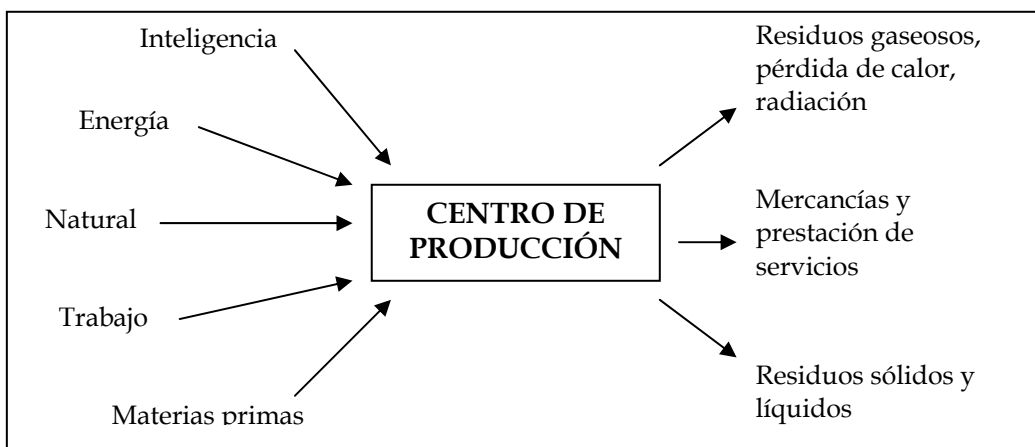
El modo lineal de producción industrial hasta ahora no considera el agotamiento de las materias primas ni los peligros de perturbar los ecosistemas.

2. Funcionamiento cíclico

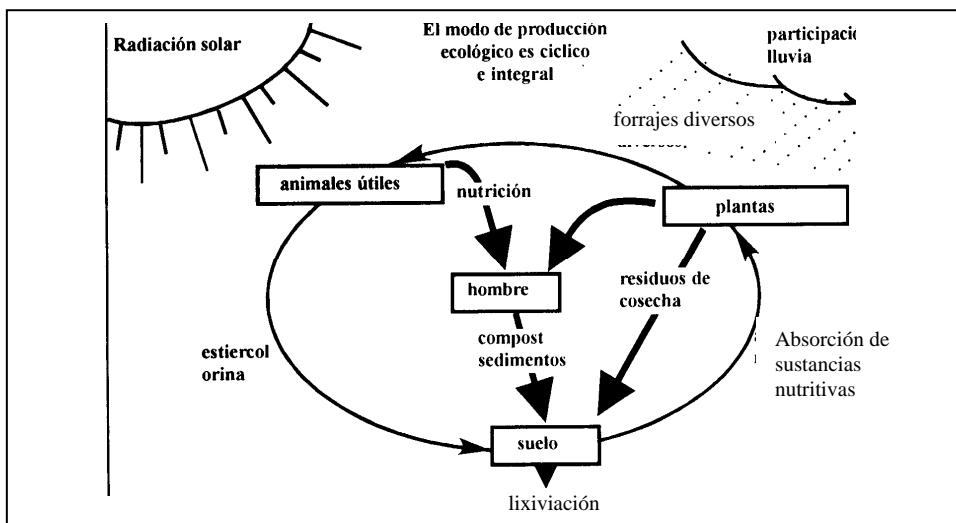
Los ciclos de un ecosistema estable se caracterizan por un permanente reciclaje de las sustancias. No se pierde ni se desperdicia nada. El funcionamiento de los sistemas ecológicos es económico y sólo el funcionamiento cíclico de los procesos agrícolas productivos puede ser económicamente sostenible.

3. Buen aprovechamiento energético

En un ecosistema estable la energía siempre se aprovecha óptimamente. La energía solar es interceptada y transformada a través de la clorofila en energía química para el desarrollo de todas las estructuras de la planta. Las buenas condiciones térmicas del suelo, luz y calor se aprovechan óptimamente para el fomento de la actividad de los organismos del suelo. Cuando no se tiene un suelo vivo se pierde la biomasa generada por y para el suelo.



El modelo lineal de producción industrial hasta ahora no considera la agotabilidad de las materias primas ni el uso óptimo de los recursos locales. Es un sistema dependiente de recursos externos.



Bajo este sistema de producción se optimiza el uso de los recursos locales, energía y nutrientes

4. Nutrición equilibrada

En un sistema estable suelo-planta la nutrición vegetal se da en forma lenta. La actividad digestiva de los microorganismos fomentan la mineralización de la materia orgánica así como la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, en concordancia con los requerimientos de la planta.

La nutrición unilateral y forzada de las plantas causará bloqueos y carencias en su metabolismo. Dentro de la cadena alimentaria esas carencias afectarán al animal o al hombre y finalmente al suelo --cuando se cierra el ciclo-- lo cual incrementa la vulnerabilidad del ecosistema.

5. Buena protección

El sistema suelo-planta funciona perfectamente. Los árboles fuertes protegen de las inclemencias del clima a los arbustos y así, en una escala sucesiva hasta llegar a las plantas más pequeñas, protegiendo de esta manera el edafón y al suelo. Un suelo sin cubierta vegetal se encharca, se lixivia, erosiona y perturba la interrelación suelo-planta, aumenta su fragilidad a consecuencia de la inestabilidad del ecosistema.

6. Vitalidad

El funcionamiento de los sistemas vivos se regula por diversas sustancias que se producen en la materia orgánica. Por ejemplo, en un ecosistema estable estas sustancias se encuentran en concentraciones mínimas (hormonas reguladoras del crecimiento). En mayor cantidad pueden ser inefectivas, dañinas o tóxicas y provocar tarde o temprano el debilitamiento y colapso del ecosistema.

7. Estabilidad y compatibilidad con el entorno

Un sistema suelo-planta estable no perjudica al resto del ecosistema. Los sistemas deteriorados tienen un efecto concatenador sobre otros, dando inicio a un círculo vicioso de autodestrucción que se manifiesta con una presencia masiva y agresiva de plagas, enfermedades y toxinas de éstas que ponen en peligro a las plantas, animales e incluso al hombre.

Requerimientos de la nutrición vegetal

La nutrición natural de las plantas se basa en la descomposición de los organismos en una diversidad de compuestos orgánicos y minerales. Las sustancias inorgánicas sólo desempeñan un papel complementario o secundario y son tomados de acuerdo con los requerimientos de la planta. Por lo general, no se encuentran deficiencias minerales en la materia orgánica porque normalmente cualquier sustancia que pasa por el ciclo de "dentro del suelo" a "sobre el suelo" tarde o temprano regresa automáticamente a él. Entonces, teóricamente, en la nutrición natural sólo se requeriría de sustitutos minerales, excepcionalmente, donde se detecten deficiencias.

Con las cosechas muchos minerales (nutrientes son enviados en mayor o menor proporción a los centros de consumo y de los cuales no regresan. Pero, como lo demuestran las diversas experiencias de agricultura ecológica, los minerales extraídos por las cosechas pueden ser sustituidos por las reservas naturales en el suelo y donde éstas no estén presentes, pueden ser proporcionadas mediante el uso de abonos orgánicos o dosis de minerales naturales. Sin embargo, la agricultura convencional ha llegado a conclusiones muy distintas. Ella fundamenta la necesidad de la restitución de los nutrientes extraídos por las cosechas, con resultados que demuestran que las reservas de nutrientes en la mayoría de los suelos de cultivo son demasiado limitadas para asegurar una producción normal. La agricultura ecológica prueba que es posible obtener rendimientos y una productividad óptima e incluso por encima de la agricultura convencional sin conocer una carencia de nutrientes minerales. La nutrición con sustancias sintéticas produce automáticamente la pérdida del equilibrio de los nutrientes en el suelo.

En la agricultura convencional se ignora el ciclo de sustancias orgánicas y su función como reguladoras naturales, el cual restituye continuamente el equilibrio del flujo de nutrientes. Además, las condiciones para la fertilidad del suelo son alteradas necesariamente y se generan requerimientos nutricionales unilaterales --se comprueba un requerimiento de nutrientes y se tipifica y define como un caso fisiológico-- causado por una rotación inapropiada de cultivos (en especial por el forzamiento selectivo del ciclo de minerales con los monocultivos anuales) que puede producir fácilmente un requerimiento nutricional artificial. Hay una evidente necesidad de no alterar la vida del suelo y de la planta con nutrientes minerales sintéticos ya que ello produce la alteración de la dosificación natural. Estos nutrientes artificiales no son de por sí venenosos, recién lo serán cuando se les dosifique mal. Los iones que contienen son sustancias que provienen de tejidos vivos del suelo y también de cualquier metabolismo, pero lamentablemente en proporciones que no pueden ser definidas exactamente. En un suelo altamente activo los nutrientes nunca se presentan en cantidades mayores. Ellos se quedan fijados orgánicamente hasta que la planta lo requiera, inclusive se puede suponer que la planta los prefiere normalmente así.

Los nutrientes son sustancias auxiliares de las funciones vivas y son movilizados tan pronto como son requeridos por los procesos biológicos en el sistema suelo-planta lo cual sucede cuando hay las condiciones necesarias, especialmente térmicas. Por ello, sólo se debe proporcionar al suelo minerales en su forma original en la medida que sean requeridos, sólo así se puede evitar la influencia de un impacto negativo en el ciclo natural de los nutrientes y evitar desequilibrios en los procesos biológicos.

Fertilización con abonos químicos vs. manejo orgánico (según Rusch)

Consecuencias de una nutrición vegetal artificial

- Imposibilidad de aplicar dosis óptimas de macro y micronutrientes
- Casi siempre se suele aplicar dosis inexactas (demasiado bajas o altas)
- Gran pérdida de nutrientes por lavado y fijación
- Creciente compactación en la superficie del suelo y en el subsuelo
- Los costos de los fertilizantes sintéticos limitan el presupuesto para el manejo orgánico
- Destrucción de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo

Nutrición natural mediante fertilización orgánica

- Las plantas obtienen dosis óptimas de nutrientes según sus requerimientos
- Evita la aplicación excesiva o deficitaria de nutrientes
- Dificulta el lavado e inmovilización de los nutrientes
- Mejora en la agregación y estabilidad estructural del suelo. Aflojamiento de las capas superficiales e inferiores del suelo
- Poco a poco el requerimiento de fertilizantes orgánicos disminuye. Se hace innecesario el uso de fertilizantes sintéticos.
- Se mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo

Los abonos

El suelo nutre a las plantas y éstas al morir alimentan al edafón, el cual mediante su actividad mineraliza los residuos de cosecha y devuelve al suelo los nutrientes extraídos lo que contribuye a fomentar los ciclos naturales. De acuerdo con este principio, el agricultor al cosechar, retira sustancias nutritivas de los ciclos biológicos y con el manejo orgánico se incrementa la vida y la fertilidad del suelo mediante la generación de biomasa y el uso de los residuos productivos en la misma finca, pero también cuando sea factible, proveniente de fuentes externas que no afectan su sostenibilidad. Muchas experiencias han probado que las prácticas menos costosas y de fácil aplicación han tenido mayor éxito y multiplicación. Bajo criterios de sostenibilidad conviene una evaluación concienzuda para decidir sobre formas y fuentes de abono. La simple sustitución de un insumo externo sintético por otro externo no sintético, de costosa y complicada elaboración y transporte e irregular disponibilidad puede impedir una producción sostenible y además puede crear una deficiencia o desequilibrio en otro lugar.

Para lograr la sostenibilidad es importante considerar que en comparación con los climas templados, donde a menudo con pocas toneladas de estiércol o compost se puede mantener una fertilidad orgánica aceptable, en condiciones del trópico y subtropical de gran intensidad biológica, se requieren generalmente decenas de toneladas de materia orgánica. Esta, por lo general, solamente pueden generarse por sistemas de cultivos con alta generación de biomasa basados en cultivos asociados, sistemas agroforestales, cultivos de cobertura, abonos verdes, sistemas multiestratos etc.

Abonos usados en la agricultura ecológica

- Cultivos: abono verde, cultivo intermedio, rotación de cultivos, cultivos de cobertura y mulch, descanso (barbechos) intensivo, cultivos en callejones etc.
- Residuos de animales en estado sólido, líquido y fresco: estiércol (con y sin paja, rastrojos, viruta, etc.), purín (orina fermentada), estiércol semilíquido (excremento + orina fermentada)
- Compost: de estiércol y residuos vegetales, de residuos domésticos orgánicos
- Fertilizantes comerciales (para mejoramiento del suelo): bentonita (arcilla), cal de algas, escorias Thomas, escorias vegetales de la industria del alcohol, cenizas de madera, harina de huesos, magnesio potásico, cal dolomita, cuernos y cascos de animales triturados, subproductos de la industria aceitera, roca fosfórica, harina de sangre, guano de islas, cerdas de animales, polvo de cantera (subproducto de la industria del cemento) y polvo de basalto
- Productos estimulantes: infusiones de ortiga, cola de caballo, manzanilla, diente de león, valeriana, entre otros; compost de estiércol de vacunos; y fermentos húmicos

El abono verde y cultivos de cobertura

El cultivo de plantas, con el propósito de abonar, enriquecer y mejorar la fertilidad del suelo se emplea especialmente en el trópico y subtropico como principal opción para la agricultura ecológica. Por lo general, se entiende como abono verde los cultivos de corto período vegetativo que se incorporan en un estado de poca lignificación. Las coberturas, mayormente son plantas que llegan a una mayor lignificación y, por lo general, no son incorporadas al suelo y se mantienen como mulch dada su mayor maduración (lignificación). En el trópico y subtropico los residuos lignificados por tener una mayor acumulación de energía (carbono) permiten una mayor biointensidad del suelo.

Efectos principales del uso de abonos verdes y de las coberturas

- **Abastecimiento de materia orgánica al suelo:** Por lo general, las plantas como abono verde y cultivos de cobertura se descomponen en y sobre el suelo y son el alimento ideal para los microorganismos del mismo.
- **Es la sustancia orgánica nutritiva para el suelo y las plantas:** Una incorporación de materia orgánica de 50 a 70 t/há equivale a unas 10 a 15 t de materia seca verde en el trópico húmedo. Este volumen constituye un nivel mínimo de materia orgánica que se necesita autogenerar para mantener los niveles de fertilidad del suelo. El éxito de la agricultura ecológica, en gran medida, depende de la capacidad del agricultor de generar adecuados volúmenes de biomasa a bajo costo que garanticen la sostenibilidad de la producción. Estas consideraciones cobran mayor importancia en fincas sin ganado.
- **Enriquecimiento del suelo con nutrientes y oligoelementos disponibles:** El cultivo de abono verde y de cobertura liberan los nutrientes y oligoelementos en y

sobre el suelo. Con esta práctica mediante el proceso de mineralización de la sustancia orgánica, los nutrientes son puestos a disposición de los cultivos. Con el uso de leguminosas (según el tipo de leguminosa y su cultivo, así como las condiciones de clima y suelo) se puede obtener aportes mayores de 150 kg/há de nitrógeno puro.

- **Mejoramiento de la estructura del suelo:** El sistema radicular fino y bien ramificado de estos cultivos descompacta al suelo. Sin embargo, a pesar de una buena penetración radicular, en casos de suelos muy compactados puede ser necesario realizar una descompactación mecánica previa. Según el tipo de suelo, la penetración radicular promedio alcanza la siguiente profundidad:

trébol rojo, lupino 1.5 - .0 m

Vicia sativa, mostaza, colza 0.8 - 1.5 m

trébol blanco 0.8 m

Por lo general, las especies tropicales como el frijol terciopelo, dólico, canavalia, guandú, etc. superan estas profundidades.

- **Aumento de la actividad biológica del suelo:** Estos cultivos proporcionan alimento a los microorganismos (edafón) mediante la descomposición de la materia orgánica, se libera el ácido carbónico, se incrementa la disponibilidad de los nutrientes, se favorece el desarrollo de las plantas y a la vez, se protege al suelo.

- **Reducción del lavado de los nutrientes:** El abono verde y los cultivos de cobertura fijan los nutrientes fácilmente solubles y evitan con ello su lavado.

- **Suprime la mala hierba:** La cobertura del suelo afecta la germinación de algunas malezas (represión), otras son desplazadas por el mejoramiento de la estructura del suelo (malezas de suelos compactados).

- **Aprovechamiento del abono verde y los cultivos de cobertura para forraje:** Muchos de estos cultivos pueden ser aprovechados como forraje. En este caso, la materia orgánica que queda en el suelo proviene de los restos de raíces y rastrojos según la forma de manejo animal, también el estiércol.

Condiciones agronómicas para los abonos verdes y los cultivos de cobertura

Para seleccionar una especie apropiada para estos fines, se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Período disponible para el cultivo: Especies de crecimiento rápido, para períodos cortos, especies de buena resistencia, cobertura y crecimiento prolongado para períodos secos largos.
- Capacidad de cobertura y generación de biomasa: Tomando en cuenta la conservación y pérdida de humedad y grado de competencia con las malezas y los cultivos y requerimientos de materia orgánica en el suelo.
- Efectos en la labranza: Posibilidad de siembra con o sin labranza, capacidad de las raíces para el mejoramiento estructural, posibilidad de dejarlo como cobertura muerta (mulch) en la superficie (ahorro energético o incorporación mecánica). En suelos pesados se debe incorporar un máximo de 5 a 15 cm de profundidad y antes de 3 semanas de la siembra. En cambio en suelos livianos puede ser incorporado a mayor profundidad (10 a 20 cm).

La Azolla como abono verde

Características:

1. La Azolla es un pequeño helecho acuático (1 - 1.5 cm) que puede crecer en suelos húmedos o saturados. Es capaz de doblar su peso en 3 a 5 días, teniendo de 10 a 15 t/há de biomasa.
2. Un alga verde azul, la *Anabaena azollae*, vive en simbiosis con este helecho y ella fija el nitrógeno atmosférico.
3. La Azolla-Anabaena fija de 3 a 7 kg de N/há por día. Contiene también una buena cantidad de microelementos, fósforo y potasio.
4. La Azolla es un excelente recurso para la fertilización nitrogenada del arroz. El uso de la Azolla puede eliminar el uso de fertilizantes químicos en el arroz.
5. La propagación en los campos de arroz requiere unos 5 kg/há de Azolla un mes antes del trasplante.
6. La Azolla es incorporada en la preparación del suelo para el cultivo siguiente

Ventajas del abono verde y los cultivos de cobertura

Además de enriquecer el suelo con nitrógeno, el cultivo de abono verde tiene las siguientes ventajas:

- La masa orgánica producida
- El aflojamiento profundo del suelo
- La reducción del lavado de nutrientes
- La reducción de la erosión
- El mejoramiento de la estructura del suelo

Sesbania rostrata es un abono verde de rápido crecimiento, incluso en condiciones de terrenos inundados (arroz). Completa su ciclo en 45 - 60 días y produce de 25 a 30 t/há (100 kg N/há) en condiciones inundadas y 30 a 35 t (120 kg N/há) en suelos no inundados.

El mulch

Consiste en cubrir el suelo desnudo con material orgánico, basado en la inexistencia de suelos descubiertos en la naturaleza que siempre tienden a formar un manto verde de plantas protectoras.

La generación de una cobertura perenne del suelo constituye una medida importante dentro de la agricultura y horticultura ecológica. La práctica del mulch consiste en cubrir el suelo alrededor de las plantas de cultivo, pudiendo emplearse diversos materiales como rastrojos de cultivos, follajes de árboles, abonos verdes secos, etc. Estos pueden emplearse apenas las plantas hayan emergido del suelo y, en algunos casos, incluso se siembra dentro o debajo del mulch. Por lo general, se adiciona nuevo material apenas la actividad biológica haya transformado el material inicial. Debe

tenerse cuidado con las capas demasiado gruesas de mulch que impiden una aeración adecuada del suelo asfixiando a muchos microorganismos. En muchas zonas del trópico el uso del mulch ha sido y viene siendo una práctica importante junto con los cultivos de abono verde y de cobertura. La práctica de dejar los rastrojos de cultivos anteriores en la superficie del suelo es uno de los recursos tecnológicos muy importantes para la agricultura ecológica.

Algunas ventajas del mulch:

- Inhibe la germinación y el desarrollo de las malezas
- Regula la humedad y la temperatura (Hd - To) al reducir la evapotranspiración
- Regula el lavado del suelo, amortigua la lluvia e incorpora al suelo sustancias nutritivas por acción de la precipitación
- Una cobertura de mulch evita la formación de costras en el suelo por desecado.
- Actúa como termorregulador a los cambios de la temperatura (To).
- Mantiene una humedad y temperatura (Hd - To) que favorece a los organismos del suelo
- Protege a determinadas hortalizas de ser atacadas por algunos hongos y mantiene la planta con sus frutos limpios y secos.

En condiciones de clima templado, los suelos con excesiva humedad no deben ser cubiertos inmediatamente con mulch y mucho menos con materiales impermeables que incrementen o conserven la humedad en exceso. En algunos casos, la aparición de babosas puede convertirse en un problema serio.

El cultivo en callejones es un sistema interesante, especialmente en el trópico pues permite utilizar el material de poda como abono verde y, en especial, como mulch. Las investigaciones realizadas sobre el aporte de nutrientes del material de poda reportan que las hileras de *Leucaena* distanciadas 4 m x 2 m entre ellas para permitir el cultivo de plantas anuales aportaron: (No. de plantas por hectárea = 1250 plantas).

160 kg de N/há (Nitrógeno)

15 kg de P/há (fósforo)

150 kg de K/há (potasio)

40 kg de Ca/há (calcio)

15 kg de Mn/há (manganeso)

Estiércol y compost

A pesar de que se discute mucho sobre las ventajas y desventajas del estiércol y del compost, ambos son buenas fuentes de fertilizantes. Su uso está determinado por las condiciones de su obtención y manejo, en especial, en la pequeña agricultura de América Latina, porque encontramos condiciones poco favorables, por la escasez de animales grandes o por el tipo de crianza es imposible acumular el estiércol.

René Piamonte realizó unos trabajos muy importantes en el Instituto Biodinámico de Brasil con el cultivo de abonos verdes para lo cual empleó un método denominado "coctel" o descanso (barbecho) intensivo que tiene como principio básico asociar especies de plantas de varias familias para obtener la mayor diversidad posible. Esto teniendo como finalidad llegar a un ecosistema que simule un clima de un bosque en el cual la complejidad de las relaciones entre los cultivos fijan la estabilidad y la dinámica de las poblaciones.

Existe una intensa cooperación, colaboración, y al mismo tiempo, competencia entre plantas por los factores esenciales luz, agua y nutrientes. Se trata de imitar las condiciones en las que las plantas de un bosque en forma silvestre se desarrollan, aumentando cada una de las especies las cualidades que las hacen sobrevivir en su medio, aportando la mayor cantidad de beneficios para el suelo, las demás plantas y el medio que las rodea.

La asociación tiene la siguiente conformación:

- Preparación de las semillas. Se mezcla las semillas en un recipiente y si es necesario, hacer un tratado de las semillas a modo de escarificación, como por ejemplo con roca fosfatada en 5 kg/há.
- Preparación del terreno: Cuando es necesario las operaciones de aradura y grada superficial.
- Siembra: Más o menos 100 kg/há de semilla después incorporar las semillas con una grada suave.

Las semillas utilizadas fueron gramíneas (26%), leguminosas (62%), girasol e higuerilla (12%). Específicamente se usaron maíz, mucuna negra, canavalia, dólico, guandú, girasol, crotalaria, higuerilla y frijol caupí guiador (vigna), leucaena, tephosia.

Incorporación del material al suelo: La incorporación se realizó más o menos a los 150 días de la siembra, que es el momento de mayor producción de la biomasa de este policultivo, para una mayor descomposición. La incorporación se debe realizar en un estado anterior al de la floración, y para una menor descomposición en un estado posterior.

Como resultado, se obtuvo un máximo reciclaje de los nutrientes disponibles, las plantas presentan un aspecto saludable sin ataque de plagas y una sucesión de desarrollo de las especies según su ciclo.

El aprovechamiento de estos cultivos puede hacerse al máximo, cosechando los frutos (maíz y girasol), luego extrayendo e incorporando todo el material vegetal al suelo.

El estiércol de corral

Aplicación del estiércol fresco

En la agricultura ecológica se practica con gran éxito la composición superficial que consiste en la aplicación de una capa delgada y superficial de estiércol fresco sobre el terreno de cultivo que se esparce de manera uniforme.

No es recomendable incorporar el estiércol con el arado a mucha profundidad, es preferible dejarlo sobre la superficie, ya que al incorporarlo muy profundo no se descompone, se pudre y afecta al edafón. El estiércol fresco tiene un efecto rápido y evidente en el crecimiento vegetal a causa de su elevado contenido de nitrógeno. La agricultura ecológica no busca un crecimiento acelerado, sino un crecimiento armónico y uniforme que sólo puede ser garantizado por un suelo sano. Es importante que el estiércol sirva de alimento, primero a los microorganismos del suelo y no directamente a las plantas. Los suelos sanos con adecuada humedad asimilan el estiércol en 2 a 3 semanas. Sin embargo, las aplicaciones superficiales de estiércol fresco pueden ser arrastradas por efecto de la escorrentía durante el riego o por las lluvias.

Manejo del estiércol en rumas

Cuando el estiércol no puede ser llevado directamente al campo y se desea mantenerlo en un estado óptimo se recomienda la formación de rumas, las cuales no deben sobrepasar los 50 a 80 cm de altura (según la proporción de rastrojos entremezclados) para que se produzca una adecuada descomposición y no la pudrición del estiércol que fomenta las poblaciones de malezas persistentes así como la conservación de patógenos por varios meses. Este manejo comprende dos fases:

- **Fase aeróbica:** Se amontona el estiércol sin compactarlo. En estas condiciones se estimula la población de bacterias y procesos de oxidación. La temperatura sube a unos 50 a 60 grado centígrados y los organismos patógenos son eliminados. Este estado de descomposición debe ser mantenido de 3 a 5 semanas (según la temperatura ambiental).
- **Fase aeróbica limitada:** Se lleva a cabo con un mínimo de oxígeno. Resulta cuando al haber culminado la fase anterior se pone una siguiente capa de estiércol lo que genera una especie de conserva con un bajo contenido de oxígeno y causa una descomposición aeróbica limitada. Esto produce una disminución de la temperatura y de la evaporación, si el proceso es correcto. Un nivel adecuado de humedad es importante para mantener la temperatura a niveles óptimos que puede descender demasiado si los residuos vegetales secos como la paja de los cereales absorben el agua en demasía.

La presencia de moho indica déficit de humedad. Asimismo, si la temperatura no baja después de tres capas de estiércol (en la ruma de 50 a 80 cm) es necesario subir la humedad, la cual puede lograrse agregando purín a la ruma. En el caso de corrales de animales al aire libre, se presentan efectos contrarios en épocas de lluvia. El estiércol puede absorber tanta humedad hasta convertirse en una pasta o fluido y se recomienda entremezclarlo con residuos secos de cosecha para regular la humedad.

Purín

El purín tiene un valor fertilizante que no hay que dejar perder. Sin embargo, si se utilizó mal lo que es frecuente en el caso de ciertas zonas ganaderas, puede conducir a una degradación frecuente de la flora y a una fuerte disminución de la vida del suelo. Nunca se suministrará purín crudo, es decir, sin inducción de una fermentación aeróbica que puede lograrse al remover el purín con cierta frecuencia dentro de la fosa. Sólo se puede esparcir el purín poco fermentado en la preparación del terreno

para cultivos que se afecten poco (frutales, pastos etc) y en fases menos delicadas se suministrará solamente diluido en agua. Muchos prácticos de la agricultura ecológica critican el uso permanente del purín, sin una adecuada fermentación aeróbica, porque consideran que su efecto es similar al del fertilizante nitrogenado sintético ya que contiene el nitrógeno en forma de amoníaco que altera el desarrollo armónico de las plantas. Algunas experiencias han probado que no es necesario tener una fosa si se pone una cama de rastrojos suficiente en el suelo del corral, protegiéndola de la lluvia para que no se forme lodo. El resultado puede ser un estiércol bien elaborado o un compost semielaborado, según la capacidad de absorción y aireación de la cama.

Con la misma lógica se puede elaborar también el compost de rastrojos, desperdicios de comedero y excrementos con la orina recolectada y que es esparcido sobre este material. En todo caso, es importante evitar la pérdida de la orina y la generación de contaminación con este valioso recurso.

El compost

La elaboración del compost consiste en aprovechar ciertos desperdicios transformándolos en un abono rico en nutrientes. En realidad, la técnica del compost imita un proceso de la naturaleza para la regeneración del suelo. El suministro adecuado de compost a un suelo pobre durante 2 a 3 años mejora sus propiedades y características.

Los microorganismos descomponen los residuos vegetales y animales. Si este proceso es anaeróbico se conoce como "pudrición", a diferencia del compost que es un material con buen olor y de excelentes cualidades, pudiendo ser de tres clases:

1. **Compost de residuos de cosecha:** Compuesto por rastrojos de hierba fresca y marchitada, malezas u otros residuos vegetales o mulch
2. **Compost de desperdicios domésticos e industriales:** Compuesto por desperdicios domésticos con y sin desechos industriales orgánicos.
3. **Compost de estiércol:** Se prepara a base de excrementos y orine de animales domésticos, agregando rastrojos u otros residuos vegetales.

El éxito del compost depende de la mezcla de materiales, de la manipulación en el proceso de fermentación y el tratamiento.

El proceso del compost

Diversos microorganismos descomponen y degradan a los tejidos de los animales y las plantas muertas. Los transforman en sustancias de complejidad variable como el humus. El proceso de humificación puede darse bajo dos condiciones:

1. **Sin oxígeno (anaeróbico).** Es un proceso de reducción. Característica de este proceso es el mal olor que despiden debido a la pudrición del material y a la generación de sustancias tóxicas, pudiendo ser nocivos para la actividad biológica del suelo.
2. **Con oxígeno (aeróbico).** Es un proceso de oxidación porque la descomposición se da en presencia de oxígeno. Producto de la respiración de los microorganismos se libera anhídrido carbónico (CO₂) y agua. La temperatura se incrementa hasta unos 70°C y no se generan olores desagradables.

La práctica de la aplicación de compost bajo condiciones controladas acelera el proceso de degradación de la materia orgánica en humus, proceso que en la naturaleza requiere alrededor de cientos de años para formar una capa de humus de pocos centímetros.

El mulching es una forma de compost directa en la que los procesos de formación de humus se dan sobre la superficie del suelo sin intervención o manipulación del hombre, mientras que el compost es un proceso generado por la actividad microbiana bajo determinadas condiciones algunas de las cuales pueden ser controladas y es de gran importancia la relación carbono/nitrógeno (C/N), la aeración y la humedad.

La ubicación de la ruma de compost

El lugar para el compost debe encontrarse siempre ordenado y limpio. Una planta de abono orgánico no es un basurero. Un suelo natural con buen drenaje es el mejor lugar o soporte para una ruma de compost porque se facilita el regreso de los microorganismos al suelo, una vez concluido su trabajo. En lo posible, la pila debe tener mayor altura en el centro que en sus lados o bordes protegiéndola en regiones de clima húmedo y excesiva precipitación así como del exceso de viento, sol y calor.

El material para hacer compost

Cualquier sustancia orgánica animal y vegetal sirve para hacer el compost. Así, tenemos: malezas, rastrojos, hojarasca, residuos de cosecha y de cocina, estiércol u otras sustancias orgánicas provenientes de los animales.

Elaboración del compost

La formación de la ruma sobre el suelo tiene una dimensión aproximada de 1.50 a 2.00 m de ancho y 1.50 m de altura como máximo según el largo del volumen del material y del espacio disponible. Los restos vegetales pueden ser mezclados con estiércol u otros materiales de origen animal. Es importante para la producción de humus la formación de complejos estables que se logran al mezclarse con tierra. Todos estos materiales una vez mezclados elevan su temperatura por lo que debe mantenerse una humedad adecuada para su regulación. El exceso de humedad genera procesos anaeróbicos produciendo una putrefacción mal oliente.

Las temperaturas de 50 a 60°C luego de dos semanas son las adecuadas y disminuyen a 34 y 40°C después de 4 a 6 semanas. El compost estará listo aproximadamente después de 3 a 5 meses. Las siguientes pautas nos permiten evaluar el estado de maduración del compost:

- El material debe ser suelto, estructura migajón, sin presencia de terrones
- Un color marrón oscuro es el adecuado
- Muy oscuro, grasoso o con mal olor indica una mala fermentación por exceso de humedad y poca aeración dentro de la ruma.
- El olor debe ser a tierra de bosque
- Un mal olor en buenas condiciones de manejo indica que la degradación de los materiales por las bacterias aún no ha concluido
- Un olor a barro guardado indica la presencia de moho

- Una reacción neutra o ligeramente ácida es la mejor
- Un pH muy ácido es consecuencia de mala aeración y exceso de humedad
- Las bacterias fijadoras de nitrógeno (N) y lombrices prefieren una reacción neutra hasta ligeramente ácida.

