

**Universidad de Matanzas
"Camilo Cienfuegos"
Facultad de Agronomía**

Principios del manejo integrado del suelo como base fundamental de la Agricultura Ecológica.

**Ing. Jorge L. Álvarez Marqués
Profesor Auxiliar.**

En los agroecosistemas nos encontramos comúnmente problemas de degradación de los suelos de índole física (compactación, erosión, sellamiento superficial, entre otros), química (desbalance nutricional, salinización, contaminación) y biológica (reducción de la actividad biológica, bajas poblaciones de meso y microorganismos). Estos problemas obligan a los agricultores a aplicar grandes cantidades de insumos con el fin de obtener producciones aceptables, incrementando los costos de producción, acelerando los problemas de degradación de los recursos naturales y generando sistemas de producción insostenibles y poco competitivos, provocando en definitiva la disminución de la capacidad productiva y la fertilidad natural de los suelos.

Si reconocemos la fertilidad del suelo en su concepción más amplia como el grado de fecundidad que presenta el suelo, o sea, su capacidad de producir cosechas, nos damos cuenta de la importancia que reviste el hecho de controlar o evitar estos procesos degradativos en las tierras de cultivo, para lograr el nivel de sostenibilidad tan deseado en la producción alimentaria mundial en el presente siglo y poder enfrentar así el reto de nutrir a un mundo mucho más poblado del que contamos actualmente.

Por la manifestación conjunta de los procesos degradativos de los suelos, provocado por el impacto del hombre en el ecosistema, se producen cambios climáticos adversos y en gran medida pérdida de biodiversidad sobre y dentro del suelo, lo cual disminuye sistemáticamente la biomasa natural, desarrollándose entonces un proceso prácticamente irreversible que conocemos como proceso de desertificación.

La situación mundial con relación a la erosión y la desertificación, las cuales están muy relacionadas en sus causas y consecuencias, plantean riesgos muy altos, ya que por ejemplo el 47% del total de las

tierras cultivables del mundo son áreas, áridas semi-ácidas o de bajo nivel de humedad (Tolva 1992), calculándose conservadoramente que unos 6 millones ha. de tierras se transforman en desiertos cada año, la FAO a pronosticado una cifra mayor de 21 millones de ha., mientras que por erosión esta misma fuente estima que anualmente se pierde al mar 24 000 millones de toneladas de tierra fértiles.

En los Estados Unidos en los últimos 200 años al menos un tercio de la parte superior de los suelos agrícolas se han perdido por erosión (Pimentel 1976) siendo el nivel promedio alcanzando de 12 - 28 t/ha/año, lo que representa una pérdida de nutrientes del suelo de hasta 20, 10, y 200 kg/ha /año de N, P₂O₅ y carbono respectivamente. El estimado del porcentaje de superficie de suelo erosionado a finales de la década del 70, según el World Agriculture Situation and Outlook Report (1989), en el mundo fue el siguiente:

Continente	Leve	Moderado	Aguda
África	60	23	17
Asia	56	28	16
Australia	38	55	7
Europa	69	25	6
EE.UU-Canadá	70	23	7
Latino América	73	17	10

Como puede observarse los mayores niveles de degradación producto de la erosión se concentran en África y Asia, mientras que los continentes más desarrollados económicamente han logrado un mayor nivel de protección de los suelos cultivados a los fenómenos erosivos. Como consecuencia de la degradación de los suelos, ha disminuido a nivel mundial el per cápita de área de tierras arables (FAO 1991) el cual en 1975 era del 0,33 ha / habitante, en 1980 alcanzaba 0,30 ha / habitante, en 1990 bajo a 0.25 y se calculaba en 0,17 ha / habitante en el año 2001.

Si anualmente se incrementa la población mundial en unos 80 - 90 millones de habitantes y los niveles de pérdida de suelo por erosión y desertificación no se reducen, sino por el contrario se incrementan, el futuro alimentario de la población mundial en corto periodo de tiempo se vera seriamente afectado, por lo que se requiere activar con urgencia nuevas políticas mundiales que logren una mejor distribución

de las riquezas y tecnologías hacia los países mas pobres, donde estos fenómenos resultan cada vez mas dramáticos.

La situación de la erosión en Cuba como fenómeno degradativo resulta preocupante, ya que según la Dirección General de Suelo Fertilizantes (1997) el 71,23% de la superficie agrícola del país mostraba síntomas de erosión en diferentes grados, siendo esto superior en la media general de América Latina que se calcula en 45%, similar a la de México (72%) y cercano a la de Chile (62%). La causa fundamental de estos fenómenos en Cuba esta relacionada con el alto grado de deforestación del país, el cual cuando Cristóbal Colon llego a nuestras costas (1492), más del 95% de nuestro territorio nacional estaba cubierto de bosques, ya en 1812 descendió a 89,2%, al llegar al siglo XX era del 54% y al Triunfo de la Revolución (1959) se había reducido al 14%. Este fenómeno degradativo se detuvo mediante un programa de repoblación forestal de máxima prioridad estatal, permitiendo un crecimiento de varios millones de hectáreas cubiertas de árboles, reportándose por Febles (1993) un 18% del territorio nacional cubierto por bosques, en la actualidad debe estar entre 21 - 23 %, lo cual aun resulta insuficiente para atenuar su impacto ecológico y transitar hacia un desarrollo sostenible. Sin embargo cada día se perfeccionan mas las legislaciones jurídicas y los programas integrales de desarrollo social, económico y de protección del medio, encaminados a revertir estos fenómenos y lograr una mayor protección del medio ambiente.

El fenómeno erosivo no solo se controla con la reforestación de muchas áreas, sino también con un manejo adecuado de los suelos dedicados a los cultivos económicos que permitan lograr una mayor producción con el menor impacto ambiental, siguiendo los fundamentos básicos de la llamada Agricultura Ecológica, en la cual se potencia el manejo integral de los suelos como parte esencial del medio natural en que se desarrolla las plantas, al cual debemos prestar nuestra mayor atención si queremos obtener buenos resultados.

En la explotación desde un punto de vista agroecológico de la capacidad productiva de los suelos debemos preguntarnos:

- 1. ¿Cuales son los factores limitantes del suelo y que causas determinan su manifestación?**
- 2. ¿Que cultivo pueden establecerse óptimamente?**
- 3. ¿Como realizar el manejo integrado del suelo?**
- 4. ¿Que medidas para el mejoramiento de la capacidad productiva del suelo se pueden aplicar con resultados económicos, ambientales y sociales?**

Para dar respuestas a estas interrogantes se requiere previamente estudiar y conocer las características de la finca o el territorio que se desea explotar agrícolamente mediante un estudio minucioso del terreno y de toda la información disponible sobre el territorio, ya que sin esta base resulta imposible, contestar de forma adecuada las anteriores preguntas. En el presente trabajo nos referiremos a todas ellas, pero trataremos de forma más amplia lo relativo al Manejo Integrado del Suelo.

1.- Factores Limitantes:

Los factores limitantes son aquellos que restringen, limitan o impiden el normal desarrollo y crecimiento de las plantas cultivadas, los cuales son detectados por medio del estudio del perfil del suelo en el campo y los resultados del laboratorio, pudiendo ser estos factores directos o indirectos.

Los factores limitantes directos son aquellos que juegan un papel esencial en la producción de biomasa, es decir, son aquellos que sin estar relacionados con las propiedades de los suelos pueden impedir que la planta haga un uso adecuado de los elementos esenciales y provoquen trastornos metabólicos que impiden su crecimiento. Estos factores son entre otros: el agua, el aire, la intensidad y duración de la luz solar, la nubosidad y la población de plantas por unidad de área.

Los factores limitantes indirectos se relacionan con las propiedades de los suelos y son los que frenan y/o impiden que el agua, el oxígeno, los elementos nutrientes, etc. lleguen a las plantas en las proporciones

y cantidades adecuadas. Estos últimos son los factores limitantes más importantes, ya que el hombre incide mucho en ellos y por tanto podemos lograr un mayor control de sus causas y en buena medida establecer prácticas agrícolas adecuadas encaminadas a su mejoramiento.

Así la determinación de los factores limitantes a nivel de campo constituye una importante actividad para el agrónomo, a fin de poder establecer el correcto uso de los suelos, ya que le posibilita conocer los problemas específicos de cada campo de cultivo, para después decidir su uso mas adecuado bajo una estrategia de manejo que permita, junto a su explotación agrícola, desarrollar de forma sostenible su conservación y mejoramiento.

2. Aptitud del suelo a diferentes cultivos.

Basándose en toda la información cualitativa y cuantitativa recopiladas con relación a las exigencias de suelo de cada uno de los cultivos agrícolas y el efecto restrictivo de cada factor limitante, se establecen las Clasificaciones de Agroproductividad por Cultivos, o sea, la evaluación de la aptitud del cultivo a las características de los suelos que pueden causar limitaciones en el desarrollo del cultivo y por tanto en sus rendimientos potenciales.

En nuestro país el Ministerio de la Agricultura ha venido perfeccionando los esquemas e índices de la Clasificación Agroproductiva, permitiendo así agrupar a los suelos en 4 categorías de acuerdo al cultivo, estas son:

- I Suelos aptos, sin ningún limitante.
- II Suelos aptos, con algunas limitantes.
- III Suelos aptos, con severas limitantes.
- IV Suelos inapropiados para el cultivo.

