

Sustento del uso justo
de Materiales Protegidos
derechos de autor para
fines educativos



UCI

Universidad para la
Cooperación Internacional

UCI

Sustento del uso justo de materiales protegidos por Derechos de autor para fines educativos

El siguiente material ha sido reproducido, con fines estrictamente didácticos e ilustrativos de los temas en cuestión, se utilizan en el campus virtual de la Universidad para la Cooperación Internacional – UCI - para ser usados exclusivamente para la función docente y el estudio privado de los estudiantes en el curso “Economía Ambiental y Estrategias de Financiamiento” perteneciente al programa académico MGAP.

La UCI desea dejar constancia de su estricto respeto a las legislaciones relacionadas con la propiedad intelectual. Todo material digital disponible para un curso y sus estudiantes tiene fines educativos y de investigación. No media en el uso de estos materiales fines de lucro, se entiende como casos especiales para fines educativos a distancia y en lugares donde no atenta contra la normal explotación de la obra y no afecta los intereses legítimos de ningún actor.

La UCI hace un USO JUSTO del material, sustentado en las excepciones a las leyes de derechos de autor establecidas en las siguientes normativas:

- a- Legislación costarricense: Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos, No.6683 de 14 de octubre de 1982 - artículo 73, la Ley sobre Procedimientos de Observancia de los Derechos de Propiedad Intelectual, No. 8039 – artículo 58, permiten el copiado parcial de obras para la ilustración educativa.
- b- Legislación Mexicana; Ley Federal de Derechos de Autor; artículo 147.
- c- Legislación de Estados Unidos de América: En referencia al uso justo, menciona: "está consagrado en el artículo 106 de la ley de derecho de autor de los Estados Unidos (U.S.Copyright - Act) y establece un uso libre y gratuito de las obras para fines de crítica, comentarios y noticias, reportajes y docencia (lo que incluye la realización de copias para su uso en clase)."
- d- Legislación Canadiense: Ley de derechos de autor C-11– Referidos a Excepciones para Educación a Distancia.
- e- OMPI: En el marco de la legislación internacional, según la Organización Mundial de Propiedad Intelectual lo previsto por los tratados internacionales sobre esta materia. El artículo 10(2) del Convenio de Berna, permite a los países miembros establecer limitaciones o excepciones respecto a la posibilidad de utilizar lícitamente las obras literarias o artísticas a título de ilustración de la enseñanza, por medio de publicaciones, emisiones de radio o grabaciones sonoras o visuales.

Además y por indicación de la UCI, los estudiantes del campus virtual tienen el deber de cumplir con lo que establezca la legislación correspondiente en materia de derechos de autor, en su país de residencia.

Finalmente, reiteramos que en UCI no lucramos con las obras de terceros, somos estrictos con respecto al plagio, y no restringimos de ninguna manera el que nuestros estudiantes, académicos e investigadores accedan comercialmente o adquieran los documentos disponibles en el mercado

editorial, sea directamente los documentos, o por medio de bases de datos científicas, pagando ellos mismos los costos asociados a dichos accesos.



El Manejo Sostenible de Suelos

ATTRA — El Servicio Nacional de Información de la Agricultura Sostenible • 1-800-411-3222 • www.attra.ncat.org

Por Preston Sullivan
NCAT Especialista
Agrícola
Inglés: © NCAT 2004
Español: © NCAT 2007

Esta publicación cubre las propiedades básicas del suelo y los pasos en el manejo hacia la fabricación y mantenimiento de suelos sanos. La primera sección trata de los principios básicos sobre suelos vivos y cómo funcionan. En esta sección se encuentran respuestas al por qué son importantes los organismos del suelo y la materia orgánica. La segunda sección cubre el manejo y los pasos para mejorar la calidad del suelo en su predio. La tercera sección cubre historias de agricultores que han tenido gran éxito en mejorar sus tierras. La publicación concluye con una gran sección de recursos y otra información.

Contenido

Parte I. Principios y Características de Suelos Sostenibles

El Suelo Vivo: Textura y Estructura	2
La Importancia de los Organismos del Suelo	4
Materia Orgánica, Humus y la Cadena Alimenticia del Suelo	11
Labranza del Suelo y la Materia Orgánica	12
Labranza, Materia Orgánica y Productividad de Plantas	14
Enmiendas Fertilizantes y Suelos Biológicamente Activos	18
Fertilizantes Convencionales	20
La Capa Superior del Suelo – El Capital de su Granja	21
Sumario de la Primera Parte -	24
Sumario de Principios de Manejo Sustentable del Suelo	25

Parte II. Pasos en el Manejo para Mejorar la Calidad del Suelo

1. Evalúe la Salud y Actividad Biológica del Suelo en su Granja.26	
2. Utilice Herramientas y Técnicas para Mejorar el Suelo	28
Estiércol de Animales	28
Compost	29
Cultivos de Cobertura y Abonos Verdes	29
Humates	30
Labranza Reducida	30
Disminuye el Uso de Nitrógeno Sintético	32
3. Continué Observando las Señales de Éxito o Fracaso	32

Parte III. Ejemplos de Triunfantes Mejoradores de Suelo

Referencias

Recursos de Información Adicional



Hay que proteger el suelo del viento y de la lluvia para evitar la erosión. En esta foto se sembró soja en el residuo del cultivo anterior de trigo.

Foto: USDA Natural Resources Conservation Service

El Servicio Nacional de Información de la Agricultura Sostenible de ATTRA es administrado por el Centro Nacional para la Tecnología Apropriada (NCAT) y financiado por una subvención del Servicio de Negocios y Cooperativas Rurales del USDA. Visite el sitio Web de NCAT (en inglés: www.ncat.org/agri.html) para más información sobre nuestros proyectos en la agricultura sostenible.



Cómo funciona el suelo en su condición nativa? ¿Cómo producen plantas y animales los bosques y pastizales nativos en la completa ausencia de labrado y fertilización? Entendiendo los principios por los cuales funcionan los suelos nativos puede ayudar a los agricultores a desarrollar y mantener suelos productivos y con más ganancias tanto al presente como para las generaciones futuras.

El suelo, el medio ambiente, y la productividad se benefician cuando la productividad

natural del suelo se administra de manera sostenible. La confianza en agregados comprados declina año con año mientras que el valor de la tierra y el potencial de generación de ingresos aumenta.

Algunas de las cosas en que gastamos pueden ser realizadas por el proceso natural con poco o sin ningún gasto. El buen manejo del suelo produce cultivos y animales que son más saludables, menos susceptibles a enfermedades, y más productivos.