El volteo

Los expertos divergen mucho en este aspecto. Algunos no recomiendan voltear el compost, sino solamente proporcionar las suficientes entradas de aire además de materiales leñosos y fibrosos. Con la presencia o introducción de lombrices puede eliminarse el trabajo de volteo que cumple una función de aeración y de soltura de la estructura proporcionando una adecuada distribución de la humedad. Lo cierto es que cuanto más se voltea más rápido madura el compost.

Muchos de los fracasos relacionados con la aplicación de abonos orgánicos tienen su origen mayormente por haberse sembrado durante la primera fase de descomposición donde siempre se liberan sustancias inhibidores y toxinas que perjudican a las plantas, por lo que es necesario un tiempo de espera. Asimismo, la diversidad de cultivos debe contribuir al incremento de la resistencia a enfermedades.

Preparación del compost en la cama de los animales

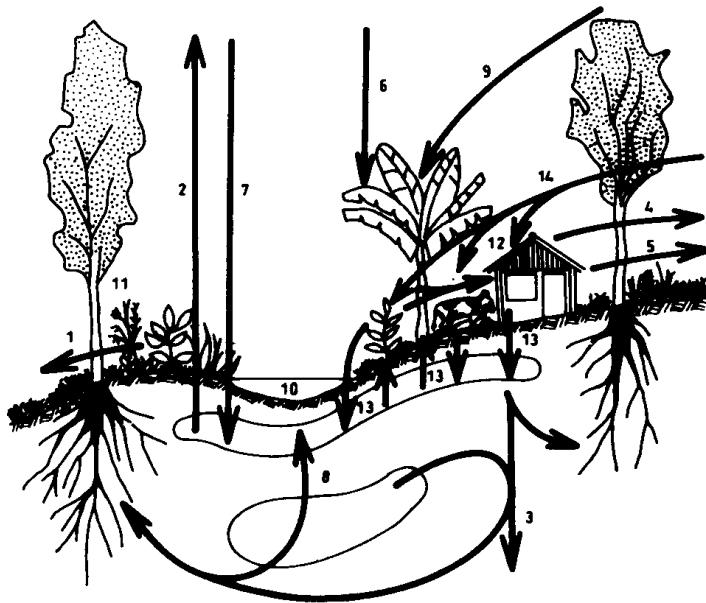
Procedimiento:

A. Preparación de los materiales

1. Materiales para la ruina: residuos de arroz, paja/cáscara, rastrojo de cosechas, restos de malezas, hojas de árboles, panca y coronta del maíz. Solear estos materiales unas dos semanas para eliminar los organismos patógenos e incrementar su capacidad de absorción.
2. Cortar o picar los materiales y extenderlos (para su posterior y fácil descomposición).

B. Método en camas

1. Remueva el piso del corral unos 3 cm. En zonas lluviosas el corral debe ser techado, en zonas secas se requiere poco techo para la sombra.
2. Extienda unos 15 a 20 cm del material vegetal en la cama del animal para que se acumule el estiércol y la orina
3. Cuando el material está saturado con orina, mézclelo con el estiércol
4. Extienda sobre la mezcla otras 6 pulgadas de material nuevo
5. Después de un mes remueva la cama de paja y almacene en una fosa o en una ruma. Cúbralo completamente para conservar los nutrientes (suministre a la cama nuevo material fresco).
6. Después de 2.5 meses el compost está listo para ser usado



Posibles pérdidas:

- 1. Erosión
- 2. Volatilización
- 3. Filtración
- 5. Desechos, remociones

Ganancia natural:

- 6. Lluvias
- 7. Fijación/N
- 9. Sedemientos
- 10. Algas azul-verdosas

Opciones de manejo:

- 11. Árboles/ arbustos
- 12. Forraj/ minerales
- 13. Reciclaje: ganado, compost, biogás, etc.

Los nutrientes en solución son tomados del suelo por las raíces de las plantas y transportadas hacia las partes verdes. Allí, junto con el CO₂ del aire y la energía obtenida de la luz solar se combinan por medio de la fotosíntesis hasta originar compuestos orgánicos.

En un ciclo normal de nutrientes las plantas serán consumidas por los animales, insectos o humanos. Luego, los animales serán consumidos por el hombre. Posteriormente, las plantas, animales, insectos y personas muertas se convertirán en alimento para los microorganismos del suelo y a su vez, éstos serán aprovechados por otros organismos del mismo suelo.

El movimiento de nutrientes es conocido como Cadena Alimenticia y tiene diferentes orígenes, puede interconectarse e ir conformando una red o trama alimenticia. Al final de una cadena alimenticia determinada, lombrices de tierra, termes, hongos, bacterias, etc. consumen excretas y tejidos orgánicos muertos y se va formando el humus. Así, los nutrientes son reutilizados por todo ser vivo al combinarse químicamente con otras sustancias del suelo, macronutrientes como: C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg y micronutrientes como: Fe, Cu, B, Zn, Mn en trazas.

El flujo de nutrientes en un ecosistema integrado

Regulación de malezas*

La industria agroquímica ofrece una larga lista de herbicidas, inclusive para cada tipo de malezas, por lo que ya no debería existir ni representar un problema en la agricultura moderna.

El surgimiento de las malas hierbas es una autodefensa de la naturaleza y tiene por objeto compensar los desequilibrios en el suelo y hacer reverdecer el suelo descubierto. Este mecanismo no se puede desactivar fácilmente. Otra forma de compensación de la naturaleza es la formación de resistencia de las malas hierbas a los productos químicos.

El monocultivo de maíz año tras año en la agricultura convencional prueba que esta práctica fomenta el establecimiento de malas hierbas persistentes.

La agricultura ecológica se resiste a la aplicación de productos herbicidas químicas ya que muchas malas hierbas también son útiles como son: plantas medicinales, abastecedoras de polen, cobertura del suelo o fuente de materia orgánica como plantas indicadores del tipo y estado del suelo así como de prácticas agrícolas inadecuadas.

Cuanto mejor sea el equilibrio en el suelo así como el manejo de la diversidad en los cultivos, menor será el problema de las malas hierbas. No se trata de tener cultivos completamente libres de malezas sino, más bien, de mantener una regulación de las malezas, de tal manera, que funcionen como plantas de acompañamiento de los cultivos; decidiendo para cada caso, cuál se debe dejar crecer o cuál debe ser reprimida o destruida.

Generalidades sobre la biología de las malezas

Las malezas, generalmente, viven en estrecha asociación con determinados cultivos y tienen ciertas ventajas frente a las plantas cultivadas:

- Crecen en forma asociada y no en monocultivo
- Tienen una alta variabilidad genética, que le confiere gran capacidad de adaptación
- Producen en corto tiempo mucha semilla y forman estolones, son precoces por su escaso requerimiento de calor
- Las semillas presentan adaptaciones que favorecen su propagación
- La mayoría de las malezas son menos susceptibles a enfermedades y plagas que los cultivos

Mediante las prácticas convencionales (estrecha rotación de cultivos, altos niveles de fertilización, labranza intensiva del suelo, aplicación de herbicidas, etc.) se han seleccionado malezas de mayor adaptabilidad. La preparación del suelo desempeña un

* Debido a su universalidad, algunas veces se ha mantenido el término malezas. Sin embargo, no se comparte la visión ni la concepción convencional de este término. El presente capítulo pretende expresar que estos vegetales no sólo tienen efectos nocivos, sino que, especialmente, en el trópico, cumplen un papel importante en la movilización y reciclaje de nutrientes, cobertura de suelos, indicadores del estado de fertilidad etc.

papel tan importante para la propagación de las malas hierbas como en el desarrollo de las plantas cultivadas.

Tipos de propagación

Malezas anuales y bianuales de propagación sexual: son plantas que florecen una sola vez, se propagan únicamente a través de la semilla cada año o segundo año. No tienen órganos subterráneos de almacenamiento.

Malezas perennes o de raíz: se propagan mayormente de modo vegetativo, poseen órganos subterráneos de almacenamiento (rizomas, estolones, bulbos, tubérculos) de los cuales vuelven a crecer en cada ciclo y aún después de ser arrancados. Los estolones se encuentran en las capas superiores del suelo (grama, hierba buena, ortiga). En cambio, los rizomas penetran en las capas más profundas del suelo (cardos, campanilla, coquito, grama china, kikuyo, etc.).

Daños causados por malezas

Pueden causar daños muy variados, entre ellos:

- Obstaculizan el desarrollo de los cultivos al competir con ellos por espacio, luz, agua, aire y nutrientes
- Dificultan la labranza del suelo, las labores culturales y la cosecha
- El forraje puede mezclarse con plantas tóxicas
- Pueden constituirse en hospederas de enfermedades
- Crean un microclima favorable para las enfermedades
- Dañan la micorriza de las plantas cultivadas

Utilidad de las malezas

Todas las plantas que crecen espontáneamente, incluyendo las malezas, tienen su razón de ser y en la naturaleza son de gran importancia debido a que:

- Dan rápida protección al suelo y a los microorganismos porque cubren el suelo
- Producen polen para los insectos
- Contrarrestan un deterioro mayor del suelo (ejemplo: la acidificación, erosión, etc.)
- Aportan materia orgánica
- Movilizan y reciclan nutrientes

En el trópico y subtropico, las "malezas" o vegetación espontánea sirven de fuente de materia orgánica, de cobertura y fertilización del suelo debido a la poca abundancia de estiércol.

Las llamadas malas hierbas son auxiliares de la naturaleza que ayudan a compensar los desequilibrios en el suelo, pueden absorber ciertos nutrientes oligoelementos del suelo con mayor facilidad que las plantas cultivadas. Esto significa que las malezas pueden servir de indicadores de algunas características de los suelos (acidez, reserva de nutrientes, materia orgánica, temperatura, etc.) porque muchas de ellas prevalecen según el tipo de suelo por lo que también pueden llamarse plantas indicadoras.

Algunas plantas indicadoras - mensajeras de la naturaleza

Las malezas que se desarrollan en determinados lugares e incluso en campos pequeños, ofrecen información valiosa acerca de las propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo. La vegetación que presenta los suelos no es homogénea. Así, los suelos fértiles, profundos y bien drenados presentan una vegetación diferente a los suelos fértiles con problemas de drenaje. La presencia de sales o el manejo del suelo por el hombre influyen en la fertilidad. Un buen conocedor de la flora espontánea - malezas sólo recurre al análisis del suelo para confirmar sus conclusiones obtenidas a través de la observación del campo.

Al establecer un cultivo no debe desafiarse la aptitud o vocación de un suelo. Si se actúa a favor de la corriente y no en contra, los resultados serán óptimos ya que se obra con respeto a la naturaleza. A continuación algunos ejemplos:

Suelos fértiles

- Gramíneas

Cebadilla criolla (*Bromus unioloides*): anual o bianual de alto valor forrajero. Ciclo otoño-invierno-primavera

Ryegrass (*Lolium multiflorum*): forrajera espontánea de origen europeo. Útil como abono verde. Exige humedad. Ciclo otoño-invierno-primavera

Pasto miel (*Paspalum dilatatum*): forrajera autóctona de ciclo estival. Próspera también en suelos bajos.

Maicillo o sorgo de alepo (*Sorghum halepense*): de rizoma perenne, de cierto valor forrajero, pero muy agresiva. Originaria de la región del Mediterráneo. Se regula mediante extracción total, quema y sombra. Ciclo primavera-verano.

- Urticáceas

Ortiga (*Urtica urens*): Género de numerosas especies generalmente adaptadas a suelos húmedos. Raíz pivotante larga, extrae minerales principalmente calcio y fósforo del subsuelo.

- Poligonáceas

Lengua de vaca (*Rumex sp.*): es una adventicia anual de ciclo otoño-invierno-primavera. Comestible y medicinal. Da un excelente purín preventivo y estimulante.

- Leguminosas

Trébol blanco (*Trifolium repens*): perenne, rastrera de origen europeo. Excelente forrajera y fijadora de nitrógeno

- Borragináceas

Flor morada (*Echium plantagineum*): anual o bianual. Sólo se da en terrenos fértiles, suelos húmidos.

- Verbenáceas

Verbena (*Verbena bonaerensis*): perenne, de raíces profundas y tallo tetragonal.

Suelos húmedos y francos

- Solanáceas
Chamico (*Datura ferox*): anual, de ciclo primavera-verano-otoño. Semillas tóxicas (peligro cuando invade campos de trigo).
Huevo de gallo (*Salpichroa origanifolia*): perenne, rastrera o trepadora, frutos comestibles.
- Plantagináceas
Llantén (*Plantago major*): perenne, uso medicinal
- Compuestas
Achicoria (*Cichorium intybus*): bianual o perenne. Hojas y raíces comestibles. Uso medicinal.
Cardo de castilla (*Cynara cardunculus*): Invasora perenne de campos altos y fértiles. Pencas (peciolos) comestibles.
Cardo asnal (*Silybum marianum*): Anual de coloración marmórea. Se le extrae una esencia medicinal de alto valor.
Diente de león (*Taraxacum officinale*): Perenne, muy adaptable. Suelos húmedos, húmiferos. Comestible y medicinal.
Bardana (*Artium minus*): bianual, prefiere sitios sombreados. Alimenticia (raíz) y medicinal.

Suelos de baja fertilidad

- Gramíneas
Pasto salado (*Distycklis spicata*): Indicadora de manchones alcalinos, suelos salinos pobres y mal drenados.
- Ciperáceas
Cyperus sp: terrenos anegadizos de mediana fertilidad
Coquito o cebollín (*Cyperus rotundus*): perenne muy invasora. Se combate con labores estivales y con ayuda de cerdos y gansos. No tolera bien la sombra. Se le puede controlar ahogándola con un cultivo estival muy denso. Ciclo primavera-verano-otoño.
- Leguminosas
Tréboles de carretilla (*Medicago sp.*): Anuales, buenas forrajeras y fijadoras de nitrógeno. Indican fertilidad mediana a veces suelos fértiles, pero superficiales. Buena cobertura entre cereales menores.
- Solanáceas
Duraznillo blanco (*Solanum malacoxylom*): Presente en bañados permanentes y también en los estacionales.
- Piperáceas
Peperina (*Mentha piperita*): Bajos "dulces", uso medicinal y en infusiones.

Suelos modificados

- Gramíneas

Gramilla rastrera (*Cynodon dactylon*): perenne, muy invasora, se propaga por estolones, rizomas y semillas. Ciclo primavera-verano-otoño. Domina la flora de praderas sobrepastadas. Se combate mediante el laboreo en verano y exponiendo los rizomas al sol o mediante extracción y quema. La sombra le es perjudicial. Se puede controlar mediante una siembra estival muy densa.

- Quenopodiáceas

Quinoa (*Chenopodium hircinum*): Anual, de ciclo invierno-primavera-verano. Común en rastrojos fértiles. Forma colonias.

- Amarantáceas

Yuyo colorado (*Amarantus quitensis*): Anual, de ciclo primavera-verano-otoño. Características ecológicas parecidas a *Chenopodium hircinum*.

- Brasicáceas

Nabo, nabón, mostaza, etc. (*Brassica sp*). Especies anuales o bianuales de ciclo invernal. Secan el terreno, pero aportan minerales que extraen de los horizontes más profundos. El sector invadido puede manejarse como un abono verde, incorporando la masa vegetal en floración. También se puede pastar.

Control preventivo de malezas

Las prácticas agrícolas son de suma importancia para un económico y efectivo control de malezas, entre éstas se tiene:

1. Evitar la dispersión indirecta de la semilla

Se recomiendan las siguientes reglas:

- Limpieza y control minucioso de las semillas.
- Preparar el compost correctamente con los residuos vegetales que contengan semillas de malezas para que al germinar sean destruidas por la alta temperatura o por los microorganismos. El estiércol mezclado con cantidades grandes de malezas debe ser adecuadamente preparado en compost o utilizarse para fertilizar pastizales.
- Cortar periódicamente - o pastar si es posible - las malezas que crecen en el borde de los campos, caminos y acequias.
- Medidas culturales que retengan las semillas y malezas en los bordes del camino limitan la invasión de malezas.

2. Mejoramiento general del suelo

El mejoramiento de la estructura del suelo se puede lograr al incrementar el contenido de humus mediante una adecuada labranza y una apropiada rotación de cultivos. Estos factores son condicionantes de suma importancia para un buen control de malezas ya que la actividad intensiva de los microorganismos destruye la semilla de las malezas. Con la eliminación del mal drenaje se eliminan también muchas malezas.

La pasada de rastra con el fin de eliminar las malezas se facilita en suelos sueltos. A diferencia de las malezas, los cultivos no prosperan bien en suelos de baja calidad. En suelos buenos hay una predominancia de malezas más dóciles.

3. Fertilidad equilibrada principalmente orgánica

En cultivos bien abonados la competitividad es mayor, los cultivos crecen con más rapidez, desarrollan tallos y hojas de mayor vigor lo que aumenta su capacidad de dar sombra frente a las malezas. Un abonamiento equilibrado con materia orgánica ocasionalmente complementado con abonos minerales lentamente solubles estimula el edafón y garantiza una nutrición armónica.

Control de malezas con abonos verdes

Los abonos verdes y cultivos de cobertura se pueden usar para el control de malezas en cultivos intermedios. Se siembra en altas densidades de tal manera que a las malezas les es difícil desarrollarse por la reducción del espacio, la absorción de agua, nutrientes y de luz. De esta manera, se genera una competencia entre el abono verde y la maleza. La especie de abono verde o cultivo de cobertura debe seleccionarse para garantizar un resultado favorable a ella.

Rotación y asociación de cultivos en el control de malezas

Una buena rotación y asociación de cultivos influye en la germinación, desarrollo y regulación de las malezas. En cambio, el monocultivo estimula el desarrollo de determinadas malezas. En el cultivo de forrajes, las asociaciones ayudan a reducir la proliferación de malezas resistentes, propias de cultivos específicos. Determinados cultivos requieren un buen deshierbe. Por ejemplo, papa, maíz, beterraga etc. para facilitar el control de malezas. En los cereales, la dificultad de las operaciones de deshierbe o limpieza es mayor, sin embargo, determinadas malezas pueden ser reprimidas por efecto de competencia por ejemplo, la asociación de cereales con el trébol carretilla y otras leguminosas parecidas. Otras prácticas que ayudan a regular las malezas son:

- Deshierbes oportunos
- Preparar el suelo en la oscuridad
- Cortes antes de la floración o producción de semillas
- El uso de cultivos que compitan con las malezas por luz y agua (ejemplo, cultivos forrajeros: gramíneas + leguminosas). La siega constante elimina las malezas y agota las malezas persistentes.
- Registros de frecuencias y densidades de las malezas son de utilidad para la regulación de malezas.
- Las medidas de regulación deben planificarse con el tiempo.

El diseño de los planes de rotación

Un plan de rotación adecuado, ejerce un efecto de represión hacia las malezas en grado variable, por ejemplo, la papa tiene un efecto de represión mejor que el maíz,

remolacha o beterraga, que son cultivos de lenta germinación y desarrollo inicial. Por lo que se debe procurar mantenerlo limpios, si se usan como cultivo previo al de los cereales.

El cultivo de forrajes de varios años de duración, por ejemplo: trébol + gramíneas ayudan a controlar y hasta a eliminar malezas muy persistentes - por competencia de luz y agua principalmente - que normalmente se propagan a través de sus raíces y estolones. También los cultivos intermedios y de abono verde cumplen esta función.

El establecimiento de los planes de rotación requieren cierta flexibilidad, de tal modo, que sobre la base de registros u observaciones de la densidad de malezas pueda aumentarse la eficiencia en su control.

Labranza general del suelo

La elección del momento oportuno para las operaciones de labranza o cultivo así como el número de pasadas influye en el desarrollo de la maleza por lo que debe buscarse que cada una de estas operaciones cumpla también con la función de reprimir las malezas.

Algunas modalidades para controlar las malezas se exponen a continuación:

- Es conveniente inducir la germinación y desarrollo de las malezas coincidiendo con la época de frío o seca. Ello facilita su regulación.
- Es conveniente que durante las labores de aradura, rastreo o preparación se deje el tiempo suficiente para la germinación y desarrollo de las malezas. Posteriormente, pueden ser controladas con pasadas de rastra o cultivadores.

Por ejemplo, después de una cosecha de cereales, una aradura o volteo superficial inmediato induce a la germinación de muchas semillas de malezas --a diferencia de una aradura profunda que las entierra, conservándolas-- que puedan ser eliminadas durante las labores de preparación previa a la siembra del próximo cultivo (intermedio, abono verde o posterior).

Técnicas y momentos de siembra

Es conocido, el efecto de represión de los cultivos de cobertura sobre las malezas. Asimismo, los cultivos o rastreos en el primer estado vegetativo de una plantación controlan a las malezas. Es necesario recordar que en la agricultura ecológica se utiliza aproximadamente 10% más de semilla que en la agricultura convencional. También, el momento de siembra desempeña un papel importante, por ejemplo, las siembras de maíz demasiado tempranas en zonas templadas favorecen el enmalezamiento.

Control directo de las malezas

Para un control efectivo es necesario considerar:

- Aprovechar el ritmo de crecimiento entre el desarrollo inicial y la acumulación de reservas propias de cada maleza.

- Eliminar la maleza cuando aún presentan hojas cotiledonales y enraizamiento superficial.
- Eliminarlas en la fase comprendida entre la formación de botones y los pistilos, ya que sus reservas han sido agotadas.
- Segar las malezas antes de la formación de semillas. Ante cultivos forrajeros o de pradera, las malezas no tienen la suficiente vitalidad para imponerse.

Implementos para el control directo de las malezas

Importante para una buena aradura es un estado óptimo del suelo que depende mucho de la cantidad y calidad del humus y del tipo de labranza. En la agricultura ecológica, es de mucho valor utilizar implementos que permitan araduras superficiales que no dañen la estructura del suelo y más bien estimulen su germinación para controlarlas durante su crecimiento inicial.

Control anual de las malezas

La agricultura ecológica no descarta las labores manuales. Durante la eliminación de hijos debe aprovecharse también para eliminar las malezas o realizar algunos deshierbes. Asimismo, una medida muy importante es la extracción selectiva de algunas malezas persistentes en las primeras etapas del desarrollo del cultivo.

Control técnico de malezas con quemadores de gas

Esta técnica emplea gas propano, que durante su combustión eleva la temperatura de las células vegetales a 70°C aproximadamente y coagula la proteína a la vez que provoca la ruptura de la célula.

Esta operación debe realizarse en suelos preparados 10 días antes de la siembra. También cuando las semillas germinadas no alcanzan aún la superficie del suelo. Para ello, es importante una adecuada preparación del suelo, humedad y temperatura para producir una germinación completa de las malezas.

En cereales como el maíz se puede esperar a que aparezcan las puntas de las plantas en la superficie del suelo. En la cosecha de la papa por ejemplo el empleo de esta técnica sobre el follaje y tallo la facilitan.

Patos para el control de malezas en el arroz

Pueden ser un complemento para el control de malezas en el arroz cultivado en inundación cuando las líneas de plantas son sembradas rectas. Los patos pueden entrar cuando las plantas tienen 20 cm de altura hasta que empiecen a producir granos 40-50 patos durante 3 horas pueden deshierbar 1000 m² en campos inundados (máximo 10 cm de agua). Los patos remueven las malezas en el lodo e inhiben su crecimiento entre las líneas de arroz. Las malezas de hoja ancha son comidas además por insectos, babosas y caracoles, etc. y reducen las plagas.

El uso de la Azolla en los campos de arroz reduce el crecimiento de las malezas en un 50% por efecto de la sombra. Este helecho acuático ha sido usado por siglos en el sur de China y norte de Vietnam.

Experiencia en Tanzania

En regiones tropicales después de un cultivo de *Crotalaria ochroleuca*, el maíz sembrado posteriormente por efecto de la cobertura de mulch del cultivo anterior no requerirá el deshierbe. En los dos años sucesivos en vez de realizarse dos o tres deshierbes en el cultivo de arroz, después de este abono verde sólo requerirá un deshierbe. Sembrando *Crotalaria ochroleuca* entre el maíz y otros cultivos de regular desarrollo, después del primer deshierbe se logra una eliminación efectiva de las malezas.

El equilibrio ecológico en la regulación de plagas y enfermedades

En los ecosistemas no intervenidos por el hombre, las plantas débiles son atacadas por organismos que conocemos como plagas y enfermedades, originando la supervivencia sólo de aquellas plantas fuertes y resistentes; los responsables de esta selección son aquellos organismos que usualmente llamamos agentes patógenos: hongos, bacterias, insectos, virus, ácaros, etc. Estos organismos, en sí útiles, constituyen un serio problema cuando a consecuencia de alteraciones en el ecosistema, se ven obligados a destruir dicho sistema por no estar de acuerdo con las condiciones ecológicas del medio en el cual ellos se desarrollan en armonía.

A los agentes patógenos se enfrentan enemigos naturales denominados “organismos benéficos” que actúan regulando la población patógena. En general, la naturaleza tiende a mantener el equilibrio ecológico, para lo cual se sirve de los siguientes mecanismos de regulación:

1. Protección y selección de las plantas no infestadas. Mediante la descomposición y eliminación de plantas débiles y enfermas por medio de agentes patógenos.
2. Control de los patógenos por organismos benéficos. Un ecosistema es más estable cuando mayor sea la diversidad de organismos existentes. Cada vez más, se presentan como enfermedades y plagas organismos que hasta hace algún tiempo atrás no eran problema.

La industria química difunde como única alternativa el control químico, ofreciendo infinidad de productos, prácticamente para cada enfermedad y para cada plaga presentando al control químico como la única alternativa al hambre. Sin embargo, los productos químicos tienen muchas desventajas, ya que a la larga causan graves problemas tales como: desequilibrio en la salud humana, contaminación del medio ambiente por residuos de los pesticidas, selección de los patógenos resistentes al control químico, etc.

La resistencia a los pesticidas obliga al uso de productos cada vez más tóxicos, volviendo más susceptibles a las variedades de cultivos menos resistentes; así, también los organismos benéficos son exterminados.

La fácil y cómoda aplicabilidad de los pesticidas, la poca exigencia de conocimientos y su aparente efectividad favorecen una rápida difusión del método químico para el control de plagas y enfermedades. Estos pueden ser aplicados en diferente forma: en polvo, líquido, granulado, gas, etc. Sin embargo, no debe olvidarse que este método de protección vegetal atenta contra la naturaleza y perjudica al hombre mismo.

Medidas generales para favorecer la sanidad vegetal

En la agricultura se debe hacer lo posible para tener plantas resistentes, capaces por sí mismas de soportar y repeler plagas y enfermedades. Las condiciones del medio ambiente influyen en el desarrollo de enfermedades fungosas así como en su patogenicidad, casi no existen organismos que controlen el desarrollo de los hongos,

cuyas esporas se encuentran por todas partes. La presencia de los hongos es importante para la desintegración de los residuos vegetales y animales en la naturaleza. Cuando los hongos salen de su hábitat natural que es el suelo e invaden semillas, hojas, frutos, etc. recién se convierten en agentes patógenos. El calor y la luz tienen un efecto represivo en el desarrollo de los hongos. En la agricultura ecológica se busca enfrentar las causas de las plagas y enfermedades mediante técnicas y métodos apropiados de cultivo que no alteren el medio en el que se desarrollan.

“Prevenir es mejor que curar”, reza un viejo dicho. Este principio en la agricultura ecológica significa que hay que orientar el máximo de esfuerzos hacia el cultivo de plantas sanas y fuertes, para que éstas, por sí mismas, puedan resistir a plagas y enfermedades. La constitución del vegetal además de las condiciones del medio ambiente es especialmente importante para la resistencia a las enfermedades.

Una buena consideración y aplicación del conjunto de principios de la agricultura ecológica, permite lograr una situación de equilibrio de las plagas y enfermedades con sus controladores. La generación de un hábitat adecuado hace que éstas dejen de ser un dolor de cabeza para el agricultor. La mayoría de los experimentos en el mundo ha comprobado que, en algunas ocasiones, en una etapa de implantación inicial se hace necesario el uso de productos biodegradables no sintéticos; pero en la agricultura ecológica no se concibe sólo sustituir productos fitosanitarios sintéticos por naturales. Si el agricultor no logra restablecer el equilibrio ecológico del agroecosistema y el vigor de sus cultivos ni el control químico, ni los extractos naturales, ni las trampas y mucho menos el control biológico, podrán atenuar el problema a través del tiempo en forma sostenida. Ya que estas prácticas son en su mayor parte tediosas y costosas.

Muchos extractos botánicos tóxicos, al igual que los sintéticos, también afectan la fauna benéfica y crean resistencia en los patógenos, por lo que su uso debe ser restringido a casos de extrema necesidad. La creación de resistencia a los extractos naturales volverá esta propuesta más tediosa y costosa para el agricultor. Tendrá que buscar nuevos extractos vegetales, aumentar su dosis y frecuencia cada vez más, hasta llegar a ser una práctica insostenible. La falta de refugios y condiciones para la reproducción “in situ” de los controladores biológicos creará una dependencia hacia quienes realizan la cría masal de estas especies. En muchas partes del mundo, esta práctica, así aislada, sólo ha tenido éxitos mínimos a costa de gran demanda de tiempo y de recursos.

Suelo sano

Esta demostrado científicamente que el humus también tiene un efecto positivo sobre la resistencia contra nemátodos, larvas y otros patógenos del suelo, debido al incremento de la actividad microbiana, producción de antibióticos, enzimas, entre otras. Un adecuado suministro de materia orgánica (humus) al suelo, activa el edafón y es responsable de una óptima aireación y abastecimiento de agua, vitales para el proceso metabólico de las plantas.

En la agricultura ecológica es importante la autogeneración de una fertilidad natural sostenida. Si bien es cierto que muchos científicos han determinado la importancia del uso de abonos orgánicos para aumentar la fertilidad del suelo, es necesario

considerar que el propio sistema o unidad productiva debe poseer la capacidad de autogenerar y/o mantener su propia fertilidad, para ello, además de los excrementos animales, son muy importantes el uso de rastrojos vegetales, asociaciones y rotaciones especialmente con leguminosas debido a que fijan nitrógeno asimilable por las plantas. Por ejemplo, la inclusión de especies de abono verde como la alfalfilla (*Melilotus alba*) con capacidad de fijar nitrógeno atmosférico por encima de los 200 kg N/há y que aporta alrededor de 20 t/há de materia seca.

La crotolaria (*Crotalaria ochroleuca*) usada en el trópico como abono verde con buen efecto represor sobre las malezas también atrae una serie de insectos que afectan a hortalizas, café, cítricos, etc., los insectos muchas veces defolian totalmente a la crotolaria, pero por su rusticidad se recupera e inclusive crece más vigorosa. Los insectos no ingresan a los otros cultivos, mientras la crotolaria se encuentra en flor.

Existe, por ejemplo, una estrecha relación entre la compactación del suelo y la presencia desproporcionada de pulgones. Esto puede notarse en suelos en los que se siembra cereales en monocultivo año tras año, donde se han obviado plantas de enraizamiento más profundo que permiten aflojar el suelo.

Selección apropiada de variedades

La fitotécnica debería desarrollar plantas resistentes de buen rendimiento y calidad, sin embargo, se tiene pocos casos de variedades que presenten resistencia y calidad. Los encargados de desarrollar estas plantas son los fitomejoradores, quienes con muchos esfuerzos logran obtener las diferentes variedades híbridas resistentes a plagas y enfermedades específicas. Lo cierto es que, mayormente, no se logran los efectos deseados de manera sostenida, siendo sistemas engorrosos y caros.

Correspondencia al lugar de cultivo

Es necesario tener un conocimiento preciso sobre las condiciones de cada zona para escoger las especies y/o variedades apropiadas a ésta. Existen variedades de plantas y cultivos nativos, tradicionales o locales que cuando son cultivadas bajo sus condiciones ecológicas son muy productivas. Un ejemplo, es el caso de la papa en el Perú, donde existen grandes extensiones de papa en la costa que para cultivarla requieren ingentes cantidades de agroquímicos. En la antigüedad, las culturas asentadas en este territorio sólo producían papas en los pisos ecológicos en zonas medias y altas de los Andes. Asimismo, se ha trasladado muchas especies y variedades a condiciones ecológicas inapropiadas.

Nutrición vegetal armónica

Es importante asegurar el abastecimiento de nutrientes en especial con oligoelementos, porque las plantas absorben del abono orgánico sustancias sumamente complejas (aminoácidos, antibióticos, entre otros) que participan en la formación de anticuerpos contra enfermedades. El abonamiento químico sintético, por su alta solubilidad hace que la planta absorba grandes cantidades de nutrientes más allá de lo que la planta realmente puede metabolizar. Esto produce una apariencia de verde intenso en la planta, que se vuelve más suculenta a consecuencia del sobredimensionamiento de las células. Esto provoca el desarrollo de plantas grandes, bien

nutridas y conformadas, pero en realidad la planta está enferma, y es presa fácil de organismos fitófagos y patógenos, su débil conformación hace que el menor viento las tumbe.