Como es de esperar en la medida que el número de la Clase Agroproductiva se incrementa los rendimientos esperados del cultivo deben disminuir y se hace necesario un manejo más cuidadoso desde el punto de vista agrotécnico en la utilización del suelo por ese cultivo e incluso la necesidad de aplicar medidas de protección y conservación del suelo. De esta forma resulta recomendable la utilización del suelo en los cultivos cuyos niveles de agroproductividad se encuentran en la clase I preferentemente, pudiendo aceptarse

también la clase II, ya que el uso de la clase III conlleva un riesgo muy grande desde el punto de vista ambiental y económico, por cuanto necesita un manejo más esmerado y los rendimientos que se puedan obtener no serán altos.

Este tipo de estudio nos permite conocer con precisión cuáles son los principales limitantes de un suelo para el desarrollo de un determinado cultivo y en cierta medida el grado de preponderancia de cada una de ellas, cosa importante al momento de establecer la estrategia de manejo y mejora de suelo. De esta forma utilizando estas tablas evaluativas de agroproductividad de suelos por cultivo podemos establecer de forma óptima el uso del suelo y respondernos la pregunta: ¿Que cultivos pueden establecerse?

3. Manejo Integrado del Suelo.

El uso indiscriminado de los suelos sin tomar en cuenta su capacidad productiva, el desarrollo del monocultivo, la aplicación de medidas aisladas de protección, mejoramiento del suelo y fertilización de los cultivos, no conducen en el tiempo a resultados exitosos desde el punto de vista de la producción y mucho menos desde el punto de vista agroecológico, si deseamos desarrollar una agricultura sostenible que pueda satisfacer las exigencias crecientes de la humanidad. Para lograr esto último se sugiere la necesidad de establecer un manejo integrado del suelo, que logre buenas producciones con una adecuada explotación y conservación de tan importante recurso natural.

El manejo integrado de los suelos es un campo científico muy amplio, en el cual siempre aparecen nuevas prácticas y nunca se deberá encasillar en paquetes tecnológicos premeditados, sino por el contrario tomar muy en cuenta los factores locales para lograr su integralidad en el marco de un sistema de manejo que potencie la capacidad productiva del suelo en beneficio del hombre.

En el establecimiento de un manejo integrado de los suelos, llámese también manejo ecológico o sostenible, deben darse en su orden los siguientes pasos iniciales:

- **1ro** Establecer las medidas para la conservación del suelo y el agua.
- **2do** Recuperar y mantener la estructura del suelo y su estabilidad.
- **3ro** Recuperar y mantener la capacidad del suelo de suplir nutrientes a las plantas cultivadas.

Analizaremos a continuación los fundamentales principios y medidas que pueden utilizarse al acometer cada uno de estos pasos iniciales en el establecimiento del manejo integrado de los suelos.

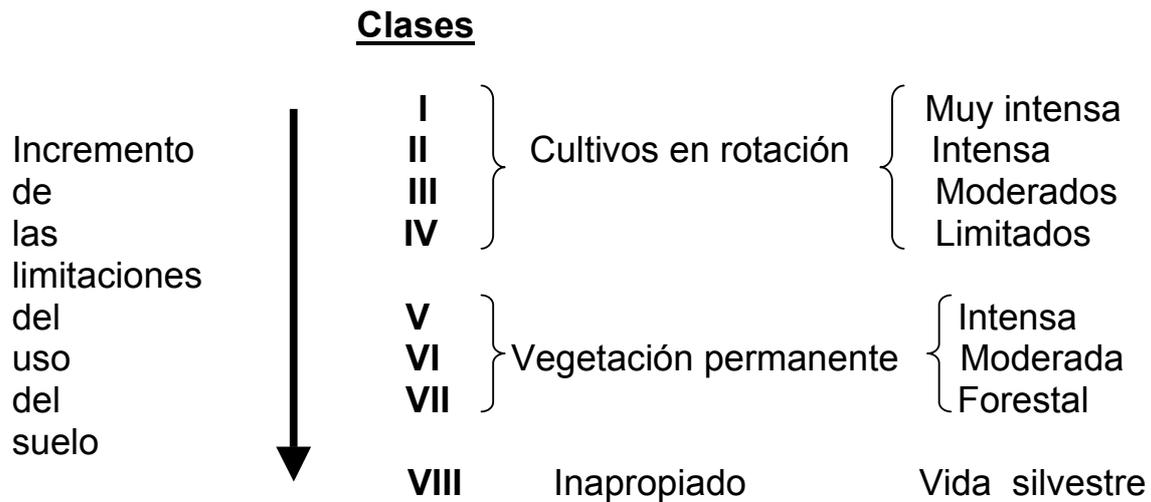
1ro. Conservación del Suelo y el Agua.

En la conservación del suelo y el agua la Agricultura Orgánica o Ecológica promueve entre otras el desarrollo de las siguientes medidas:

- Adecuada distribución de cultivos
- Asociación y rotación de los cultivos.
- Prohibición de quemas.
- Uso de coberturas vivas y abonos verdes.
- Uso de coberturas muertas (mulch).
- Uso de labranzas conservacionistas.
- Siembra en curvas de nivel.
- Cultivos en fajas.
- Construcción de terrazas.
- Contención de la velocidad de las aguas en las líneas de desagüe.

Adecuada distribución de los cultivos

Se basa en la clasificación de las tierras según su capacidad de uso y manejo, separándose en clases que permiten dirigir su uso y manejo sobre la base de la manifestación de los factores limitantes.



Principio fundamental: Ubicar los cultivos que ejercen mayor protección en las zonas de mayor riesgo a la erosión y los que ejercen menor protección en las áreas más estables y de mayor capacidad productiva. Así en áreas susceptibles se requiere de un manejo que combine agricultura-ganadería y las áreas con limitaciones severas deben conducirse a la reforestación, con el propósito de proteger los suelos.

El establecimiento de bosques en suelos de pendientes fuertes requiere de una buena selección de las especies que se adapten a las condiciones del lugar.

Cuando se cuenta con mapas de agroproductividad por cultivos, como se explicó anteriormente, se puede dirigir el uso de los suelos de forma más eficiente y confiable, ya que han sido tomados en cuenta estos conceptos, de lo contrario los mapas de uso de suelos basados

en las clases agrológicas constituyen una guía básica para dirigir el uso tomando en consideración su protección a la erosión.

Asociación y rotación de cultivos.

La rotación de cultivo constituye la sucesión de cultivos dentro de la misma parcela durante un número determinado de años, al cabo de los cuales se repiten de nuevo los cultivos en el mismo orden. La alternativa en una rotación, es la división de la tierra cultivada en parcelas, dedicadas cada una de las mismas a un cultivo diferente de la rotación elegida. La alternativa ideal, por sencillez de manejo, es aquella que consta de tantas parcelas como años tiene la rotación.

Las asociaciones de diferentes especies de cultivos sobre los campos representan una práctica agrícola muy importante ya que proporciona ciertas ventajas como son:

- La tierra, el espacio y el agua siempre son mejor utilizados que en los monocultivos.
- Los problemas sanitarios son menores.
- Hay menos problemas de plantas indeseables, al quedar el suelo rápidamente cubierto.
- Las producciones son siempre mayores.

La asociación de cultivo tan solo plantea problemas de índole funcional y práctico, donde se requiere experiencia y dedicación por el agricultor, la más practicada desde la antigüedad son las de gramíneas y leguminosas, pero son posibles otras que combinan plantas de crecimiento lento con otras de crecimiento rápido, plantas rastreras con plantas erguidas o plantas que ejercen mutuo beneficio, empleándose mucho en plantas hortícolas.

Estas son prácticas muy antiguas que se oponen al efecto de los monocultivos que conllevan a disminuir la fertilidad, favorecer la erosión y hasta provocar manifestaciones de desertificación en algunas regiones.

Los efectos beneficiosos de la rotación de cultivos se manifiestan al permitir tener los campos siempre cubiertos, mejorar el balance del intercambio gaseoso del suelo, lograr un mejor aprovechamiento del agua del suelo y de los fertilizantes, lo que significa mantener un reciclaje de elementos nutritivos mas eficiente, incrementa la actividad

biológica, protegiendo a los suelos de la erosión. Los efectos beneficiosos de esta práctica dependerán en gran medida de la selección de las plantas que se van a rotar o asociar y de la secuencia que se siga en su siembra.

Esta práctica es aplicable en las Clases Agrológicas: I, II, III y IV, siendo muy importante la selección de las plantas a emplear en la rotación, pudiéndolas dividir en:

- Cultivos anuales limpios – (maíz, papa, tabaco, hortalizas)
- Cultivos anuales densos – (calabaza, boniato, melón)
- Cultivos de larga duración que requieren labores culturales moderadas – (caña de azúcar, plátano)
- Cultivos perennes – (pastos, forrajes, frutales.)
- Cultivos forestales – (bosques maderables.)

Las rotaciones se planifican para un número de años, usualmente de 2-6 años, aumentándose el número de años a medida que se incrementa la clase agrológica, dada la necesidad de introducción de cultivos de ciclo más largo.

Los principales requisitos que debe cumplir una buena rotación se relacionan en que los cultivos que se suceden deben tener:

- Exigencias nutricionales diferentes
- No son atacados por las mismas plagas y enfermedades.
- Deben ofrecer diferentes grados de protección al suelo.
- Debe incluir leguminosas.
- Debe intensificarse el uso de cultivos densos en la medida que los problemas de erosión se agudicen.
- Debe procurarse que el terreno permanezca la mayor parte del tiempo con vegetación, sobre todo en periodo lluvioso.