PRIMERA PARTE

Principios y Características de los Suelos Sostenibles

Algunas de las Publicaciones de ATTRA en Español

La Certificación para Granjas Orgánicas y el Programa Orgánico Nacional

Como Prepararse para la Inspección Orgánica

Los Escarabajos del Pepino: Manejo Integrado de Plagas-MIP Orgánico y Bioracional

Fresas: Producción Orgánica

Guía de Campo Sobre el Manejo Integrado de Plagas Orgánico CD-ROM (disponibles solamente en CD o por el Internet):

1. *Los Insectos Benéficos, Plagas y Hábitat para los Benéficos*

2. *El Manejo de Enfermedades de Planta*

3. *El Manejo de Malezas*

4. *El Manejo de Plagas de Vertebrados*

El Proceso de Certificación Orgánica

Producción Orgánica de Lechugas de Especialidad y Verduras para Ensalada

El Suelo Vivo: Textura y Estructura

Los suelos están formados por cuatro componentes básicos: minerales, aire, agua y materia orgánica. En la mayoría de suelos, los minerales representan alrededor de 45% del volumen total, agua y aire cerca de 25% cada uno, y materia orgánica entre 2% y 5%. La porción mineral consiste en tres distintos tamaños de partículas clasificadas como arena, limo, y arcilla. La arena es la partícula más grande que se puede considerar como suelo.

La arena es por mayor parte el mineral cuarzo, aunque otros minerales también

están presentes. El cuarzo no contiene nutrientes para las plantas, y la arena no puede sostener nutrientes—estos se lavan fácilmente con la lluvia. Las partículas de limo son mucho más pequeñas que las de arena, pero tal como ésta, limo es casi todo de cuarzo. La partícula más pequeña es la de arcilla. Las arcillas son partículas muy diferentes a las de arena o limo y la mayoría de los tipos de arcilla contienen cantidades apreciables de nutrientes para las plantas. La arcilla tiene una gran área de superficie en forma de plato resultado de cada partícula individual. Los suelos arenosos son menos productivos que los de limo, mientras que los que contienen arcilla son los más productivos y usan fertilizantes más efectivamente.

Sostenible

Capaz de ser mantenido por un largo tiempo, sin interrupción, debilitamiento, o pérdida de potencia o calidad.

¿Cuáles son algunos de los elementos del buen suelo?

Cualquier agricultor le podrá decir que la buena tierra:

- se siente blanda y se desgrana fácilmente
- desagua bien y se calienta fácilmente en la primavera
- no endurece y hace costra después de plantar
- absorbe las lluvias fuertes con poco escurrimiento de agua
- almacena humedad para los períodos de sequía
- tiene pocos terrones y nada de capa dura
- resiste la erosión y pérdida de nutrientes
- soporta una alta población de organismos de suelo
- tiene buen olor a tierra
- no requiere aumento de ingresos para lograr una rendición alta
- produce cultivos saludables, de alta calidad (1).

Todo este criterio indica un suelo que funciona con efectividad hoy y continuará a producir cultivos en el futuro y a largo plazo. Estas características se pueden construir a través de optimas prácticas de manejo en los procesos encontrados en los suelos nativos.

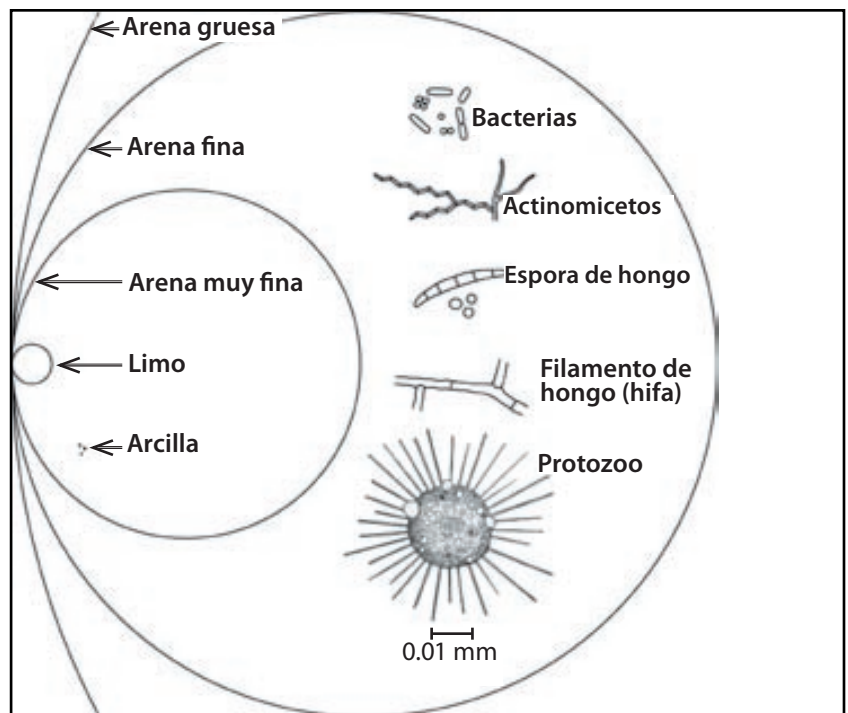
Tabla 1. Designaciones de textura de suelo, de grueso a fino.

Designación de textura	
Textura gruesa	Arena
	Arena margosa
	Marga arenosa
	Marga arenosa fina
	Marga
	Marga limosa
	Limo
	Marga de arcilla limosa
	Arcilla margosa
	Arcilla
Textura fina	