El mal uso de abonos orgánicos, en especial el estiércol de aves, el uso inapropiado o exceso de éstos pueden producir el mismo efecto que los abonos sintéticos solubles, por su contenido de nitrógeno soluble.

Métodos apropiados de cultivo

Cuanto mayor es la diversidad de especies cultivadas, menor es la presión de plagas y enfermedades. Los ecosistemas naturales funcionan equilibradamente sobre la base de una diversidad que se complementa. La artificialización excesiva del ecosistema con el monocultivo --incluso la eliminación casi total de las malezas que son parte de la regulación del ecosistema-- provoca tal inestabilidad que para evitar su destrucción por la naturaleza hay que recurrir a grandes dosis de agroquímicos con toda la secuela de daños que ello ocasiona.

Distanciamientos adecuados, cultivos asociados, abonos verdes, coberturas del suelo con materiales orgánicos, permiten una mayor diversidad en los cultivos y la formación de un microclima favorable para una óptima regulación predator-presa, por ofrecer condiciones para el hábitat y reproducción de los organismos benéficos.

La falta de asociaciones y rotaciones, determina monocultivos que entre otros efectos negativos afecta la estabilidad del ecosistema, induce al incremento de las poblaciones de organismos patógenos, determina la extracción de nutrientes en forma muy específica y a un sólo nivel del suelo, disminuye el nivel de humus agotando el suelo con determinados elementos y desaprovechando otros. Un ejemplo evidente es el monocultivo de papa año tras año que contribuye a incrementar las poblaciones de nemátodos y de *Phytophthora infestans* (rancha). Este último es un hongo saprófito del suelo, pero la ausencia de materia orgánica hace que cambie sus hábitos alimenticios y prefiere tejidos vivos especialmente de plantas débiles y mal nutridas.

Muchas de las plantas que se pueden usar en las rotaciones tienen efectos repelentes, es el caso del ajo y la cebolla que ayudan a disminuir el ataque de thrips en el tomate.

La diversidad, por sí sola no asegura el equilibrio de las poblaciones de patógenos y plagas con sus controladores y si no se considera una nutrición armónica de la planta.

El aprovechamiento directo de enemigos naturales y organismos benéficos

Los enemigos naturales pueden ser predadores o parásitos.

En la agricultura ecológica se aprovechan los enemigos naturales de las plagas para regular las poblaciones patógenas de tal modo que no representen daños económicos. Una cabal comprensión de las interrelaciones ecológicas, condiciones ambientales, clima, densidad de población, fertilidad, etc., son la base indispensable para una regulación natural de plagas y enfermedades.

El control biológico puede constituir una medida complementaria. En la agricultura ecológica se busca una regulación del sistema productivo. El control biológico

requiere condiciones, servicios y conocimientos especializados que pocas veces están al alcance del pequeño agricultor. Esta práctica comprende:

- La introducción de nuevas especies de enemigos naturales a una zona donde no es originaria.
- La liberación o reintroducción periódica de enemigos naturales, para reforzar su actividad predatora o parasitaria natural incluye también insectos genéticamente modificados o esterilizados.
- La liberación de hongos, bacterias o virus, que controlan determinados insectos causándoles la muerte.

Con este método de control de insectos plagas no se generan efectos secundarios (resistencia, contaminación, etc.). Se requiere que el insecto benéfico sea recolectado o criado masalmente para poder liberar millones de individuos.

El fomento de los enemigos naturales

Es poco conocido el trabajo que desempeñan los organismos beneficiosos que se desarrollan dentro de determinados ciclos vitales, ya que se sabe poco de la biología tanto de la presa como del hospedero.

Una consideración muy importante en la agricultura ecológica es el fomento de la reproducción "in situ" de los organismos controladores. La creación y protección de zonas de refugio para éstos muy importante, ya que en general muchos de estos organismos tienen su hábitat en árboles, arbustos y en la vegetación marginal. La depredación o eliminación de estas áreas causa la disminución o ausencia de estos controladores, llámense insectos, aves, roedores, reptiles, etc.

Algunos ejemplos de controladores beneficiosos:

- **Coleópteros beneficiosos**

Las "mariquitas" son los más representativos, cada larva de las mariquitas come entre 200 y 600 pulgones antes de transformarse en crisálidas. Existen avispas que pueden parasitar de 200-1000 pulgones, asimismo existen una serie de otros insectos que actúan como controladores de insectos plagas.

Controlador	Plaga
Copidosoma desantisi	<i>phthorimaea operculella</i> (polilla de la papa)
Megacephala carolina ch.	varios
Calosoma sp.	varios
Trichogramma sp.	varios
Aphidius sp.	(parásitos de pulgones)
Apanteles sp.	(larvas de lepidópteros)
Copidosoma koehieri	(polilla del tomate)
Dibrachys cavus	(polilla del tomate)

***Bacillus thuringiensis*:** Causa intoxicación y destrucción de los intestinos de las larvas, cuando son infectados por el bacilo. Hoy en día, este bacilo es reproducido a nivel industrial, y se vende con diferentes nombres comerciales.

- **Trichogramma sp.**

Es un insecto muy pequeño, no visible a simple vista; junto a la “mariquita” son los insectos benéficos más importantes. Las hembras ovipositan en los huevos de los insectos plagas, las larvas de la avispa que nacen se comen el huevo de adentro hacia afuera. Los trichogramma se reproducen en masa para combatir varias plagas como: *Diatraea saccharalis* (caña), *Heliothis zea* (maíz), etc.; parasita huevos de 225 especies, mayormente lepidópteros.

Las arañas y ácaros son predadores muy efectivos en el trópico.

- **Reptiles y batracios beneficiosos**

A este grupo pertenecen los sapos, ranas, lagartijas, etc., para protegerlos se debe asegurar la existencia de lugares de reproducción y de refugio.

- **Pájaros beneficiosos**

Deben ser protegidos y ayudados de manera amplia y directa, dándoles la oportunidad de formar sus nidos (éstos hay que protegerlos). Muchos pájaros al quitársele la base alimenticia (insectos y plantas silvestres) se han convertido en verdaderas plagas de los campos de cultivo.

Para fomentar y proteger a los enemigos naturales, se debe procurar lograr las condiciones de la vida más favorables, como proveerlos de alimentos adecuados y abundantes escondites así como una mayor diversidad en la agricultura y horticultura.

Control directo de plagas

Métodos mecánicos

- Recolección de insectos, especialmente en áreas de cultivo pequeños.
- Retiro de las partes afectadas de las plantas para evitar la dispersión de enfermedades fungosas.
- Uso de trampas: preparados con atrayentes, objetos de colores, luz, etc.
- Mantener entre los cultivos, plantas-trampas que permitan concentrar grandes poblaciones de insectos patógenos para recolectarlos en ellos.
- Soltar aves de corral como pavos y gallinas durante la preparación del terreno, en lo posible de vez en cuando dentro de algunos cultivos, procurando que estas aves no causen perjuicios.

Existen muchas prácticas más que pueden realizarse en función del cultivo y del lugar. Existe mucho por aprender del control fitosanitario de la agricultura tradicional.

Preparados minerales y botánicos

Existe una gran diversidad, en lo referente a este tipo de preparados, por lo que los ejemplos debajo citados no deben ser tomados como únicos y contundentes en cuanto a su recomendación, ya que sólo se presenta esta receta con fines didácticos. La riqueza en experiencias locales y bibliográficas permitirá según los casos, encontrar el recurso más apropiado, pero antes de decidirse es necesario considerar que estas prácticas pueden ser viables en casos de horticultura o fruticultura, en pequeñas extensiones. Ante todo, se debe lograr una buena resistencia fisiológica en la planta y el equilibrio en el agroecosistema.

- Abonos líquidos, caldos, infusiones y macerados a base de hierbas secas (ejemplo: ortigas y diente de león).

Preparación:

1. Se coloca un saco de yute lleno de hierba a emplear dentro de un barril con agua: 8 a 10 kg de hierba fresca/100 litros de agua y 2 kg de hierba seca/100 litros de agua.
2. El barril se tapa con una tabla en forma tal que permita la circulación del aire, remover todos los días para evitar la formación de olores fuertes, agregar extracto de valeriana.
3. El caldo puede ser utilizado después de 1 a 2 semanas en dilución entre 1:5 y 1:20, mediante un riego al suelo en la zona radicular evitando aplicar a las hojas y frutos.

Los caldos de hierbas se preparan con hierbas frescas o secas, dejándolas en infusión en agua caliente durante un día. Para obtener caldos, se hace hervir las hierbas a fuego lento durante 20 minutos, después de remojarlos un día, dejar enfriar.

Los macerados de cebollas, ajos, ajenjo, etc., se aplican contra enfermedades fungosas durante el desarrollo vegetativo de los cultivos.

Los macerados de hierbas tienen además los siguientes efectos:

- fertilizante
- mayor prendimiento
- resistencia a enfermedades
- activan la vida en el suelo
- fomentan el crecimiento vegetal

El caldo o macerado de cola de caballo se utiliza como:

- fungicida
- para dar resistencia a las plantas
- preventivo

El extracto de ortigas en infusión durante 12 a 24 horas en agua fría, se utiliza contra pulgones.

Fungicidas

Dentro de la agricultura ecológica se usan ciertos productos cúpricos y sulfúricos para el control de los hongos, estos productos afectan los conductos germinativos de los mismos. Solamente se utilizan en casos extremos, para no afectar a los organismos beneficiosos.

Azufre: Se aplica en combinación con un humectante no sintético contra el OIDIUM. También puede usarse en una mezcla de azufre mojado con carbono potásico y potasa. El silicato sódico es un líquido de efecto alcalino que contiene bastante ácido silícico y se emplea contra enfermedades fungosas en fruticultura, especialmente en vid.

Cobre: Se utiliza contra el MILDIU en el cultivo de la vid, hielos de la papa y tomate, en forma de caldo bordales. En la agricultura ecológica no se combina el cobre con productos sintéticos.

Permanganato de sodio: Se emplea como aditivo del azufre mojable, como desinfectante de semillas y como repelente.

Insecticidas

En muchas partes existen plantas cuyos efectos pueden ser usados como biocidas, al igual que los "biocidas químicos sintéticos", algunos de ellos como el piretro y la rotenona afectan la fauna beneficiosa, por lo que se deben usar con mucha cautela sólo en casos extremos, aun cuando sean biodegradables y de origen vegetal, también perturban el equilibrio del agroecosistema, en determinados niveles no son tóxicos para los animales de sangre caliente (incluye al hombre), sin embargo pueden causar daños a los peces. Sin embargo, otros como el Neem y la Quassia son de menor daño a la fauna beneficiosa.

Piretro: Se obtiene de una especie de crisantemo. Tiene el efecto de ser veneno de contacto, penetra por la piel y afecta el sistema nervioso del insecto. Se emplea puro o en mezclas con Rotenona. A 40°C su efecto aumenta.

Rotenona: Se obtiene de las raíces del Barbasco, es un veneno poderoso especialmente para insectos pequeños. Se utiliza para combatir los thrips, pulgones, escarabajos, etc. Se descompone más rápido en el aire que en el agua, es un veneno poderoso para los peces.

Quassia: Proviene de la corteza del árbol tropical Quassia amara. Especialmente efectivo contra las larvas de insectos.

Neem: Extractos de los frutos y hojas de este árbol tropical de fácil propagación y crecimiento, actúan cuando los insectos ingieren las plantas fumigadas. Por ello, existe poco o ningún daño a la fauna beneficiosa.

También se utilizan otras sustancias, como emulsiones de aceite mineral, su efecto es de destrucción de la capa de cera protectora de los insectos, obstruyendo los órganos respiratorios (plagas de frutales).

Los jabones y ron de quemar tienen efectos parecidos en los pulgones y en las queresas. Se disuelve 0.5 a 2.0 kg de jabón de lavar en 100 litros de agua, agregar eventualmente 3 litros de ron de quemar (mejor utilizar jabones potásicos y no jabones

sódicos). El jabón ayuda a prevenir los hongos, pero el efecto principal es sobre los pulgones y las queresas.

Nota: Sólo se han señalado algunos ejemplos, existen en todos los lugares conocimientos y prácticas similares o hasta mejores que no contradicen a los principios de la agricultura ecológica y que pueden ser potenciados, no descuidando los principios que permiten el equilibrio ecológico para la regulación de plagas y enfermedades.

La crianza ecológica

Sin duda alguna, la domesticación de las plantas y de los animales, marca un hito significativo dentro de la cultura humana, ya que la interdependencia creada es una expresión relevante del desarrollo evolutivo; hoy en día ni el ser humano, ni el ganado ni los cultivos son capaces de vivir por sí solos, ya que en los milenios transcurridos, la angustia y el miedo mutuo han originado una especie de simbiosis, la misma que, de una u otra forma, expresa el potencial espiritual e intelectual del ser humano. La capacidad de domesticar animales y complementar la agricultura con la crianza sin disturbar el sentido de la evolución expresa la existencia de una inteligencia humana, y de un profundo sentimiento por la cultura además de un gran conocimiento y sabiduría de la naturaleza.

Cultura y naturaleza no son posiciones irreconciliables o enfrentadas. Es una tarea cultural en el quehacer evolucionario mantener una actitud de análisis y observación hacia los seres inferiores sin sentirse dominante; esto implica corregir la conducta en la que el hombre busca mejorar su posición estratégica para hacerse aliada a la naturaleza mediante la tecnología.

El desarrollo de la civilización humana es inimaginable sin la crianza que le permite al hombre sacar beneficios múltiples como la carne, leche, tracción, transporte, abono, huevos, lana, calor, compañía, etc. La falta de una relación apropiada y simbiótica con el animal ha producido grandes desastres. La introducción masiva y el manejo inapropiado al inicio de la colonia al Nuevo Mundo, de diversas crianzas no propias de los ecosistemas naturales locales, ha tenido un impacto aún más negativo que en la propia península ibérica donde hasta hoy se encuentran grandes zonas devastadas por esta razón. La introducción y crianza inapropiada en zonas ecológicamente muy vulnerables y frágiles que se expresa en prácticas de pastoreo no regulado, quema de pastos fibrosos para el rebrote de la hierba tierna, el maltrato y remoción del suelo por pisoteo --especialmente en áreas con pendientes--, han producido erosión y desertificación en grandes extensiones. Igualmente la falta de integración entre la crianza y los sistemas agropecuarios produjo perturbaciones de dimensiones inconmensurables, como es el uso de áreas de pastoreo, ahí donde la producción agrícola es más productiva o las áreas de aptitud forestal y de protección (cuencas) dedicadas al pastoreo.

Del animal silvestre al doméstico

En 1600, se extinguió el Bos primigenio del cual desciende el actual ganado vacuno en sus diversas razas. Descubrimientos prehistóricos indican que la domesticación del ganado vacuno se realizó alrededor de 6500-6000 años a.C.; no obstante, las referencias más antiguas proceden de la cultura sumeria (5000-4000 años A.C.). Posiblemente razones de tipo religiosas como eran los cultos taurinos indujeron a la domesticación del bovino. Más tarde al difundirse la creencia que la leche de vaca estaba bendecida por los dioses serviría de alimento a reyes y sacerdotes; consecuencia de este ritual en el ordeño diario, práctica que con el transcurrir del tiempo generaría un aumento constante en la producción de leche.

En América Latina 2 millones de hectáreas de bosque primario desaparecen cada año y son reemplazadas en principio por cultivos temporales y, después del agotamiento de los suelos, por ganadería extensiva. En la zona Andina por este tipo de uso la pérdida del suelo varía entre 90 y 700 t/há/año que equivale a unos 7-56 mm/año. La continuidad de esta erosión durante largos períodos ha producido situaciones catastróficas. En Colombia los pastos manejados “técnicamente”, en su mayoría en forma extensiva y en grandes extensiones ocupan más de un tercio de la superficie total del país. Sin embargo, la superficie potencialmente ganadera del país es sólo de 16.8%. En la mayoría de los casos la capacidad de carga animal es menor de una cabeza adulta/há, lo que no está en relación con la capacidad real de producción de biomasa para forraje de la mayoría de estas áreas. Situaciones como éstas mantienen o refuerzan la situación de distribución injusta de la tierra. En Latinoamérica el 64.5% de las fincas son menores de 10 há y comprenden el 8.1% de las tierras cultivadas, el 3.3% de las fincas son mayores de 100 ha y comprenden el 53.7% de las tierras cultivadas.

Así como la ausencia de criterios ecológicos puede causar grandes perjuicios; el conocimiento acumulado a través de la historia y los avances científicos actuales demuestran que la aplicación de criterios más idóneos y de una adecuada integración de la crianza a la producción agrícola posibilitan grandes beneficios sin afectar la productividad.

La crianza animal con criterios ecológicos permite el aprovechamiento óptimo de la energía y de la materia orgánica, porque tanto la tracción como los abonos son transferidos entre las áreas de praderas cultivadas y naturales en forma óptima. Los animales de crianza pueden aprovechar, asimilar y convertir recursos imposibles de asimilar por los humanos, en productos alimenticios aptos para la alimentación humana. Ello debe lograrse a un bajo precio y en lo posible con insumos no aprovechables por el hombre y producidos en la misma finca, de tal manera que el animal no compita con el hombre por los mismos recursos.

Los animales pueden hacer el trabajo de recolección de sus propios alimentos, pueden facilitar labores previas a la labranza como la limpieza del campo de los rastrojos de cosecha, incorporación de abonos verdes, etc. así hasta pueden intervenir directamente en la labranza como en los casos de los animales de tracción y de los cerdos que remueven el suelo, además pueden incidir en la disminución de la presencia de malezas e insectos.

Las crianzas pueden servir de “colchón” o como “alcancía” con intereses en los momentos de bajos ingresos, de falta de liquidez, época de gastos mayores, etc. Por ejemplo, gallinas ponedoras y animales de leche proporcionan un ingreso constante para los gastos cotidianos. En general, dentro de una estructura adecuadamente diversificada de cultivos e integrada con la crianza se reducen o distribuyen los riesgos e incrementan la estabilidad económica de la finca. Esto puede significar en los diferentes cultivos o crianzas una producción menor por rubro que en las fincas especializadas, pero sobre el total del área la productividad se incrementa. En un sistema bien integrado se logra un incremento en la productividad y en la intensificación del uso del suelo y de los nutrientes.

La biomasa consumida por los animales es reciclada rápidamente y como abono orgánico es un importante activador de la biología del suelo. La crianza también permite el uso apropiado de áreas marginales, como por ejemplo aquellas con presencia de afloramientos rocosos, en suelos húmedos o temporalmente inundados, áreas secas o con heladas, inapropiadas para cultivos anuales, campos en barbecho o descanso, etc., que pueden ser utilizados para la producción de forrajes, mediante el uso de plantas herbáceas, en especial arbustos y árboles, --sobre todo si son terrenos en laderas--, para ello se requiere realizar un pastoreo dirigido, para evitar el sobrepastoreo con la posterior erosión y desertificación del terreno.

Características y problemas de la crianza convencional

La zootecnia es la rama agronómica que se encarga de la crianza de animales con el fin de producir leche, carne, huevos, etc. Conforme a la especialización unilateral de las ciencias, la crianza al igual que el resto de la agricultura convencional, se rige sólo por principios de racionalidad económica que confunde bienes de capital con artículos de renta.

El dilema se expresa en “producir en el menor tiempo posible” --empleando criterios de producción industrial-- dejando de lado la naturaleza del animal (etología, sanidad, requerimientos biológicos, etc.), y una desconsideración de los recursos naturales como “capital natural”, ya que si los tratásemos como bienes de capital nos preocuparíamos de su conservación, interés y valor. Existe una especialización cada vez mayor en las crianzas que comprende no sólo diferenciación de especies sino también edades, usos, fines, etc., repartidos en diferentes unidades de producción especializada. Esto se traduce en que cada unidad maneja cada vez cantidades mayores de animales, a la vez que, cada vez menos criadores manejan cada vez más animales. Eliminando así los beneficios que constituye la crianza como actividad complementaria e integrada al conjunto de las actividades agropecuarias.

Alimentación irracional

La relación animal-suelo-medio ambiente, en la producción de alimentos-reciclaje de abonos animales, es constantemente interrumpida. Los alimentos concentrados elaborados por la industria, con insumos que se compran en todo el mundo, rompen la interrelación del animal con el suelo y acrecientan la dependencia hacia la industria de alimentos y de la coyuntura económica mundial. Actualmente un tercio de los cereales producidos en el mundo se destinan a la alimentación animal y en gran parte son canalizados a través de las grandes industrias de alimentos concentrados; esto no tiene sentido si consideramos que este total de granos producidos podría resolver el hambre en el mundo, ya que con ellos se podría proporcionar un kilo de granos por habitante. Ello cubriría adecuadamente los requerimientos de 2700 a 3000 Kcal/día/persona adulta. A ello se agregan grandes volúmenes de alimentos importados por los países industrializados como soya, yuca, etc. provenientes de los países de África, Asia y América Latina. Es decir, se ha llegado al absurdo de haber generado un sistema en que el animal compite con el hombre por los mismos alimentos, y los países del Sur, en que por problemas estructurales se privilegia la producción para la agroexportación, son los principales afectados. En América Central el 50% de las

tierras se destinan a los cultivos de exportación no obstante que el 50% de la población sufre de malnutrición.

El desarrollo de la bioquímica, ha inducido que los requerimientos animales no sean cubiertos por la naturaleza sino que, haya una tendencia cada vez más hacia los alimentos sintéticos. Raciones con gran cantidad de alimentos concentrados con el fin de lograr una alta producción de leche, desaprovechan las ventajas especiales de los rumiantes, que en un proceso de mejoramiento erróneo se vienen seleccionando para que logren altos rendimientos bajo condiciones de una alimentación irracional. El mejorador sigue la misma dirección en el caso de los porcinos, a los cuales hay que alimentar con grandes cantidades de cereales; lo que ocasiona una competencia por los mismos alimentos que el ser humano.

La degradación de las áreas de pastoreo es otro signo visible de la irracionalidad en la alimentación animal.

- Voisin demostró que el tipo de flora predominante en los pastizales, depende principalmente del equilibrio del suelo y de las formas de pastoreo. Una fuente de fertilización nitrogenada favorece las gramíneas en detrimento de las leguminosas y de especies secundarias ricas en minerales.
- Un pastizal bien conducido normalmente debe contener varias decenas de especies forrajeras. Los fertilizantes sintéticos y el mal manejo de los pastizales reduce la diversidad de la especies.

Estas perturbaciones son incrementadas por el uso de herbicidas. Los forrajes --de los pastizales-- con manejo químico, pese a su bello aspecto y abundancia no son capaces de proporcionar a los animales una dieta equilibrada. Un forraje desequilibrado, demasiado rico en nitratos, o deficiente en ciertos aminoácidos esenciales, en magnesio o en hierro, sólo puede provocar enfermedades en los animales. La desaparición de la flora secundaria de las áreas forrajeras reduce fuertemente la base alimenticia de los animales y afecta su sanidad. Con frecuencia al ganado que pastorea libremente en pastizales cultivados se alimenta sólo de dos o tres especies de alto rendimiento. Ello hace que estas especies se conviertan en los monocultivos más extendidos en el mundo.

La adición de antibióticos a los alimentos se ha vuelto una práctica corriente en la crianza industrial. Sus ventajas de acelerar el crecimiento y de disminuir la mortalidad en los animales son sólo aparentes.

- La reducción de la mortalidad es lograda ya que los animales están criados en condiciones artificiales y consecuentemente son incapaces de resistir las infecciones sin antibióticos.
- Los antibióticos modifican la flora intestinal y el funcionamiento normal del organismo.
- Hoy se encuentra a menudo antibióticos en la carne de los animales que son consumidos por el hombre.

Cada vez más se incrementan las sustancias añadidas a los alimentos animales: hormonas, aminoácidos, urea, vitaminas, minerales, pigmentos, antibióticos, etc.

Algunos de estos aditivos producen verdaderas afecciones a la salud animal y humana.

La sobrealimentación, asociada con la inmovilidad conduce a un verdadero agotamiento del organismo porque se fuerza la asimilación y conversión de los alimentos por parte del animal, lo más posible en detrimento de las demás funciones fisiológicas.

Los excrementos animales

Las enseñanzas convencionales sobre nutrición vegetal han convertido a los excrementos animales en verdaderos desperdicios. La única posibilidad técnica de manejar estos residuos es como excrementos fluidos de descomposición anaeróbica, a pesar de que en esta forma se generan dificultades totalmente nuevas en el abonamiento, ya que la descomposición anaeróbica puede causar daños a la planta y en el suelo, tales como: quemaduras de hojas y raíces, disminución de la actividad biológica del suelo que hacen necesario el uso de fertilizantes sintéticos, producto de la disminución de los nutrientes disponibles en el suelo a causa de la baja actividad del edafón y de un deficiente aprovechamiento de éstos por las plantas; esto, a su vez, ocasiona el deterioro de los pastizales así como la disminución de la capacidad de cobertura, lo que favorece la lixiviación, el incremento de determinadas malezas, parásitos y patógenos de los animales que pastorean o se alimentan en estas áreas.

Sanidad animal alterada y costosa

Sin los aportes de la medicina veterinaria y de la farmacología el desarrollo de la crianza convencional no hubiera sido posible, el avance de estas disciplinas permitió sintetizar muchas sustancias cuyos efectos son necesarios bajo condiciones de crianza convencional, tanto en lo referente a la nutrición y a la sanidad animal. Sin embargo, estas prácticas sólo ofrecen solución a corto plazo y muy parcialmente, ocasionando más bien una creciente dependencia hacia los fármacos u otros compuestos contenidos en los alimentos. Estas prácticas son la base de un “mejoramiento” animal que mayormente degrada el organismo animal. La patología actual de esos animales se modifica profundamente y se expresa en forma de enfermedades no aparentes cuando viven, pero se manifiestan en el sacrificio por una carne degenerada, pálida, aguada y de poca consistencia.

Bajo estos regímenes los animales sufren enfermedades musculares que pueden complicarse a través de infecciones visibles que aceleran la muerte.

A estas condiciones, se añaden los efectos de la selección, que llega a “fabricar” animales casi artificiales cuya fisiología es enteramente orientada hacia la función productora que se exige de ellos. Con frecuencia los animales no alcanzan la edad prevista si no son mantenidos con el arsenal de la farmacopea moderna. A través de esta selección se han generado animales con un desequilibrio metabólico que afecta su sistema nervioso y endocrino. La cría y la alimentación orientada a la precocidad y el gigantismo, reduce al máximo la inmunidad. Aun animales de estas selecciones, criados en relativa libertad presentan signos de baja vitalidad: las enfermedades son frecuentes, los partos son difíciles, la longevidad es baja.

La mastitis, problema generalizado en la crianza lechera estabulada se viene acrecentando; el excesivo uso en su tratamiento ha generado el paso del estado agudo al crónico, la adquisición de resistencia de los patógenos a los fármacos se ha convertido en una seria amenaza para la crianza intensiva a nivel mundial. Enfermedades comunes como tuberculosis y brucelosis tampoco han podido ser exterminadas --apenas si son controladas--. Nuevas enfermedades metabólicas así como diversas infecciones producidas por virus y hongos vienen incrementándose.

Este tipo de crianza genera diversas anomalías. Por ejemplo, la no generación de enzimas en la yema de los huevos impide la degradación de algunos fármacos. Algunas sustancias (ej. Cloramfenicol), muy dañinos en el hombre llega así a nuestro organismo.

La reclusión de animales con alta densidad ha generado grandes dificultades como: dificultad en la eliminación de las excretas, corrales sin camas de rastrojos, escasa ventilación, hacinamientos, etc., que ocasionan malestar en los animales, por ejemplo: es frecuente la adicción a las mordeduras de colas en los lechones, lo que produce infecciones que hacen necesario amputar las colas; falta de estímulos en la lactancia y la separación temprana de los becerros provoca no sólo diarreas y retardo en el crecimiento, sino también un comportamiento alterado, como la succión de colas, orejas y especialmente testículos que en muchos casos ha producido esterilidad en los becerros. Las miopatías se generan por un conjunto de perturbaciones bioquímicas del músculo y del organismo entero, aparece en terneros, corderos y sobre todo en los cerdos "mejorados" en condiciones de alimentación y de crianza industrial especializadas. Este síndrome se caracteriza muchas veces por una parálisis atenuada o completa de los tejidos musculares estriados, incluso de los tejidos del corazón por perturbaciones del equilibrio neuroendocrino o hidroiónico. Se complica a menudo con infección y toxi-infección.

Las parálisis causadas por miopatías se complican con infecciones diversas --pulmonares, digestivas o generales-- y, a menudo, producen paros cardíacos brutales.

Alteración de la calidad de los productos animales

- Los pollos de galpón o gallinas de batería tienen una carne fofo e insípida. Además, los antibióticos residuales en estas carnes modifican la reacción a la digestión y perturban la flora intestinal en la alimentación humana.
- Los huevos han perdido su calidad original, y es frecuente que produzcan alteraciones en la digestión humana. Su composición y su contenido vitamínico se encuentran modificados.
- La leche y sus derivados han perdido gran parte de sus cualidades biológicas y gustativas. Su contenido en elementos minerales, en particular, oligoelementos, podría estar alterado sustantivamente, debido a las modificaciones de los alimentos animales, causado por la fertilización química. Por otra parte, la leche concentra con facilidad residuos de pesticidas por encima de los límites permisibles.
- La carne no tiene el mismo aspecto y el mismo valor nutritivo porque frecuentemente los tejidos musculares son alterados por la miopatía y, presentan altos

contenidos de agua y ácido láctico y bajos en mioglobina y citocromos, además su pH está modificado.

Crianza de gallinas en baterías

- En los gallineros --en baterías-- en EE.UU., es frecuente que gallinas jóvenes aparentemente en excelente estado de salud rara vez vivan más de un año porque repentinamente sufren de paros cardíacos.
- En otros casos, las gallinas caen en estado de postración y no sobreviven si no se alimentan a mano. Excelentes ponedoras mueren sin ningún síntoma preliminar de enfermedad y sin que la autopsia indique su presencia, simplemente mueren por “agotamiento”.
- Son frecuentes las enfermedades del tubo digestivo, particularmente del hígado (degeneración grasosa), y del aparato reproductor.
- Se presentan comportamientos aberrantes: se vuelven agresivas y dan furiosos picotazos a sus vecinas.

Principios de la crianza ecológica

Alimentación equilibrada

Para asegurar al animal una alimentación equilibrada y sana es importante:

- Asegurar una alimentación correspondiente a la constitución fisiológica y naturaleza propia.
- Proporcionar alimentos provenientes de vegetales producidos en forma equilibrada y sana, sin alteración por sustancias extrañas.
- Disponer de una alimentación variada en fibras, energía, proteína, vitaminas y minerales, no forzando la alimentación, pero sí estimulándola.
- Buscar que la base alimenticia del animal provenga de cultivos, residuos y subproductos producidos en complementariedad con la producción de cultivos alimenticios (ej. leguminosas y elementos agroforestales forrajeros), de tal manera que el animal no compita por alimentos con el hombre.

Bajo las condiciones de alimentación basada en concentrados es casi imposible reconocer o seleccionar animales con buena capacidad de digerir alimentos ricos en fibras y celulosas. Determinar esta capacidad, desde el punto de vista ecológico, especialmente en los rumiantes, es imprescindible.

Bajo determinadas condiciones se puede educar a los animales a ingerir alimentos fibrosos, para los bovinos, a partir del segundo año de vida, proporcionándoles raciones exclusivas de este tipo de alimento. El agregar plantas aromáticas y sus semillas al forraje estimula las glándulas digestivas y el metabolismo. La presencia de rastrojos de cultivos, pero en especial la de forrajes, adecuadamente deshidratados --por medio de la henificación-- es de suma importancia en los rumiantes, para equilibrar las raciones de alimentos ricos en proteínas o demasiado succulentos. Para los herbívoros los forrajes deben constituir la base de la ración. El mejor modo de

conservación de los forrajes sigue siendo la henificación, eventualmente con secado final bajo techo, ya que a veces, el ensilaje complica y demanda mayores gastos, tiene que realizarse con mucho cuidado y es particularmente complicado en zonas cálidas.

La calidad de los forrajes es esencial para los animales herbívoros y la calidad de sus productos. En un pastizal permanente se observa por ejemplo, que el animal no consume cualquier tipo de pasto, él recoge ciertas especies más que otras; muy probablemente el animal concuerda sus preferencias alimenticias con sus necesidades nutritivas reales porque posee un instinto alimentario que le permite, bajo condiciones normales, seleccionar su alimentación. Es así como el instinto del animal se desvaría con plantas tratadas con sustancias extrañas o modificadas por selección genética.

¿Cómo asegurarse de que los animales tengan una alimentación adecuada equilibrada y no sufran, por ejemplo, de ninguna carencia de minerales, en especial de oligoelementos?