En resumen, la importancia de la rotación de cultivos y sus asociaciones radica en que mantienen la productividad del suelo, sistematizan el trabajo agrícola haciéndolo más técnico, ahorran labores, ayudan a controlar las plantas indeseables, plagas y enfermedades, logrando en definitiva el mantenimiento de la fertilidad del suelo y la reducción de sus pérdidas por erosión.

Prohibición de quemas.

En una agricultura que se llame ecológica queda prohibido el uso del fuego como sistema para eliminar los residuos de cosechas o la vegetación que cubre los suelos, ya que esta practica es muy dañina sobre todo cuando se sistematiza, disminuyendo el contenido de materia orgánica que ingresa anualmente al suelo, reduciendo la actividad biológica, favoreciendo la compactación y fundamentalmente hace mas susceptible el suelo a la erosión.

Uso de coberturas vivas y abonos verdes.

La cobertura vegetal es muy importante para los suelos tropicales y sobre todo las coberturas vivas, ya que ejercen una acción protectora de la superficie del suelo al impacto de las lluvias, pero al mismo tiempo están incrementando la biomasa, movilizando y reciclando nutrientes en el suelo, fijando nitrógeno en algunos casos e interactuando de forma positiva con las propiedades y la actividad biológica del suelo.

Dentro de una adecuada rotación de cultivos se considera incluir normalmente las plantas de cobertura o abonos verdes, que no son más que plantas de crecimiento rápido que producen en poco tiempo un buen volumen de biomasa que cubre todo el suelo, las cuales se cortan, dejándolas como arropo en la superficie (cobertura muerta) o fundamentalmente se entierran en el mismo lugar donde han crecido, constituyendo así un abono verde.

Las plantas utilizadas como cobertura o abonos verdes pertenecen fundamentalmente a las familias de las leguminosas, crucíferas y gramíneas, siendo la primera la más utilizada por su capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico.

Los abonos verdes no incrementan el contenido de humus del suelo, ya que se trata de materiales poco o nada lignificados y generalmente ricos en nitrógeno, por lo que no reemplazan las necesidades de aplicación de materia orgánica al suelo, sin embargo incrementan notablemente la actividad biológica del suelo y sus condiciones estructurales, mejora la penetración del agua y su retención por el

suelo, incrementan el nivel de nitrógeno del suelo por fijación biológica con las leguminosas y facilitan la recuperación de nutrientes que se encuentran en profundidad, disminuyendo las pérdidas por lavado, entre otras acciones positivas.

Uso de coberturas muertas (mulch).

Una pobre cobertura de la superficie del suelo expone los agregados más superficiales a la acción de las lluvias; como consecuencia ocurre el colapso o degradación estructural de estos agregados, formándose costras superficiales con un espesor medio de un milímetro, que reducen drásticamente la infiltración del agua en el suelo.

La cobertura del suelo tiene una acción protectora por la interceptación y absorción del impacto directo de las gotas de lluvia, previniendo así el sellado de la superficie y preservando la estructura del suelo inmediatamente por debajo de la misma. De esa manera, la infiltración de agua puede ser mantenida a lo largo de la lluvia, disminuyendo el volumen y la velocidad de la escorrentía y en fin su capacidad de transporte. Al mismo tiempo que penetra más agua en el suelo, la cobertura disminuye las pérdidas de agua por evaporación en la superficie del suelo y regula la elevación de la temperatura durante el día.

El dejar los residuos de cosecha sobre la superficie del suelo puede prevenir la erosión y hacer más sustentable la producción en suelos de difícil manejo; además, la magnitud de estos efectos depende de la calidad de los residuos y de su cantidad.

Los residuos de cosecha dejados o colocados sobre la superficie del suelo, en sentido transversal al declive del terreno, constituyen también una práctica sencilla de protección de los suelos a la erosión hídrica.

En general las coberturas vivas de ciclo corto no reducen la erosión tan eficientemente como lo hacen los residuos de cosecha mantenidos en contacto directo con la superficie del suelo. Por eso, la utilización de los residuos de cosecha como cobertura, es la manera más eficiente, simple y económica del control de la erosión y mejorar la eficiencia del uso del agua en los suelos tropicales.

Uso de labranzas conservacionistas.

Los sistemas de labranza y de manejo de los cultivos, tienen una influencia importante en las propiedades físicas del suelo. La labranza incorrecta es una de las causas de la erosión y de la degradación física del suelo.

La degradación física del suelo esta muy relacionada con la pérdida de la calidad de la estructura del suelo. Esa degradación estructural puede ser observada tanto en la superficie, con el surgimiento de finas costras, como bajo de ella, donde surgen capas compactas. Como consecuencia de la degradación, las tasas de infiltración de agua en el suelo se reducen, mientras las tasas de escorrentía superficial y de erosión aumentan.

La labranza convencional se caracteriza por realizar operaciones de labranza primaria y secundaria en la preparación del suelo para la siembra, con el uso del arado de discos o vertedera en la labranza primaria, seguida por la labranza secundaria con el uso de la grada de discos fundamentalmente, con la finalidad de pulverizar la capa superior del suelo, sin dejar prácticamente residuos en la superficie del mismo.

De esta forma la excesiva labranza y/o la labranza realizada con humedad inadecuada, lleva a la rotura excesiva de los agregados, favoreciendo la formación de costras, el incremento del escurrimiento del agua y la erosión de las partículas. También la reducción de la rugosidad superficial provocada por las gradas durante la labranza, induce a la disminución de la infiltración del agua y la elevación de la velocidad del escurrimiento, con el consiguiente aumento de la erosión, dado a la mayor energía cinética del agua que escurre en la superficie del suelo.

A su vez, la utilización de equipos inadecuados y pesados y el transito de maquinaria sobre el suelo cuando éste se encuentra húmedo, lleva al surgimiento de capas compactadas subsuperficiales, normalmente situadas entre 10 y 30 cm de profundidad.

Hace unas dos décadas que tomó auge en los Estados Unidos los conceptos de la labranza de conservación, la cual se considera

cualquier sistema de labranza y siembra que reduzca la pérdida de suelo y agua, en comparación con labranza convencional, y que deje el suelo cubierto en más de un 30 % por los residuos de la cosecha anterior.

La labranza de conservación ha ganado importancia a escala mundial en los últimos años, como un medio para proteger los recursos naturales y recuperar aquellos que han sido degradados, principalmente por su beneficio en la conservación del suelo y el agua. Por esta razón, se empezó a experimentar con métodos de labranza profunda sin invertir el prisma, después la labranza mínima y por último con la siembra directa (no laboreo), todas ellas con buenos resultados y amplia adopción en algunos países. En la América, Estados Unidos tiene en la actualidad más de 19.3 millones de hectáreas bajo labranza conservacionista, Brasil 11.2 millones, Argentina 7.3 millones y Canadá 4 millones, por mencionar solo los más importantes.

Existen diferentes formas de realizar las labranzas conservacionistas, donde las labores deben cumplir entre otros, los siguientes principios:

- no pueden invertir el prisma.
- mínimo número de labores.
- mínima perturbación de la estructura del suelo.
- mínimo de profundidad necesaria.
- estricto control del tráfico de equipos sobre el campo.

De estos sistemas conservacionistas nos referiremos brevemente a la no labranza, la labranza localizada y la labranza mínima.

La no labranza (cero tillage) es un método que no requiere ninguna preparación de la cama de siembra, con excepción de la aplicación de herbicidas totales (post emergentes) y una chapea de los residuos a 5-10 cm. de altura si fuera necesario, posteriormente con una sembradora de doble disco, que es más eficaz para la siembra sobre rastrojo, sin problemas de obstrucción, se abre el suelo y se colocan las semillas a la profundidad deseada, dejando una huella del hilo de siembra y el resto del área cubierto por los residuos. Se han obtenido con este sistema éxitos en suelos de textura loamosa que no están compactados.

La labranza localizada o en fajas (strip tillage) es un método para la preparación de la cama de siembra similar al anterior, donde solo se labora una faja de aproximadamente 20 cm. de ancho y de 5 a 10 cm. de profundidad generalmente, o más profundo (20-40 cm.), usando el arado de cincel o un subsolador. Fuera de las fajas, quedan el suelo y los residuos sin disturbar por limpieza mecánica o labranza, pero la zona preparada es más ancha en comparación con la labranza cero. Este sistema se considera labranza de conservación si se deja un mínimo de 30% de la superficie con cobertura.

La labranza mínima o de protección (mulch tillage) - Consiste en la preparación de la cama de siembra en forma especial, laborándose toda la superficie del suelo antes de sembrar, con cuidado de mantener la mayor cantidad de residuos sobre la superficie y minimizando la finura de los agregados en la superficie del suelo. Este sistema es considerado como labranza de conservación si mantiene un mínimo del 30% de la superficie con cobertura después de la siembra.

Es obvio que una labranza de conservación bien hecha tiene un gran potencial para reducir la erosión y disminuir las pérdidas de agua por escorrentía. Sin embargo, no se debe olvidar que el uso de herbicidas en estos sistemas de no laboreo crea problemas ambientales cuya reiteración en el tiempo afecta la sostenibilidad del sistema, por lo cual debe acudir a las prácticas de laboreo mínimo siempre que sea posible.