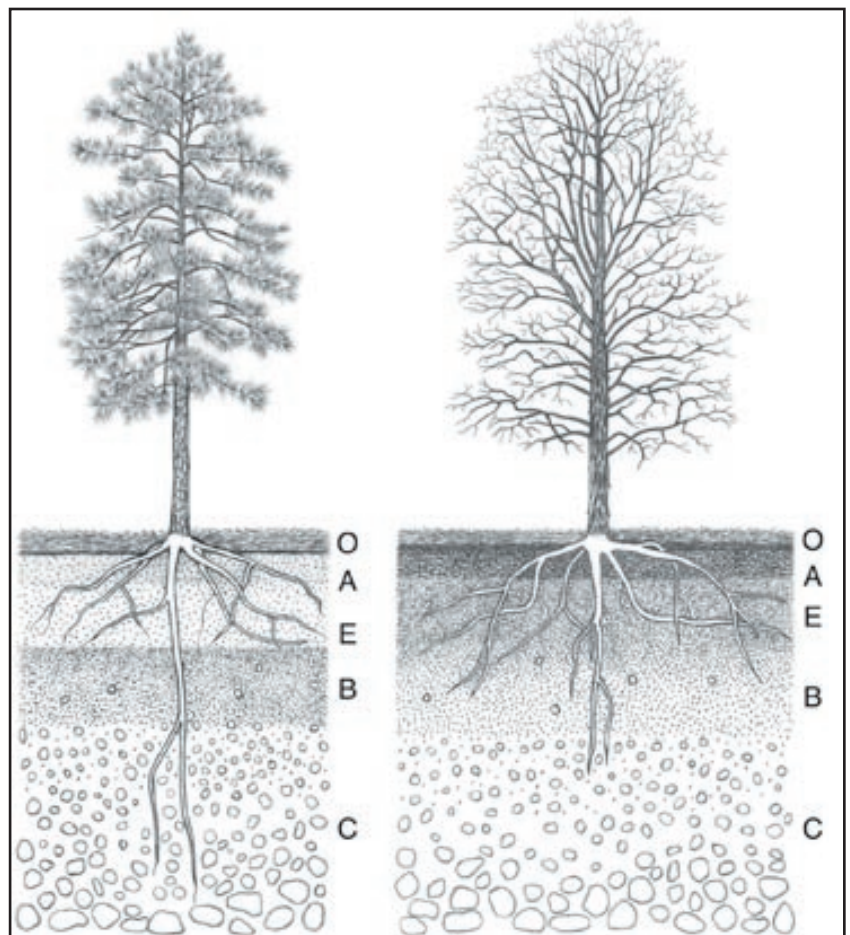
La textura del suelo se refiere a las porciones relativas de arena, limo y arcilla. Un suelo franco, o marga, contiene estos tres tipos de partículas en partes iguales aproximadamente. Una marga arenosa es una mezcla que contiene una gran cantidad de arena y menos cantidad de arcilla, mientras que una marga arcillosa contiene grandes cantidades de arcilla y menos cantidad de arena. Estas y otras designaciones de texturas se encuentran en la lista de la Tabla 1.

La estructura del suelo es distinta a su textura. Estructura se refiere a como se aglomeran o a la “reunión” de arena, limo y arcilla en terrones secundarios mayores. Si se toma un puñado de tierra, es aparente la buena estructura cuando se deshace fácilmente en la mano. Esta es una indicación de que las partículas de arena, limo y arcilla están reunidas en gránulos o migajas grandes.

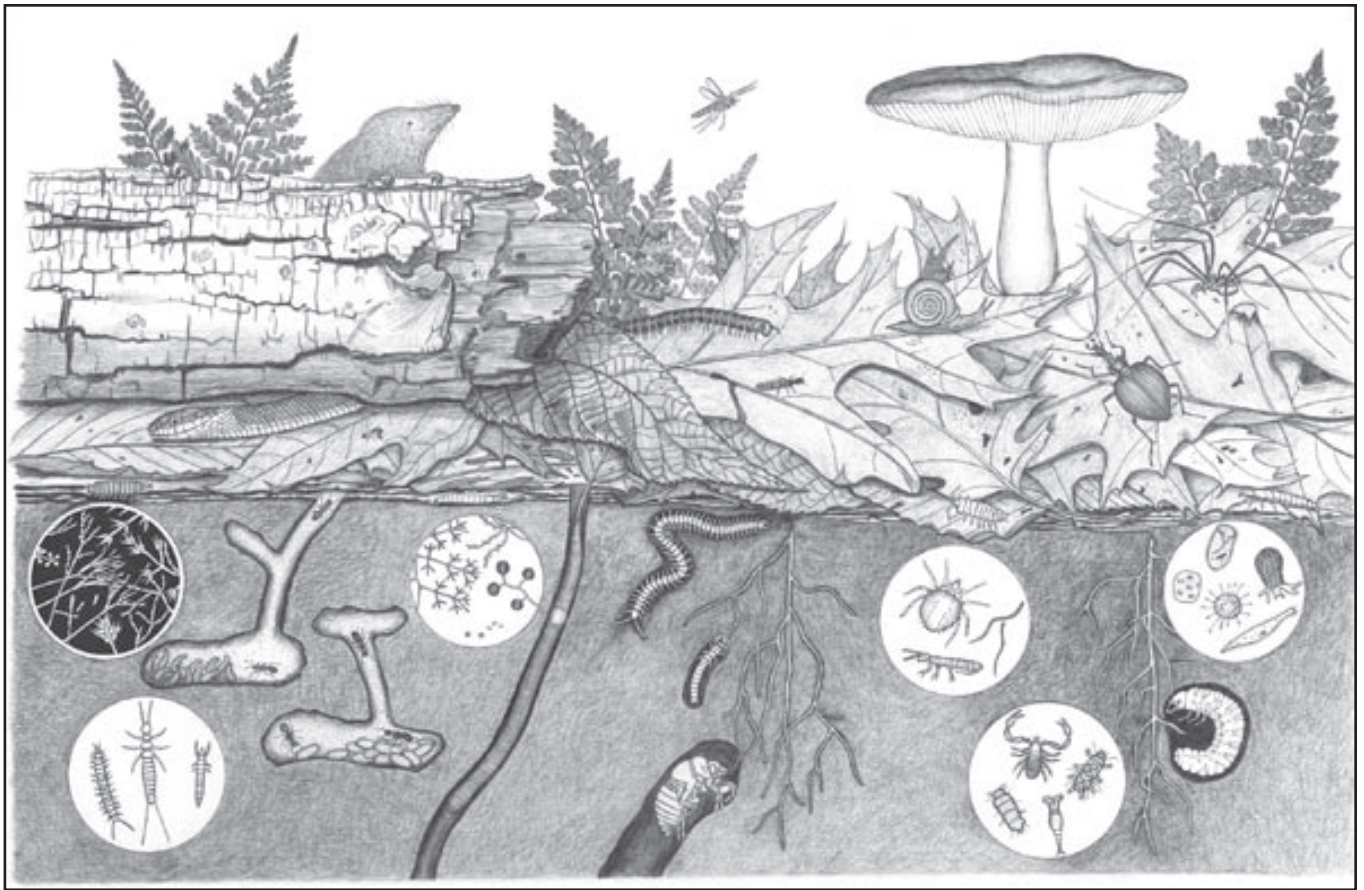
Tanto la textura como la estructura determinan el espacio de poros para la circulación de aire y agua, resistencia a la erosión, soltura, facilidad para ararse y penetración de las raíces. Aunque la estructura está relacionada a los minerales en el suelo y no cambia con las actividades agrícolas, la estructura se puede mejorar o destruir fácilmente con la selección y duración de prácticas agrícolas.