- Investigadores norteamericanos observaron que en pastizales muy pobres en minerales las vacas comían muchas hierbas secundarias, particularmente las de enraizamiento profundo, que al parecer extraen minerales de las capas profundas del suelo. Probablemente el mismo efecto se producen con forrajes provenientes de árboles y/o arbustos, ya que desde antes es conocido el gran apetito de los animales por este tipo de forraje. Por ello, debe considerarse la ubicación de árboles y arbustos, de tal manera que pueda realizarse una poda o corte e inclusive también la posibilidad de producir heno, a partir de éstos, debe ser considerada.
- Enfermedades “de carencia” fueron observadas en Suiza en vacas que pastoreaban praderas temporales que contenían sólo una especie: estas enfermedades desaparecieron cuando se dio a los animales heno de praderas naturales, que contenían un cierto porcentaje de hierbas secundarias.

El alimento de los animales

Al igual que todos los seres vivos los animales necesitan alimento para poder generar energías que les permita realizar sus funciones vitales (respirar, hacer circular la sangre, etc.) y de esta manera producir.

La importancia de la alimentación del animal no radica en la cantidad de alimento que se le proporcione sino más bien en su calidad.

Las proteínas, los hidratos de carbono, los minerales y las vitaminas son los cuatro componentes principales de la alimentación del ganado, los cuales cumplen funciones específicas en el organismo para la formación de huesos, carne, leche, formación de cornamentas, etc.

No todos los alimentos tienen el mismo valor nutritivo, por ejemplo: los tréboles son muy ricos en proteínas pero pobres en vitaminas; las leguminosas (tréboles, soya, alfalfa), en general, son muy ricas en proteínas y calcio, y, a su vez, poseen un contenido medio de energía. Por el contrario, los forrajes de gramíneas (cebadilla, avena, sorgo) son una buena fuente de energía con un pobre contenido proteico.

Los experimentos de Pfeiffer

1. Estudio del comportamiento de ratones alimentados con: trigo que recibió fertilizante químico (trigo corriente); trigo cultivado según método biodinámico (trigo orgánico). Estas cifras fueron obtenidas haciendo el promedio de las observaciones anotadas durante tres generaciones sucesivas (en total 164 ratones). Las cifras relativas al tamaño de la camada y al peso de los ratones muestran diferencias poco significativas. En cambio la mortalidad es dos veces más baja en los ratones alimentados con trigo orgánico, lo que indica un mayor vigor.
2. En experimentos sobre la producción de huevos de gallinas con trigo corriente y con trigo orgánico se obtuvo cifras muy por encima de lo esperado. Estas muestran la gran cantidad de huevos producidos, pero también su calidad, con un porcentaje de nacimientos casi duplicado y una mejor conservación. Las ventajas son netamente en favor de las gallinas alimentadas con trigo orgánico.
3. Estudios sobre el consumo de trigo corriente y de trigo orgánico en ratones dieron como resultado que ratones que disponían de cantidades limitadas de trigo orgánico y de trigo corriente (cultivado con 200 kg/há de nitrato de amonio y con 125 kg/há de sulfato de potasio) y que provenían de dos grupos alimentados, desde seis generaciones anteriores con trigo orgánico, y con trigo corriente. Ambos tipos de ratones prefirieron siempre el trigo orgánico.

Los métodos de alimentación podrán variar, según las regiones, del pastoreo integrado al pastoreo con forraje de corte en verde como complemento. Ellos son los métodos más apropiados. El pastoreo cero es menos aconsejado en varios sentidos, pero por algunas razones no se deja evitar. En este caso debe tomarse en cuenta que los requisitos de recreación y espaciamento de los animales no sean demasiado restringidos. La alimentación de complemento en los rumiantes podrá incluir plantas tuberosas, granos de cereales y leguminosas de buena procedencia, sin alteraciones por sustancias extrañas. Las mezclas forrajeras con granos que comprenden cereales y leguminosas constituyen una excelente solución para la alimentación complementaria de las vacas lecheras. Mayormente los requerimientos nutritivos se satisfacen si se logra un abastecimiento regular, diversificado y equilibrado de forrajes.

Pastoreo y manejo de áreas forrajeras

Hacer pastorear correctamente los animales es un arte. El método de pastoreo sin embargo tiene una gran influencia en la sanidad de los animales, su producción y estado de los pastizales. Soltar los animales y dejarlos hasta general el sobrepastoreo, conduce a un despilfarro y a un cansancio del pasto. Ello obliga a los animales a consumir un pasto poco adecuado a sus necesidades --pobre porque es demasiado maduro o desequilibrado porque es demasiado joven--. Entonces es imperativo practicar un pastoreo "sostenido". No se trata de hacer consumir al animal el mayor volumen de pasto posible para obtener de él la producción más elevada posible, sino hacerle consumir el forraje que corresponde mejor a sus necesidades, al mismo tiempo que se mejora el nivel de producción de los pastizales.

El principio teórico del pastoreo sostenido es el siguiente:

Hacer pastorear constantemente al animal un forraje rico y en pleno crecimiento, pero suficientemente desarrollado. Un pasto demasiado joven puede provocar intoxicaciones y problemas de timpanismo. Tener los animales, durante un tiempo no muy largo, sobre el pasto permite que ellos coman antes de ensuciar y pisotear el pasto lo que lo vuelve inapetecible. Además, se evita que los suelos pesados y húmedos estén expuestos a la compactación generada por el peso de los animales, lo cual también evita alterar el desarrollo de las plantas forrajeras. Este peligro se presenta muchas veces en zonas tropicales durante la época de lluvias. Para evitar el sobrepastoreo, se debe aplicar "la ley del puño". Ello quiere decir que normalmente el pasto debe quedar del alto de un puño de la mano para que pueda producirse un fácil rebrote. La misma regla debe ser considerada para arbustos forrajeros que no deben "desnudarse" totalmente.

En la práctica habitual del pastoreo sostenido se divide la superficie a pastorear en pequeñas parcelas cuyo número se calcula teniendo en cuenta:

- El tiempo que el pasto necesita para tener el tamaño óptimo para el pastoreo.
- El tiempo de estadía de los animales.

Dividiendo la superficie total de la pastura por el número de las parcelas necesarias, se obtiene la superficie y el rendimiento promedio de cada parcela y se determina entonces el número de animales que se puede alimentar basado en un pastoreo rotativo.

La práctica del pastoreo rotativo, no es siempre fácil de aplicar. Sin embargo, puede lograrse respetando los tiempos de recuperación del forraje, lo cual implica tener un número razonable de animales. No siempre es conveniente gastar en cercos permanentes. Realizar un pastoreo sostenido en franjas o lotes con la ayuda del cerco eléctrico puede ser muy conveniente, especialmente en el caso de áreas forrajeras que rotan con áreas de cultivos alimenticios y hasta económico. En muchas partes del trópico se conocen cercos vivos densos de arbustos espinosos o incluso leguminosos forrajeros, baratos en su instalación y mantenimiento. En caso de un número reducido de animales resulta también conveniente practicar esta forma, usando el amarre móvil por medio de estacas y sogas.

Cuando se puede los pastizales serán segados y pastoreados alternadamente para evitar la generación de manchas acolchadas y muy fibrosas que no son apetecibles para el ganado y que merman considerablemente el rendimiento del pastizal. Si no es posible este manejo de pastoreo y cortes alternados puede resultar muy práctico una pasada de ovinos después de los vacunos, para que "limpien" el pastizal.

Para mantener los pastizales en buen estado hay que darle un mínimo de manejo, esparcir los montones de excremento, cortar las malezas más agresivas y segar --o pastorear con ovinos-- las manchas acolchadas o fibrosas.

En las áreas forrajeras temporales, la tendencia convencional es limitarse a un pequeño número de especies escogidas entre las más productivas, sólo dos especies, en la mayoría de los casos, en gramínea y una leguminosa, por ejemplo: trébol con *rye grass*. Esta técnica no es totalmente ecológica. Se requiere mezclas más diversificadas

o al menos que esta diversidad sea lograda con la alternancia del pastoreo con otras áreas de forraje distintos.

Se discute mucho sobre las ventajas entre las áreas forrajeras permanentes y temporales. La determinación de estas ventajas y desventajas están en función de las condiciones específicas locales --ecológicas, socioeconómicas e internas de la finca o comunidad--. Bajo determinadas condiciones, en el trópico, el pastizal permanente desde el punto de vista ecológico, es cuestionable, en especial, si no se incluye adecuadamente la presencia de especies arbustivas y arbóreas. Sin embargo, los pastizales temporales de corta duración (tres o cuatro años) constituyen la base de la sucesión de cultivos en muchas fincas agrícolas-ganaderas, con un manejo ecológico, porque ello permite un uso óptimo de los recursos internos.

También en las áreas forrajeras temporales, se deben considerar mezclas variadas; inclusive algunas especies despreciadas por muchos técnicos, --ejemplo llantén, etc.-- que son apreciadas por las vacas y son importantes por sus contenidos de microelementos. La presencia de elementos agroforestales forrajeros dentro de los pastizales o en arreglo como cercos productivos, es otro importante recurso para la alimentación diversificada de los animales, pero también por sus bajos costos de mantenimiento y rusticidad.

El animal y la fertilidad del suelo

La permanente incorporación o cobertura con residuos vegetales y excretas, --inducen una actividad muy intensa en el suelo-- produce una descomposición óptima de excelente calidad. Sin embargo, para ello también son necesarias condiciones físicas adecuadas del suelo como: permeabilidad, drenaje, topografía, etc., de esta manera se reducen las infecciones a través del suelo, ejerciéndose un control casi completo. El método biodinámico en el manejo de gallinas ponedoras, utiliza preparados de boldo que favorece el proceso de compostación de tal manera que la cubierta de compost producida en los corrales pueda ser recogida y usada en forma total, como abono, en los cultivos hortícolas, frutícolas, etc.

Recreación, esparcimiento, seguridad, etc.

Como se ha señalado anteriormente, la domesticación y la cría de animales en forma adecuada está ligada al progreso cultural que nos obliga a reflexionar preguntándonos:

- ¿Se sienten bien mis animales?
- ¿Se ajustan mis instalaciones a los requerimientos fisiológicos de mis animales?
- ¿Presentan las instalaciones la comodidad necesaria para mis animales?
- ¿Pueden ellos descansar y realizar actividades sociales adecuadamente?
- ¿Pueden sobarse, limpiarse, estirarse, etc.?

El esparcimiento es un aspecto fundamental en la vida de los animales, los estímulos provenientes del ejercicio es un factor básico para su sanidad y rendimiento, si bien esto es válido desde los primeros días de vida, esto no debe llevar a pensar sólo en la

musculatura, esqueleto, metabolismo y circulación, sino también en los sentidos e instintos relacionados con la fertilidad del animal.

En este sentido es importante considerar entre las necesidades de los rumiantes dentro de la finca, la función de recolectar sus propios alimentos, como una actividad de esparcimiento. Igualmente los cerdos tienen la necesidad de pastorear y remover el suelo en busca de alimentos y ellos también requieren regular su temperatura corporal en baños de lodo, etc. Existen formas de manejo en que ellos logran cumplir estas necesidades. Determinadas razas de cerdos --por ejemplo, "Poland Shine", y diversas razas criollas- tienen una muy buena capacidad de pastoreo-- aptitud que han perdido las razas "mejoradas". La instalación de potreros rotativos bien cerrados usando por ejemplo, densos arbustos espinosos, cultivando dentro de estas áreas cercadas raíces tuberosas como yuca (*Mahinot esculenta*), ñame (*Dioscorea cavennensis*), camote (*Ipomoea batata*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), malanga (*Colocasia esculenta*), patata de caña (*Helianthus tuberosus*), nabos (*Brassica campestris*), etc. e intercalados con árboles que también aporten alimentos como guayaba (*Psidium guajaba*), árbol del pan (*Artocarpus altitis*), lúcuma (*Pouteria lucuma*), níspero japonés (*Eriobotrya japonica*), frijol de árbol (*Eriatrina edulis*), aguacate (*Persea americana*), castaña (*Castanea sativa*), roble (*Tabebuia rosea*), mamey (*Mammea americana*), etc. pueden ser una interesante forma de crianza. También la crianza de aves en potreros rotativos con pastos con camas de lombrices y cultivos de granos --ejemplo, *Cajanus cajan* y sorgo-- puede ser muy conveniente. Las gallinas y pavos necesitan escarbar y picotear. En el caso de patos es importante la presencia de un estanque, --también en arrozales-- en que puedan satisfacer sus necesidades fisiológicas y etológicas, y en el cual dentro y sobre el agua pueden recolectar alimentos: caracoles, babosas, algas, moscas, mosquitos, polillas, etc. Para las aves resulta importante contar con refugios seguros --para ellos, sus huevos y sus crías-- ante el peligro de animales de presa.

Las interrelaciones suelo-planta-animal

"El suelo hace al animal" dice un viejo dicho. Hoy día sin embargo, las interrelaciones entre el suelo y el animal son, cada vez más, dejadas de lado. La crianza tiende a volverse una actividad industrial y los animales reciben a menudo su alimentación desde lugares lejanos (forraje deshidratado, alimentos concentrados, diferentes suplementos minerales y vitamínicos).

La salud de los animales depende directamente de la fertilidad y del equilibrio del suelo que produce su alimento. El suelo es uno de los principales responsables de la sanidad.

El estudio de las relaciones entre suelo-planta-animal-medio ambiente es particularmente difícil en razón del gran número de factores que intervienen y del casi inexistente conocimiento que aún se tiene de éstas.

La producción lechera --bovina, ovina o caprina--; en general, la crianza adecuadamente conducida, extrae pocos elementos fertilizantes disponibles de la finca porque facilita el uso del estiércol, compost y purín. Una buena técnica de manejo del estiércol constituye una ventaja esencial. La atención del agricultor-ganadero se centrará en el funcionamiento adecuado del ciclo y movilización de nutrientes dentro

de la finca misma, así pueden cubrirse los requerimientos de las cranzas con un bajo o nulo uso de insumos externos. Sólo se efectuarán aportes minerales naturales en función de los resultados de la evaluación del suelo: físicos, químicos y biológicos.

La detección de carencias en microelementos es a menudo difícil porque numerosos síntomas son comunes a varias carencias. En caso de carencia evidente, la ingestión directa de microelementos (o de vitaminas) es el único remedio. Pero ello puede ser sólo un paliativo si no se introduce una alimentación diversificada.

Los microelementos, aunque estén presentes en cantidades extremadamente bajas, desempeñan un papel esencial en las funciones biológicas de los animales, en las defensas inmunológicas y en las funciones de reproducción. Su ausencia en la cadena alimenticia y en el ciclo interno de nutrientes en la finca, no sólo tendrá una incidencia negativa en la crianza, sino también en la producción vegetal, por lo que existe una estrecha interrelación entre suelo, planta y animal.

Adecuado cumplimiento de las relaciones sociales

Diversas experiencias en la crianza ecológica han probado que es de mucha importancia considerar los diversos aspectos del comportamiento animal. En estas experiencias se aplicaron los conocimientos de la ciencia respectiva: la etología.

Es importante para la productividad, sanidad y el bienestar del animal en general, considerar las relaciones y comportamientos sociales en la crianza. En Escocia, se observó que cerdos de razas modernas, criados en semilibertad, como los jabalíes, buscaban inmediatamente la relación en familia multigeneracional. Basado en ello se lograron significativas mejoras en la productividad, al diseñar instalaciones y formas de manejo funcionales que respondan a la vivencia en familia.

En Huánuco, Perú, se tenía permanentes problemas con la lactancia de los becerros, a los pocos días, éstos fueron separados de la madre y alimentados con balde. Esto originó que los becerros presentaran diarreas y atrofiamiento de los órganos reproductivos, producto de la succión permanente entre los mismos becerros. Entonces se optó por criar los becerros con “vacas nodrizas” (dos becerros por “vaca nodriza”) con una disponibilidad adecuada de leche según los requerimientos de los becerros. Esta práctica se realiza desde hace cinco años con el resultado de que los becerros ya no sufren los problemas señalados y que el desarrollo de ellos es superior al logrado en la lactancia separada. Ello prueba que el contacto madre-cría es básico para el desarrollo integral del animal.

Criterios de elección de especies y razas

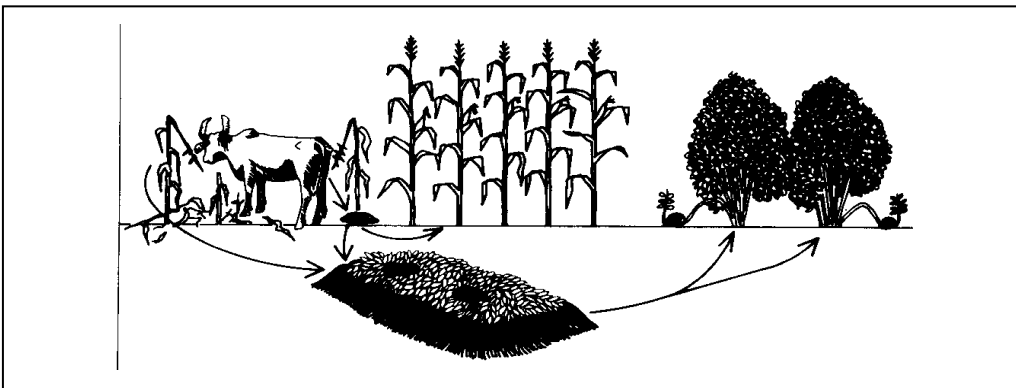
En la elección de la raza, se tendrá en cuenta no sólo la productividad sino también la rusticidad y la adaptación a las condiciones locales: en general, las razas locales rústicas, con una buena productividad serán preferidas a las razas y tipos seleccionados con criterios convencionales. Un papel muy importante de la crianza ecológica debe ser la recuperación de especies nativas, olvidadas y la preservación de las razas locales --en peligro de desaparecer-- con el fin de identificar y seleccionar las más adaptadas. Experiencias interesantes, con buenos resultados económicos, se han obtenido con la crianza de camélidos como llamas y alpacas en las zonas altoandinas,

orientadas especialmente para valiosas fibras textiles. Otros animales, como los búfalos de agua, venados, tapir americano y capihuara o ronsoco, etc. no están aprovechados a nivel de crianza doméstica en Latinoamérica, pueden convertirse en recursos muy interesantes, si se consideran los respectivos requerimientos de manejo según las condiciones ecológicas.

Dentro de la agricultura las especies animales ocupan una posición diferenciada en función de su organismo. Por ejemplo, la extraordinaria capacidad digestiva de los rumiantes genera un requerimiento alimenticio en hojas y tallos que son entregados en forma adecuada si se mezclan gramíneas y leguminosas, especies vegetales que a su vez son apropiadas para el mejoramiento del suelo. Al contrario de los monogástricos, los rumiantes no compiten por alimentos con el hombre, es más integrados adecuadamente a la unidad agropecuaria pueden contribuir a incrementar la fertilidad del suelo.

Importancia y papel de la crianza de animales menores

Este tipo de crianza se caracteriza generalmente por sus cortos períodos de reproducción y gran número de crías por parto, rápido crecimiento y fáciles de sacar de sus camadas. Esta alta capacidad reproductiva reduce el requerimiento proporcional a la de otros animales, en cuanto a energía dentro de la unidad productiva, de manera que los nutrientes pueden ser aprovechados con mayor eficiencia productiva. Existen diversas especies en el trópico americano, --conejos, cuyes, etc.-- fáciles de domesticar y pueden digerir casi todos los materiales vegetales comestibles desde gramíneas gruesas, otros forrajes rústicos y desperdicios caseros. Ellos requieren instalaciones sencillas y son fáciles de manejar. Su integración a la finca permite ampliar la base de recursos alimenticios disponibles y permite disponer de recursos monetarios rápidamente requeridos "caja chica". También la crianza de patos, palomas, gallinetas, codornices, abejas, así como lombrices y caracoles --para la alimentación de aves, cerdos y peces-- permite aprovechar los espacios disponibles en la finca y lograr un reciclaje más eficiente de los nutrientes dentro de la "cadena ecológica".



La crianza con criterios ecológicos permite el aprovechamiento óptimo de la energía y la materia orgánica, reciclándolos y convirtiéndolos en productos útiles para los seres humanos.

Síntomas de carencias en los rumiantes (C. Aubert, 1977)

Elementos	Fe		Cu		Co		I		Mn		Zn		Se	
	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A	J	A
Déficit de crecimiento o engorde	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X		
Baja de la lactancia				X		X		X				X		
Inapetencia	X		X	X	X	X	X	X				X	X	
Pica			X	X	X	X								
Caquexia			X	X	X	X					X	X		
Anemia	X		X	X	X	X								
Defecto de aplomo			X	X					X	X	X	X		
Fracturas espontáneas			X	X										
Cojera			X	X					X	X	X	X	X	
Desórdenes cardíacos			X	X									X	
Disnea			X	X									X	
Diarrea				X	X	X	X							
Decoloración del pelo			X	X										
Pelos picados			X	X	X	X	X				X	X		
Alopecia											X	X		
Dermatitis											X	X		
Bocio														
Infecundidades				X		X				X	X	X		
Deformación de los cascos												X		

Diversificación de animales

Al igual que las rotaciones y/o asociaciones en la producción vegetal, la crianza diversificada de especies animales tiene incidencia directa en la salud de los animales y en la producción. Desde hace tiempo se sabe, en la crianza de caballos de sangre, que el pastoreo de pastizales solo con esta especie genera un incremento de enfermedades parasitarias, por lo que muchos criadores además de caballos mantienen hatos de vacunos y ovinos con el fin de preservar la salud de los equinos. En muchas partes se practica el pastoreo combinado de vacunos con ovinos. Estos últimos hacen uso de los pastos mal comidos por los vacunos y facilitan el rebrote parejo del pasto. Sin embargo, la combinación de especies animales no siempre está libre de problemas, así por ejemplo; el ovino puede ser portador de la fiebre katorrhal del vacuno

--la cual es muy rara--; las gallinas pueden infectar con tuberculosis de aves al vacuno, que si bien no es nocivo para el vacuno, le genera una reacción de tuberculina en la piel.

Sanidad animal

La mejor protección contra las enfermedades es el fomento o el logro mismo de los ciclos o procesos completos de descomposición de los residuos o excretas, este principio de protección del medio ambiente también puede ser aplicado en la crianza libre de aves. Sólo es necesario especial dedicación y atención durante el estado juvenil de éstas. La observación de los cambios anatómico-patológicos, así como la eliminación de los animales de aspecto enfermizo ayudan a prevenir la diseminación de enfermedades en la crianza de aves.

Con animales de buena salud, criados de acuerdo con los principios ecológicos y no sometidos al dirigismo biológico, se pueden esperar, especialmente en cuanto a sanidad, excelentes resultados. La mayoría de los experimentos prueba que con un manejo ecológico se obtienen reducciones espectaculares en los gastos por atención veterinaria y uso de fármacos. Además, se pudo apreciar que en establos lecheros conducidos ecológicamente, el rendimiento de los animales se incrementó considerablemente debido a la mayor longevidad de las vacas. No es raro encontrar en estos establos vacas de hasta 15 años con una excelente lactancia, partos fáciles y buenas crías. Mientras que en establos convencionales por problemas en los órganos mamarios y reproductivos gran parte de las vacas sólo llegan al tercer parto, para después ser sacrificadas (terminar en el matadero).

Las medidas sanitarias, ante todo, deben ser preventivas y no curativas. En caso de enfermedades se recurrirá preferentemente a las terapias naturales, sobre las cuales también existen en muchas partes de América Latina conocimientos muy valiosos. Se acudirá a las terapias convencionales sólo en caso de necesidad absoluta o cuando para el caso no exista terapia natural.

Conclusión

Sobre la base de lo señalado, se puede ver la importancia de la crianza animal y su aporte significativo al incremento de la productividad si se ubican o se integra adecuadamente al sistema de producción de alimentos, en la que la interrelación animales-vegetales-producción de alimentos-abonamiento, desempeña un papel importante.

Las ventajas que ofrece el enfoque ecológico en la crianza animal no pueden ser despreciadas. Con este enfoque los animales pueden aportar significativamente en la conservación de los recursos que, con la agricultura convencional (química y tecnificada), son agotados rápidamente.

A pesar de que hasta ahora se dispone de pocos datos sobre los costos de producción en crianza ecológica, se sabe que en la casi totalidad de los casos, la conversión a la agricultura y crianza ecológica implica una considerable reducción de los gastos en fertilizantes, fármacos y asistencia veterinaria.

La calidad de los productos de la crianza ecológica es siempre superior a la crianza convencional. El consumidor distingue y prefiere fácilmente estos productos como en el caso conocido de huevos y gallinas de crianza libre, que en muchas partes de Latinoamérica hasta reciben un premio en el precio.

A la par de la calidad aparente, la calidad gustativa de los productos de la crianza ecológica es casi siempre superior. Para los productos transformados, cada vez que el proceso es el correcto, se obtiene una excelente calidad gustativa.

La acuicultura

Entre los recursos naturales disponibles en la finca, en especial de pequeños agricultores deben considerarse los recursos acuáticos --riachuelos, quebradas, pantanos, áreas inundadas--.

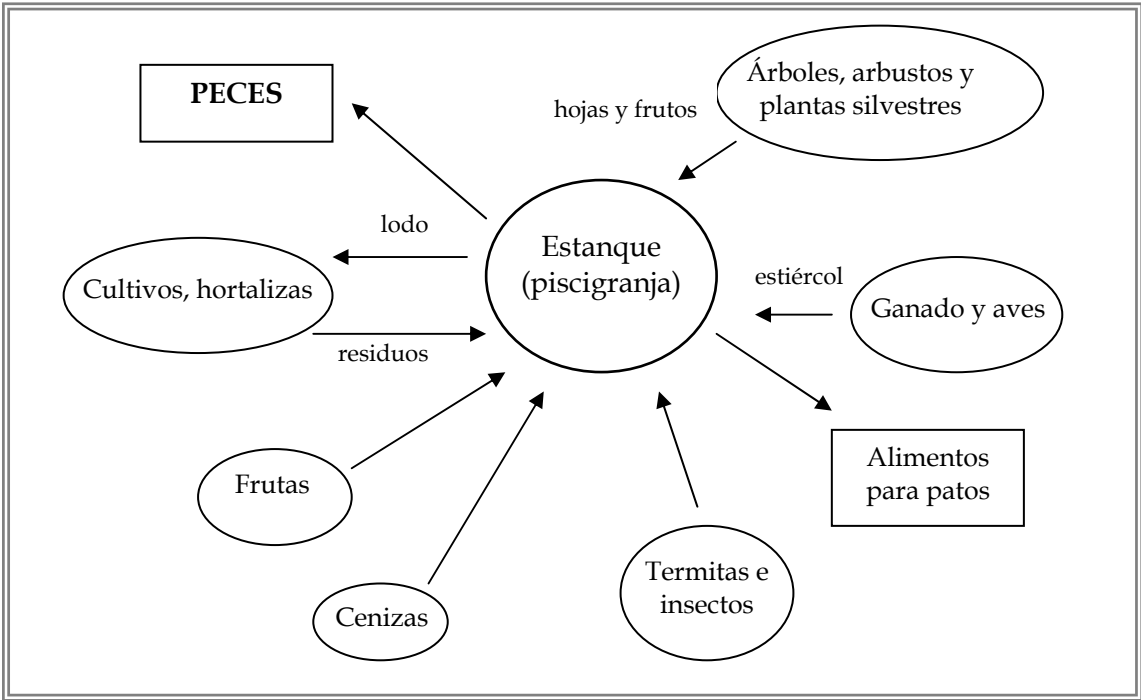
El cultivo de animales y plantas que viven en el agua se conoce como acuicultura. Integrando esta forma de crianza a los sistemas agrícolas se intensifica el uso de los recursos naturales de manera sostenible, a la vez que se diversifican las especies y se reciclan los nutrientes.

La integración de peces, crianzas, árboles, arbustos, hortalizas y cultivos dentro de la finca es un modo de maximizar la productividad por unidad de área. Productos que provienen de diversos rubros internos sirven como insumos; desperdicios agrícolas pueden ser usados en áreas marginales para hacerlas más productivas.

Estanques de peces pueden ser hechos en tierras pantanosas, o en tierras de la unidad productiva donde existe una fuente cercana de agua. Árboles frutales y hortalizas cultivadas en las áreas colaterales o diques de los estanques pueden ser irrigadas con el agua del estanque, el que también puede ser usado para proporcionar agua a los animales. Estiércol, residuos de cosecha, malezas, hojas de árboles, frutas dañadas y hortalizas abonan el estanque. Otros subproductos del procesamiento de granos, tales como polvillo de arroz, pueden también servir de alimento a los peces. Los peces convierten los residuos vegetales y animales en proteína de alta calidad y enriquecen el lodo del estanque, el cual puede ser usado para revitalizar o activar la tierra cultivable.

Pequeños agricultores en diversas partes del mundo han desarrollado diferentes sistemas integrados de acuicultura; tal vez, el más difundido de estos sistemas es el de la crianza de peces en campos de arroz.

El estanque del gráfico es fertilizado con frutas dañadas como guayaba, papaya, aguacates y estiércol de cabras, ovinos, vacunos y aves. Hojas de leucaena, zapallos, hortalizas silvestres y algunos granos sirven como alimento para los peces y el afrecho de maíz sirve como alimento para peces y para la obtención de ingresos. Aparte de los peces, se puede usar el lodo como fertilizante en huertos, agua para riego. Insumos como subproductos de granos pueden suplirse y sustituirse parcialmente con hojas de colocasia (*Colocaria aculutum*) y de pasto elefante.



La integración del árbol y del arbusto en la actividad agropecuaria. Sistemas agroforestales

La agroforestería, si bien es una práctica antigua en muchas culturas, en cuanto al uso de la tierra, hoy en día es un campo de investigación científica “muy nuevo”. La agroforestería consiste en la integración y el uso consciente del árbol y del arbusto en la unidad agropecuaria, conjuntamente con los cultivos anuales y animales. Estos presentan un ordenamiento en el espacio y en el tiempo con diversas interacciones ecológicas y económicas.

Con el uso del árbol y del arbusto se pretende optimizar el uso del suelo en forma vertical y horizontal, procurando un manejo de las sucesiones en la unidad agropecuaria similar al que se observa en la naturaleza y en la cual las especies vegetales ocupan un espacio no sólo del terreno sino también del espacio aéreo en función de las características de la planta, de los requerimientos de luz, nutrientes, del tipo y profundidad de enraizamiento, etc.

Características de los sistemas agroforestales

- La agroforestería incluye dos o más especies de plantas (animales inclusive) y por lo menos una de ellas es una especie leñosa perenne.
- El ciclo de un sistema de agroforestería es siempre mayor de un año y cuenta con más de un producto.
- Los sistemas agroforestales son más complejos que los monocultivos, tanto en lo ecológico como en lo económico.
- Estos sistemas, mayormente, son más eficientes en el aprovechamiento de los nutrientes y de la humedad.
- Mejoran las condiciones microclimáticas y ambientales.
- Son más tolerantes a las variaciones climatológicas que la mayoría de los cultivos agrícolas solos.
- Puede funcionar en condiciones de suelos marginales y/o en laderas, no tiene limitaciones.
- Protegen y estabilizan el ecosistema.
- Alta productividad y producción diversificada de uso múltiple (alimentos, combustible, madera, forraje, abono verde, etc.).
- Incrementa el empleo estable, el ingreso y la disponibilidad de materiales básicos para la población rural.

Agricultura en los trópicos

En las condiciones tropicales, se hace imprescindible y urgente la implantación de sistemas agroforestales. Pues la deforestación, erosión, desertificación, etc., no sólo son productos de la pobreza, son también una de sus causas fundamentales; ello pues, exige una acción inmediata.

En condiciones de clima templado, las diferencias marcadas de las estaciones posibilitan una mayor retención de materia orgánica y de nutrientes. No sucede lo mismo bajo condiciones del trópico, donde es necesario una abundante generación de biomasa que permita el reciclaje intensivo y constante de nutrientes, además de los beneficios paralelos productos de este reciclaje. Por eso, una buena integración de árboles y arbustos en los agroecosistemas tropicales contribuyen a incrementar la sostenibilidad de éstos.

Es muy común en el trópico húmedo y subhúmedo sistemas de barbecho extensivos con plantas de regeneración natural y una agricultura de tala y quema --que viene intensificando la desertificación de vastas áreas del planeta--. Por otro lado, se hace un pésimo y pobre uso de la tierra y de los recursos. En este sistema, períodos de cultivos cortos (1 a 2 años) alternan con períodos de barbecho largos (6 años o más).

Pero, la creciente presión sobre el suelo debida a la explosión demográfica que se registra en muchos lugares del trópico y subtropico, ha dado lugar a períodos de barbecho más cortos, por lo que, si es que queremos evitar la degradación del suelo, la rápida disminución del rendimiento de los cultivos y la invasión de malezas, muchas de las cuales son difíciles de controlar, éstos deben ser más intensivos.