Estos sistemas de labranzas no son adecuados para suelos con problemas de compactación, mal drenaje o fuertemente enmalezados.

Las principales ventajas de las labranzas de conservación serán la conservación del suelo y el agua, así como en el ahorro en tiempo de la preparación del suelo y un mínimo uso de maquinaria y combustibles. Sin embargo en muchos suelos el uso de este sistema de labranza no ofrece ninguna garantía de funcionar en forma superior a la tradicional, por lo cual su introducción debe realizarse con esmero y técnica, hasta alcanzar la experiencia necesaria en su manejo.

Siembras en contorno.

Consiste en disponer los surcos en forma perpendicular a la pendiente natural del terreno, siguiendo las curvas de nivel.

Esta práctica resulta muy importante para la conservación del suelo y el agua en terrenos con pendientes de 3 – 8 %.

Las siembras en contorno no son recomendables en regiones de fuertes precipitaciones y en los terrenos que posean poca permeabilidad, en este caso los surcos deben tener caída de 0.3-0.8 % hacia causes protegidos o naturales.

Se estima que estos sistemas pueden llegar a reducir la erosión en un 50 %, ya que facilitan que un mayor % de la lluvia penetre en el suelo, disminuyendo el volumen de la escorrentía y su velocidad. Por otra parte se aprovechan más las lluvias para el desarrollo de los cultivos, mejorando así la eficiencia en el uso del agua en suelos limitados por pendientes.

Cultivos en Fajas

Existen varias modalidades de los cultivos en fajas, la más importante por su uso y a la cual le dedicamos nuestro estudio son los **cultivos en fajas en contorno**, donde las fajas se disponen en curvas de nivel, utilizándose fundamentalmente en pendientes uniformes. Las otras modalidades son:

Cultivos en fajas de campo: en el mismo las fajas se disponen de forma transversal a la máxima pendiente del terreno, sin seguir necesariamente las curvas de nivel, se utilizan fundamentalmente en suelos con pendientes irregulares.

Cultivos en fajas de contención: Se emplean en las laderas de las lomas y consiste en dejar fajas irregulares de pastos naturales transversales a la máxima pendiente del terreno, sin seguir exactamente las curvas de nivel, entre las cuales se siembran fajas de cultivos densos de ciclo corto o de larga duración, constituyendo esta una faja protectora a la erosión hídrica.

Cultivos en fajas contra el viento: Son fajas irregulares de cultivos o pastos que se disponen de forma transversal a la máxima dirección de los vientos, constituyendo una faja protectora a la erosión eólica.

Los cultivos en fajas en contorno son sistemas agronómicos que consisten en el establecimiento de fajas alternas de dos o más cultivos, de anchura variable, con plantas de escarda (cultivos limpios) y cultivos densos, los cuales siguen un programa de rotación, se emplea en pendientes del 3 – 15 % y no constituye una practica simple, sino una combinación de varias practicas simultaneas, tales como:

- Siembra un contorno
- Rotación de cultivos
- Cultivos de cobertura.
- Manejo de los residuos de cosecha (mulch).

Como practica conservacionista es más compleja que los cultivos en contorno, pero es mucho más eficiente, por la protección que brinda al suelo y al mantenimiento de la fertilidad y capacidad productiva del mismo, ya que sobre el campo al mismo tiempo vamos a tener fajas de cultivos que brindan menos protección (limpios) o más protección (densos) que se rotan entre si.

Construcción de Terrazas.

Cuando resulta elevada la susceptibilidad de suelo a la erosión hídrica, los Métodos Culturales y Agronómicos para el control de la erosión, como son entre otros los cultivos en contorno y en fajas, no brindan suficiente protección a la acción de la escorrentía superficial, por lo cual se requiere disminuir el volumen y la velocidad de dichas aguas. A fin de disciplinar la escorrentía se construye sobre el terreno estructuras capaces de conducir las aguas en exceso, dentro de las mismas tenemos los canales y las terrazas, estas últimas se diferencian de las primeras en que los taludes tienden a ser menos inclinados, más anchos y generalmente pueden ser cultivados y atravesados por las maquinas.

Estas practicas solo se realizan cuando se justifica su ejecución, ya que son costosas y requieren de mantenimiento y un mayor nivel técnico en su construcción.

Existen diferentes tipos de terrazas, utilizadas para la protección del suelo a la erosión hídrica y para facilitar la absorción del agua por el suelo en áreas de escasa pluviometría, las más utilizadas se clasifican así:

a) Clasificación según la condición de escurrimiento:

- **Terrazas a nivel:** Se emplean para almacenar agua de lluvia, en áreas de precipitación media o baja y suelos profundos de buena permeabilidad.
- **Terrazas con declive:** Se emplean para el control de la erosión, en áreas de precipitación abundante, con fuertes escorrentias.

b) Clasificación según su sección transversal:

- **Terrazas de base ancha:** Se labora y cultiva toda la superficie de las terrazas. Optimo en terrenos con pendientes menores del 8% (<12%) y de topografía regular.
- **Terrazas de bancos o bancales:** Sistema continuo de terrazas en escalones, para pendiente pronunciada >15% (20-50%) se puede construir con talud en contrapendiente o casi planos con muros de piedras y a nivel o en declive longitudinal hacia un desagüe.
- **Terrazas de bancos alternos:** El sistema no es continuo, los bancales se construyen con estructura similar a los anteriores, espaciados por una faja de terreno natural no alterada, empleándose en pendientes del 15 – 75 %.

c) Clasificación de acuerdo al tipo de desagüe:

- Terrazas con desagües hacia un cauce natural o un cauce empastado.
- Terrazas con desagües hacia un sistema subsuperficial.
- Terrazas de absorción. (sin desagüe)

De las dos primeras, el sistema de desagüe más comúnmente utilizado es el primero por su facilidad de construcción y bajo costo.

Contención de la velocidad de las aguas en las líneas de desagüe.

Las corrientes fluviales activas, los cauces secos, las cañadas y las líneas de escurrimiento del terreno, deben estar debidamente protegidas de la erosión en sus causes y márgenes. No deben estar obstaculizados en su total capacidad de conducción de la escorrentía, para evitar los desbordamientos ante pequeñas avenidas y los daños por erosión, sedimentación e inundación que pueden ocasionar estas cuencas naturales cuando no se mantienen de forma adecuada.

El control de la velocidad de las aguas en las líneas de desagüe se ejecuta fundamentalmente en las zonas con pendientes mediante tranques de piedras o con troncos y ramas de árboles que se colocan de forma transversal en el fondo de los causes a cierta distancia unos de otros, a fin de que el agua que conduce pierda velocidad.

La capacidad de estas corrientes fluviales debe protegerse también de la sedimentación de aluviones en el fondo de las mismas, mediante el establecimiento de fajas reguladoras de vegetación arbórea y herbácea en ambas márgenes, que recojan los sedimentos y los protejan de la erosión.

Todas las anteriores acciones relativas al manejo de las corrientes superficiales son importantes si se realizan tomando en consideración toda la cuenca hidrográfica, ya que de lo contrario, el manejo protector solo de una zona de una cuenca puede traer consecuencias negativas aguas abajo o verse afectado por los problemas que sucedan aguas arriba.

2do Recuperar y mantener la Estructura del Suelo y su Estabilidad.

La estructura del suelo representa el estado de agregación de las partículas, las cuales se disponen unas con relación a las otras para formar gránulos, grumos y terrones. Con ello se reorganiza la geometría del espacio poroso del suelo y su continuidad hacia formas y volúmenes que propician un mejor balance entre los macro y microporos del suelo, es decir, en la medida que un suelo arcilloso se estructura van apareciendo más macroporos y generalmente de mayor tamaño que condicionan una mayor aireación y drenaje interno en el perfil, permitiendo así un mejor balance de la relación agua-aire del

mismo en comparación a la porosidad que de forma individual nos brinda la textura del suelo por si sola, sin estar estructurado. Es necesario reconocer que el espacio poroso del suelo acorde a su forma, tamaño y distribución en el perfil determinará el comportamiento del balance del agua, el régimen hídrico del suelo con relación a las plantas, la relación agua/aire y el desarrollo y crecimiento de las raíces. A su vez este espacio poroso se verá afectado directamente por los cambios en la estructura del suelo que producen las labores agrícolas y el manejo que el agricultor desarrolle en el agroecosistema, de aquí la importancia de la conservación de la estructura del suelo y su estabilidad.

Por eso los suelos con estructuras degradadas no propician un buen desarrollo de los cultivos, haciendo más vulnerable la producción de los cultivos a los períodos extremos de lluvias intensas o sequía, e incluso al riego excesivo.

La estabilidad estructural es una condición muy importante de la estructura de los suelos, ella representa la resistencia e la estructura a su degradación, ya que la estructura como propiedad física del suelo posee cierto dinamismo, es decir, puede sufrir degradación y es capaz de regenerarse de forma natural o acorde al manejo que hagamos de la misma, en contraste con la textura que puede variar de forma natural muy lentamente, muy poco perceptible, sin ser afectada por la producción agrícola. A partir de esta consideración algunos autores reconocen la estructura como un estado del suelo, más que una propiedad física en sí.

También Primavesi (1988) la denominó bioestructura del suelo, tomando en consideración que para la formación de los grumos es importante la acción de la materia orgánica y los microorganismos del suelo, ya que durante la descomposición de la materia orgánica se producen sustancias cementantes, predominantemente ácidos poliurónicos, conjuntamente con productos del metabolismo de los microorganismos (cola bacteriana), los cuales permiten la formación de grumos estables.