Tamaño relativo de las partículas del suelo. Dibujo por James Nardi, UIUC.



Las raíces de árboles penetran a varias profundidades según los horizontes del suelo. Dibujo por James Nardi, UIUC.



La increíble diversidad de vida en el suelo. Dibujo por James Nardi, UIUC.

La Importancia de los Organismos del Suelo

Un acre de capa de suelo superior, fértil y viva, contiene aproximadamente 900 libras de lombrices, 2,400 libras de hongos, 1,500 libras de bacterias, 133 libras de protozoos, 890 libras de artrópodos y algas e incluso a veces pequeños mamíferos (Pimentel 1995). Por lo tanto, el suelo se debe mirar como una comunidad viviente más que como un cuerpo inerte.

La materia orgánica del suelo también contiene organismos muertos, materia vegetal, y otros materiales orgánicos en varias etapas de descomposición. Humus, la materia orgánica oscura en los estados finales de descomposición, es relativamente estable. Tanto la materia orgánica como el humus sirven de reserva de nutrientes para plantas y proveen otros beneficios.

El tipo de suelo viviente saludable que se requiere para soportar al hombre ahora y

mas adelante, en el futuro deberá ser balanceado en nutrientes y de alto contenido de humus con una gran diversidad de organismos de suelo. Producirá plantas saludables con mínima presión de malezas, enfermedades e insectos. Para lograr esto, trabajaremos con los procesos naturales y las funciones óptimas para sustentar nuestros terrenos agrícolas.

Cuando se considera el paisaje natural uno se pregunta cómo funcionan las praderas y los bosques nativos en la ausencia de labranza y fertilizantes. Estos suelos son labrados por los organismos del suelo, no por máquinas. También se fertilizan, pero los fertilizantes se usan una y otra vez y nunca salen del sitio. Los suelos nativos están cubiertos por una capa de desechos de plantas o por plantas en crecimiento todo el año.

Bajo la superficie de esta capa de desechos, un rico complejo de organismos del suelo descompone los residuos y las raíces muertas de las plantas, y luego suelta los nutri-



Niveles tróficos en la red alimenticia del suelo. Dibujo por James Nardi, UIUC.

En realidad, la capa superior del suelo, es la parte más diversa de la tierra.

entes guardados lentamente a través del tiempo. En realidad, la capa superior del suelo, es la parte más diversa de la tierra. (USDA 1998). Los organismos que viven en el suelo sueltan minerales, convirtiéndolos en formas usables por las plantas, y estos son entonces absorbidos por las plantas que crecen en el sitio. Los organismos reciclan nutrientes una y otra vez con la muerte y pudrición de cada nueva generación de plantas.

Hay gran diferencia de tipos de organismos que viven en o sobre la capa superior del suelo. Cada uno tiene un papel que jugar. Estos organismos trabajarán para el beneficio del agricultor si sólo nos preocupamos de que sobrevivan. Por consiguiente, nos podemos referir a estos como el ganado del suelo. Mientras una gran variedad de organismos contribuyen a la fertilidad de la tierra, las lombrices de tierra, artrópodos y varios microorganismos merecen atención particular.

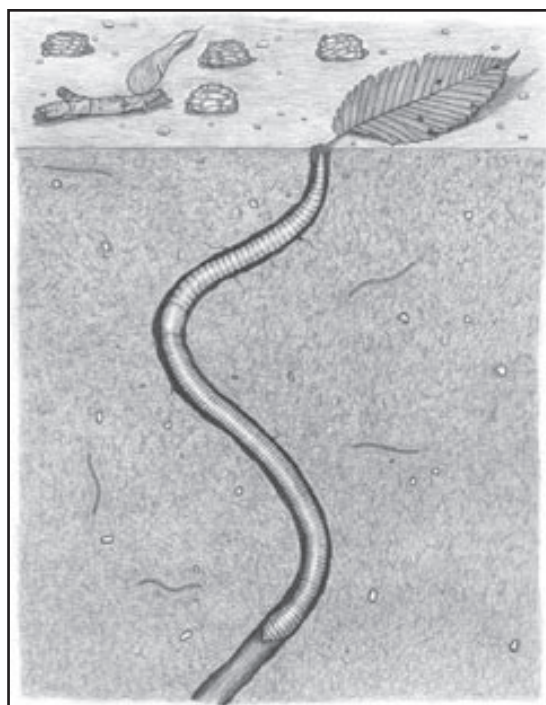
Lombrices de Tierra

Los túneles de las lombrices mejoran la filtración de agua y la aeración del suelo. Los campos que son “labrados” por los túneles de las lombrices pueden absorber agua en una cantidad de 4 a 10 veces mas que la de los campos que no tienen estos túneles (Edwards 1996). Esto reduce el escurrimiento de agua, recarga la capa subterránea, y ayuda a guardar más agua para períodos secos.

Los túneles verticales cavados por las lombrices llevan aire a la profundidad del suelo, estimulando el ciclo de nutrientes microbiales a esas profundidades. Cuando las lombrices están presentes en gran número, el labrado proveído por sus túneles puede reemplazar algo de la labranza cara hecha por máquina.

Las lombrices comen el material vegetal muerto, o detrito vegetal, que se acumula sobre el suelo y redistribuyen la materia orgánica y los nutrientes a través de la capa

Compuestos ricos en nutrientes recubren sus túneles, los cuales se mantienen en su lugar por años si no se disturban. Durante sequía, estos túneles permiten la penetración profunda de las raíces dentro de regiones del subsuelo con más alto contenido de humedad.



Las lombrices del suelo proveen fertilidad y aeración al suelo. Dibujo por James Nardi, UIUC.

superior. Compuestos ricos en nutrientes recubren sus túneles, los cuales se mantienen en su lugar por años si no se disturban. Durante sequía, estos túneles permiten la penetración profunda de las raíces dentro de regiones del subsuelo con más alto contenido de humedad.

Además de consumir materia orgánica, las lombrices también consumen suelo y microbios del suelo al moverse por la tierra. La excreción que expelan de sus tractos digestivos se conoce como tierra negra, o moldes de lombriz. Estos varían en tamaño entre el porte de una semilla de mostaza a la de una semilla de sorgo, dependiendo del tamaño de la lombriz.

El contenido nutricional soluble de la tierra negra es considerablemente más alto que el del suelo original (Tabla 2) Una buena población de lombrices puede procesar 20.000 libras de la capa arable del suelo por año. La cantidad de renovación ha sido tan alta como 200 toneladas por acre reportadas en algunos casos excepcionales (Edwards 1988).