En un sistema de barbecho intensivo, la principal restitución de la fertilidad del suelo es producida por el efecto de la movilización de nutrientes por las especies vegetales, especialmente leguminosas, y también por los árboles y arbustos que movilizan nutrientes desde mayores profundidades con sus raíces, aportando así materia orgánica para la fertilidad del suelo y, a la regulación de plagas y enfermedades.

La agroforestería puede funcionar a escala muy pequeña o muy grande, es menos exigente en energía, maquinaria o riego que los sistemas de agricultura convencional o que muchos sistemas tradicionales. Sin embargo, muchos técnicos y agricultores consideran la inclusión del árbol o del arbusto como prácticas atrasadas o irrelevantes porque su enfoque y concepto unilateral no concuerda con lo que es una unidad agrícola de producción sostenible.

Gran parte de la agricultura en los países de América Latina se realiza en condiciones de laderas, diverso grado de humedad y de aridez. Estas condiciones vienen a confirmar la necesidad de los sistemas agroforestales. La protección que brinda al suelo un sistema agroforestal multiestrato bien estructurado, ya sea en una ladera por efecto erosivo de la lluvia o en un terreno plano por efecto de la erosión del viento, justifica de por sí su adopción, por no mencionar las ventajas económicas y ecológicas.

La cobertura viva multiestrato, así como coberturas con residuos o rastrojos vegetales protegen al suelo de las precipitaciones, las raíces mejoran la estructura del suelo y su capacidad de retención aumenta la infiltración del agua y reduce la escorrentía y la erosión. Además, la cubierta protectora de hojas secas y la sombra de los árboles y arbustos ayudan a reprimir la maleza, a reducir la temperatura del suelo, a regular la humedad, creando por tanto las condiciones para una intensa actividad biológica en el suelo y en el agroecosistema.

Algunos sistemas agroforestales

Las especies multipropósito permiten una mayor flexibilidad a estos sistemas. De vez en cuando, puede ser necesario escoger una especie que sea excelente para un propósito específico; por ejemplo, la *Acioa barterii* por su capa protectora de lenta descomposición, o la *Caliandra calothyrsus* de rápido crecimiento y gran capacidad de producción de leña en poco tiempo.

Estos sistemas hacen innecesaria las labranzas profundas. La buena cobertura vegetal en el suelo influye para que las diferencias en rendimientos, con labranza y sin labranza, sean poco significativos. Sin embargo, ocasionalmente, una labranza superficial entre las hileras puede ser necesaria para recortar las raíces de los árboles o arbustos que se encuentran a flor de tierra.

En general, de acuerdo con su estructura, podemos señalar tres tipos básicos de sistemas agroforestales:

Agrosilvicultura: Son sistemas basados en bosques naturales o cultivados a los que se les incorpora cultivos anuales y perennes. Este manejo permite elevar la productividad de los bosques naturales.

Silvopastoril: Son sistemas integrados de plantas herbáceas, leñosas, anuales y perennes, con el fin de producir forraje en forma intensiva para los animales.

Agrosilvopastoril: Son sistemas que integran cultivos anuales, semiperennes y perennes, con la finalidad de producir alimentos en forma intensiva para el consumo humano y animal.

Estos sistemas pueden ajustarse de acuerdo con las condiciones y requerimientos locales específicos, según sean las necesidades de alimentos, leña, forraje, abono verde, fijación de nitrógeno, barreras vivas, formación lenta de terrazas, propiedades medicinales, producción de miel, hábitat de controladores biológicos, madera, retención y conservación de la humedad, etc.

La integración del árbol a los sistemas agropecuarios trae consigo seleccionar especies en función de las necesidades y requerimientos. Para la selección de especies a integrar en la unidad productiva no existe tampoco recomendaciones rígidas, pero sí se puede tener en cuenta las siguientes consideraciones en la selección de especies:

- Utilidad: Alimentos, frutas, forraje, leña, abono verde, fijación biológica de nitrógeno, resinas, látex, medicina, uso multipropósito, sombra, producción de cultivos y crías, producción de biomasa, miel, refugio de controladores, protección del suelo y de la humedad, etc.
- Rusticidad: A la sequía, exceso de humedad, pH extremo del suelo (acidez o alcalinidad), pedregosidad, compactación, etc.
- Enraizamiento: Profundo (pivotante) o superficial (lateral y competitivo con los cultivos).
- Velocidad de crecimiento: Rápido, medianamente rápido, lento.
- Tipo y forma de crecimiento: Arbol, arbusto, coposo, erecto.
- Facilidad de asociación: Buena, regular, mala
- Tipo de fuste: Para árboles maderables.

- Calidad de madera: Para árboles maderables, leña.

Las plantas leñosas perennes pueden intercalarse con cultivos anuales para obtener un óptimo uso del suelo, sostenibilidad y aumento de su productividad. Para que estas plantas produzcan un beneficio de manera óptima es necesario que las diversas especies tengan un ordenamiento multiestratificado y un espaciamiento adecuado, en función de las condiciones medioambientales y del terreno.

Las características del enraizamiento de las especies arbóreas también deben ser consideradas; existen muchos agricultores que tienen cierta resistencia a usar árboles dentro de sus parcelas porque, según ellos, “las raíces de éstos quitan espacio y matan a los cultivos anuales”, esto debido a no haberse elegido las especies adecuadas, pues, en el caso del Perú, se observó que este problema, principalmente estaba en relación directa con el Eucalipto, especie que no es fácil de asociar, genera poca materia orgánica, tiene un efecto alelopático a causa de las sustancias fenólicas que contiene y exuda, deseca el terreno a causa de su gran requerimiento de agua, no cubre bien el suelo y favorece la erosión. Es una especie que a pesar de su rusticidad y fácil producción de madera y leña, en el tiempo reporta efectos negativos en los ecosistemas producto de sus características ecológicas, por lo que no se recomienda su uso en los sistemas agroforestales.

Malas prácticas en el trasplante de ciertos árboles --inclusive leguminosas que tienen enraizamiento profundo o pivotante así como la ruptura de la raíz principal-- inducen a la formación de raíces laterales superficiales que pueden ocupar espacios de terreno no deseados. Sin embargo, si este problema se presenta con especies leguminosas que fijan nitrógeno, el problema puede controlarse realizando podas de las raíces para leña y la excavación de algunas zanjas alrededor de los árboles puede facilitar esta labor. Pero, por otro lado, se ha registrado en muchos lugares la importancia que le dan algunos agricultores a determinados árboles, lo que demuestra que los beneficios o perjuicios de éstos están en función a cómo se integren en el sistema productivo.

Existe un sinnúmero de especies que pueden ser utilizadas en cada una de las diversas condiciones del trópico y subtropico, sería imposible detallar cada una de ellas, inclusive existen muchas especies que no han sido todavía revaloradas como elementos productivos, es el caso de la *Leucaena leucocephala* var Perú, que es la variedad forrajera más productiva de todos los grupos de leucaena, sin embargo, en su país de origen para inadvertida aun por los mismos técnicos, que en el manejo de pasturas nunca consideran especies arbóreas y mucho menos a esta especie, la cual tolera muy bien el estrés por sequía. Asimismo, leguminosas del género *Prosopis* y *Acacia* proporcionan forraje en condiciones de sequía extrema, por su enraizamiento profundo.

Consideraciones generales en agroforestería

En la conformación de los sistemas agroforestales, ya sea en hileras, franjas, barreras y en cualquier ordenamiento en general, las especies deben estar multiestratificadas y asociadas considerando su compatibilidad y productividad. Las especies arbóreas, integradas a los cultivos, pueden ser usadas para mantener la fertilidad del suelo y favorecer el desarrollo de los cultivos mediante la siembra de árboles en hileras, como cercos productivos, barreras rompeviento, cultivo en callejones o como árboles de sombra para cultivos perennes, anuales y de pasturas.

Para cumplir con una estratificación adecuada se recomienda, por ejemplo, asociar un árbol maderable de buen fuste poca copa y de buena altura, con el fin de dejar pasar suficiente luz a los niveles más bajos; en un segundo estrato, puede ubicarse una especie frutal; en un tercer estrato una especie forrajera como la leucaena por ejemplo; más abajo un arbusto como el *Cajanus cajan* y, en la parte más baja puede ir un pasto de corte, como el *Pennisetum purpureum* u otra especie que pueda cubrir esta parte inferior.

Este es sólo un ejemplo, las combinaciones posibles son muchas y están en función de las condiciones locales como clima, topografía, requerimientos propios y de mercado, etc. Es importante considerar especies multipropósito lo más productivas posibles. En el ejemplo anterior, se ha combinado una especie maderable, un frutal, una especie forrajera, un arbusto y una gramínea como pasto, que permiten lograr una alta productividad. Según las condiciones y disponibilidad de especies, éstas deben ser en lo posible multipropósito y nunca deben faltar en las combinaciones una buena proporción de especies leguminosas para lograr una fertilidad sostenida del suelo. Dada la resistencia aún existente por muchos agricultores a adoptar sistemas agroforestales, es importante que los beneficios sean realmente de impacto.

Algunas de las consideraciones importantes para la selección de especies es la forma de la raíz, debe preferirse especies de enraizamiento profundo para facilitar su asociación con otras especies y evitar siempre incorporar árboles de efecto alelopático. Debemos tener presente que especies de enraizamiento lateral y superficial no deben ser utilizados como cercos o hileras porque dificultan el establecimiento y desarrollo de los cultivos anuales. Inclusive imposibilitan la asociación con otras especies perennes, haciendo impracticable la sostenibilidad y eficiencia del sistema.

Capacidad de producción de la agroforestería

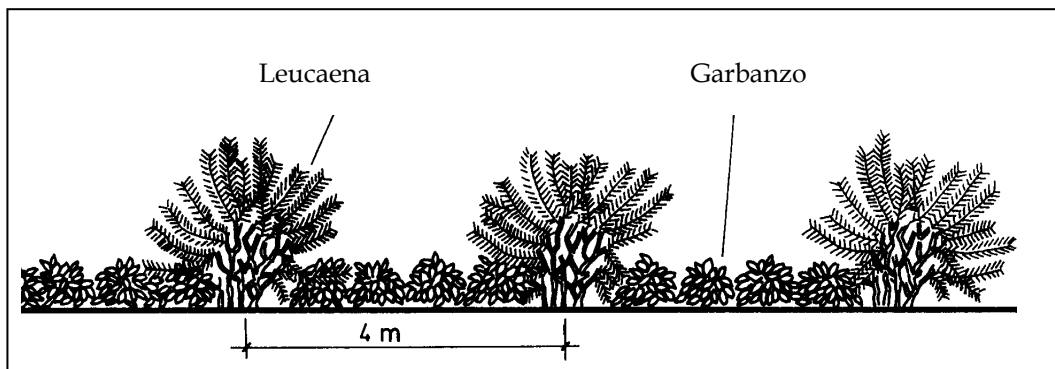
Es muy difícil determinar el rendimiento potencial de la agroforestería, dado que está determinado por múltiples factores, como la edad a la que se cortan los árboles, la distribución espacial, las mejoras microclimáticas, el aporte en la fertilidad del suelo, retención de humedad, etc., lo que hace que muchos cálculos sean sólo estimados. Los rendimientos efectivos de un monocultivo son fáciles de medir, no así los de un sistema tan complejo y productivo como los agroforestales.

En la agroforestería se tiende a usar especies de crecimiento rápido que puedan mantenerse al corte para inducir un rebrote o regeneración mayor. Al no eliminarse las raíces, éstas siguen desempeñando un papel vital en la absorción y retención de agua y nutrientes, en la fijación o retención del suelo, favorecen la actividad biológica, etc.

Existe una amplia variedad de árboles y arbustos que pueden sembrarse con el fin de obtener frutos, madera, medicina, leña, etc., que tienen un gran potencial si son integrados a las actividades agrícolas. La combinación de árboles multipropósito, maderables, frutales, forrajeros, arbustos, diversas leguminosas, así como gramíneas para pasto, aseguran no sólo una producción diversificada y estable, sino también el equilibrio del agroecosistema.

Composición de los nutrientes del material de poda de cuatro especies de árboles y arbustos cultivados en suelo franco arenoso Egbeda (Oxic Paleustalf) (Koudoro, 1982)

Especie	N	P	K	Ca (%)	Mg
<i>Oliricidia sepium</i>	4,21	0,29	3,43	1,40	0,40
<i>Leucaena leucocephala</i>	4,33	0,28	2,50	1,49	0,36
<i>Alchornea cordifolia</i>	3,29	0,23	1,74	0,46	0,20
<i>Acioa barterii</i>	2,57	0,16	1,78	0,90	0,27



Esquema de un sistema agroforestal en callejones o hileras.
Una siembra alternada de *Leucaena leucocephala* y garbanzos

Algunos ordenamientos agroforestales

Cultivos en callejones o en hileras

En este sistema, los cultivos anuales son sembrados entre las hileras de árboles o arbustos; el distanciamiento está determinado por las características de las especies anuales y perennes, el cultivo principal, el clima y topografía del terreno, este último aspecto obliga a considerar las plantaciones en curvas de nivel. Los árboles en hileras protegen a los cultivos del viento o la desecación, creando condiciones más favorables para los cultivos anuales además de movilizar nutrientes y aportar abono verde y **mulch**, con un excelente efecto en la represión de malezas.

Muchos árboles y arbustos podrían ser adecuados para el cultivo en callejones, entre ellos figuran las especies leguminosas: *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Flemingia congesta*, *Sesbania sesban* y las especies no leguminosas *Alchornea cordifolia*, *Acioa barterii* y *Gmelina arborea*.

Consideraciones importantes de árboles idóneos para el cultivo en callejones:

- Fácil establecimiento
- Crecimiento rápido
- Enraizamiento profundo
- Producción de biomasa
- Buena regeneración después de la poda
- Fácil brotamiento después del desmoche

- Rusticidad
- Ser fáciles de desarraigar
- Proporcionar derivados útiles

Son preferibles los árboles y arbustos de especies leguminosas, por su capacidad de fijar el nitrógeno de la atmósfera. La sombra de las especies perennes en la época de descanso y la cobertura del suelo con el material de poda, confieren un atributo principal al cultivo en callejones en cuanto a la regulación y control de malezas.

En barreras para formación lenta de terrazas

Aquí, las especies arbóreas están multiestratificadas y asociadas considerando su compatibilidad y productividad; el objetivo es contribuir a formar terrazas a través del tiempo que permitan crear condiciones favorables para los cultivos anuales, a la vez que se controla la erosión del suelo y se favorece la retención de agua, incrementándose la productividad y sostenibilidad del sistema.

Los cuadros siguientes nos muestran que la instalación de árboles y arbustos, como barrera rompeviento, permiten crear condiciones microclimáticas más favorables para los cultivos anuales.



Cortinas rompevientos. Esta práctica es importante en zonas de vientos fuertes. Se establecen cercos vivos circundantes a los cultivos, viterceptando a los vientos dominantes. Permite disminuir o neutralizar la erosión y desecación del suelo y de los cultivos por el viento.

Cercos vivos - productivos

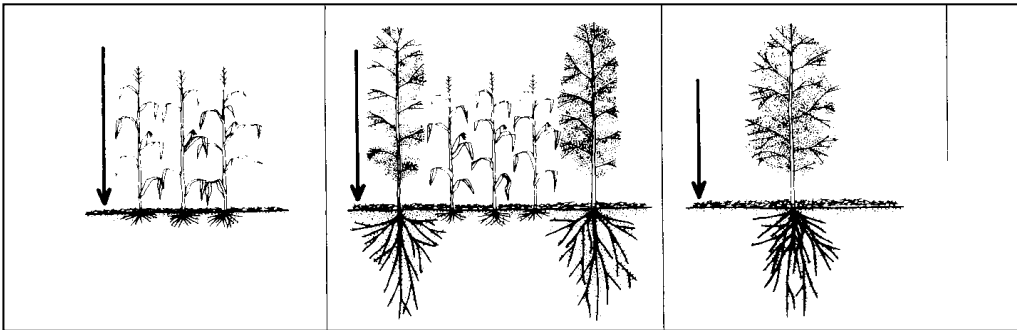
Esta modalidad se emplea para la instalación de cercos en las unidades agropecuarias, en la división de los potreros o campos, en los bordes de las acequias y canales internos. Esta práctica contribuye a lograr una sostenibilidad productiva. La asociación multiestratificada de especies arbóreas, arbustivas y pastos multipropósito permiten optimizar el uso del suelo.

En muchos lugares es muy común que los agricultores tengan cercos vivos, pero en la mayoría de los casos son poco o nada productivos. Esto es un verdadero desperdicio del suelo, del suministro de luz y de los recursos en general, pues, si se incorporan especies con los criterios señalados se lograrían incrementos significativos en los beneficios e ingresos reales de los agricultores.

Ordenamiento en franjas

El ordenamiento en franjas de especies perennes (árboles y arbustos), semiperennes y cultivos anuales puede realizarse como se indica en la ilustración. Sistemas de este tipo pueden aprovecharse para intercalarse con cultivos cuyas características de crecimiento hacen difícil una asociación más directa.

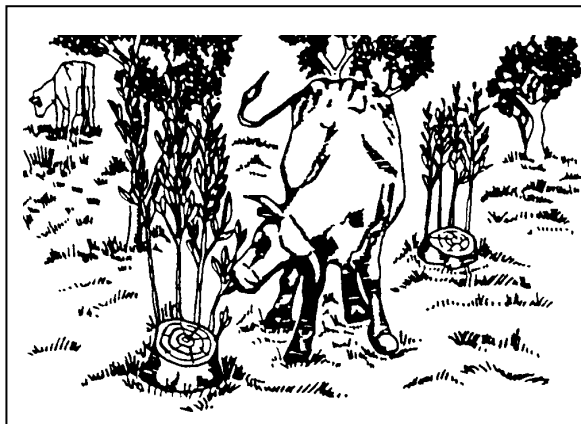
Es una variante del cultivo en callejones, sólo que en vez de tener cultivos anuales entre hileras de árboles y arbustos a una sola fila, las hileras están compuestas de por lo menos dos filas de árboles y arbustos.



Presentación de las ventajas de un ecosistema agroforestal --dos o más especies vegetales y animales--con respecto a sistemas convencionales de monocultivo

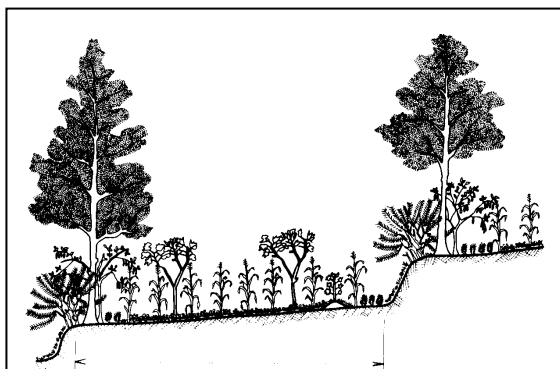
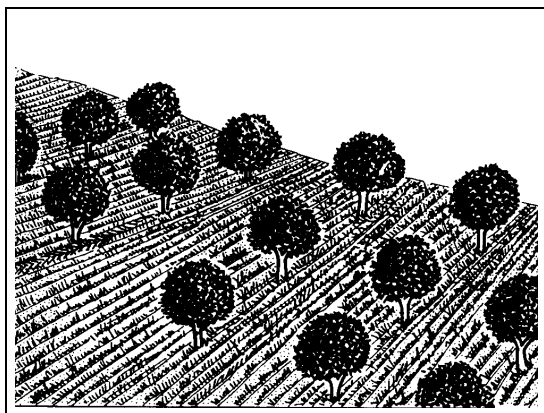


Cercos vivos productivos; alrededor de la parcela se establece un cinturón de especies arbóreas, arbustivas, herbáceas en un ordenamiento multiestrato para crear condiciones microclimáticas y ambientales que determinan mayor productividad, sostenibilidad y óptimo uso de los recursos locales.



Sistemas silvopastoriles; pueden proveer forraje de modo continuo en la época de sequía porque resiste mejor los períodos estivales, además de las múltiples ventajas a favor de la productividad, fertilidad del suelo, diversidad ambiental, etc.

Sistemas agrosilvoculturales: Los árboles y arbustos se integran a los cultivos en espaciamientos algo mayores a los de una plantación puramente forestal o frutícola. Permiten una cosecha de cada rubro secuencial o simultánea, sin interferir el cultivo agrícola.



Esquema de un sistema agroforestal en barreras para formación lenta de terrazas a través del tiempo. Bajo este ordenamiento la asociación de cultivos temporales y permanentes, permite la estabilización del terreno en agricultura de laderas.

Árboles en las pasturas para incrementar el suministro de la alimentación animal

La inclusión de árboles y arbustos (leguminosas-forrajeras) en los pastizales y potreros donde se encuentran los animales, aumentan la productividad. Existen diversos árboles y arbustos que serían una excelente fuente de forraje o de alimentos para los animales, si se incorporan a los pastizales.

En el trópico y subtropico, al igual que en muchas formas de agricultura tradicional y aun en la convencional, existe la tendencia a implantar y/o mantener pasturas o pastizales de poca cobertura y escasa capacidad de carga animal que simulan las

praderas de las latitudes templadas. La reducida cobertura y predominancia de gramíneas “castra” el potencial del suelo, lo que es insostenible. En las condiciones tropicales y subtropicales la producción de forraje puede y debe ser más intensiva, tanto por consideraciones ecológicas (ciclos biológicos intensos) como por razones de un aprovechamiento óptimo de los recursos naturales, especialmente en condiciones de pequeña agricultura. El uso frecuente de tierras de buena aptitud agrícola para ganadería, con una baja capacidad de carga animal, debe hacernos pensar en buscar sistemas más eficientes en la producción de forrajes.

Los sistemas de pasturas extensivo-tecnificadas se mantienen con fuertes dosis de agroquímicos; en los sistemas tradicionales, a través del tiempo, la productividad decae porque no hay una biointensidad que permita una autogeneración de la fertilidad; porque los forrajes que se cultivan sólo incluyen especies de reducido enraizamiento y cobertura del suelo, o porque los pastizales se establecen en terrenos supuestamente en descanso, lo que se convierte en bajos rendimientos y en un mayor agotamiento del suelo y según la topografía y el clima en: erosión.

El uso de árboles y arbustos, especialmente leguminosas, pueden hacer más productivos y sostenibles los pastizales y potreros. Especies arbóreas como *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Caliandra caltirus*, *Gleditsia triacanthos*, *Chamaecytisus palmensis*, *Eritrina falcata*, *Eritrina sp.*, *Acacia aneura*, *Geifera spp.*, *Brachychiton populneus*, *salix Spp.*, *Populus Spp.*, *Morus Spp.*, *Ceretonia siligua*, *Acacia mellifera*, *Acacia brevispica*, *Acacia albida*, *Prosopis Sp.*, *Castanea sativa*, *Quercus Spp.*, y muchas otras, pueden tener excelentes resultados si son usadas como especies forrajeras. En el caso de *Castanea sativa*, *Quercus Spp.*, *Prosopis sp.* (algarrobo), *Gleditsia triacanthos* (guayaba), los frutos pueden ser utilizados en la crianza de cerdos, ovinos, caprinos y aves. Estas especies pueden ser sembradas en diversos ordenamientos, a fin de obtener un óptimo rendimiento de ellas.

Beneficios del cultivo en callejones

La mayoría de los agricultores en América Latina carecen de medios económicos para adquirir costosos insumos externos de producción, es necesario crear una tecnología económica de producción de cultivos. Una técnica prometedora es el cultivo en callejones. Con ella, el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) en Ibadán, Nigeria (Africa Occidental), basado en investigaciones sistemáticas, ha obtenido interesantes resultados.

El cultivo en callejones es, esencialmente, un sistema agroforestal en el que las plantas alimenticias se siembran entre hileras de árboles y arbustos. Las hileras se recortan en el momento de la siembra y se mantienen podados hasta que se cosechen los cultivos anuales para evitar que den sombra y reducir la competencia con tales cultivos de plantas alimenticias anuales. Cuando no hay cultivos, las hileras de árboles y arbustos se dejan crecer libremente para proteger el suelo.

Los árboles y arbustos en el sistema de callejones:

- Proporcionan abono verde, que puede usarse como **mulch** en el área donde se siembran los cultivos anuales. De esta forma, los elementos nutritivos de las plantas son reciclados de capas de tierra más profundas.

- Proporcionan sombra y material de poda, que como el **mulch** ayudan también a reprimir las malas hierbas en el período de barbecho.
- Proporcionan condiciones favorables para el desarrollo y actividad de los macroorganismos y microorganismos.
- Sirven de barrera para controlar la erosión del suelo cuando se plantan siguiendo las curvas de nivel del terreno.
- Proporcionan forraje, estacas y leña.
- Proporcionan nitrógeno, fijado biológicamente, a los cultivos anuales sembrados entre las hileras.

La frecuencia de la poda varía según la especie de árbol o arbusto. Por regla general, cuanto más bajas sean las hileras y más altos los cultivos, menos frecuente será la poda. Las plantas de rápido crecimiento deben podarse con cierta frecuencia para que no se genere una competencia por luz demasiado grande. Un beneficio más del cultivo en callejones es, que los troncos producidos por árboles y arbustos que crecen en los cercos pueden utilizarse por árboles y arbustos que crecen en los cercos pueden utilizarse como tutores para plantas trepadoras tales como frijoles, etc.

El material de poda de la *Acioa barterii* y la *Alchornea cordifolia*, de lenta descomposición, es eficaz cuando se utiliza en cantidades suficientes como mulch, especialmente en agricultura de pequeña escala, donde la escarda puede absorber más del 30% de la mano de obra que se emplea en la producción de cultivos alimenticios.

Hileras bien establecidas de leucaenas con una distancia de 4 m entre ellas produjeron entre 15 y 20 toneladas de material de poda verde (5 a 6.5 toneladas de materia seca) por hectárea con cinco podas anuales. Estas podas produjeron en un año, más de 160 kg de nitrógeno, 15 k de fósforo, 150 kg de potasio, 40 kg de calcio y 15 kg de manganeso por hectárea. El alto rendimiento de nitrógeno de la leucaena es muy conocido. En la Academia Nacional de Ciencias de Hawaii, en 1977, se registró una fijación que fluctuaba entre los 500 y 600 kg de nitrógeno/há/año en condiciones de crecimiento favorables.

La poda de las hileras también produce considerables cantidades de leña. Las hileras de leucaena y gliricidia bien desarrolladas y cortadas con regularidad a una altura de 75 cm, producen más de 5.7 y 1.4 t/há en peso seco de tallos para leña, respectivamente.

En Ibadán, muchos de estos tallos se produjeron en la estación seca, cuando no hay cultivos y no se podan las plantas y así se obtuvo un beneficio significativo. Estas especies aprovecharon la humedad del subsuelo y crecieron 4 y 4.25 m, respectivamente. Cuando se dejó crecer libremente la hilera de leucaena durante un año, ésta alcanzó fácilmente más de 7.5 m de altura y produjo más de 88 t/há.

En Ibadán, también, seis años de cultivo en callejones de maíz con frijol caupí con hileras de leucaena en un entisol poco fértil, han dado resultados muy alentadores. La incorporación periódica del follaje de leucaena ayudó a mantener un contenido más elevado de nutrientes del suelo y materia orgánica. El suelo de las parcelas que recibieron material de poda, contenía el doble de materia orgánica que el de las parcelas que no lo recibieron. Asimismo, el suelo de las parcelas que recibieron el

material de poda de la leucaena mantuvieron niveles de humedad más elevados. La capa vegetal protectora formada por el material de poda hizo además que disminuyera la temperatura del suelo y aumentara la actividad biológica (en particular, la presencia de lombrices de tierra).

La ventaja principal del cultivo en callejones frente a los sistemas tradicionales de agricultura migratoria, de monocultivo y barbecho (en maleza), es que las etapas de cultivo y barbecho pueden ocurrir simultáneamente en el mismo terreno, lo cual permite al agricultor cultivar en forma sostenida, sin volver a poner la tierra en régimen de barbecho. La sombra de árboles o arbustos durante la época de descanso elimina casi todas las malas hierbas, asimismo el material de poda es utilizado como mulch.

En un entisol arenoso, en Ibadán, la producción de maíz cultivado en hileras continuamente durante seis años, se ha mantenido en unas 2 t/há sólo con la adición de material de poda de leucaena. Mientras que en un alfisol, el maíz fue cultivado entre hileras de leucaena en años alternos y produjo más de 4 t/há de maíz sólo con la adición de material de poda de leucaena. Investigaciones realizadas en alfisoles y entisoles en el sur de Nigeria, con cultivos alternos de maíz y frijol caupí, ya sea con leucaena y gliricidia, prometen excelentes resultados.

Se está estudiando la posibilidad de producir arroz en secano y plantas tuberosas de raíces útiles, mediante el cultivo en hileras (con leucaena y gliricidia). Se obtuvieron resultados muy prometedores del cultivo en callejones de yuca con hileras de gliricidia (cuadro 14) y también del cultivo en callejones de arroz en secano y ñame con hileras de leucaena en alfisoles. *Gmelina arborea*, *Acioa barterii*, *Flemingia congesta*, *Alchornea cordifolia* y otras más se están probando en suelos ácidos ultisoles y oxisoles.

El cultivo en hileras puede ser un método adecuado para cultivar plantas alimenticias en laderas donde la erosión del suelo es un problema grave y proporciona un forraje rico en proteínas, por ejemplo, el forraje de la leucaena y la gliricidia es bien conocido por su alto contenido proteico.

El IITA y el ILCA están llevando a cabo investigaciones conjuntas relativas a la integración de cultivos y ruminantes pequeños en un sistema global de agricultura en callejones. La leucaena y la gliricidia utilizadas en este sistema han producido suficiente forraje para la alimentación doméstica de animales durante la estación seca.

La visión de sistemas en la agricultura

La característica más importante de un sistema es que está conformado por varios componentes; estos presentan un orden y una organización, lo cual significa que sus partes o componentes no se acomodan desordenadamente sino que están articulados e interrelacionados dentro de una determinada estructura. Esto hace que un sistema se comporte totalmente diferente a cada una de sus partes por separado, convirtiéndose en un nuevo todo.

Existe una compleja interdependencia entre los componentes de un sistema. La capacidad de equilibrio, autorregulación y trascendencia de los ecosistemas ha posibilitado comprender que los fenómenos que percibimos no son el resultado de una simple "causa-efecto" de carácter mecánico. Toda forma de vida u organización no es comprensible con un enfoque reduccionista, normalmente utilizado por la mayoría de las disciplinas de las ciencias naturales, que ha tenido un impacto determinante en la ciencia occidental que incide y escudriña la especificidad, pero pierde de vista la generalidad.

Existe la tendencia de ver y analizar aisladamente los componentes de un sistema dejando de lado las interacciones existentes entre éstos, que no son de suma importancia y determinantes para entender un sistema. Sistemas simples solamente existen en nuestra imaginación, en las teorías y en los mapas geográficos. En la realidad externa, en la práctica y en el campo sólo existen sistemas complejos.

La creencia en que todos los aspectos de los fenómenos complejos pueden ser comprendidos mediante el análisis de sus partes, se expresa de alguna manera, en el rumbo que ha tomado el desarrollo del sistema económico y político mundial desde sus centros de influencia.

No fueron las ciencias biológicas como la medicina, la agronomía, ni tampoco las ciencias sociales o económicas que comprobaron el carácter equivocado del enfoque reduccionista. Fue la física moderna que a principios de este siglo comenzó a aportar los elementos para una nueva visión de la realidad que se denomina "enfoque de sistemas". Este enfoque se basa en el reconocimiento de que todos los fenómenos tanto físicos, biológicos, sociales y culturales están interrelacionados.

Por ejemplo un montón de arena no es un sistema. Uno puede intercambiar parte de este montón, retirar o agregar un puñado, pero nunca dejará de ser un montón de arena. En un sistema no es posible intercambiar sus elementos o componentes sin que se cambie su individualidad, ya que incluso ello puede ocasionar su eliminación.

Sin embargo, no siempre varios sistemas juntos generan un sistema de orden superior, por ejemplo, cada una de las diferentes moléculas de un montón de arena vistas así son un sistema, juntadas no son otra cosa más que un montón de arena sin ninguna organización.

Cuando se juntan varios pequeños sistemas se tiene o una simple suma o cantidad, pero también un sistema mayor que como el caso de las abejas y gallinas, que constituyen un sistema social. Cuando algo se convierte en un ecosistema éste adquiere

propiedades totalmente nuevas, lo que le confiere un comportamiento totalmente diferente a cada una de sus partes.

Porque un sistema siempre es un todo y el todo es más que la suma de sus partes.

Los sistemas estáticos siempre son sistemas teóricos generados en la mente del hombre: por ejemplo, sistemas de documentación, de clasificación, de ordenación u organización, de matemáticas, etc. Los sistemas de la realidad, de los cuales nuestro mundo está compuesto, son dinámicos.