La estructura puede degradarse entre otras causas por la acción golpeante a las lluvias, el estancamiento del agua, el laboreo intensivo o fuera de tempero y la compactación que causan los equipos pesados.

Por otra parte, la aplicación de materia orgánica, la mejora del drenaje superficial, la cobertura superficial, el control del laboreo y el tráfico de los equipos, los policultivos y su rotación, así como los pastos

permanentes, son medidas que tienden a regenerar o mejorar las condiciones estructurales del suelo y en cierta medida su estabilidad estructural.

Cuando un suelo se degrada físicamente la estructura formada tiende a ser menos porosa y friable, es decir más compacta, además su estabilidad estructural tiende a disminuir, ya que los agentes cementantes que propician la unión de las partículas disminuyen su acción, facilitándose la destrucción de la estructura ante la influencia de cualquier acción degradante. Por el contrario, cuando se eleva la estabilidad estructural del suelo la porosidad estructural creada en el mismo tiende a mantenerse ante la acción de los agentes degradativos, que de otra forma hubieran logrado fácilmente su destrucción.

Cualquier factor físico adverso que altere el crecimiento y actividad de las raíces de las plantas, como capas compactas, costras superficiales, mala aireación, pobre disponibilidad de agua, entre otros, puede afectar parcial o severamente el desarrollo del sistema radical y su actividad, disminuyendo la capacidad productiva de los cultivos. Por lo anterior se desprende la importancia de contar con un ambiente edáfico cuyas características físicas funcionales le permitan a la planta expresar su potencial de producción, a esto se le conoce como Fertilidad Física del Suelo.

La fertilidad física esta dada por el mantenimiento de un estado de agregación grumoso y biodinámico (bioestructura), o sea, la formación de una bioestructura porosa y estable, que no obstaculice el desarrollo radical y sea capaz de poner a disposición de las raíces de las plantas agua, aire y nutrientes disponibles, permitiéndole al cultivo alcanzar una actitud productiva favorable.

La fertilidad física de los suelos tropicales es muy importante ya que de la misma depende mucho la productividad de dichos suelos ante la acción degradante de la erosión, la compactación y el laboreo intensivo.

La estructura del suelo y su estabilidad son las propiedades físicas que por su dinamismo y acción sobre otras características del suelo determinan fundamentalmente la fertilidad física y por tanto son la base para lograr el manejo ecológico del mismo.

Las vías más comunes empleadas para conservar y mejorar la estructura grumosa del suelo son:

- Cobertura muerta para evitar el impacto de las lluvias y el exceso de evaporación superficial del agua del suelo.

- Coberturas vivas densas.
- Incorporación superficial de abonos y residuos orgánicos.
- Laboreo mínimo, poco profundo, sin invertir el prisma, con o sin subsoleo sobre la base de la necesidad de descompactación.
- Rotación de cultivos y policultivos o vegetación herbácea perenne para promover la microvida.
- Evitar el fuego, los suelos desnudos, riegos excesivos y las inundaciones.

3ro. Recuperar y mantener la capacidad del suelo de suplir nutrientes a las plantas cultivadas.

La principal cualidad del suelo en relación con el crecimiento y desarrollo de las plantas es su fertilidad, la cual depende del conjunto de sus características físicas, físico-químicas, químicas y biológicas. Existen muchas definiciones para el término fertilidad, pero generalmente algo estrechas, el termino es más amplio, tal como lo define desde el punto de vista agroecológico Juana Labrador (2001): “la capacidad de los suelos agrícolas para mantener de manera perdurable un nivel de producción estable y de calidad, conservando su estado de alta estabilidad frente a los procesos que implican su degradación, y todo ello dentro de una amplia gama de condiciones locales agroambientales, socioeconómicas y culturales.

Cuando hablamos de fertilidad del suelo solemos utilizar algunos términos para caracterizarla y que no debemos confundir, como son:

Fertilidad natural: Esta dada por los procesos de formación del suelo en el medio natural, es propia de los suelos vírgenes en los que existe un equilibrio dinámico entre el suelo y la vegetación que soporta.

Fertilidad adquirida: Cuando el hombre en su actividad socio-económica actúa sobre el ecosistema natural modificando las propiedades del suelo, siendo propia de suelos cultivados o de aquellos que han sufrido algún tipo de intervención humana.

Fertilidad Actual: Es la fertilidad que posee el suelo en un momento determinado, ya sea natural o adquirida.

Fertilidad Potencial: Es la capacidad del suelo para mantener su fertilidad natural. En este sentido, cuando el suelo posee una alta cantidad de minerales alterables su fertilidad potencial esta asegurada, mientras que la ausencia de ellos pone en riesgo el mantenimiento de la misma. En general, los suelos jóvenes poseen una baja fertilidad

actual y una elevada fertilidad potencial, lo que asegura el mantenimiento de la vegetación e incluso su incremento, mientras que en los suelos viejos tiende a ocurrir todo lo contrario.

Una vez sentadas las bases de un manejo encaminado a la conservación del suelo y el agua, así como a la mejora de sus condiciones físicas, mediante el mantenimiento de las condiciones estructurales del suelo (Fertilidad física); nos encontramos en mejores condiciones para actuar de forma eficiente sobre la nutrición de los cultivos y las condiciones químicas del suelo (Fertilidad química), logrando elevar o mantener el nivel de fertilidad adquirida del suelo, lo que nos permitirá mejorar los rendimientos y la calidad de las cosechas.

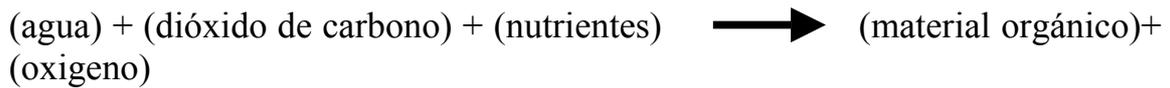
En el manejo de la fertilidad del suelo y fundamentalmente en lo relacionado con la capacidad del mismo de suplir nutrientes de forma equilibrada a las plantas, se debe trabajar en función de acometer de manera integrada las siguientes acciones:

- **Optimizar el reciclaje de nutrientes, materias y energía.**
- **Potenciar la recuperación de la biodiversidad y actividad de la biomasa edáfica.**
- **Establecer Sistemas Integrados de Nutrición Vegetal.**

Optimizar el reciclaje de nutrientes, materias y energía.

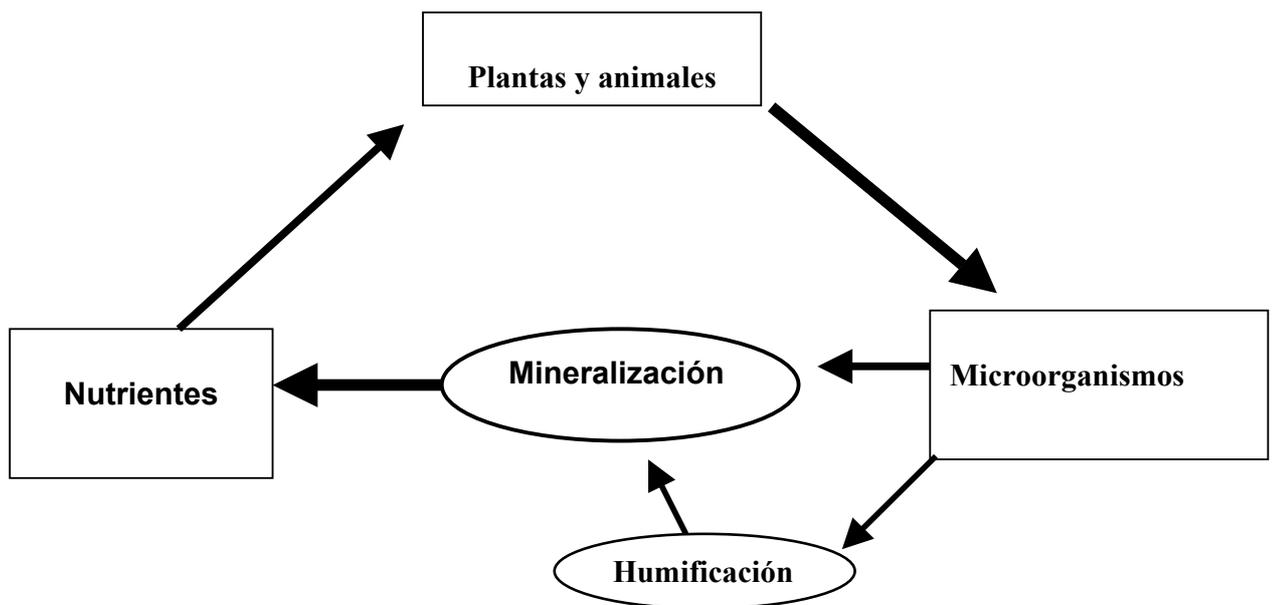
El ecosistema agrícola necesita de un constante y suficiente reciclaje de la materia orgánica, los nutrientes y la energía para conservar un nivel de productividad sustentable, lo cual se consigue cuando se promueve su diversificación; de lo contrario, cuando los agroecosistemas son altamente simplificados, como los sistemas agrícolas convencionales, cada vez más ira disminuyendo su fertilidad y capacidad productiva, en estas condiciones la producción agrícola va a depender cada vez más de los recursos e insumos externos que lleguen a la finca para poder sostener un determinado nivel de agroproductividad, elevando los costos de producción y haciendo más vulnerables los rendimientos esperados de los cultivos. Para sobrevivir, un agroecosistema necesita por tanto un abastecimiento continuo de materiales esenciales, tales como materia

orgánica, nutrientes, dióxido de carbono y oxígeno, estos pueden venir de fuera del sistema, del reciclaje de los materiales o de ambos. Lo anterior se comprende bien cuando analizamos lo que sucede en la fotosíntesis, donde las plantas verdes utilizan la energía del sol, el agua y nutrientes del suelo y el dióxido de carbono del aire para producir materia orgánica:



Lo contrario ocurre en el proceso del consumo orgánico por los consumidores, parte de la materia orgánica producida en la naturaleza es alimento de los animales, el hombre y los insectos, parte es consumida por los microorganismos al caer al suelo y otra parte puede ser quemada por el fuego. Así, durante el desarrollo del consumo se invierte el proceso, el material orgánico se oxida, liberando energía, agua, dióxido de carbono y nutrientes que son utilizados en mayor o menor medida por los consumidores, liberándose el resto.