Tabla 2. Análisis de nutrientes selectos en tierra negra comparados a los del suelo circundante.

Nutriente	Tierra negra	Suelo
	Lbs/ac	Lbs/ac
Carbono	171,000	78,500
Nitrógeno	10,720	7,000
Fósforo	280	40
Potasio	900	140

*El suelo tenía 4% de materia orgánica.
De: (Graff 1971)*

Las lombrices también secretan un estimulante para el crecimiento de las plantas. Los reportados aumentos de crecimiento en plantas a continuación de la actividad de lombrices pueden atribuirse parcialmente a esta sustancia, no sólo al mejoramiento de la calidad del suelo.

Las lombrices prosperan donde no se hace labranza. Generalmente, mientras menos labranza se haga mejor, y mientras esta sea más superficial mejor. El número de lombrices se puede reducir tanto como un 90% con labranzas frecuentes y profundas (Anon. 1997).

La labranza reduce las poblaciones de lombrices al secar la tierra, entierra los residuos vegetales de los que se alimentan, haciendo más posible que el suelo se congele. La labranza también destruye los túneles verticales y puede matar y cortar a las lombrices. Las lombrices permanecen en estado de reposo en las partes calurosas del verano y el invierno frío. Las lombrices jóvenes emergen en la primavera y el otoño — son más activas justo cuando hay más posibilidad de que los agricultores estén arando la tierra. La Tabla 3 muestra el efecto de labrado y prácticas de cultivo en los números de lombrices.

Como regla, el número de lombrices se puede aumentar reduciendo o eliminando el labrado (especialmente el labrado de otoño), no usando un arado de vertedera, reduciendo el tamaño de las partículas de residuos, (usando una moledora de paja en la trilladora), agregando estiércol de animales, y cultivando campos verde (cultivos de cobertura).

Es beneficioso dejar lo más posible de residuos en la superficie a lo largo del año. Los sistemas de cultivos que típicamente tienen más lombrices de tierra son (en orden descendiente) pastos perennes de estación fría apastados en forma rotativa, y cultivos anuales sin usar arado. Los campos de labrado de borde (ridge-till) y labrado en hileras (strip tillage) generalmente tendrán más lombrices que el labrado de limpieza que utiliza arado y discado.

Los pastos perennes de estación fría apastados rotacionalmente tienen el más alto número ya que proveen un ambiente no perturbado (sin labrado) además de la abundante materia orgánica de las raíces del pasto y residuos del pasto. Generalmente hablando, las lombrices quieren su alimento en la superficie y que las dejen tranquilas.

Tabla 3. Efectos del manejo de cultivos sobre la poblaciones de lombrices.

Cultivo	Manejo	Lombrices/pie ²
Maíz	Arado	1
Maíz	Sin labranza	2
Soya	Arado	6
Soya	Sin labranza	14
Bluegrass/ Trébol	—	39
Pastura de Lechería	—	33

De: (Kladivko sin fecha)

Las lombrices prefieren un suelo de pH casi neutro, condiciones de tierra húmeda, y muchos residuos de plantas en la superficie. Son sensibles a ciertos pesticidas y algunos fertilizantes incorporados. Los insecticidas de Carbamato, incluyendo Furadan, Sevin, y Temik, son dañinos a las lombrices, nota el biólogo de lombrices Clive Edwards de Ohio State University (Edwards 1996). Algunos insecticidas en la familia de órgano fosfatos son algo tóxicos a las lombrices, mientras que los piretroides sintéticos les son inocuos.

La mayoría de herbicidas tienen poco efecto en lombrices excepto los triazines, tales como Atrazine, que son moderadamente tóxicos. También, el anhídrido de amoníaco mata las lombrices en la zona de inyección porque

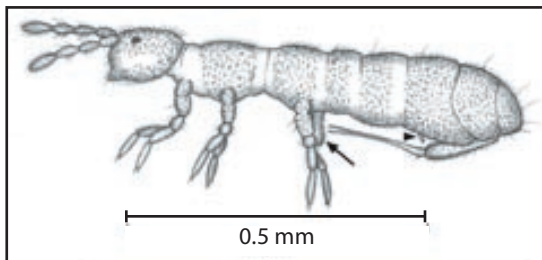
seca el suelo y aumenta el pH temporalmente en éste. Una alta dosis de fertilizantes a base de amonio también es dañina.

Para más información en el manejo de lombrices, pida *The Farmer's Earthworm Handbook: Managing Your Underground Money-makers*, por David Ernst. El libro de Ernst contiene detalles sobre qué necesitan las lombrices para vivir, como aumentar las poblaciones de lombrices, los efectos del labrado, estiércol, y manejo de ganado en las lombrices, como 193 productos químicos afectan a las lombrices, y más. Vea la sección **Recursos de Información Adicional** en esta publicación para información de como pedirlo. También puede visitar las listas de sitios en la red sobre lombrices de esta sección.

Artrópodos

Además de lombrices, hay muchas otras especies de organismos del suelo que pueden verse a simple vista. Entre éstos están los cochinillos de tierra (Oniscoidea), milpiés, cienpiés, babosas, caracoles y "springtails" (Collembola). Estos son primariamente putrefactores. Su papel es comer y triturar las partículas grandes de residuos de plantas y animales. Algunos entierran los residuos, poniéndolos en contacto con otros organismos del suelo que siguen el proceso de descomposición.

Algunos miembros de este grupo depredan en organismos de suelo más pequeños. Los colembolas saltadoras o "springtails" son pequeños insectos que comen especialmente hongos. Sus desechos son ricos en nutrientes de plantas que se liberan después que otros hongos y bacterias los descomponen. También de interés son los escarabajos del estiércol, los cuales juegan un papel valioso en reciclar excrementos y reducir los parásitos intestinales y las moscas del ganado.



Una colembola saltadora de .5mm.
Dibujo por James Nardi, UIUC.

Es beneficio dejar lo más posible de residuos de superficie a lo largo del año.

Bacterias

Las bacterias son los organismos más numerosos en la tierra: cada gramo de tierra contiene por lo menos un millón de estos pequeñísimos organismos unicelulares. Hay muchas especies diferentes de bacterias, cada una con su propio papel en el medio ambiente del suelo. Uno de los mayores beneficios que las bacterias proveen a las plantas es poner los nutrientes a su disposición.

Algunas especies sueltan nitrógeno, azufre, fósforo, y elementos microscópicos de la materia orgánica. Otras descomponen los minerales del suelo, liberando potasio, fósforo, magnesio, calcio e hierro. Otras especies producen y sueltan hormonas de crecimiento para plantas, las que estimulan el desarrollo de las raíces.