Los sistemas dinámicos llevan dentro de sí un programa de su propia transformación. Los diferentes componentes o elementos interactuantes de un sistema adquieren el carácter de una individualidad viva a través de una comunicación interna y externa, la cual consiste en la organización de una estructura dinámica basada en un flujo de información. Las ciudades son sistemas transitorios que han sido creados artificialmente y tienen que mantenerse artificialmente. Los bosques son sistemas duraderos o sostenidos los cuales han sido generados orgánicamente y sin intervención externa.

Los sistemas totalmente estáticos y/o cerrados sólo existen en la teoría (ya que así los cálculos matemáticos son más fáciles). En realidad todos los sistemas vivos son abiertos, interrelacionados e interactuantes entre sí dentro de una red.

Un sistema vivo es siempre dinámico, siempre cambiante, fluido. Sin embargo, no todos los sistemas dinámicos son vivos. Los sistemas verdaderos siempre se encuentran en equilibrio dinámico y/o de flujos con su entorno. En estos sistemas siempre algo sale y siempre algo entra, por lo tanto, los sistemas dinámicos siempre son abiertos.

Todo sistema siempre está compuesto por subsistemas en el que cada subsistema siempre es parte de un sistema más grande. Un barrio dentro de un pueblo o un caserío de una comunidad es un subsistema, asimismo, una fábrica dentro de una zona industrial al igual que la redacción dentro de una editorial. "El sistema de transporte dentro de una ciudad, el individuo dentro de la familia, el mosquito junto a la laguna, todos ellos son sistemas, pero también son partes de sistemas mayores con los cuales se encuentran en interacción".

La naturaleza ofrece ilimitados ejemplos de sistemas:

"Una fábrica es un sistema a pesar de que se trata de un sistema artificial no biológico. La fábrica también está sometida a las mismas leyes de la organización, cambio y estabilidad".

"Un montón de basura no es un sistema ya que este montón puede ser desagregado, acrecentado o repartido sin pérdida de su individualidad, debido a la falta de una estructura interna interrelacionada".

"Un átomo es un sistema, inclusive es un sistema dinámico y autosostenido en la que sus partículas elementales o están juntadas por casualidad, sino organizadas dentro de un orden determinado, tanto es así, que cuando varios de estos sistemas aislados se interrelacionan estrechamente con otros generan nuevos sistemas de orden superior. De átomos, por ejemplo, se genera una molécula, de las células un órgano, de animales, plantas y microbios un ecosistema".

Ecosistema natural

La ecología es la ciencia que estudia la relación de los seres vivos con su medio ambiente, incluyendo la parte biótica y abiótica. El ecosistema natural, desde el punto de vista de la ecología es considerada la unidad funcional básica de estudio. Como habíamos visto anteriormente el SISTEMA es un conjunto de elementos en interacción dinámica. Cualquier sistema depende de las características de sus componentes, el estudio o la suma aislada de ellos sólo nos pueden dar una idea de él, más no una expresión de su integralidad.

Los ecosistemas naturales que apreciamos hoy en día son el resultado de la evolución conjunta durante millones de años de una enorme diversidad de especies. En este proceso muchas especies no siempre se perpetúan y son eliminadas, posiblemente por falta de capacidad para adaptarse a las condiciones del clima, por ser muy susceptibles a las plagas y enfermedades, porque no pueden asegurarse los suficientes alimentos o energía o porque simplemente no compiten eficientemente con otras especies. Los ecosistemas están en un constante cambio y los procesos de selección natural continúan.

Un ecosistema es más estable cuanto menor sea su artificialización.

Todo sistema depende de las características de los componentes, de la interacción de estos componentes y de las acciones a que está sometido el sistema (entradas) y su comportamiento será la salida del sistema. Por lo general, lo sucedido dentro del sistema se desconoce o es muy difícil de predecir, sólo se conocen las entradas y salidas.

El ecosistema es un sistema abierto, pero cíclico, no lineal, consiste en la interacción de todos los organismos vivos con su medio ambiente en el espacio y en el tiempo, en un área determinada. Consta de una parte biótica y otra abiótica. Por ejemplo: suelo, agua, luz y organismos.

Sobre las propiedades que rigen un ecosistema tenemos:

- Holismo o integralidad, es imposible entender su totalidad tomando sólo uno de sus componentes.
- Interacción dinámica de los componentes bióticos y abióticos del sistema.
- Complejidad, a causa de miles de interacciones mutuas. Esto ha llevado a los ecólogos a recurrir a la caja negra, modelo donde se conocen las entradas y salidas, pero no lo que sucede adentro.

Los flujos de energía

Para el funcionamiento del ecosistema necesitamos un flujo de energía a través de los componentes del sistema. La energía es la capacidad de producir un trabajo y para comprender los flujos de ésta es necesario tener en cuenta las siguientes leyes fundamentales:

- La energía no se crea ni se destruye.
- La transferencia de energía de un punto a otro se realiza con cierta pérdida. No existe una eficiencia del 100% en las transformaciones de energía.

- Como no hay creación de energía, no puede haber más energía en el eslabón posterior que en el anterior.

La diferencia con la agricultura convencional estriba en que ésta recurre a fuentes de energía externa como son los agroquímicos, exceso de maquinaria, etc., para mantener el equilibrio dentro del sistema, mientras que en la agricultura ecológica este equilibrio se logra fomentando los ciclos vitales de la naturaleza. El grado de artificialización de un agroecosistema está en relación directa con la alteración de estos ciclos y a la introducción de insumos externos.

Agroecosistema

Es un ecosistema artificial ocasionado por la intervención del hombre. Mediante esta artificialización se busca una mayor producción neta. De lo que se desprende que la agricultura es una actividad artificial, pero ello no significa que ésta deba ser incompatible con la naturaleza. Esta artificialidad debe basarse en un modelo de producción y aprovechamiento sostenido. Es decir, cualquier campo de cultivo, un conjunto de campos, una unidad agrícola y un paisaje conformado por diferentes unidades agrícolas son ecosistemas que para su mejor estudio y entendimiento se le llama agroecosistema.

Al igual que todas las formas de agricultura. “Agricultura Ecológica” no significa mantener un ecosistema en su forma natural. Necesariamente “agricultura” implica artificializar los ecosistemas naturales manteniéndolos en un nivel pionero, que se caracteriza por una baja tasa de respiración lo que permite una mayor acumulación de biomasa que resulta en una alta productividad neta.

En sus estados iniciales de desarrollo las especies vegetales presentan una mayor producción de biomasa que cuando llegan a un estado de madurez. Por eso las cosechas suceden antes de que el ecosistema llegue a su maduración. Por ejemplo, en la naturaleza se observa, y aún más en condiciones tropicales la velocidad impresionante con que un bosque talado se regenera, pero en la medida en que éste va alcanzando su madurez, su velocidad de regeneración va disminuyendo y con ello su producción neta de biomasa.

El arte de una agricultura bien lograda, como lo demuestra la historia a través de los siglos ha sido mantener el ecosistema en un estado intenso de producción, sin agotarlo. En los ecosistemas naturales maduros la productividad bruta es alta, pero la respiración también lo es, por lo que la productividad neta tiende a valores cercanos a cero.

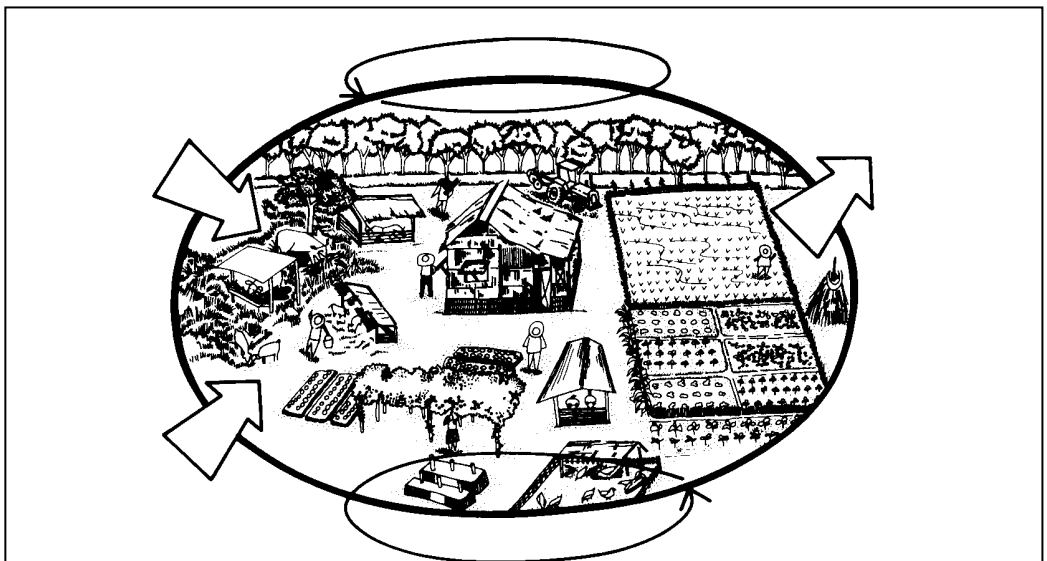
Los sistemas agrícolas son creaciones humanas y sus componentes no son sólo, plantas y animales. Las expresiones conocidas de agricultura no sólo responden a las limitantes del medio ambiente, factores bióticos y de las necesidades del cultivo, éstas también expresan aspiraciones humanas de subsistencia y condiciones económicas. Factores tales como disponibilidad de mano de obra, acceso y condiciones de los créditos y subsidios, riesgos percibidos, información sobre precios, obligaciones de parentesco, el tamaño de la familia y el acceso a otro tipo de sustento, son a menudo factores críticos para la comprensión de la lógica de un sistema de agricultura. En especial, cuando se analizan las situaciones de los pequeños campesinos, fuera de las

condiciones de los países del norte, el simple análisis de maximización de las cosechas en monocultivos se hace menos útil para la comprensión del comportamiento del campesino y de sus opciones agronómicas.

Los científicos agrícolas convencionales han estado preocupados principalmente con el efecto de las prácticas de uso de la tierra y manejo de los animales o la vegetación en la productividad de un cultivo dado, usando una perspectiva que enfatiza sólo un problema objetivo como es el de los nutrientes del suelo o los brotes de plagas. Esta forma de analizar los sistemas agrícolas ha sido determinada en parte por la limitada relación entre las diferentes disciplinas y la estructura de la investigación científica convencional, que tiende a atomizar los problemas de la investigación y tener un enfoque de la agricultura orientado a lograr un solo producto. No cabe duda de que la investigación agrícola basada en este enfoque ha tenido éxito en incrementar el rendimiento en situaciones agroecológicamente favorables.

Un agroecosistema eficiente tiene como características:

- Máxima eficiencia en la fotosíntesis, se busca plantas o un ordenamiento de éstas para que aprovechen la energía solar en forma óptima, para transformarlas en sustancias útiles.
- Debe procurarse que la estructura del sistema esté constituido por plantas con bajo nivel de pérdida de energía por respiración, para procurar una mayor productividad neta.
- Debe buscarse que la energía asimilada se reparta hacia diferentes partes del cultivo, especialmente hacia los órganos que sean los fines del cultivo, por ejemplo: raíces, tallos, granos, etc.



El ecosistema agrícola es una artificialización del ecosistema natural. En la agricultura ecológica se fomenta la práctica intensiva y óptica del reciclaje de nutrientes y de energía, proceso que se da en la naturaleza.

No todas las plantas tienen la misma eficiencia fotosintética, el objetivo básico del mejoramiento debe ser convertir la energía solar en productos útiles como aceites, proteínas, carbohidratos, etc. El aumento en la absorción de energía puede lograrse si se aumenta el área foliar, al respecto es necesario recordar que en asociaciones de cultivos adecuados se consigue un aumento del área foliar y, por ende, un aumento de la eficiencia fotosintética.

Se sabe que una planta puede llegar a tener un índice de área foliar (IAF) óptimo cuando el 95% de la energía lumínica enviada por el sol es captada por su follaje, asimismo, la planta puede llegar a tener un índice de área foliar máximo cuando la asimilación neta es cero y el espacio entre planta y planta es cubierto totalmente por el follaje de dichas plantas.

"Cuanto más artificial sea el sistema, menor será su estabilidad y resistencia (ante la sequía o el ataque de plagas, por ejemplo) y, por tanto, mayor deberá ser el aporte de los estímulos. Los agroecosistemas muy artificializados dependen mucho del hombre y si no se le adicionan los estímulos necesarios, en las cantidades y en los momentos determinados, la producción falla." (Brzovic, Lara y Leyton 1990).

La implementación de la agricultura ecológica

La agricultura ecológica, no sólo implica la realización de prácticas de producción donde la interacción e interdependencia armónica de factores como el suelo, plantas, animales, mano de obra y clima permiten conservar y potenciar los recursos y ciclos naturales. Una agricultura ecológica real, no está restringida sólo a los aspectos técnicos basados en la interacción y respeto entre el hombre y la naturaleza, sino que también debe basarse en la interacción y respeto mutuo con la humanidad en su conjunto, donde la justicia sea una de las metas principales. De ahí que también ésta debe ser social, cultural y económicamente apropiada y factible.

Tanto los programas de extensión de desarrollo rural que orientan a los agricultores al cambio hacia una agricultura ecológica, como los agricultores que quieren iniciarse por sí mismos, además de conocer los principios científicos y técnicos, deben también considerar y conocer el contexto en qué y cómo éstos pueden insertarse de la mejor manera en cada realidad social, económica y cultural.

La agricultura ecológica se diferencia de la agricultura químico-tecnificada, sustancialmente en aspectos varios relacionados en lo social, económico y ecológico; asimismo con respecto a otras formas de agricultura de explotación latifundista o ciertas formas de pequeña agricultura tradicional.

Aun cuando en muchos lugares de América Latina se practica una agricultura con un bajo o nulo uso de insumos químicos y un bajo nivel de mecanización --sobre todo en la preparación del suelo-- no siempre puede considerársela como ecológica. Si bien es cierto, se dan condiciones que favorecen y que facilitan el cambio hacia una agricultura ecológica, esto no debe llevar a confusiones ni a desvirtuar la propuesta agroecológica. La tradición agroexportadora en que se basan muchas economías de los países de América Latina y la demanda creciente de productos "orgánicos/ ecológicos/biológicos", etc. baratos y exportables a los mercados de Estados Unidos y Europa, en algunos casos, puede inducir a que se deje de lado importantes aspectos técnicos, sociales, culturales y económicos que hacen de la agricultura ecológica el eje de un desarrollo rural sostenible, verdadero y pasar a difundir una supuesta agricultura ecológica con el único fin de poder vender productos sin químicos "no contaminados", obteniéndose resultados coyunturales efímeros y dejando de lado el verdadero papel de la agricultura ecológica en el desarrollo rural.

Para el inicio de la agricultura ecológica, existen muchos aspectos favorables, especialmente a nivel de pequeña agricultura, sobretodo entre las culturas indígenas y mestizas se encuentran muchas formas de agricultura que podrían calificarse como ecológicas o muy afines a ésta. Muchas veces también encontramos una mezcla de técnicas aborígenes con técnicas provenientes del sistema extractivo colonial y de la agricultura químico-tecnificada. Todos estos modelos productivos son factibles de mejorar y potenciar con la finalidad de lograr mejoras productivas en la social y en lo económico, siempre y cuando los agricultores y comunidades locales aspiren a ello. Muchas de las experiencias exitosas de agricultura ecológica en latitudes tropicales se basan en el estudio y revaloración de los conocimientos existentes en la agricultura indígena y en la tradicional.

Agricultura tradicional latifundista	Pequeña agricultura tradicional
<ul style="list-style-type: none"> • Uso extensivo e injusto de tierras buenas y de agua que causan presión de la pequeña agricultura sobre tierras marginales y de protección • Sistemas de producción de plantaciones de monocultivos unilateralmente dependientes del mercado exterior, que generan una gran vulnerabilidad de las economías locales • Prácticas que causan degradación, deforestación, sobrepastoreo, monocultivo, quema • Condiciones sociales y económicas desfavorables para los trabajadores • Falta de integración y complementariedad entre los animales 	<ul style="list-style-type: none"> • Sobreuso, agotamiento de suelos y falta de tierras para una recuperación adecuada • Tendencia a monocultivo por la necesidad de alimentos energéticos (arroz, maíz, papas) • Falta de materia orgánica y cobertura del suelo por quema y sobrepastoreo de los campos agrícolas • Agricultura en zonas de pendientes y erosionables • Deterioro de áreas marginales del entorno, causado por sobreexplotación de la vegetación para combustibles y por el sobrepastoreo • Falta de la integración y complementariedad de animales y árboles con los cultivos

En la mayoría de los casos, el enfoque ecológico que se le da a la agricultura responde también a los valores de la cosmovisión ancestral, presentes aún en gran parte de la población rural de América Latina. Por ello, contrariamente a las formas de agricultura extractiva y rentista --impuestos a partir de la colonia-- y a la agricultura quimificada-mecanizada de paquetes tecnológicos, una agricultura ecológica también es culturalmente viable.

Para definir las estrategias que faciliten el cambio hacia la agricultura ecológica, tanto a nivel local como a nivel de unidades de producción, es importante conocer previamente qué factores podrían motivar una mayor disposición de los agricultores a adoptarla con más facilidad y cuál es el tipo de agricultor a quien puede serle más útil y conveniente.

A pesar de que en muchos países en desarrollo, la agricultura ecológica es técnicamente viable, para ser implantada a gran escala, encuentra mejor acogida entre los pequeños agricultores porque es una tecnología que funciona con los recursos y prácticas que ellos disponen. Por ello, cada vez más, organizaciones y programas de mejoramiento agrícola y de desarrollo rural convierten la agricultura ecológica en el eje central de su trabajo.

En consecuencia, la agricultura ecológica debe acertar en encontrar los puntos de partida favorables para su impulso. En este proceso debe buscarse potenciar los recursos y los conocimientos locales, para evitar que las ventajas que ofrece la agricultura ecológica, como base de una estrategia de desarrollo rural alternativo, sean desaprovechadas; ello no significa retroceder a prácticas de baja eficiencia.

Algunas prácticas de la agricultura indígena y tradicional afines

- Cultivos asociados y en rotación (biodiversidad y biomasa).
- Presencia significativa de leguminosas en los cultivos.
- No quema de rastrojos y de áreas deforestadas.
- Presencia significativa de biomasa en los sistemas de cultivos (cobertura del suelo y ciclo de nutrientes)
- Integración de cultivos anuales con cultivos perennes (árboles y arbustos).
- Baja o cero labranza.
- Regulación microclimática e hídrica, así como conservación de suelo y agua con vegetación y obras físicas.

La experiencia ha demostrado que los mayores avances en la difusión de la agricultura ecológica se alcanzan cuando existen estrategias y facilidades que lo permitan. Una adecuada capacitación y asistencia de parte de las mismas organizaciones de agricultores o de otros grupos de apoyo al desarrollo agrícola generan condiciones muy favorables. No es imposible que los agricultores se inicien por sí solos, ya que hacer agricultura ecológica no necesariamente significa algo difícil o complicado, pero el apoyo de las organizaciones involucradas en el proceso es ventajoso, siempre y cuando éstas, además de un buen dominio técnico, dispongan de un fundado conocimiento de estrategias y metodología que aseguren la adecuada implantación y desarrollo de la agricultura ecológica. Dado que muchas de estas organizaciones ya tienen programas con contenidos agroecológicos, pero que debido a la carencia de posibilidades de formación y estudio del tema, aún existen muy pocos recursos humanos con el dominio y conocimientos suficientes, de promoción dedicados a la agricultura ecológica hagan los esfuerzos necesarios para su autoformación.

En los países del Norte se dan casos en que se trabaja con agricultores dispersos, pero decididos por la agricultura ecológica, a veces sólo es suficiente la elaboración de un diseño y un plan de implantación con su respectivo seguimiento y asistencia técnica. En cambio, en los países en desarrollo las organizaciones que fomentan la agricultura ecológica, generalmente, tienen una cobertura local y regional amplia, lo que proporciona ventajas a la agricultura ecológica para tener un impacto mayor; por lo general, las actividades no sólo están limitadas a la asistencia técnica agrícola, éstas también se complementan con aspectos de reforestación, crédito, organización local, capacitación, comercialización, infraestructura comunal y servicios básicos diversos.

En estos programas de desarrollo rural se debe asegurar el interés y la participación de los agricultores. A la vez que deben atenderse diversas líneas de trabajo, lo que no siempre resulta sencillo. Dado que en la agricultura ecológica no es conveniente dar recetas, las prácticas a realizarse deben ajustarse a las particularidades locales, muchas veces diversas. Su implantación no sólo se dará basado en diseños de unidades productivas completas (que en algunos casos se justifican) que pueden recargar al agricultor con demasiadas cosas a la vez y que, además, pueden también generar una innecesaria diferenciación social y económica.

Condiciones favorables en la pequeña agricultura para la implantación de la agricultura ecológica

- Los agricultores pequeños dependen de su cosecha para su propio sustento y lo limitado de su extensión de tierra los obliga a aprovecharla óptimamente.
- Los pequeños agricultores producen más por área que los más grandes, mayormente aportan el abastecimiento local con los alimentos básicos, pero también contribuyen a la exportación, mientras la agricultura comercial en gran escala tiende a orientarse al mercado externo y de alta capacidad adquisitiva.
- Las tecnologías que dependen del uso de insumos y bienes de capital externos, que implican altos costos y muchas veces endeudamiento, no son aceptados en la actualidad, más bien son hoy cuestionadas y rechazadas donde antes fueron masivamente difundidos.
- La existencia de algunas prácticas tradicionales afines, pero en especial el conocimiento de un manejo diversificado, así como una mayor cercanía a los procesos biológicos.
- Necesidad y costumbre de cooperaciones mutuas, trabajo comunitario y mayor disposición a intercambiar conocimientos y tecnologías aprendidas, por ello, existe la posibilidad de una mayor difusión y socialización de la agricultura ecológica.

La implantación puede darse también basada en un desarrollo gradual y progresivo, logrando la adopción y práctica masiva de una o dos técnicas de impacto por año -por ejemplo asociar el maíz con abono verde o leguminosas de grano, pastorear en áreas limitadas, usar abono orgánico en papas, etc. Sin embargo, esta consideración no libera a las organizaciones que fomentan la agricultura ecológica el no saber realizar diseños completos y de concebir la unidad agrícola como un sistema a efectos de difundir este conocimiento entre los agricultores.

Lo señalado hace concluir que la implantación de la agricultura ecológica requiere de una metodología que no sólo se limita a los aspectos técnicos-productivos-agroecológicos, sino que también incluye consideraciones sociales, económicas y culturales. No existen recomendaciones rígidas y experiencias definitivas, pero lo que continúa en el resto de este capítulo podría ser una propuesta práctica aplicable, que no necesariamente pretende ser la única. Lo que se pretende es proporcionar una guía y ayuda a quienes se proponen implantar la agricultura ecológica. Por ello, es perfectible.

Diagnósticos participativos con la comunidad o el grupo

Los puntos de partida para iniciar la agricultura ecológica dentro de una comunidad o con un grupo de agricultores pueden ser diversos:

- Se encuentra un programa de desarrollo rural en una zona, y éste quiere iniciar o cambiar hacia la agricultura ecológica, generalmente por el interés de los responsables o técnicos del programa y no por el de los agricultores.

- Una organización de promoción de desarrollo rural desea iniciar su trabajo y para ello quiere seleccionar una zona apropiada.
- Una organización, comunidad o grupo de agricultores recurre, por propio interés, al programa u organización de desarrollo y promoción de la agricultura ecológica para obtener capacitación y asesoramiento porque sabe de las ventajas inherentes a la misma.

El último caso sería el más conveniente por la motivación que viene de los propios interesados, pero, de hecho, los primeros dos casos seguirán ocurriendo mientras la agricultura ecológica no sea más conocida y difundida. Sin embargo, no significa que se deje de lado el elemento de motivación e interés por parte de las organizaciones de desarrollo que, junto a la concientización sobre la importancia de la agricultura ecológica, son determinantes para el éxito en la promoción.

Mientras se mantenga la tendencia en la que el agricultor es el receptor de los conocimientos y no el sujeto y protagonista principal, el técnico y la organización de desarrollo cometen y seguirán cometiendo graves errores, lo cual lleva a que los agricultores vean el aporte, muchas veces bien intencionado de ellos, como algo totalmente ajeno. Esta perspectiva, por lo general, lleva también a “hacer un diagnóstico de la realidad” exclusivo para los técnicos y su organización y no para los campesinos. Estos diagnósticos y su organización y no para los campesinos. Estos diagnósticos son muchas veces engorrosos y por más que tratan de ser objetivos no lo logran. Mayormente se hace estos diagnósticos por lectura y observación (mapas, historias, datos estadísticos y topográficos, estudios, etc.) y por entrevistas y encuestas. Aunque estos últimos, cuando son abiertos generan menos sospechas y rechazo, ambos métodos deberían ser más bien complementarios. Los primeros, pueden proporcionar una base para el diálogo y discusión con los grupos o la comunidad como diagnóstico preliminar que genere información y sensibilización sobre la realidad, para el programa de desarrollo y los agricultores.

Con **metodologías de diagnósticos participativos** se puede obtener información más valiosa, exacta y rápida y, lo que es aún más importante, éstos generan conocimientos de la realidad y sensibilización sobre los problemas y propuestas alternativas para el programa de desarrollo y los agricultores. Para estos diagnósticos participativos rápidos, se puede combinar el método de **recorrido de la comunidad** con miembros o dirigentes del grupo, en la que éstos y las diferentes familias a visitar señalen los aspectos de su mayor interés en cuanto a problemas, proporcionan la información, e incluso, ellos mismos señalan las posibles soluciones (croquis con caseríos, sistema de riego, infraestructura de caminos comunales, medidas contra la erosión y pérdida de fertilidad, sistemas de cultivo y crianzas, fuentes de leña, presentación general de la topografía, bondades y limitaciones de los suelos y la vegetación, etc.). Desde una visión agroecológica y para comprender los sistemas de producción se pueden considerar además aspectos como los señalados en el cuadro de la página 132. Estos recorridos o trayectos no deben ser superficiales y sólo tocar puntos cerca a los caminos, visitar a los agricultores de mejor condición, obviar la conservación con mujeres, etc.

La elaboración de un croquis de toda el área de sus diferentes partes por los mismos agricultores, en los cuales se pueden indicar los diferentes detalles que proporcionan

o resaltan la información, son muy útiles y motivadores. La complementación del recorrido de la comunidad, que generalmente aún no permite un conocimiento, sensibilización y motivación suficiente, puede ser logrado con el **censo de problemas**. Este funciona mejor si se trabaja por grupos (ejemplo: hombres, mujeres, jóvenes, agricultores seleccionados por tipo o tamaño de producción, dirigentes, etc.). En una primera parte de la reunión por grupos pueden señalarse los principales problemas, agrupándolos con símbolos dibujados sobre el papelógrafo o pegados en la pared, por ejemplo: falta de agua, una tinaja rajada y en la segunda parte se puede hacer un análisis detallado de cada uno de los problemas según su importancia --qué, dónde, cómo, por qué, implicaciones, relación con otros problemas, etc.--. Esta segunda parte también comprende la discusión sobre las formas en las que se ha intentado resolver estos problemas y qué resultados se han obtenido --pros y contras--.

La discusión sobre los problemas y posibles soluciones puede ser facilitada con la ayuda de diapositivas o afiches de realidades similares y a lo mejor, visitas de agricultores en otros lugares que puedan mostrar experiencias y testimonios prácticos, útiles para facilitar la solución. Recién cuando el facilitador está seguro que hay un verdadero interés en ello puede facilitar propuestas que realmente encajen en la situación. En todo ello es importante que él o los facilitadores escuchen y no influyeran demasiado con sus propias opiniones y propuestas prematuras. Basados en esta metodología y al seguimiento de sus resultados en reuniones o visitas posteriores se puede definir los pasos respectivos para la implantación de la agricultura ecológica, como los ya señalados, generalmente, no deben ser varios a la vez y deben tener un impacto efectivo a corto plazo.

Capacitación e intercambio

El conocimiento más detallado de la comunidad o del grupo permite identificar a los agricultores dispuestos a la implantación de la agricultura ecológica en sus unidades agrícolas. En algunos casos no se tratará de unidades individuales sino de unidades productivas comunales o cooperativas o parte de éstas, pero la generalidad será de agricultores individuales. Antes de que nuevamente la organización de desarrollo o el técnico procedan a "asesorar" al agricultor y a definir para él los pasos a seguir en la implantación de la agricultura ecológica, es importante posibilitar formas adecuadas de información y capacitación para los agricultores. Para ello es muy importante evitar los métodos expositivos y escolásticos de aula muy generalizados con la connotación de "transferencia tecnológica". Estos, generalmente por lo abstracto y teórico, son aburridos y en vez de generar autoconfianza y capacidad creativa, generan lo contrario.

Más eficientes resultan los métodos menos expositivos, como son los talleres participativos, visitas guiadas, intercambio de experiencias, etc. Se sobreentiende que bajo esta modalidad también el técnico aprende del campesino, aunque muchas veces no se considera necesario.

Resulta muy interesante la aplicación de la metodología "Campesino a Campesino" ya bastante difundida en Centroamérica. Este consiste en que se facilite y se conozcan las experiencias logradas entre los campesinos en sus propias unidades. Los conocimientos deben ser transmitidos de "campesinos a campesinos" y no sólo de "técnicos

a campesinos". Si es posible se debe facilitar que los capacitados permanezcan, durante algún tiempo, junto a quien comparte esta experiencia (Ver anexo).

Por supuesto, esta forma de intercambio y capacitación requiere la existencia de experiencias prácticas replicables, factibles de visitar y de permanecer en ellas, lo cual es raro en un programa de promoción de agricultura ecológica que recién se inicia. Sin embargo, en muchos casos, los procesos de intercambio pueden iniciarse a partir de visitas de aprendizaje de ciertas prácticas de agricultura tradicional o prácticas afines a la agricultura ecológica desarrollada por agricultores innovadores. Sin embargo, sólo la progresiva generación de suficientes experiencias junto a la ubicación y formación de líderes y promotores campesinos que conduzcan estas experiencias puede garantizar un intercambio y capacitación "campesino a campesino" en forma masiva y efectiva.

Generación de experiencias exitosas

En un principio resulta importante no limitarse a una sola metodología. Es importante evaluar los pros y los contras de cada caso de acuerdo con el contexto socioeconómico y ecológico y en lo posible, optar por una combinación de metodologías. Lo cierto es que la promoción tecnológica campesina, cualquier experiencia práctica es mejor que abarcar el tema sólo con cursillos y folletos como en muchos casos se hace.

Las formas más conocidas de generación de experiencias y de aplicación de la agricultura ecológica son las siguientes

- Implantación de diseños completos en las unidades productivas campesinas a corto y mediano plazo, conducidos por la familia de los líderes o promotores campesinos.¹
- Implantación de una o varias prácticas de la agricultura ecológica con la perspectiva de llegar poco a poco al diseño y puesta en práctica de sistemas completos.
- Diseños implantados a nivel de unidades comunales o cooperativas, que no reflejan necesariamente las condiciones de pequeñas unidades de producción.
- Diseños que simulan la realidad campesina, implantados en un terreno de la institución de desarrollo o de una comunidad, grupo o cooperativa, conducidas por la organización de desarrollo con o sin la participación de los agricultores.

La implantación completa de la agricultura ecológica en forma masiva no es tarea fácil, más aún, si se quiere lograr que el sistema productivo considere el conjunto de las prácticas tecnológicas productivas deseables y apropiadas a las condiciones del caso. Sin embargo, para los fines de capacitación e intercambio la existencia de algunas experiencias completas replicables a la realidad local es importante. Por lo general, los campesinos no siempre se prestan a una implantación completa y prefieren probar y avanzar poco a poco en ello porque no están en condiciones de arriesgar lo poco que tienen y por lo general no aspiran a un cambio e incremento productivo radical que desde el punto de vista metodológico tampoco es conveniente.

¹ *Teniendo cuidado que los conductores no la consideren como algo ajeno o paternalista y que no se genere una diferenciación que produce el rechazo del resto de la comunidad*

Una masificación se dará con mayor probabilidad sobre la base de la implantación de pocas y determinadas técnicas preferidas por los mismos agricultores. En el libro *Dos Mazorcas de Maíz* (Rolando Bunch, 1984), que es un excelente y sencillo manual práctico para la metodología y difusión de la agricultura alternativa, Rolando Bunch fundamenta de manera detallada las razones para ello. Sin embargo, la implantación gradual o masiva, aunque genera resultados efectivos² no se dará de manera espontánea y gratuita.