El esquema general de este reciclaje en la biosfera, que comprende la rotación biológica de la materia orgánica, nutrientes y energía en el ecosistema lo podemos simplificar de la siguiente manera:



Como puede observarse los residuos vegetales y animales son transformados por los microorganismos en el suelo, donde los compuestos más estables se humifican y acumulan, pero todos con mayor o menor rapidez sufren el proceso de mineralización, liberándose lentamente nutrientes que pueden mantenerse en el suelo de forma asimilable o no para las plantas, una parte de ellos puede perderse de las capas superiores del suelo en forma líquida o gaseosa, otra puede ser inmovilizada por las plantas y microorganismos al nutrirse de los mismos, cerrándose así este importante ciclo de los nutrientes en el ecosistema.

En los ecosistemas naturales y en algunos agroecosistemas sustentables, existe una fuente de reservas de nutrientes en la biomasa aérea de las plantas, debido a que ésta o gran parte de la misma, en su momento, va a ser incorporada y reciclada en el propio ecosistema. Aquí las pérdidas son mínimas dadas a las buenas condiciones de manejo y el balance nutricional e hídrico se puede mantener prácticamente en un nivel bueno y estable.

En los sistemas intervenidos, en dependencia del manejo, la situación es diferente, puesto que diversos factores están alterando este balance nutricional e hídrico en el agroecosistema. En primer lugar, las especies vegetales cultivadas y el incremento de la intensidad de explotación del predio, hacen que la extracción de nutrientes sea intensiva y se incrementen las pérdidas, sin que la restitución natural sea suficiente. Generalmente, esta situación va acompañada siempre de un manejo inadecuado del suelo donde: se tiende al monocultivo, no se cuenta con un buen manejo de la estructura del suelo, no existe incorporación de residuos de cosecha, ni el uso de abonos verdes u otros orgánicos, las prácticas de conservación de suelo y agua no se emplean, no se considera el establecimiento de cultivos múltiples u otro tipo de arreglo entre especies más conveniente como sistemas silvopastoriles o agroforestales, entre otros.

Todo esto conduce a la degradación acelerada de la fertilidad de los suelos, siendo necesario recurrir inevitablemente cada vez más al uso de insumos externos al sistema, con el fin de tratar de restituir, aunque sea en forma parcial, el nivel de disponibilidad nutricional del suelo, para lo cual se acude a la aplicación de fertilizantes químicos de forma intensiva, incrementando los costos, la dependencia exterior y los efectos residuales adversos al medio ambiente y a la calidad agrícola de la producción.

La conservación y reciclaje de la materia orgánica en el agrosistema contribuye a la conservación de los recursos naturales, lo cual es una de las principales prácticas que el agricultor debe establecer de forma conciente si desea mantener las condiciones de fertilidad de los suelos, para lo cual no debe botar o quemar los residuos orgánicos que se produzcan en el sistema de producción, por el contrario necesita identificar todas las fuentes de residuos orgánicos, fundamentalmente en zonas cercanas a la finca, para producir a bajo costo abonos orgánicos de alta calidad, mediante el desarrollo del compostaje y la lombricultura.

Por su importancia práctica caracterizaremos brevemente estos dos procesos de manejo de los residuos biodegradables que son básicos para lograr la sostenibilidad del agrosistema.

Proceso de compostaje:

El compostaje consiste en la descomposición aeróbica de residuos sólidos, dado a la degradación microbiana de sustancias orgánicas de desecho de origen animal y vegetal, permitiéndonos la eliminación de su olor, su higienización y su empleo como abono orgánico de alto valor. Constituyendo la practica más popular de procesar y reciclar los residuos orgánicos en las Unidades de Producción Agropecuarias.

Una característica peculiar de este proceso es la autocalfacción del material inicial que fue dispuesto en pilas o túmulos, por acción de microorganismos termófilos.

El proceso contempla la descomposición de una mezcla compleja de sustancias orgánicas que se acelera por la autocalfacción y cuya velocidad de descomposición estará condicionada fundamentalmente por la proporción de N con relación al C contenida en el material de partida, ya que los microorganismos que actúan en la degradación de la materia orgánica se reproducen y su biomasa alcanza una relación C/N de 5 – 10 (2.5 % N, 45–50 % C), por lo que en su acción necesitan utilizar el NH_4^+ liberado durante la descomposición para la reproducción de la biomasa microbiana que actúa en la degradación, así en la medida que la relación C/N de los materiales que componen la pila se hace más alta (mayor de 30) el proceso se ralentiza y su velocidad de transformación disminuye, por lo que se sugiere comúnmente suplementar de 1 a 2 kg de N amoniacal a la pila por

cada 100 kg de material, en dependencia del carácter de los materiales originales y su relación C/N.

En la fase inicial del proceso los compuestos orgánicos de fácil descomposición son degradados biológicamente, le sigue una fase termófila activada por bacterias, actinomicetos y hongos termófilos, durante el cual las pectinas, hemicelulosas y otros compuestos orgánicos son degradados por la alta actividad biooxidativa de los microorganismos, provocando autocalefacción en un ambiente húmedo y cálido con temperaturas de 55 – 60 °C y producción de CO₂, H₂O y especies inorgánicas, también ocurre la higienización del sustrato donde se eliminan fitotóxicas y agentes patógenos a plantas y animales. En esta fase del proceso los compuestos orgánicos más estables (lignina) sufren cierta descomposición al final del período.

Cuando la temperatura de la pila comienza a declinar comienza la fase de enfriamiento o estabilización, donde disminuye la velocidad de descomposición y se recoloniza la pila con microorganismos mesófilos que estabilizan la materia orgánica, esto es seguido por una fase de curado o maduración, que no es más que la prolongación del período de estabilización y mineralización, que permite elevar el nivel de humificación final del producto, es decir, durante la 2da. mitad del proceso de compostaje el sustrato en descomposición se humifica, enriqueciéndose en lignina, productos de descomposición de alta masa molar y productos del metabolismo de los microorganismos, por lo que esta fase final resulta de suma importancia para la calidad del compost y puede durar unos dos meses.

El humus formado en el proceso de compostaje es un compuesto por polímeros de alta masa molar y que carece de una estructura química definida, constituyendo un excelente abono orgánico, que se caracteriza entre otras condiciones por su baja relación C/N, composición nutricional balanceada, buenas condiciones físicas, alta carga biológica y libre de patógenos y semillas de plantas indeseables.

La Lombricultura:

Las lombrices son animales invertebrados del tipo anélidos, o sea, gusanos segmentados. Son hermafroditas y depositan sus huevos protegidos en una cápsula llamada cocón.

Hasta la actualidad se conocen entre 6 y 7 mil especies

diferentes de lombrices, siendo la más conocida la *Lumbricus Terrestris* (lombriz de tierra); ésta vive exclusivamente en la tierra y se alimenta de la materia orgánica descompuesta presente en los suelos. En estado adulto llega a medir entre 9 y 30 cm. de largo. La puesta de huevos se realiza a razón de un cocón por animal cada 45 a 60 días y vive de 4 a 5 años. No todas las especies son aptas para la cría, la mayoría requiere condiciones muy precisas y difíciles de lograr.

Sin embargo existe una especie, llamada *Eisenia Foétida*, conocida como Lombriz Roja Californiana, que no sólo es la que mejor se adapta al cautiverio, sino que posee características sorprendentes. En estado adulto mide entre 3,5 cm y 8,5 cm de largo. Su peso oscila entre 0,4 y 0,6 gramos, aunque se logran ejemplares que pueden alcanzar 1 gramo.

Es capaz de ingerir también grandes cantidades de materia celulósica, como rastrojos, aserrines, pulpas de celulosa, y en general cualquier desecho orgánico en descomposición de origen vegetal o animal. Es muy voraz, llegando a comer hasta el 90 % de su propio peso por día. De esta ingesta, excreta entre el 50 y 60 % convertido en un nutriente natural de altísima calidad, conocido como lombricompost, vermicompost, worm casting o humus de lombriz. Hay que resaltar que un alto porcentaje de los componentes químicos del humus son proporcionados, no por el proceso digestivo de las lombrices, sino por la actividad microbiana que se lleva a cabo durante el periodo de reposo que éste tiene dentro del lecho. Por ejemplo, el 50% del total de los ácidos húmicos que contiene el humus, son proporcionados durante el proceso digestivo y el 50% restante durante el período de reposo o maduración.