Varias especies de bacterias transforman el gas de nitrógeno del aire en formas aprovechables para uso por las plantas y de estas formas a gas nuevamente. Unas pocas especies de bacterias fijan nitrógeno en las raíces de las legumbres mientras que otras fijan nitrógeno independientemente de su asociación con plantas.

Las bacterias son responsables por convertir nitrógeno de amoníaco a nitrato y en reversa dependiendo de ciertas condiciones del suelo. Otros beneficios que varias especies de bacterias proveen a las plantas incluyen aumentar la solubilidad de nutrientes, mejorar la estructura del suelo, combatir enfermedades en las raíces y limpiar de toxinas el suelo.

Hongos

Los hongos existen en muchas especies, tamaños, y formas diferentes en el suelo. Algunas especies parecen como colonias de filamentos, mientras que otras son levaduras unicelulares. Los mohos pegajosos y las setas también son hongos. Muchos hongos ayudan a las plantas al descomponer materia orgánica o al liberar nutrientes de los minerales del suelo.

Los hongos son rápidos para colonizar pedazos grandes de materia orgánica y comenzar

el proceso de descomposición. Algunos hongos producen hormonas vegetales, mientras que otros producen antibióticos incluyendo la penicilina. Hay incluso especies de hongos que atrapan a dañinos nematodos parásitos de las plantas.

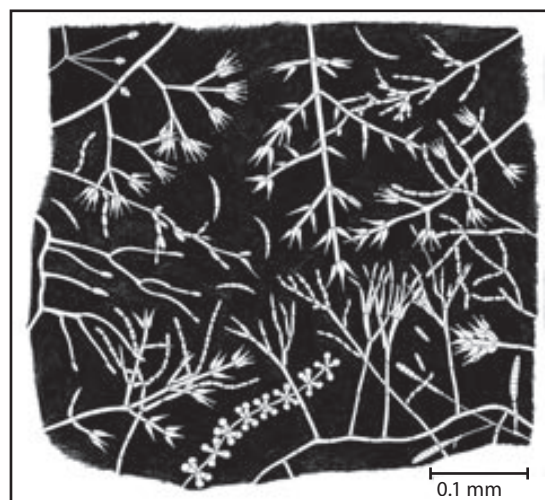
Los micorizas son hongos que viven en o sobre las raíces de las plantas y actúan para extender el alcance de los cilios de las raíces dentro del suelo. Los micorizas aumentan el consumo de agua y nutrientes, especialmente de fósforo. Son particularmente importantes en suelos gastados o poco fértiles. Las raíces colonizadas por micorizas están más protegidas de ser penetradas por nemátodos que se alimentan de raíces, ya que la plaga no puede perforar la gruesa red fungal.

Los micorizas también producen hormonas y antibióticos, los que mejoran el crecimiento de las raíces y proveen supresión de enfermedades. Los hongos se benefician de la asociación con las plantas tomando nutrientes y carbohidratos de las raíces en que viven.

Actinomicetos

Actinomicetos son bacteria en forma de filamentos que parecen hongos. Aun sin ser muy numerosas como bacterias, también cumplen papeles vitales en el suelo.

Como bacteria, ayudan a descomponer la materia orgánica transformándola en humus,



Ejemplos de la diversidad de hifa de hongos en el suelo. Dibujo por James Nardi, UIUC.

Muchos hongos ayudan a las plantas al descomponer materia orgánica o al liberar nutrientes de los minerales del suelo.

liberando nutrientes. También producen antibióticos que combaten enfermedades de las raíces. Muchos de estos mismos antibióticos se usan para combatir enfermedades en las personas. Los actinomicetos son responsables por el olor dulce de la tierra cuando se labra un suelo biológicamente activo.

Algas

Muchas especies diferentes de algas viven en la media pulgada superior del suelo. A diferencia de la mayoría de los otros organismos del suelo, las algas producen su propio alimento a través de fotosíntesis. Aparecen como una película verdosa en la superficie del suelo a continuación de una lluvia saturante.

Las algas mejoran la estructura del suelo produciendo sustancias pegajosas que pegan las partículas del suelo para formar agregados estables al agua. Algunas especies de algas (las azul verdosas) pueden fijar su propio nitrógeno, parte del cual es más tarde liberado en las raíces de las plantas.

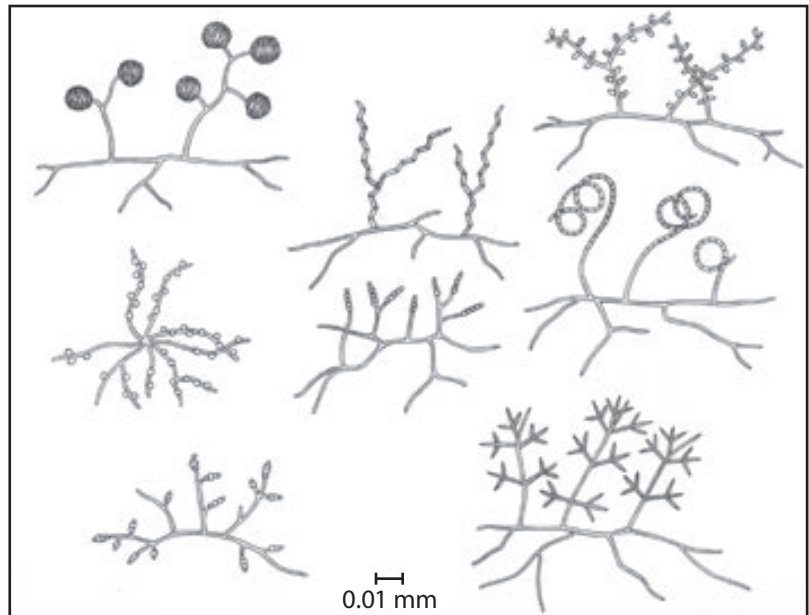
Protozoos

Los protozoos son microorganismos individuales que se arrastran o nadan en el agua entre las partículas del suelo. Muchos protozoos del suelo son depredadores que comen otros microorganismos.