Para que estas técnicas sean adecuadamente escogidas se requiere, por lo menos, que los integrantes del programa de promoción y algunos líderes locales conozcan los principios y prácticas de la agricultura ecológica, que tengan la capacidad de concebir la unidad agrícola como un sistema y poder visualizar cómo las diferentes mejoras van a conducir a un sistema productivos agroecológico completo. Por lo tanto, para cualesquiera de las formas de generación de experiencias prácticas replicables y su difusión, es importante la capacidad de poder diagnosticar la realidad de una unidad productiva, de diseñar y planificar su implantación y desarrollo. Es muy importante que las alternativas a las necesidades de los agricultores sean implantadas gradualmente, pero a la vez con continuidad para evitar llegar a un estancamiento que puede hacer perder los avances logrados y sus ventajas.

Diagnósticos y planes de implantación de unidades agrícolas

Bajo las mismas consideraciones, señaladas anteriormente, un trabajo serio de planificación de la unidad agrícola también requiere un diagnóstico a realizarse con el agricultor y su familia. Este debe partir del diagnóstico del contexto más general arriba señalado. Básicamente, puede considerar los aspectos metodológicos del diagnóstico general, por lo que es también posible su rápida realización.

Sin embargo, es importante que la familia o grupo conductor estén conscientes de los alcances que pueda tener la decisión de implantar la agricultura ecológica. La elaboración y discusión conjunta del diagnóstico participativo llevará a la definición de las mejoras y a su implantación.

Para este diagnóstico se preferirá utilizar prácticas de campo sencillas que permitirán aproximarse a la realidad ---calicatas, pH metro, etc.--, también se pueden usar informaciones de fuentes secundarias existentes; muchas evaluaciones podrán hacerse mediante una inspección ocular, pero también en este caso son muy importantes las informaciones, opiniones y aspiraciones de los conductores de la unidad (ver cuadro página 132). También es importante que este diagnóstico sea hecho con un enfoque agroecológico y tener en cuenta que se trata de conseguir la información básica para un diseño y plan de implantación de la agricultura ecológica.

No se trata de realizar un estudio largo y profundo que resulte en un esfuerzo innecesario y tedioso para todos. Al igual que para el caso de los diagnósticos generales y de grupo, también en este caso se debe facilitar que el mismo agricultor tome sus decisiones y no el técnico o el promotor. Esta decisión sobre la implantación

² Centrarse en la difusión de una o dos tecnologías por año de interés general --ejemplo, la asociación de maíz con un abono verde o la no-quema de residuos de cosecha-- y a nivel de toda una zona o comunidad requiere mucho menos esfuerzo y tendrá más impacto productivo, que lograr que tres campesinos cambien en sus fincas de manera completa a la agricultura ecológica.

gradual o total estará en función de las necesidades, deseo, vocación, habilidad y conocimiento del agricultor de las prácticas de la agricultura ecológica.

La destreza y conocimientos del técnico son importantes en la elaboración e implantación. Si no se tiene el suficiente conocimiento para diseñar, implantar y manejar un sistema en su totalidad, entonces es mejor definir la implantación previa de sólo algunos determinados elementos o prácticas que pueden ser adoptadas en forma gradual y progresiva y, que en el proceso contribuyen a afianzar la destreza en el manejo de las prácticas de la agricultura ecológica.

Los diseños y planes de implantación, adecuadamente elaborados, poseen la flexibilidad necesaria para lograr un sistema de producción eficiente y sostenible que optimice el uso de los recursos disponibles, en un sistema lo más cerrado posible, con un bajo nivel de uso de insumos externos, con un menor costo de producción, con una menor dependencia de las políticas agrarias oficiales y de asistencia técnica y, por lo tanto, menos vulnerable a las adversidades del clima y del mercado. Este sistema deberá ofrecer reales posibilidades de desarrollo a las familias rurales, no sólo por razones de justicia social, sino también por la creciente necesidad de producir alimentos a bajo costo en cantidad y calidad para todos los agricultores y consumidores pobres.

Se deberá tener en cuenta que cada localidad, cada unidad de producción, cada grupo social y/o familiar son realidades diferentes, lo que implica que cada diseño y plan de implantación debe estar en función a estas características.

Basados en la información del diagnóstico, de la vocación de la unidad productiva y del agricultor se determinarán los elementos de los sistemas a implantar --cultivos, crianzas, infraestructura, mecanismos de mercadeo, transformación, etc.--. Para ello es importante hacerse las siguientes interrogantes:

- ¿Se cuenta con un uso y/o mercado para los productos a obtener de la unidad y sirven éstos de base para lograr los beneficios económicos requeridos?
- ¿Son los cultivos y crianzas adecuados a las condiciones agroecológicas de la unidad?
- ¿Puede el sistema con sus cultivos y/o crianzas (eventualmente comercialización y otros) ser manejado con conocimientos y tecnologías disponibles; pueden hacerse pequeños cambios en él, no significará esto manejar demasiada complejidad y demasiados cambios a la vez?
- ¿Existe la suficiente disponibilidad de la familia o grupo para dedicarse a manejar el sistema; no se incrementará el trabajo por encima de lo usual?
- ¿Considera el sistema suficientemente las necesidades de cultura y costumbres locales?
- ¿Puede lograrse una fertilidad sostenida con un bajo o nulo uso de insumos externos con las especies consideradas para el sistema de cultivos y/o crianzas elegidas?
- ¿Se aportan o movilizan con estos cultivos y crianzas la cantidad de nutrientes requeridos?
- ¿Logrará el sistema mantener o disminuir los requerimientos de labranza?

Aspectos a considerar en el diagnóstico de la unidad agrícola

Generales: Motivos, expectativas y disposición para la implantación de la agricultura ecológica o prácticas de ella.

Físicos: Estructura y pendiente del suelo y su daño por la erosión, degradación y compactación del suelo, etc. Disponibilidad hídrica y deficiencia en el manejo. Clima y condiciones meteorológicas extremas (heladas, vientos, etc.). Regulación y disponibilidad hídrica del suelo y alteraciones por inundaciones, drenaje pobre, exceso de agua, evapotranspiración, etc.

Químicos: Capacidad de intercambio catiónico y factores limitantes (falta de complejos húmicos, tipo de arcilla, etc.). Nutrientes totales, solubles y deficiencias. Pérdida de nutrientes (por quema, mal riego, erosión, etc.); pH y limitantes (alcalinidad y acidez); salinidad; toxicidad por aluminio y manganeso o elementos contaminantes (relaves, agroquímicos, etc.).

Biológicos: Grado de actividad biológica del suelo y sus alteraciones (reducida actividad microbiana, presencia de nemátodos y otros patógenos, falta de biomasa y reciclaje, alteraciones por monocultivo, etc.). Presencia de biomasa vegetal dentro y sobre el suelo y su aporte al reciclaje de la materia orgánica y de la productividad, así como los limitantes (compactación del suelo, falta de cobertura del suelo, desaprovechamiento del espacio aéreo y del suelo, degradación de la biomasa por quema y sobrepastoreo, etc.). Grado de equilibrio biológico en cultivos y crianzas (predadores naturales, desplazamiento de malezas por competencia, etc.) y aquéllos que limitan este equilibrio (plagas, enfermedades, monocultivo, uso de agroquímicos, falta de actividad biológica del suelo, alteraciones ecológicas del entorno, etc.). Recursos de germoplasma --animales y vegetales-- y su incidencia sobre los sistemas productivos y factores que reducen la presencia de germoplasma apropiado (erosión genética). Diversidad, interrelación e interacción de los cultivos, crianza y otros recursos biológicos entre sí: asociaciones y rotaciones de cultivos, integración de árboles y arbustos, integración de las crianzas.

Económicos: Inventario de los recursos naturales, su potencialidad y aptitud productiva. Flujo de insumos (internos/externos), disponibilidad y calificación de la mano de obra, infraestructura, herramientas y equipos. Autoconsumo, comercialización y transformación. Apoyo crediticio y cargas financieras. Demanda, precios e intercambio. Niveles de producción y productividad, ingresos y beneficios.

- ¿Puede lograrse con el sistema un control eficaz de las malezas?
- ¿Se logra un balance entre el nivel de producción y la conservación física, química y biológica del suelo?
- ¿Permite el sistema lograr y mantener una regulación eficiente de plagas y enfermedades?
- ¿Posibilitará el sistema propuesto el aprovechamiento, conservación y regulación de agua disponible?

- ¿Se podrá implantar el sistema sin enfrentar exigencias altas en inversión económica y estará ésta en relación con los beneficios que deben obtenerse?
- ¿Existe una diversidad suficiente de cultivos para reducir los riesgos y alcanzar, en consecuencias, una mejor rentabilidad?

No necesariamente todos los diseños a implantarse cumplirán con los requerimientos señalados en las interrogantes, pero el cumplimiento de la mayoría de ellos ayudará al establecimiento de un sistema sostenible y eficiente. Un diseño y plan de implantación, generalmente tiene como eje un plan de rotación.³ Para esto, se dividen las áreas con aptitud agrícola en tamaños semejantes para un número determinado de años. Para lograr un mejor efecto de la rotación, se recomienda planificar un plan para un tiempo no menor de 5 ó 6 años. Normalmente, el número de divisiones de áreas agrícolas debe coincidir con el número de años y, en lo posible, buscar que sean números pares. La división de las áreas agrícolas en tamaños semejantes para el plan de rotación permite tener volúmenes de producción aproximadamente iguales para cada año y, con ello, se logra un abastecimiento homogéneo de los requerimientos de la familia --autoconsumo-- y de los animales, además de una disminución de los riesgos frente a las fluctuaciones del mercado (ver el plan de la página siguiente).

En el plan de rotación deberá tenerse especial cuidado en lograr el incremento y mantenimiento de la fertilidad --balance de nutrientes--. Especialmente, en el trópico es necesario considerar que los abonos animales no tienen la misma disponibilidad y eficiencia que en climas templados, por lo que la inclusión en el plan de rotación de los restos de cosecha y de los abonos verdes es de mucha importancia. En relación con ello es importante hacer una proyección que permita estimar, entre otros, la cantidad de biomasa vegetal a reciclarse en el campo, el nitrógeno fijado por las leguminosas, los abonos animales --solos y combinados con rastrojos-- disponibles para los campos y la complementariedad entre estas fuentes.

La inclusión de cercos productivos conformados por árboles y arbustos en el diseño ayudan también a movilizar los nutrientes y hacer más productivo y sostenible el sistema, si se escogen adecuadamente las especies y variedades (ver capítulo sobre sistemas agroforestales). Para ello, debe tenerse muy en cuenta las consideraciones sobre distanciamientos --competencia por desarrollo radicular y luz, podas, etc.--, efectos contra la erosión --formación lenta de terrazas--, etc.

La carga animal y el tipo de crianza debe estar en función del potencial de la unidad productiva, la que a su vez corresponde a las condiciones agroecológicas de la zona. Para la producción permanente de forrajes --ver los capítulos de crianza ecológica y sistemas agroforestales-- deberá aprovecharse principalmente áreas no aptas para cultivos anuales, sin embargo, algunos forrajes como mezclas forrajeras, pueden ser cultivados como cabecera de rotación dentro del plan de cultivos donde contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo. Además, en algunos casos, para calcular la capacidad de carga animal, se pueden considerar partes o el íntegro de las cosechas de los

³ Ello es válido para la mayoría de los casos, sin embargo, en las plantaciones perennes como: frutales, café, té, etc. ello varía, pero como ya se ha indicado en el capítulo sobre rotación y asociaciones, crianza ecológica y sistemas agroforestales, también éstos en lo fundamental deben responder a los mismos criterios de diversidad, movilización de nutrientes y generación de biomasa que sustentan el uso de la rotación de cultivos.

cultivos anuales --ejemplo: granos, raíces y tubérculos--. También los cercos productivos --forraje y frutos-- pueden aportar a la capacidad de carga animal.

En función del área disponible y de la aptitud del suelo, podrá considerarse áreas de bosque que proporcionan múltiples beneficios en el microclima, sirven de refugio ecológico, proporcionan leña, madera de construcción, conservación de la diversidad de especies, agua, suelo, etc. Estos beneficios mayormente inciden en toda la unidad de producción o el sistema y son muy difíciles de cuantificar en términos monetarios.

Todo el diseño parte de un reordenamiento en el que se protege el suelo a la vez que se le da un uso más apropiado e intensivo, se planifica una mejora de los caminos internos, que facilitan los flujos de energía --trabajo, tracción, transporte, operaciones de cosecha y poscosecha, entre otros--. En el diseño, la ubicación de las áreas productivas será planificada considerando la ubicación y mejoramiento de la vivienda, almacenaje, corrales, infraestructura de riego, etc.

Un punto importante para la elaboración e implantación del diseño, es considerar la disponibilidad de maquinarias, mano de obra, herramientas, animales y recursos en general que hagan viable el diseño, especialmente en el caso de pequeños agricultores. En lo posible, la adecuación y mejoramiento de infraestructura y de equipos debe ser al más bajo costo, para que sea replicable y asequible por la mayoría de los pequeños agricultores.

Finalmente es importante estimar la rentabilidad del diseño, para ello es necesario hacer los cálculos de producción y productividad, costos de producción, ingresos y utilidad. La realización de estos cálculos nos dará un estimado de la rentabilidad y posible éxito del diseño.

	1992				1993				1994				1995				1996				1997				1998				1999							
	I				II				III				IV				V				VI				VII				VIII							
	E	A	J	O	E	A	J	O	E	A	J	O	E	A	J	O	E	A	J	O	E	A	J	O	E	A	J	O	E	A	J	O	E	A	J	O
1																		p	p	a	c	c	m	m	h	h	m	m	f	f	p	p				
2	f	f	p	p																		p	p	a	c	c	m	m	h	h	m	m				
3	h	h	m	m	f	f	p	p																		p	p	a	c	c	m	m				
4	c	c	m	m	h	h	m	m	f	f	p	p																		p	p	a				
5		p	p	a	c	c	m	m	h	h	m	m	F	f	p	p																				
6						p	p	a	c	c	m	m	H	h	m	m	f	f	p	p																
7										p	p	a	C	c	m	m	h	h	m	m	f	f	p	p												
8														p	p	a	c	c	m	m	h	h	m	m	f	f	p	p								

alfalfa

- p papa + vicia y/o haba
- c cebada/trigo + trébol carretilla (cobertura)
- m maíz + frijol + calabaza
- h zanahoria + hortalizas
- f vicia y/o avena (forraje)
- a vacia (abono verde)

Un comercio con ventajas para el agricultor

Los pequeños productores de América Latina a pesar de los bajos precios de los productos agrícolas, de sus pequeñas extensiones agrícolas, de su baja capacidad económica, de la liberalización de los mercados del Sur y la consiguiente importación de productos agrícolas --producidos y subsidiados por países del norte--. Que se venden a precios "dumping", entre otras adversidades, demuestran su capacidad de subsistir y su potencial porque, además aportan gran parte de los alimentos que se consumen en los mercados internos, e incluso muchos producen también para los mercados externos.

A pesar de las desventajas en que se desenvuelve la pequeña agricultura, ésta demuestra su capacidad y competencia frente a unidades de mayor escala manejadas con prácticas empleadas en la pequeña agricultura son extractivas y degradadoras de recursos. Una de las razones por las que este tipo de agricultura compite y todavía sobrevive, es su bajo costo de producción y por el bajo o muchas veces nulo uso de insumos externos y su extenso empleo de mano de obra familiar o local. Sin embargo, la degradación y el agotamiento de los recursos naturales locales, evidencian la necesidad de fomentar masivamente la agricultura ecológica en éstas condiciones.

El fomento de la agricultura ecológica en los países industrializados, muchas veces se ha basado en el sobreprecio que los consumidores están dispuestos a pagar, esto era también una forma de compensar a los agricultores que optaban por la agricultura ecológica por la falta de subsidios que se beneficiaban --y benefician hasta ahora, aunque cada vez menos-- a los agricultores convencionales. Por otro lado, en estas condiciones, el sobreprecio se justifica porque se incrementa la mano de obra de alto costo en estos países, al mismo tiempo diversos estudios realizados reportan ventajas económicas comparativas mayores para las unidades de agricultura ecológica al mismo nivel de precios. Por otro lado, también existen consumidores que demandan productos sanos, de mayor calidad, nutritivos y sin contaminantes y que muchos consideran que una inversión en la salud no escatima precios.

El hecho de que exista la posibilidad de conseguir un plus en el precio de los productos ecológicos, no deben llevar a la idea equivocada de que ésta es la ventaja principal de la agricultura ecológica y la que sustenta su viabilidad. En América Latina, --con agricultura ecológica-- es posible producir con mayor eficiencia y menores costos aun en condiciones de pequeña agricultura. Diversas experiencias locales confirman que es posible lograr una demanda y valoración de éstos productos si son diferenciados por el consumidor y vendidos a un nivel de precios razonables. Esto de por sí puede aprovecharse como un estímulo para el fomento de la agricultura ecológica. El fomento y la práctica de la agricultura ecológica en América Latina tienen el deber de producir alimentos en cantidad y calidad para toda la población; la calidad de los alimentos no implica, de ninguna manera, la elitización del consumo.

Potencial de los mercados internos y de exportación

Contrariamente a lo que muchas veces se cree, diversas experiencias también demuestran la facilidad de conseguir un plus y mejoras alentadoras en los precios y condiciones de los mercados internos, hoy en día, el desarrollo de un mercado local

de productos ecológicos en los países latinoamericanos es posible y viable. Algunas experiencias son significativas como la organización de ferias o repartos de pedidos directos a los consumidores por los mismos productores; de ellos se tienen diversos ejemplos: en Brasil por la Asociación de Agricultura Orgánica y el Instituto Biodinámico, productores y asociaciones diversas en Argentina, Chile, Ecuador, Costa Rica, Guatemala, Perú, etc., demuestran que sí es posible desarrollar el mercado local, con la participación de pequeños agricultores ecológicos.

Es muy interesante también la gran proliferación de tiendas naturistas en las ciudades más grandes de los diversos países latinoamericanos. Sin duda alguna, éstas representan un potencial todavía no aprovechado, ya que es casi seguro que en ninguna de estas tiendas se encuentran productos ecológico-orgánicos. Estas tiendas muchas veces son abastecidas por pequeñas empresas con experiencia y capacidad instalada en la transformación a pequeña escala, lo cual constituye una fuerza base para orientar la transformación y mercadeo de los productos ecológicos. A ello hay que sumarle que últimamente se vienen abriendo restaurantes que utilizan ingredientes provenientes de la agricultura ecológica. Entonces, el hecho de que la mayor parte de los productos ecológicos se comercializan en el mercado interno exige una mayor atención, conocimiento y desarrollo del potencial de este mercado.

La existencia de un plus en el sobreprecio, en promedio entre 20 y 30 por ciento, ha generado que hoy en Latinoamérica, a veces se deje de lado el verdadero sentido del fomento de la agricultura ecológica que es el de servir de eje para un desarrollo rural sostenible, donde los principales beneficiarios sean los pequeños agricultores y los consumidores más pobre, que son las dos grandes mayorías en América Latina. Un factor importante de la economía de exportación de productos agrícolas es que sólo aprovechan determinadas ventajas comparativas estáticas, las cuales siempre tienden a disminuir fuertemente con la caída de los precios internacionales de los productos --el caso del algodón, café, caña de azúcar, cacao, banano, son algunos ejemplos--. Este modo pasivo de integración mundial general en el tiempo una desigualdad creciente entre la productividad de los países del sur y del norte. Sin embargo, sería utópico pensar que sólo debe considerarse el mercado interno, es posible combinar una producción para el mercado interno y el de exportación, si es que se toma en cuenta la posibilidad de aprovechar las ventajas agroecológicas para la producción de determinados cultivos que poseen un atractivo mercado externo; además, son muchos los pequeños agricultores y empresas cooperativas, asociaciones diversas, que dependen de esta actividad. La agricultura ecológica ofrece una alternativa a la tendencia tradicional de la producción en plantaciones en monocultivo, al lograr una diversificación que permita atender el autoconsumo, mercado interno y la posibilidad del mercado externo.

La necesidad de la diversificación de la agricultura ecológica, puede ser aprovechada por los pequeños agricultores para incluir algunas especies que pueden ser vendidas en el mercado externo y a su vez puedan servir como una fuente de ingresos monetarios estables y seguros. Para lograr estas condiciones es importante aprovechar los mecanismos existentes que intervienen en la certificación, comercio y asistencia técnica, para la producción ecológica y las ventajas que ofrecen las organizaciones que promueven el intercambio justo. Sin embargo, ello requiere tomar en cuenta las

especificaciones socioeconómicas y ecológicas locales y una adecuada coordinación entre las organizaciones de agricultura ecológica en Latinoamérica.

La certificación

Para que el consumidor tenga la garantía necesaria para diferenciar un producto ecológico del convencional, a la vez que el agricultor obtenga los beneficios económicos, especialmente en los casos en que el consumidor desconoce al agricultor o la unidad agrícola del cual proviene los productos ecológicos, se hace necesario tener un sistema confiable y adecuado a las condiciones locales.

La certificación que hoy se practica a nivel mundial, es la aprobación de las formas de producción que se aplican en las unidades productivas e igualmente a los niveles de almacenamiento y transformación. Los productos provenientes de los sistemas de producción y/o manejo certificados pueden llevar un sello de calidad, otorgado por diversas organizaciones de certificación. Estas organizaciones deben ser independientes de los intereses de los productores, comerciantes y/o transformadores.

La certificación busca determinar si el sistema de producción y su implantación se ajustan a determinadas normas de producción; para dar un marco referencial y de guía en el establecimiento y ajuste de estas normas, la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica --IFOAM-- cuenta con normas básicas. Además, IFOAM para posibilitar que los organismos de certificación puedan mantener o lograr su credibilidad, tiene un programa de acreditación que garantiza que las certificadoras que se sometan a este programa estén considerando realmente las normas básicas de IFOAM, que son considerados el patrón internacional. En la actualidad la Unión Europea también cuenta con oficinas de acreditación y esa misma situación se da en países como: EE.UU., Canadá, Japón, etc.

En América Latina, existen pocas organizaciones de certificación. La mayor parte de esta actividad es realizada por diversas organizaciones de países del norte, lo que eleva los costos de certificación. Además, la falta de normas específicas a las condiciones agroecológicas y socioeconómicas de la región y/o país sumado muchas veces a la falta de una cooperación con las organizaciones de fomento de los respectivos países, trae consigo que se puedan cometer errores en la certificación, lo cual no se asegura que el sistema de producción alcance sostenibilidad y eficiencia.

Actualmente en Latinoamérica varias organizaciones como en el caso de Argentina, Brasil, Chile, Perú y Nicaragua ya cuentan con estructuras de certificación y algunos también con normas. Es importante desplegar mayores esfuerzos en ello y tomar en cuenta consideraciones como las siguientes:

- La agricultura ecológica debe aprovechar su ventaja de poder ser competitiva basada en el uso eficiente de los recursos locales.
- Los respectivos sistemas productivos deben responder a los principios de diversidad, integridad, sostenibilidad y eficiencia, tan importantes por razones socioeconómicas y ecológicas, especialmente en las latitudes tropicales.
- No se debe olvidar la magnitud del problema de la degradación y el colapso de los agroecosistemas en muchas partes de América Latina y sus consecuencias.

- Se debe tener en cuenta que, en la mayoría de los países latinoamericanos, la agricultura --no sólo la convencional moderna, sino también muchas formas de la agricultura campesina tradicional-- por su carácter extractivo y degradante es la actividad económica de mayor deterioro ambiental y de recursos, lo cual tiene una reacción directa con los niveles de pobreza, desnutrición, migración. etc.
- La relación de confianza entre el inspector y el productor debe ser lo más transparente posible, sólo la ética asegura una certificación seria.

La agricultura ecológica en América Latina

Cada vez más organizaciones y personas dedicadas al desarrollo rural en América Latina, vienen constando que los grandes y graves problemas en cuanto a la reducción de los niveles de producción, pérdida de la autosuficiencia alimentaria, el incremento de pobreza de la población rural y la migración hacia las grandes urbes, el resquebrajamiento de las estructuras sociales, entre otras, no sólo son consecuencias de la injusticia social interna y de las relaciones injustas de intercambio internacional, sino que también tienen su origen en equivocados modelos tecnológicos de producción, mayormente introducidos de otras realidades, y que responden más a condiciones de climas templados que corresponden a la mayor parte de los países industrializados.

En la época colonial se sentó las bases para una visión extractiva y rentista, hoy en día, con el actual modelo de desarrollo que continúa esa tendencia, la situación se ha agravado produciendo un impacto negativo muy fuerte sobre los recursos naturales. El actual modelo ha generado una alta dependencia de insumos externos y un alto costo e intensidad energética --fertilizantes, pesticidas, mecanización, semillas mejoradas y capital--. Este modelo elimina la posibilidad de un aprovechamiento apropiado y óptimo de los recursos locales disponibles, incluido los humanos.

La catástrofe ocasionada en las áreas rurales, especialmente en zonas tropicales y subtropicales es evidentes. Ello se expresa en la destrucción de los recursos naturales, en la erosión y pérdida de la fertilidad natural del suelo, la aparición excesiva de plagas y enfermedades, en la alteración y colapso de los ciclos hídricos, así como en la reducción alarmante de volúmenes de biomasa y de la diversidad biológica. Sin duda alguna, se podría afirmar que en América Latina la actividad económica de mayor destrucción de los recursos naturales --la base para la subsistencia y el desarrollo de los pueblos-- es la actividad agropecuaria.

Por otro lado, muchas experiencias realizadas en América Latina, especialmente en condiciones de pequeña agricultura, demuestran que existen diversas prácticas alternativas que hacen viable la propuesta de la agricultura ecológica; en general, muchas experiencias ya implantadas de agricultura ecológica ya lo confirman. Estudios bien fundados comprueban que los sistemas campesinos tradicionales, afines a los criterios agroecológicos, presentan bajos costos y a la larga son más productivos que los sistemas convencionales extractivos, o los convencionales modernos basados en un alto uso de insumos externos.

Los altos costos del modelo convencional de producción hacen inviable su posterior difusión y adopción. Bajo esta realidad es impostergable fomentar la agricultura ecológica basada en un uso más apropiado de los recursos locales, humanos y naturales. En las condiciones de América Latina, la agricultura ecológica, entre otras ventajas, por su bajo o nulo uso de insumos externos, ofrece buenas perspectivas desde el punto de vista económico.

No obstante, que las organizaciones y personas ligadas al desarrollo rural vienen comprobando que el modelo convencional está agotado, éstas enfrentan serias

limitaciones para proponer y viabilizar propuestas alternativas, ya que por lo general, la formación técnica recibida no responde a las condiciones reales donde se desarrolla la mayor parte de la agricultura en América Latina. Ello indica para que los técnicos y otros profesionales que trabajen en el desarrollo rural no cuenten con los conocimientos apropiados, técnicos y metodológicos, para acercarse y comprender la realidad de los pequeños agricultores con el fin de elaborar propuestas acorde con la realidad, participando y decidiendo con los agricultores. Por mucha voluntad que exista, el haber sido formados en la racionalidad del mundo industrializado implica limitaciones que, a veces llevan a pensar que para tecnificar las actividades las actividades agropecuarias es imprescindible un gran uso de capital y de recursos externos, los cuales no están al alcance del agricultor y que hacen imposible llevarla a la práctica.

Se requiere urgentemente fomentar e implantar formas de producción sostenibles, que preserven los recursos, a la vez que sean eficientes y competitivas. Sin duda alguna, ello exige un conocimiento fundado de la agricultura ecológica. El conocimiento superficial o parcial de ésta produce, en el tiempo, frustración en los técnicos y hasta abandono de la misma a consecuencia del fracaso en la implantación y sus resultados y el consiguiente rechazo de parte de los agricultores.

El poco conocimiento de la propuesta puede superarse, pero ello exige un proceso de autocapacitación, basado en la bibliografía existente, visitas e intercambios de experiencias exitosas; sin embargo, ello no es fácil de lograr si es que no se cuenta con la suficiente capacidad y humildad para reconocer nuestras limitaciones.

La existencia de muchas iniciativas y experiencias exitosas en América Latina ha originado una corriente favorable a la complementariedad, intercambio e interacción; por ejemplo, de las acciones organizadas y coordinadas a nivel de la región, resulta la organización de movimientos que se expresan en la formación de redes, coordinadoras, mesas de trabajo y consorcios en los diversos países, muchas de estas organizaciones prestan apoyo de capacitación, asesoría, información y difusión escrita, etc. Algunas de éstas ya se encuentran bastante consolidadas, pero su especial importancia estriba en el considerable contingente de organizaciones e individuos que agrupa y que representan un potencial para plasmar la agricultura ecológica en experiencias prácticas replicables y de significativo impacto en el desarrollo rural latinoamericano. Por ello, es importante que el movimiento pueda lograr que sus integrantes, basados en el principio de complementariedad, interacción y apoyo mutuo, tengan el necesario respaldo y soporte dentro de él.

En la actualidad se ha incrementado el número de organizaciones de desarrollo y personas ligadas a la promoción, investigación y docencia agropecuaria que basan su trabajo en un enfoque agroecológico. Esta diversidad de esfuerzos, que se realizan en los diferentes niveles en su mayoría apuntan al logro de experiencias prácticas replicables. El éxito de estas experiencias generan impactos reconocidos en el desarrollo rural, específicamente en las zonas de trabajo y el hecho de que todo esto se enmarca bajo un contexto de creciente interés y una demanda general por la propuesta, proporcionan las condiciones necesarias para ella. También, muchas agencias de apoyo al desarrollo, organismos nacionales e internacionales, unos con mayor convicción

que otros, ven con mucha expectativa la posibilidades de desarrollo de la agricultura ecológica.

Sin embargo, esta situación y los avances logrados hasta ahora no constituyen más que un importante punto de partida. Aún no se puede asegurar que el proceso iniciado adquiera por sí sólo la fuerza necesaria para cambiar el actual modelo de producción y de desarrollo rural. Es necesario que, a pesar del considerable potencial involucrado, en la práctica, la agricultura ecológica en la región aún no cuenta con la gravitación que le corresponde ya que son pocas las experiencias con impactos significativos. Mucho de esto, como ya lo mencionamos obedece a las serias limitaciones que se tiene en los aspectos técnicos y de extensión.

Diversos esfuerzos e iniciativas existentes en la región decidieron conformar el Movimiento Agroecológico de América Latina y el Caribe --MAELA-- que con toda seguridad permitirá mejorar el trabajo y el accionar de las redes y de sus respectivos miembros en las diversas formas de los movimientos locales sobre la base del apoyo y complementariedad conjunta. Esta organización está conformada e integrada por los movimientos nacionales existentes en los diversos países de América Latina y el Caribe, su objetivo central es el de apoyar el fomento de la agricultura ecológica como eje para un desarrollo rural sostenible e influenciar en las diversas esferas de decisión política, a fin de lograr mejorar las condiciones de vida de los pequeños agricultores que hasta ahora se encuentran carentes de toda propuesta tecnológica y de desarrollo rural; pero, el éxito de la propuesta no sólo producirá un bienestar entre los agricultores sino también producirá satisfacciones a quienes trabajamos con el desarrollo rural en favor de los pequeños agricultores que representan alrededor del 80% de los agricultores en América Latina.

ANEXO. El Movimiento Campesino a Campesino: Pensamiento y principios

Los pequeños agricultores producen la mayor parte de nuestros alimentos y representan una gran reserva de productividad humana no potenciada. Ellos son la mayoría y los factores limitantes de su producción pueden superarse a poco costo y con mayor beneficio que en otros sectores “tecnificados o semitecnificados”. El desafío de la producción campesina se resolverá cuando la sociedad tome conciencia de que el campesinado es el sujeto del desarrollo y no un instrumento del mismo. O sea, que no es el avance agrícola el que transforma al campesino, sino que es el campesino quien transforma el agro, quien lleva a cabo ese avance.

Entre la producción y la protección no debe haber contradicción, la producción de alimentos no tiene que desequilibrar ni minar los recursos naturales si se implanta un programa de agricultura sostenible. Por su relación social y cultural con la tierra, el campesino es el más indicado para asegurar este tipo de explotación agrícola. Estas líneas de pensamiento se traducen en los siguientes principios específicos del programa que guían la planificación y ejecución de actividades técnicas, didácticas y organizativas con el campesino:

Lograr éxito rápido y reconocible

Esto crea entusiasmo y deseo de aprender más sobre tecnologías agrícolas. El entusiasmo es el elemento básico, generador de nuevas ideas, que no se puede comprar con salarios sino con éxitos. Un programa con entusiasmo es más eficiente porque invierte menos tiempo en motivar a los campesinos.

Empezar despacio y en pequeño

Los campesinos tienen mayores probabilidades de participar en el programa si éste comienza pequeño y sencillo. Facilita la coordinación, la reflexión y la rectificación de errores. Ayuda a que los campesinos aprendan a administrar su propio programa.

Limitar la introducción de tecnología

En un sistema agrícola raramente existen más de uno o dos limitantes principales en la producción, por lo tanto, no hace falta introducir muchas técnicas nuevas a la vez. Es más rápido y barato dominar una por una las innovaciones, lo que inspira confianza para resolver los problemas. Es mejor sembrar una idea en la cabeza de cien, que cien ideas en la cabeza de uno.