Lo importante de esta especie es que resulta muy prolífica. Se aparean semanalmente, poniendo un cocón por lombriz cada diez días, refiriéndonos siempre a lombrices adultas. Estos huevos eclosionan a las 2 ó 3 semanas de puestos y dan a luz entre 2 y 20 lombrices cada uno. Estas recién nacidas alcanzan la madurez sexual luego de 6 a 10 semanas. Son inmunes a las enfermedades y tienen una increíble capacidad de regeneración. La longevidad de esta especie se estima en alrededor de 15 ó 16 años. Cuando la cría se realiza con todos los cuidados, se obtienen los mejores resultados.

El humus de lombriz es inodoro, no se pudre ni fermenta y su apariencia general es similar a la borra del café. En los análisis químicos realizados al humus de lombriz se detecta la presencia de hasta un 5 % de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, un 4 % de calcio, una carga bacteriana de 2 billones por gramo y un pH entre 7 y 7,5.

Por lo que constituye un fertilizante orgánico de altísima calidad, acción prolongada, fácil y económica producción, en Cuba aplicado en dosis de 3 a 5 t/ha ha logrado elevar los rendimientos de los cultivos al mismo tiempo que se pudieron disminuir las dosis de fertilizante mineral.

En este sentido resulta evidente el fracaso de la implementación de fertilizantes químicos con respecto a su efecto residual tóxico, y ya, a finales del siglo XX, se remarca en la necesidad de lograr la mayor implementación de las lombrices para reciclar los desechos orgánicos. Y no es que la utilización de fertilizantes sea el causante directo de la contaminación agrícola, más bien es el uso indiscriminado y negligente de estos productos, que ya están llegando a su límite de tolerancia por parte de la biodiversidad, y es por esto que la utilización de las lombrices contribuye enormemente a reducir el impacto producido por estos productos, y ayuda a conservar el medio natural, donde el hombre también es un ser vivo, que tarde o temprano podría sufrir las consecuencias por destruirlo.

La lombricultura es una actividad centrada en la crianza de lombrices, la cual tiene sus cuidados y limitaciones, para lo cual existen Instructivos Técnicos, todos los productos resultantes, humus y lombrices se utilizan con diversos fines.

El aspecto más importante desde el punto de vista agrícola de la lombricultura es el referente a la producción de humus, el cual constituye un abono orgánico excelente, lo que está íntima e inseparablemente ligado al reciclado de los residuos orgánicos en el campo y de la basura en las ciudades, ya que la lombriz come basura y excreta humus, transformando un grave problema en el más rico fertilizante orgánico.

La carne de la lombriz se transforma, mediante distintos sistemas de secado, en una harina de altísimo valor proteico. Esta harina se utiliza, en alimentación humana, como complemento proteico en la

elaboración de hamburguesas, picadillos y embutidos. En alimentación animal, se emplea para preparar alimentos balanceados. También se usa la lombriz viva, como alimento para peces y ranas, tanto en acuarios como criaderos, sin dejar de mencionar su condición de carnada en el mercado de la pesca en algunos países.

En la industria farmacéutica se utiliza el colágeno presente en las lombrices y, a partir del líquido celomático, se han elaborado antibióticos. La medicina también ha puesto en estudio a este anélido por su capacidad de regeneración de los tejidos y su inmunidad.

A fin de resumir este amplio aspecto, analizaremos a continuación las principales vías para la conservación y optimización de la dinámica de la materia orgánica, nutrientes y energía en los agroecosistemas, a fin de mantener la fertilidad potencial del suelo y hacer sostenible su manejo, las cuales deben estar encaminadas a:

- Adecuar siempre el sistema de cultivo elegido a la capacidad productiva del suelo, como un principio básico.
- Desarrollar policultivos, rotaciones y cultivos asociados. Su uso aumenta la cantidad de residuos orgánicos, el ciclado de nutrientes y su diversidad, al conseguir la exploración de diferentes profundidades en el perfil con sus diversos sistemas radiculares.
- Minimizar las pérdidas por erosión, evitando las pérdidas de materia orgánica y nutrientes de la superficie del suelo.
- Aumentar la utilización de abonos orgánicos disponibles en el predio o cerca del mismo.
- Utilizar los abonos verdes dentro de la rotación o como cobertura en plantaciones de frutales. Se reportan beneficios inmediatos sobre la actividad metabólica microbiana y actúa sobre la movilización biológica de elementos minerales de las capas profundas hacia la superficie del suelo.
- Manejar adecuadamente los residuos de cosecha y los residuos biodegradables industriales o de otro origen disponibles, potenciando la producción "*in situ*" del compost y el vermicompost.
- Potenciar el desarrollo de la biodiversidad edáfica, para promover una actividad biológica capaz de activar los procesos de biodegradación de la materia orgánica y la biodisponibilidad de los nutrientes (ciclo orgánico y mineral), así como los macroorganismos (lombrices) para activar el transporte ascendente de elementos minerales en el perfil.

- Introducir la utilización de productos biofertilizantes en relación a los cultivos a establecer y las condiciones del suelo, que permita además de sus posibles efectos bioestimuladores, el incremento de la disponibilidad y absorción de algunos nutrientes.
- Mejorar la conservación del agua de lluvia y la gestión del agua de riego y su calidad, ya que la dinámica del agua en el suelo y su uso eficiente, influye en la fertilidad y disponibilidad de los nutrientes.
- Desarrollar sistemas mixtos de producción (agroforestales, agroganaderos). Su establecimiento facilita cerrar ciclos de nutrientes, evitando pérdidas y optimiza la interacción de distintas especies, donde juegan un gran papel los árboles al extraer nutrientes de las profundidades del suelo y producir altos volúmenes de biomasa.
- Aportar materiales minerales naturales (rocas molidas) o fertilizantes químicos fundamentalmente para cubrir carencias, desequilibrios que pueda presentar el abonado orgánico y en los períodos críticos de deficiencias nutritivas o mayores necesidades en la fisiología del vegetal, evitando la contaminación y velando por la calidad biológica de los productos cosechados.

- **Potenciar la recuperación de la biodiversidad y actividad de la biomasa edáfica.**

El suelo en si mismo es un recurso natural vivo, en el cual ocurren una serie de relaciones de alimentación, muerte, degradación, y convivencia, donde participan una amplia diversidad de macro y microorganismos propios del suelo y las raíces de las plantas.

En un sentido estricto, la rizosfera es la parte del suelo inmediata a las raíces, tal que al extraer una raíz, es aquella porción de tierra que queda adherida a la misma. Debido a la alta densidad de raíces que emiten las plantas, se puede considerar la rizosfera de una forma más amplia, como la porción de suelo en que se desarrollan las raíces de las plantas. En esta zona se dan toda una serie de fenómenos físicos y químicos que afectan a la estructura del suelo y a los organismos que viven en él. La rizosfera se diferencia del resto de la capa superior del perfil del suelo por tener una mayor densidad de organismos, tales como

bacterias, actinomicetos, hongos (micorrícicos o no) y la microfauna, también posee mayor estabilidad estructural, tanto por la acción mecánica de las raíces, como por la acción agregante de los exudados de los diferentes organismos presentes.

La importancia que ejercen los organismos del suelo en el funcionamiento del agroecosistema se pueden resumir en los siguientes roles:

1. La simbiosis del rizobium y las micorrizas incrementa la eficiencia de la asimilación de nutrientes por las plantas. (N y P fundamentalmente)
2. Un amplio rango de hongos, bacterias y animales inferiores participan en los procesos de transformación, mineralización e inmovilización de nutrientes, siendo determinante su acción en los ciclos de los elementos. (C, N, S)
3. Los microorganismos actúan en la síntesis y descomposición de la materia orgánica del suelo.
4. Las galerías y transporte de partículas producidas por la fauna del suelo y la agregación de partículas por los hongos y bacterias tienen una amplia influencia en la estructura del suelo y su régimen hídrico.
5. Incrementan el rango de control de organismos causantes de plagas y enfermedades.

Una vez comprendida la importancia de la biota del suelo en la capacidad productiva del mismo, debemos reconocer que la Agricultura Convencional tiende a degradar los suelos y principalmente la actividad biológica del mismo, en la medida que implanta el monocultivo, se intensifica el uso de la maquinaria en la preparación del suelo, los suelos se quedan desnudos, se quemen los rastrojos, se incrementa la aplicación de biocidas y se utilicen los fertilizantes químicos (sobretodo amoniacales) como única o mayoritaria fuente de nutrientes. La aplicación de pesticidas y fertilizantes afectan bastante a la población de la rizosfera, tanto en su cantidad como en la presencia de especies concretas. Si bien la fertilización mineral, aplicada con medida, suele tener un efecto beneficioso respecto la población microbiana, propiciando su desarrollo, en exceso puede alterar la proporción de las especies presentes, fundamentalmente en

la mesofauna, la cual generalmente se ve perjudicada por la toxicidad y salinidad puntualmente propiciadas por los fertilizantes, siendo los fertilizantes amoniacales uno de los mas dañinos a la actividad biológica del suelo.