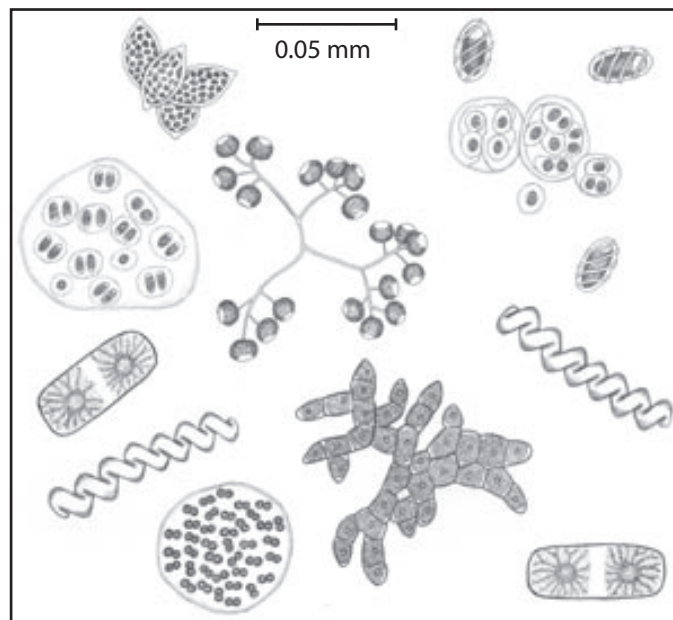
Uno de los más comunes es la ameba que come bacterias. Al comer y digerir bacterias, los protozoos hacen más rápido el ciclo del nitrógeno de la bacteria, y lo hacen disponible a las plantas.

Nemátodos

Los nemátodos abundan en la mayoría de suelos, y sólo unas pocas especies son dañinas a las plantas. Las especies inofensivas comen residuos de plantas en proceso de descomposición, bacteria, hongos, algas, protozoos, y otros nemátodos. Igual que otros depredadores del suelo, los nemátodos aceleran los ciclos de nutrientes.



Actinomicetos—bacterias que parecen hongos. Dibujo por James Nardi, UIUC.



Variedad de algas del suelo. Dibujo por James Nardi, UIUC.

Los Organismos del Suelo y la Calidad del Suelo

Las investigaciones acerca de la vida en el suelo han determinado que hay proporciones ideales para ciertos organismos claves en suelos productivos.

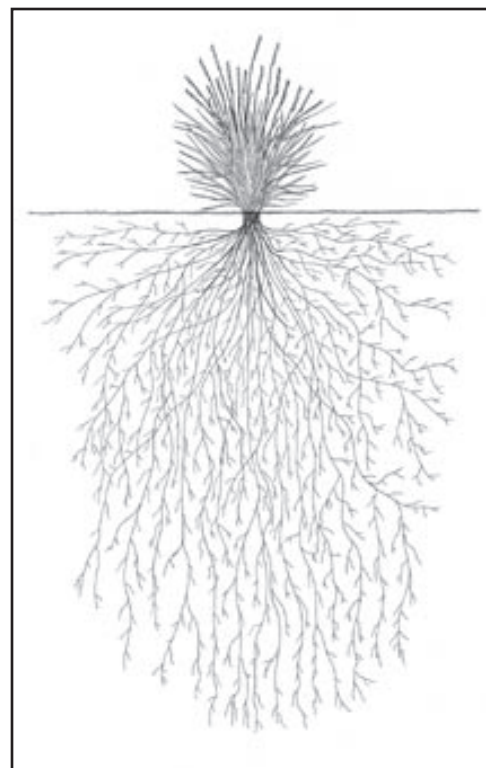
Todos estos organismos — desde la pequeñísima bacteria a las más grandes lombrices de tierra e insectos — actúan en una multitud de maneras en el sistema ecológico del suelo.

Los organismos que no están directamente involucrados en descomponer desechos de plantas se pueden alimentar de aquellos o de los productos de desecho de éstos u otras sustancias que liberan. Entre las sustancias liberadas por los varios microbios hay vitaminas, aminoácidos, azúcares, antibióticos, gomas y ceras.

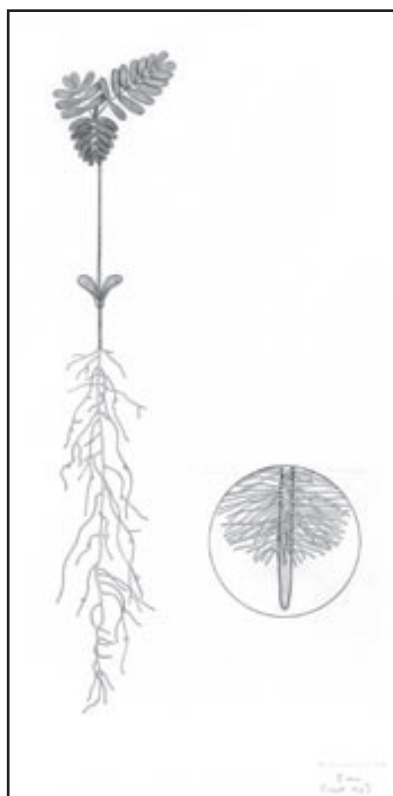
Las raíces también pueden liberar en el suelo varias sustancias que estimulan los microorganismos del suelo. Estas sustancias sirven como alimento a organismos selectos. Algunos científicos y practicantes teorizan que las plantas usan estos medios para estimular las poblaciones específicas de microorganismos capaces de liberar o de otra manera producir el tipo de nutrientes necesarios para su consumo.

Las investigaciones acerca de la vida en el suelo han determinado que hay proporciones ideales para ciertos organismos en tierras de alta producción. El laboratorio Soil Foodweb Lab, examina suelos y hace recomendaciones de fertilidad que están basadas en este cono-

Las raíces también pueden liberar en el suelo varias sustancias que estimulan los microbios del suelo. Estas sustancias sirven como alimento a organismos selectos.



Los pastos son mantenidos por raíces extensivas. Dibujo por James Nardi, UIUC.



Las raíces finas de muchas plantas pueden penetrar profundamente en búsqueda de alimentos. Dibujo por James Nardi, UIUC.

cimiento. Su meta es alterar la composición de la comunidad microbiana del suelo para que se parezca a la de suelos altamente fértiles y productivos.

Hay varias maneras diferentes de lograr este objetivo, dependiendo de la situación. **Para más información** sobre el Soil Foodweb Lab, vea la sección *Recursos de Información Adicional* en esta publicación.

Como no podemos ver a la mayoría de las criaturas que viven en la tierra y quizás no tomamos tiempo para observar las que vemos, es fácil olvidarse de éstas. Vea la Tabla 4 para estimados de las cantidades típicas de los varios organismos que se encuentran en el suelo fértil.

Hay muchos sitios en la red que proveen información en detalle sobre organismos del suelo. Vea una lista de estos sitios en la sección *Recursos de Información Adicional*. Muchos de estos sitios tienen fotografías a color de los organismos y describen sus beneficios a la fertilidad del suelo y el desarrollo de las plantas.