Experimentar en pequeña escala

Al experimentar se aprende cómo se desarrolla la tecnología. Se comprueban las tecnologías que funcionan en la zona, ello proporciona confianza en la tecnología. La experimentación por los propios campesinos evita el alto costo y los problemas de adecuación que tienen los centros experimentales. De esta forma se aprende de los experimentos que resultan negativos sin arruinarse ni desprestigiarse.

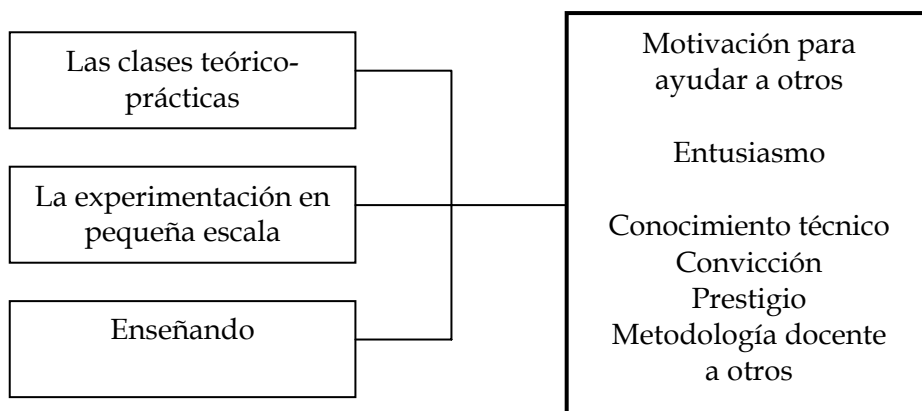
Desarrollar un efecto multiplicador

En la medida que los campesinos se convierten en multiplicadores aprenden muchas destrezas en la producción, comunicación y organización. La enseñanza permite conocer un tema a profundidad y gran parte de esta enseñanza reside en el ejemplo vivo, comunicado de campesino a campesino. "La palabra convence pero el ejemplo arrastra."

Tal vez el efecto multiplicador sea el principio de mayor relevancia metodológica-organizativa. Es necesario promover la multiplicación de esfuerzos por medio de los campesinos determinando las cualidades necesarias del promotor campesino-multiplicador como:

- Motivación para ayudar a otros
- Entusiasmo
- Conocimiento técnico
- Convicción
- Prestigio
- Habilidad para enseñar (metodología docente)

La experiencia de un campesino con una tecnología limitada que con éxito ha respondido a una necesidad sentida, es el inicio de una serie de conocimientos técnicos y una convicción del valor de la tecnología. El éxito rápido le ha dado entusiasmo. El estilo de enseñanza que observó como alumno, le sirve como ejemplo de buenas técnicas de enseñanza y finalmente, está al frente de un nuevo esfuerzo agrícola, debido en gran parte a su motivación de ayudar a los demás. Las cualidades antes descritas se refuerzan constantemente a través del siguiente proceso de capacitación.



Capacitación práctica y teórica

Esto se realiza dentro de la sala y en campo mismo, en distintos módulos que permitan capacitar a un equipo técnico campesino y a la comunidad en general. Se utiliza el método reflexión-práctica-reflexión, se aprende haciendo, reflexionando y transformando. Las clases teórico-prácticas sirven para reforzar los siguientes principios:

Las clases teórico -prácticas	Motivación para ayudar a otros
	Conocimiento técnico
	Habilidad para enseñar

La experimentación a pequeña escala

Todo campesino multiplicador tiene que experimentar con la tecnología que está aprendiendo. La experimentación con estas innovaciones le da conocimientos técnicos adicionales. Su éxito aumenta su entusiasmo y la convicción de que la innovación vale la pena. La consecuente habilidad de potenciar su producción aumentará su prestigio a nivel de su comunidad, y por tanto a reforzar lo siguiente:

La experimentación en pequeña escala	Entusiasmo
	Conocimiento teórico
	Convicción
	Prestigio

Enseñando a otros

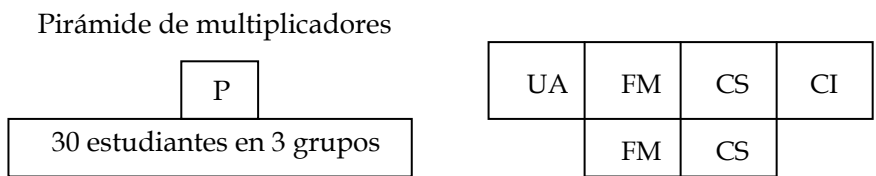
Esta etapa refuerza todos los principios antes mencionados. Es también donde el campesino requiere mayor apoyo por parte de los técnicos o profesionales del programa. En la medida en que el campesino multiplicador logre incrementar las cosechas de las parcelas experimentales de otros campesinos, fortalecerá su motivación para ayudar a otros y su entusiasmo. Amplía sus conocimientos técnicos al ver implantar sus innovaciones y al ser retroalimentado por los experimentos de sus vecinos. Eso profundizará su convicción sobre el valor de las innovaciones y el proceso en general. Su prestigio crece no sólo por ser buen maestro, sino por haber mejorado el bienestar de su comunidad. Lógicamente que su habilidad para enseñar también se mejorará con la práctica de enseñar.

Enseñando a otros	Motivación	Convicción
	Entusiasmo	Prestigio
	Conocimiento	Metodología

Esta es la etapa más importante de la formación del promotor campesino porque refuerza cada una de las seis cualidades de un campesino multiplicador. Para forjar el compañerismo y el compromiso social al movimiento, todo multiplicador debe ser capacitado y asesorado en grupo y no individualmente.

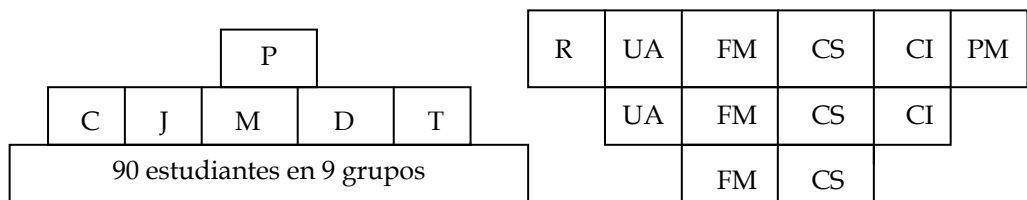
A medida que el programa crece, se va formando una pirámide de multiplicadores, a la par de la creciente copa de tecnología. Desde el momento en que el programa comienza a enseñar una innovación tiene dos "niveles" de multiplicación y una "punta" de la copa tecnológica. En este caso el campesino-multiplicador Pedro (P), enseña sobre la fertilización del maíz (FM) y la conservación de suelos (CS) a treinta estudiantes, organizados en tres grupos de ayuda mutua. Mientras, él aprende dos técnicas nuevas: el uso de aboneras (UA) y el control de insectos en el maíz (CI).

1



El año siguiente surgen cinco campesinos multiplicadores voluntarios. Ellos enseñan a aproximadamente 90 estudiantes el primer nivel de tecnología, mientras Pedro (P) enseña a los cinco multiplicadores el segundo nivel tecnológico que él experimentó el año anterior. Además, Pedro experimenta con dos técnicas más la reforestación (R), y la producción mejorada de frijol (PM).

2



A manera de promover y retroalimentar el programa, también se realizan **intercambios campesinos** a través de visitas de campo, asambleas, ferias, etc. de los campesinos del programa con otros de las regiones. Los **intercambios campesinos** ayudan a despertar el interés de nuevas comunidades campesinas y preparan el terreno para la coordinación del programa con otros proyectos.

A través de la convocatoria de los **intercambios**, se avanza en un diálogo por medio del cual los campesinos participantes en el programa se enriquecen social y culturalmente, mientras comparten su experiencia con otros. Todo esto permite extender el programa horizontalmente por la base, e institucionalmente por otros programas y proyectos que apoyan al campesinado.

El conjunto de métodos de capacitación y organización conforman una metodología a través de la cual se generan y se enseñan innovaciones que potencian la producción campesina mientras conservan los recursos naturales.

Como se ha desarrollado esta metodología con “del mismo campesinado”, refleja un pensamiento y una práctica social y cultural. De hecho, los campesinos de Guatemala, México y Nicaragua no están intercambiando métodos y técnicas solamente, sino que intercambian cultura. Dentro del marco de intercambio cultural, adecuan nuevas tecnologías y formas de manejo. Esto ayuda a mejorar las tecnologías que se intercambian en función de la realidad campesina, evitándose así los desajustes y fracasos que frecuentemente acompañan los programas convencionales que pretenden importar “paquetes tecnológicos” de los países más desarrollados.

A través de este intercambio cultural los campesinos de un lugar aprenden, modifican y transforman el conocimiento técnico. Aprenden un proceso por el cual potencian su propia capacidad para desarrollar su producción. Esto evita la convencional imposición tecnológica y prepara mejor al campesinado para asimilar nuevas tecnologías.

El intercambio cultural y técnico no se ha hecho en una universidad o un instituto alejado de la realidad del campesino, sino en su propia comunidad y en sus propias tierras. Por lo tanto, el mismo va incorporando las prácticas y el pensamiento a su propia vida y se organiza social y políticamente para potencia su esfuerzo. Por esto decimos que estas actividades y conocimientos se han convertido en movimiento.

La importancia de la innovación

Llamamos innovación a las ideas, prácticas o tecnologías nuevas que surgen del campesinado para resolver los problemas que le rodean. La innovación es importante porque representa la capacidad del hombre para enfrentarse con una realidad que siempre está variando. En el campo constantemente cambian los precios, los accesos a créditos e insumos, el clima o incluso la tendencia de la tierra. Dificilmente podríamos acertar siempre sobre qué clase de tecnología o práctica será la más adecuada para el día de mañana. Por esto es importante potenciar la capacidad de innovación del campesino para que él siempre pueda ingeniar soluciones a los problemas de esta realidad tan cambiante.

La misma crisis de América Latina exige una respuesta creadora del campesino. Como la crisis ha impedido los planes y programas de insumos, maquinaria, créditos, etc., el campesino ha tenido que buscar cómo levantar sus cosechas a pesar de la situación. Esto ha tenido por consecuencia un brote amplio de “focos de innovación”, aislados pero con mucho potencial para masificarse. El movimiento Campesino a Campesino, pretende potenciar y encausar este fenómeno espontáneo no sólo para lograr una mayor producción, sino también una mayor protección de los recursos naturales y un mayor fortalecimiento del movimiento campesino.

Tomado de “El Brigadista Rural”

ANEXO 2. MAELA: Semilla de esperanzas

Es cada vez mayor el número de instituciones, organizaciones e individuos en América Latina que perciben que los problemas que traban el desarrollo rural, además de una persistente injusticia social y relaciones desfavorables de intercambio internacional, resultan principalmente de equivocados modelos tecnológicos-productivos. Estos modelos no consideran el aprovechamiento óptimo y racional de los recursos locales disponibles, incluidos los humanos, son dependientes de insumos externos, no responden a las realidades diversas y particulares y muy distintas a las de los países de origen de estos modelos. Para cambiar esta situación se requiere con urgencia de la difusión y aplicación en su caso del rescate y vigorización de sistemas de culturas originales, de formas de producción sostenibles, conservadoras de los recursos, eficientes y competitivas, basadas en los principios ecológicos.

Ello es pertinente para permitir una alta eficiencia en el aprovechamiento de los renovables y localmente disponibles como por ejemplo la energía humana y la abundante energía solar.

Muchas experiencias realizadas en América Latina muestran que las prácticas agroecológica, especialmente para los campesinos, no sólo son una alternativa u opción ventajosa, ellas son una necesidad sustancial. Bien fundados estudios han comprobado que los sistemas campesinos tradicionales, afines a los criterios agroecológicos, presentan bajos costos y a largo plazo son más productivos que los sistemas convencionales extractivos.

Durante la década del 80, con mayor o menor fuerza se han ido creando iniciativas y experiencias agroecológicas en diversos puntos de la región. La mayor parte de las experiencias han sido realizadas dentro de proyectos de desarrollo rural. Los resultados alentadores obtenidos en algunos casos, el interés por un mayor intercambio e interacción, así como la disposición a la promoción agroecológica dentro de las estrategias de desarrollo rural, motivaron la concertación de un trabajo coordinado sobre el tema en la región dando origen al MAELA.

¿Quiénes somos?

El Movimiento Agroecológico de América Latina y el Caribe, MAELA, nace de las instituciones, organizaciones campesinas y personas que trabajan en la Agricultura Ecológica en América Latina. Inicia sus esfuerzos coordinados a partir del Encuentro de Cochabamba, Bolivia en 1989, propiciado por IFOAM. Estos esfuerzos se fueron concretando en la elaboración de los estatutos, la definición de mecanismos de información y comunicación, las tareas globales de capacitación, la definición de normas que sientan las bases políticas, jurídicas y operativas para conformar el Movimiento Agroecológico Latinoamericano.

Estructura MAELA

El Movimiento se enraiza en las organizaciones campesinas y en cientos de instituciones que vienen trabajando por una agricultura más ecológica, por la justicia social

y por un desarrollo rural sostenible. En cada país existen redes, coordinadoras y mesas para organizar y estructurar las acciones y potenciar nuestras capacidades de promoción y difusión de la Agricultura Ecológica.

Existen cinco coordinadoras regionales, formadas por delegados de cada país.

1. Cono Sur: Uruguay, Paraguay, Argentina y Chile
2. Andina: Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia
3. Amazonia: Parte de la región Amazónica
4. Trópico no Amazónico: Otra parte de Brasil
5. Mesoamérica y el Caribe: México, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica, Puerto Rico, Venezuela, Honduras, Cuba, Rep. Dominicana, Panamá y El Salvador

Objetivos del movimiento

Contribuir al proceso de cambios sociales y políticos que posibiliten la construcción de un nuevo modelo de desarrollo, que sea sostenible, con justicia social y recuperación y conservación de nuestros ecosistemas para nuestros pueblos. El nuevo modelo deberá ser:

- Socialmente justo: Basado en una agricultura de pequeños y medianos propietarios, libremente organizados para producir y vender sus productos. Garantizar el autoabastecimiento de nuestros pueblos con alimentos sanos y suficientes.
- Económicamente sustentable: Capaz de producir en forma estable utilidades razonables, compatibles con la afirmación de la dignidad de las familias campesinas.
- Ecológicamente estable: Que respete los ecosistemas locales y recupere los ecosistemas degradados por los altos insumos y tecnologías inadecuadas y extractivas de la agricultura convencional.

Para alcanzar tales objetivos se busca:

- Promover y respaldar la organización y funcionamiento de redes en los movimientos agroecológicos a nivel regional e internacional.
- Facilitar el intercambio de conocimientos entre sus miembros para la formación de capacitadores.
- Elaborar publicaciones para la difusión de técnicas y de las políticas del Movimiento.
- Impulsar políticas y acciones que se inspiren en el respeto del legado cultural/regional, que favorezcan la autosuficiencia alimentaria y la participación comunitaria de la población.
- Esforzarse para que la propuesta de realizar una agricultura ecológica se torne una fuerza determinante en los cambios y transformaciones en el modelo de desarrollo agrícola.
- Promover la implantación de políticas y acciones orientadas a conseguir un desarrollo agroalimentario socialmente justo, ecológicamente estable y económi-

camente sustentable que tome a la agricultura ecológica como base y al productor campesino como sujeto.

- Facilitar y respaldar el funcionamiento articulado y activo del Movimiento desde la base. En general, se busca mejorar la vida de los agricultores y consumidores, presionar para que se implanten o se cumplan las leyes que protegen a la familia campesina, al consumidor y a la naturaleza, influenciar en las políticas agrarias gubernamentales, medio ambiente, salud, educación, ciencia y tecnología que nos lleven a un nuevo modelo de desarrollo. Masificar la adopción y las experiencias en agricultura ecológica.

¿A quiénes nos dirigimos?

Miles de agricultores y cientos de profesionales técnicos y promotores de países de América Latina y el Caribe, que implantan programas de desarrollo rural basado en el enfoque agroecológico.

¿Qué esperamos?

- Contribuiremos a crear mejores condiciones para la superación de la pobreza rural
- Mejorar la calidad de vida de los agricultores
- Ayudar a concretar experimentos prácticos en agricultura ecológica
- Conservar los recursos naturales y el medio ambiente
- Mejorar la seguridad alimentaria
- Preservar las culturas locales
- Tener normas genéricas de producción en condiciones de Latinoamérica
- Proteger al productor de la competencia desleal y brindar garantía al consumidor
- Elevar la productividad de la tierra en la pequeña agricultura, bajando costos y ofreciendo mercados ecológicos más estables

Actividades futuras del MAELA

Nuestro Movimiento ha priorizado para este período las actividades de capacitación, información y comunicación, normas para la producción, certificación y comercio de productos ecológicos.

Capacitación: Las organizaciones campesinas y de promoción requieren de técnicos con una visión holística, que manejen las dimensiones técnicas, económicas, socio-culturales y ambiental. Para ello hemos programado cursos de formación de instructores de capacitadores en agricultura ecológica, a realizarse en cada región.

Normas: Actualmente existe preocupación por la creciente demanda de productos ecológicos desde los países del primer mundo, por cuanto se ha generado una especie de confusión, ya que se aprecia en nuestra región la comercialización de productos que no son realmente “orgánicos”, aprovechándose de la pobreza de nuestros campesinos y la confianza de los consumidores.

Ello exige una reglamentación que busque frenar la avidez puramente comercial. Hemos decidido participar organizadamente en la elaboración de normas desde las condiciones de la producción, la certificación y el comercio orgánico en América Latina. Necesitamos que se impulse la diversidad y no el monocultivo, los sistemas de bajo uso de insumos y no los sistemas abiertos, el mejoramiento y defensa de la fertilidad natural del suelo. El equilibrio ecológico y el pago justo a los agricultores y no el beneficio de unos pocos.

Información y comunicación

Nuestra región es enorme, demanda grandes requerimientos de intercambio de información. La Revista del MAELA, trimestral, será el instrumento que permita facilitar la información y comunicación entre los miembros. Además, se hará un inventario de todos los recursos y servicios ya disponibles en el área de la información y la documentación, para potenciar el uso eficiente de todos los medios tradicionales, masivos y alternativos de comunicación.

Dirección

Manuel Domínguez N° 1040
Asunción - Paraguay
Fono Fax: 595-21-201.512
Casilla 1730
Email: edutec@cectec.py

ANEXO 3.

El SIMAS, una mirada hacia adentro

El Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible SIMAS es un proyecto del CICUTEC, (Centro de Intercambio Cultural y Técnico), que nace en abril de 1992, con la intención de fungir como un foro permanente de animación y central de servicios múltiples en el campo del intercambio, circulación y producción de información técnica-científica sobre temáticas de agricultura sostenible.

En los países mesoamericanos, existen múltiples conocimientos empíricos, prácticas y saber hacer tradicionales, experiencias novedosas, proyectos de desarrollo, organizaciones campesinas y programas estatales que tratan de promover, rescatar o bien desarrollar modelos de agricultura más sostenibles ecológicamente, más viables económicamente y más justos socialmente.

Pero hay pocos canales de comunicación, poco hábito y poca voluntad de coordinación entre los diferentes actores. Tampoco existe, a veces, la voluntad ni el conocimiento metodológico para documentar y sistematizar sus experiencias, sean estas positivas o negativas y mucho menos una instancia especializada que anime un proceso colectivo de rescate, recopilación, sistematización y difusión de esta información.

Por lo tanto, el SIMAS se concibió como una red, pero con una vocación de central de servicios múltiples en el campo de la comunicación. Ofrecemos lo que, muchas veces, falta y paraliza el funcionamiento de las redes que es una estructura, mínima pero permanente de seguimiento que llamamos Secretariado.

Nos concebimos como:

- Un facilitador en el rescate, producción y difusión de información científico-técnica.
- Un foro o espacio neutral de intercambio y coordinación entre las diferentes categorías de actores.
- Un servicio de producción de materiales para neolectores, de capacitación y difusión de la documentación disponible y de asesoría.

Las temáticas de trabajo priorizadas son:

- Problemática de la frontera agrícola en el trópico húmedo
- Desertificación y conservación de suelos y aguas en el trópico seco.
- Comercialización y transformación de los productos campesinos.
- Sistemas de financiamiento rural alternativos.
- Conceptos básicos de agricultura ecológica.
- Innovación y experimentación campesina.
- Descentralización del Estado y desarrollo local sostenible.
- Metodologías participativas y participación ciudadana.

Contamos con 2 estructuras básicas:

- Un Secretariado para animar, organizar, apoyar los procesos de los miembros y sistematizar sus experiencias.
- Un Centro de Documentación que recopila, analiza, procesa, clasifica y difunde la información disponible.

Lo que enfrentamos y las vías de superación

Con el principio fundador de no ejecución sino de animación y acompañamiento de los procesos en los cuales están inmersos nuestros miembros, los principales retos en cuanto a lograr un cambio de mentalidades y de prácticas institucionales, son:

- Fomentar el acercamiento y el intercambio entre actores.
- Promover la coordinación sectorial y territorial.
- Rescatar y procesar la información producida por los miembros.
- Establecer mecanismos y canales de difusión, abiertos y transparentes, de esta información para democratizar el acceso a la información y que “nadie peque por ignorante” a la hora de tomar una decisión.
- Complementar y asesorar, esencialmente en el campo metodológico, los proyectos de desarrollo sostenible de nuestros miembros.

Decimos retos porque nos encontramos y casi enfrentamos a la siguiente realidad, dentro de nuestra membresía, en especial, el mundo de las ONG.

Un recelo institucional fuerte producto de la competencia por los recursos externos y por el público cautivo dado la proliferación de ONG a partir de los 90, con las siguientes manifestaciones.

- Una polarización política fuerte.
- Un acaparamiento y compartimiento de la información.
- Una duplicación de esfuerzos y repetición de errores.
- Una tendencia a querer reinventar la rueda, a trabajar solos y no aprender de los demás.
- Una tendencia a reivindicar o auto-otorgarse una representatividad de las poblaciones beneficiadas.
- Una tendencia a “no querer morir” como proyecto o institución, en una zona dada.
- Una tendencia a crear estructuras, canales y liderazgo propios.
- Una tendencia al activismo cortoplacista.
- Una actitud bastante paternalista y asistencialista, donde se considera a la población afectada como carente de dinámica propia.
- Una brecha entre el mundo de las ONG, el Estado y las organizaciones campesinas.
- Y sobre todo, un gran divorcio y contradicciones entre el discurso y la práctica.

Lo que hemos logrado

El camino para superar estas barreras y establecer puentes de diálogo, para cumplir con nuestro papel de animador de procesos aglutinadores, de coordinaciones y de intercambio entre todos estos actores, tuvo expresiones y formas múltiples:

- Creación de comisiones temáticas interinstitucionales como instancias autónomas, no sólo de intercambio y reflexión sino también de organización de acciones conjuntas de capacitación, intercambio y publicación.
- Organización de encuentros nacionales y locales sobre temáticas que están en las agendas de trabajo de la mayoría de los miembros, previa consulta con ellos.
- Oferta de una capacidad de producción de materiales didácticos y técnicos dirigidos a productores.
- Difusión, sin restricción ni preferencia, de la información recolectada bajo el sistema de reciprocidad, por diferentes medios: Servicio Pregunta-Respuesta, publicaciones, boletín informativo mensual *El Güis* y su suplemento *El Guacal*, etc.
- Oferta de capacitación en manejo interno y clasificación de la documentación.
- Realización de consultoría, asesorías y acciones pilotos a fin de validar y ejemplifica ciertas propuestas metodológicas.

A través de todas estas actividades y estructuras, estamos propiciando el reencuentro de “estos mundo divorciados”, alegando una obligatoria coordinación, racionalización y potencialización de los pocos recursos disponibles para enfrentar los retos y las crisis que tenemos enfrente.

En la actualidad, el SIMAS tiene contacto con 228 organizaciones de las cuales 121 son nicaragüenses y 107 mesoamericanas, 186 organizaciones son miembros del SIMAS, con las que se tiene mayor vínculo de trabajo e intercambio de información.

Contamos, en nuestro CEDOC, con unos 6000 títulos, entre libros y documentos, 200 títulos de revistas especializadas de ingreso regular con más de 8000 artículos, 200 videos y unas 10 bases de datos.

Bibliografía consultada

- ALTIERI, M. 1983. Agroecología, Bases Científicas de la Agricultura Alternativa. Valparaíso, Edit. CETAL. Chile. 184 p.
- ALTIERI, M.A. 1990. Proyectos Agrícolas en Pequeña Escala en Armonía con el Medio Ambiente - Pautas para planificación - Valparaíso, Chile. Edit. CETAL- Centro de Estudios en Tecnologías. 167 p.
- BOEHNERT, Joachim 1990. La Agroforestería en la Educación Agrícola. Edit. Josef Margraf. Alemania 190 p.
- BUNCH, Rolando 1983. Dos mazorcas de maíz. Vecinos Mundiales - Honduras. Edit. World Neighbours, Inc. Oklahoma City 268 p.
- CAPRA, F. 1988. Wendezeit: Bausteine für ein neues Weltbild. Edit. Knauer, Munich, Alemania, 522 p.
- CERISOLA, C.I. 1989. Lecciones de Agricultura Biológica. Edit. Mundi Prensa, Madrid. 116 p.
- CHABOUSSOU, F. 1984. Fisiología y Resistencia de la Planta. Influencia de los abonos y plaguicidas en la fisiología de las plantas y su resistencia al ataque de plagas y enfermedades. Asociación Vida Sana, Barcelona. 28 p.
- CIDICCO. Noticias sobre cultivos de cobertura N° 5. "Prácticas de manejo para trabajar con frijol terciopelo", Tegucigalpa. 6 p.
- CLADES 1991. Texto audio visual. Agroecología y desarrollo rural en América Latina. Santiago de Chile
- DA COSTA, M.B., CALEGARI, A. et al. 1992. Adubação no sul do Brasil. Edit. AS - Pta. Rio de Janeiro. 346 p.
- DOUGLAS, S., HART, A. 1974. Forest Farming. Towards a solution to problems of world hunger and conservation. 220 p.
- FRANCIS, A. 1986. Multiple Cropping Systems. Edit. Macmillan P.C. Londres. 383 p.
- FRANZ, J. y KRIEG, A. 1982. Biologischen Schädlingsbekämpfung. Edit. Paul Perey. Hamburgo. 252 p.
- FUKUOKA, Masanobu 1975. Der grosse weg hat kein tor. Edit. Pala-Verlag GmbH. Schafheim. Alemania. 160 p.
- GOODE, P.M. 1991. "Pequeños huertos para la producción de alimentos". Revista Paso a Paso. Agosto N° 7. Londres 6 p.
- GRZYBOWSKY, L. y BORGUES, M. 1989. Producción con ayuda de leucaena. Edit. PTA-FASE. Rio de Janeiro 33 p.
- GTZ 1992. Producción vegetal: Diccionario Polígloto Ilustrado. Edit. GTZ. Eschborn. Alemania 682 p.
- GUIA RURAL 1991. Manual de Agricultura Orgánica. Edit. Abril Sao Paolo 226 p.
- GUIBERTEAU, A. LABRADOR, J. 1990. Técnicas de Cultivo en Agricultura Ecológica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid 44 p.

- HUDSON, W. Y HARSH, J. 1991. Técnicas de cultivo en Agricultura Ecológica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid 44 p.
- HECHT, S.B. 1991. "La Evolución del Pensamiento Agroecológico" Revista Agroecología y Desarrollo n° 1. CLADES. Chile pp 2-15
- HINRICH, H., BOEHNCKE, E. 1986. Okologische Tierhaltung. Edit. C.F. Müller, Karlsruhe 269 p.
- INTERNATIONAL INSTITUTE OF RURAL RECONSTRUCTION - IIRR. Regenerative Agricultural Technologies. A trainors kit. Edit. IIRR. Cavite Filipinas. 112 p.
- KANG, B., WILSON, G., LAWSON, T. 1984. Cultivo en hileras. Una opción estable en agricultura nómada. Instituto Internacional de Agricultura Tropical. Nigeria. 44 p.
- KHANT, G. 2982. Abono verde. Edit. Hemisferio Sur. Uruguay 156 p.
- KIRSCHENMANN, F. 1988. Switching to a sustainable system. Edit. The Northern Plains Sustainable Agriculture Society. North Dakota. 19 p.
- KOLMANS, E. 1991. Equilibrio ecológico frente a plagas y enfermedades. En Agroquímicos - Problema nacional, Políticas y Alternativas. Edit. IDMA. Lima. pp. 211-222
- KOLMANS, E. 1993. Networking for sustainable agriculture in Perú. En Linking with farmers. Edit. ILEIA - Intermediate Technology Publications. Londres pp. 151-158
- KRAMER, D., MACEY, A., WHITE, E., COPE, R. y COULSEN, J. 1992. Organic Field Crop Handbook. Ottawa, Canada. Edit. Canadian Organic Growers Inc. 192 p.
- LAMPRECHT, HANS P. 1990. Silvicultura en los trópicos. Alemania. GTZ
- LINDEGGER, O., y TAP, R. 1990. The best of Permaculture. A Collection. Edit. Nascimanere Pty. Ltd. Nambour, Australia. 136 p.
- LIGHFOOT, C., FELDMAN, S., y ABEDIN, M.Z. 1989. Training Resource Book for farming Systems Diagnosis. ICLARM. Manila 33 p.
- LIGHFOOT, C. FELDMAN, S., y ABEDIN, M.S. 1991. Households. Agroecosystems and Rural Resources Management. BARI - ICLARM. Manila 80 p.
- MONTALDO, P. 1985. Agroecología del Trópico Americano - Principios y Conceptos Básicos de los Ecosistemas. IICA. San José, Costa Rica. pp 33-52
- NATIONAL ACADEMY PRESS 1984. Leucaena: Promising Forage and Tree Crop for the Tropics. Washington D.C. 100 p.
- NATIONAL ACADEMY PRESS 1989. Alternative Agriculture. Washington D.C. Edit. National Academy of Sciences. Nueva York 448 p.
- NATIONAL ASSOCIATION OF STATE UNIVERSITIES AND LANDGRANT COLLEGES (NASULGC) 1991. Sustainable Agriculture. Report by the Joint Committee on Sustainable Agriculture. Washington D.C. 12 p.
- PERMACULTURE 1991. The Permaculture Edge 1 (4). Queensland, Australia 28 p.
- PHILLIPS, R.E. y PHILLIPS, S.H. 1984. No-tillage Agriculture. Principles and Practices. Edit. Van Nostrand Reinhold Company. Nueva York 306 p.
- PRIMAVESI, A. 1984. Manejo ecológico del suelo. Edit. El Ateneo. Buenos Aires. 449 p.
- PRIMAVESI, A. 1990. Manejo ecológico de plagas y dolencias. Edit. Nobel S.A. Sao Paolo, 137 p.

- PRIMAVESI, A. 1992. Manejo ecológico de pastagens. Edit. Nobel S.A. Sao Paolo 185 p.
- PRIMAVESI, A. 1992. Agricultura Sustentable. Edit. Nobe. S.A. Sao Paolo 143 p.
- REIJNTJES, C., HVERKORT, B., y WATERS-BAYER, a. 1992. Farming for the future. Edit. The MacMillan Press Ltd. Londres. 250 p.
- RESTREPO, R., Jairo 1994. Conferencias: Teoría de la Trofobiosis: "Plantas enfermas por el uso de agrotóxicos", basadas en los textos de Francis Chaboussou Cali 39 p.
- RIODUERO 1975. Diccionarios Rioduero de Ecología. Editorial EDICA: Madrid 213 pp.
- ROGER, J.M. 1985. El suelo vivo - manual práctico de agricultura natural. Ediciones Integral. Barcelona 138 p.
- ROTTACH, P. 1986. Okologischer Landbau in den Tropen. Edit. Müller C.F. Karlsruhe, Alemania. 304 p.
- RUSCH, Hans P. 1985. Bodenfruchtbarkeit. Eine Studie Biologischen Denkens. Edit. Karl F. Haug. Heidelberg, Alemania 243 p.
- SCHMIDT, B. 1986. Pestizide und Umweltschutz. Edit Vieweg. Wiesbaden, Alemania 466 p.
- UNAG - PCaC. 1992. El Brigadista Rural. La Organización Sindical Gremial en el Campo. Managua. Pp. 90-99
- VESTER, F. 1983. Unsere Welt - Ein Vernetztes Systems. Edit. DTV. Munich, Alemania. 177 p.
- VOGTMANN, H. 1985. Okologischer Landbau. Edit. Pro Natur Verlag. Stuttgart, Alemania. 159 p.
- VOITL, GUGGENBERGER, WILLI 1980. Das Grosse Buch vom Biologischen Land und Gartenbau. Edit. ORAC. Viena, Austria 367 p.