Por el contrario, la Agricultura Ecológica dentro de sus principios tiende a conservar el “suelo vivo”, potenciando la actividad de los macro y microorganismos, mediante el desarrollo de prácticas agronómicas dirigidas a:

- La conservación del suelo y el agua, prestando atención a la calidad de esta última que se utiliza para el riego.
- El mantenimiento y mejora de la estructura del suelo y en fin de las condiciones físicas del mismo.
- El aporte sistemático de abonos orgánicos al suelo resulta básico, no solo por el aporte de nutrientes y energía, sino por el alto contenido de microorganismos que aporta (carga biológica).
- El desarrollo de plantas de cobertura y abonos verdes, conjuntamente con policultivos, rotaciones y asociaciones, que incrementan la diversidad de la cobertura vegetal y propicie una mayor actividad microbiana en la rizosfera por las excreciones de las raíces.
- La disminución de la intensidad de laboreo e implementación de labranzas conservacionistas.
- Evitar los suelos desnudos mediante el uso de coberturas vivas y muertas.
- Eliminación del uso de productos biocidas.
- Potenciar el uso de productos biofertilizantes a base de rizobacterias y micorrizas, capaces de influir directamente sobre el metabolismo de las plantas, promoviendo el aumento de la toma de agua y nutrientes, el desarrollo del sistema radical y la estimulación del funcionamiento de otros organismos beneficiosos presentes en la rizosfera. También se puede incrementar la resistencia de las plantas a las enfermedades.
- Uso preferencial de fertilizantes minerales naturales ante los fertilizantes químicos solubles que deben ser reducidos a un mínimo.
- La introducción de animales y árboles en los agrosistemas, para lograr un mayor reciclaje de la materia orgánica, nutrientes y energía.

- **Establecer Sistemas Integrados de Nutrición Vegetal.**

En la década del 90 cogió auge en el ámbito mundial el empleo de los Sistemas Integrados de Nutrición Vegetal (SINV), como respuesta a los problemas generados por el uso excesivo y dependiente de los fertilizantes químicos en la Agricultura.

Los SINV pretenden lograr el mantenimiento y mejora de la fertilidad del suelo, así como el suministro de nutrientes a las plantas, con un nivel óptimo de sostenibilidad de la producción de los cultivos, a través de la optimización de los beneficios obtenidos de todas las fuentes de nutrientes, manejados de forma integrada.

Dicho lo anterior en forma de concepto sería: Los SINV se sustentan en el mantenimiento o ajuste de la fertilidad del suelo y de suministro de nutrientes a las plantas a un nivel óptimo, para sostener la productividad de los cultivos mediante la optimización de todas las fuentes de nutrientes de manera integrada.

La combinación adecuada del empleo de los fertilizantes minerales, abonos orgánicos, residuos de cosecha e industriales, compost, los abonos verdes y la fijación biológica del N por medio de los biofertilizantes varía acorde a las especies de plantas cultivadas y las condiciones ecológicas, sociales y económicas de la finca. Por lo que el adecuado manejo de los SINV conlleva dedicación, experiencia y cierto nivel de conocimiento de los productores que los emplean, dado al carácter holístico de las medidas tomadas en el manejo de la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas cultivadas.

Contrario a la Agricultura Orgánica que propone una baja dependencia externa, el empleo de los SINV conlleva a una dependencia de baja a media de suministros externos en la finca, sin embargo los SINV constituyen un proceso cuya filosofía se basa en disminuir las pérdidas de nutrientes del sistema y potenciar sus fuentes, no comportándose como un proceso exclusivo de suministro de nutrientes al sistema, como se concibe comúnmente en la Agricultura Convencional.

Los principales elementos en que se basa la fertilización mediante el empleo de los SINV los podemos resumir de la siguiente forma:

- Aprovechar adecuadamente la fertilidad del suelo, mediante la elección de los cultivos, sus rotaciones y asociaciones.
- Evitar las quemaduras de la cubierta vegetal del suelo y los residuos de cosecha, utilizando las mismas como cobertura viva o muerta, o incorporándolas al suelo.

- Aportar materia orgánica y reciclar nutrientes aprovechando todas las fuentes disponibles de residuos vegetales e industriales, mediante el compostaje y la lombricultura.
- Dar vida al suelo y movilizar los nutrientes del mismo con el empleo de los abonos verdes dentro de la rotación de cultivos.
- Potenciar los organismos beneficiosos del suelo (Micorrizas, rizobacterias y otros) mediante inoculaciones de productos biofertilizantes.
- Emplear la fertilización química de forma racional y puntual, acorde a las máximas exigencias fisiológicas de nutrientes en la rotación o para corregir los desequilibrios que pudieran presentarse, minimizando las pérdidas y logrando la máxima eficiencia en su aplicación.

En fin, el manejo de la fertilidad del suelo en una Agricultura Ecológica va a estar basado en tres vías complementarias:

- La encaminada a potenciar la biodiversidad edáfica.
- La encaminada a incrementar la disponibilidad de los nutrientes.
- La encaminada a potenciar aquellos aspectos que impidan la degradación del suelo.

5.- Medidas de Mejoramiento:

En la mejora de la capacidad productiva de los suelos pueden aplicarse un gran número de medidas que tiendan a disminuir o eliminar el efecto de los factores limitantes al desarrollo de los cultivos, las cuales entre otras van desde el uso intensivo de métodos de conservación del suelo, la aplicación de enmiendas químicas y orgánicas y el establecimiento de sistemas de drenaje, hasta la extracción de piedras y eliminación de obstáculos, entre otros.

Las acciones o medidas que se acometen en la producción agrícola en función de elevar la capacidad productiva del suelo, mediante la mejora o rehabilitación de campos de cultivo que se encuentran sometidos a limitantes agroproductivas de carácter edáfico, son en general beneficiosas, aunque no siempre se logran en toda su magnitud los objetivos propuestos o en corto período de tiempo se vuelven a restablecer las anteriores condiciones.

Todo lo anterior sucede cuando se acometen de forma aislada la rehabilitación y mejora de los suelos, sin tomar en consideración en primer lugar el hecho de eliminar las causas que condicionan esas limitantes agroproductivas y la realización de un manejo más integrado y sostenible del suelo.

Por eso cuando se acomete el manejo ecológico de un suelo degradado, es aconsejable antes de tratar de iniciar el mismo por acometer medidas de mejora, como pueden ser entre otras la extracción de piedras, drenaje, encalado, enyesado y el abonado, se debe trabajar en garantizar en un inicio la conservación del suelo y el agua, para después cuando se tomen medidas en relación a elevar la fertilidad física, química y biológica, se vayan introduciendo según las condiciones locales de la Unidad de producción y sus suelos, las medidas complementarias que propicien la rehabilitación de la capacidad productiva del suelo.

Existen tres principios básicos que debemos respetar al momento de determinar las posibles medidas de mejora que pueden aplicarse:

1. Debemos eliminar o controlar las causas que provocan la manifestación de las limitantes, a fin de evitar que los suelos rehabilitados vuelvan con el tiempo a degradarse.
2. Debe mejorarse en primer orden la principal limitante y después las secundarias, ya que se corre el riesgo de no obtener resultados positivos en los rendimientos de los cultivos cuando se acometen acciones sobre limitantes secundarias.
3. Debemos reconocer que no todas las limitantes de los suelos son económicamente mejorables, por lo que en esos casos es necesario adaptar los cultivos al suelo, buscando un mayor nivel de agroproductividad sin perder de vista la protección y conservación del suelo.

Bibliografía:

- Cairo P. y Fundora O. Edafología. Editorial Pueblo y Educación 1994.
- Febles J.M. Estrategias agroecológicas para la conservación de suelos. Programa de maestría. Universidad Agraria de la Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez” 1999
- Febles J.M. y Duran J.L. Manual de Erosión y Conservación del suelo. Instituto Superior Agropecuario de la Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez” 1988
- Gestión y Conservación del Suelo. <http://www.unex.es/edafo>
- Guiberteau A. y Labrador Juana. Técnicas de cultivo en Agricultura Ecológica. Hojas Divulgadoras num. 8/91 HD 43 p. 1992.
- Labrador Juana y Altieri M.A. Manejo y diseño de Sistemas Agrícolas Sustentables. Hojas Divulgadoras. Num 6-7/94 HD Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 51 p. 1995
- Labrador Juana. La materia orgánica en los Agroecosistemas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi-Prensa 293 p. 2001
- Labrador Juana. Relación entre fertilidad del suelo y conservación del agua siguiendo criterios de gestión agroecológica. Universidad de Extremadura. <http://www.agroecologia.net/congresos/mallorca>
- Menicocci W. And Ceccanti B. How to combat desertification by improving the fertility of the soil and promoting the recovery of organic waste through earthworm technology. Convention to combat desertification. Rome. Published by the Applecrest Press. 56 p. 1997
- Plaster E. J. La ciencia del suelo y su manejo. Editorial Paraninfo. 419 p. 2000.
- Porta J., Lopez-Acevedo M. y Roquero C. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-prensa 2da. Edición 1999.
- Primavesi Ana. Manejo Ecológico del Suelo. La Agricultura en Regiones Tropicales. Quinta Edición. Editorial “El Ateneo” 500 p. 1982.
- Ruiz L. Utilización de las micorrizas arbusculares en los cultivos de papa, yuca, boniato, malanga y ñame. Tesis presentada en opción a la categoría de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana 2001.

- Servicio de recomendaciones de fertilizantes y enmiendas SERFE. El recurso suelo en el cultivo de la caña de azúcar. INICA. Nov. 1999.
- Unger P.W. Common soil and water conservation practices. p 239-266. Soil erosion, conservation and rehabilitation. Edited by Menachem Agassi. 1996.