Tabla 4. Peso de organismos del suelo en las 7 pulgadas superiores de suelo fértil.

Organismo	Libras de peso vivo / acre
Bacteria	1000
Actinomicetos	1000
Mohos	2000
Algas	100
Protozoos	200
Nematodos	50
Insectos	100
Lombrices	1000
Raíces de plantas	2000

De: (Bollen 1959)

Materia Orgánica, Humus, y la Cadena Alimenticia del Suelo

Comprender el papel que juegan los organismos del suelo es crítico al manejo de suelos sostenibles. Basado en este entendimiento, el enfoque puede ser dirigido hacia estrategias que aumenten tanto el número como la diversidad de los organismos del suelo. Igual que el ganado y otros animales domésticos, el ganado del suelo requiere alimento apropiado. Este alimento viene en la forma de materia orgánica.

Materia orgánica y humus son términos que describen cosas algo diferentes pero relacionadas entre sí. La materia orgánica se refiere a la fracción del suelo que está compuesta tanto de organismos vivos como de residuos muertos en varios estados de descomposición. Humus es sólo una pequeña porción de la materia orgánica. Es el producto final de la descomposición de la materia orgánica y es relativamente estable.

La continuación de la descomposición del humus ocurre muy lentamente en ambientes agrícolas y naturales. En sistemas naturales, se alcanza un balance entre la cantidad de formación de humus y la cantidad de descomposición de este (Jackson 1993). Este balance también ocurre en la mayoría de los suelos agrícolas, pero a menudo con un mucho menor nivel de humus en el suelo.

El humus contribuye a un suelo bien estructurado que, en su turno, produce plantas de

alta calidad. Es claro que el manejo de la materia orgánica y el humus es esencial para sostener el ecosistema total del suelo.

Las mejoras a la estructura física del suelo facilitan el labrado, aumentan la capacidad para almacenar el agua, reducen la erosión, mejoran la formación y cosecha de cultivos de tubérculos, y producen sistemas de raíces más profundos y prolíficos en las plantas.

La materia orgánica del suelo se puede comparar a una cuenta de ahorro para nutrientes de plantas. Un suelo que contiene 4% de materia orgánica en las 7 pulgadas de su superficie tiene 80,000 libras de materia orgánica por acre. Estas 80,000 libras de materia orgánica pueden contener cerca de 5.25% de nitrógeno, para un total de 4,200 libras de nitrógeno por acre.

Si se asume una liberación de 5% durante la estación de crecimiento, la materia orgánica podría suministrar 210 libras de nitrógeno a un cultivo. Sin embargo, si la materia orgánica se deja degradar y se pierde el nitrógeno, será necesario comprar fertilizante para aumentar el rendimiento de la cosecha.

Todos los organismos del suelo mencionados anteriormente, excepto las algas, dependen de materia orgánica como fuente de alimento. Por lo tanto, para mantener la población, se debe renovar la materia orgánica de las plantas que crecen en el suelo, con estiércol de animales, abono, u otros materiales importados de fuera del sitio. Cuando los microorganismos se alimentan del suelo, aumenta la fertilidad del suelo y el suelo alimenta a las plantas.

Finalmente, fomentar los niveles de materia orgánica y humus en el suelo significa manejar los organismos vivientes del suelo — algo parecido al manejo de la vida silvestre o la ganadería. Esto significa trabajar para mantener condiciones favorables de humedad, temperatura, estado de nutrientes, pH, y aeración. También requiere proveer una fuente estable de alimento de materia orgánica cruda.

Igual que el ganado y otros animales domésticos, el ganado del suelo requiere alimento apropiado.

Labranza del Suelo y la Materia Orgánica

Un suelo que se desagua bien, no se encosta, toma agua rápidamente, y no forma terrones, se dice que tiene buena capa cultivable o labranza. La labranza es la condición física del suelo en relación a la facilidad del labrado, calidad del semillero, facilidad de emergencia de las plántulas, y penetración profunda de las raíces. La buena labranza depende de la agregación — el proceso en el cual las partículas individuales del suelo se juntan en racimos o “agregados.”

Los agregados se forman en el suelo cuando partículas del suelo individuales son orientadas y aglomeradas por la fuerza física de mojarse y secarse o congelarse y descongelarse. Las fuerzas eléctricas débiles de calcio y magnesio mantienen las partículas del suelo juntas cuando éste se seca. Sin embargo cuando estos agregados se mojan de nuevo, su estabilidad es desafiada y se pueden separar.

Los agregados también se pueden mantener unidos por las raíces de las plantas, la actividad de las lombrices, y por productos parecidos a pegamentos producidos por organismos del suelo. Los agregados creados por lombrices son estables al salir de la lombriz.

Un agregado formado por fuerzas físicas puede unirse por finos filamentos de raíces o hilos finos producidos por hongos. Los agregados también pueden estabilizarse (permanecer intactos cuando están mojados) a través de productos derivados de la descomposición de materia orgánica causada por hongos o bacterias — especialmente gomas, ceras y otras sustancias como pegamentos.

Estos productos derivados cementan las partículas del suelo entre sí, formando agregados estables en agua. El agregado entonces es suficientemente fuerte para seguir aglomerado cuando está mojado—de ahí el término “estable en agua.”

La microbióloga de la USDA, Sara Wright, nombró el pegamento que une los agrega-

dos como “glomalin” por el grupo de hongos comunes que viven en las raíces, los Glomales. (Comis 1997). Estos hongos secretan una proteína pegajosa conocida como glomalin a través de sus filamentos de pelillos, o hifa. Cuando Wright midió el glomalin en agregados del suelo, encontró niveles tan altos como un 2% del peso total en suelos del este de los Estados Unidos.

Agregados de suelo del oeste y medio oeste tenían niveles más bajos de la glomalina. Ella encontró que la labranza tiende a bajar los niveles de la glomalina. Se encontraron niveles más altos de la glomalina y mayor agregación en los campos de maíz no labrados que en los campos labrados. (Comis 1997).

Wright tiene un folleto que describe a la glomalina y como beneficia el suelo, titulado *Glomalin, a Manageable Soil Glue (Glomalina, una goma manejable del suelo)*. Para pedir este folleto vea la sección *Recursos de Información Adicional* de esta publicación.

Un suelo bien aglomerado permite buena entrada del agua, aumento del flujo de aire, e incrementa la capacidad de sostener agua (Boyle et al. 1989). Las raíces de las plantas ocupan un gran volumen del suelo bien agregado, con alta materia orgánica, cuando se compara a un suelo finamente pulverizado y disperso, bajo en materia orgánica. Raíces, lombrices, y artrópodos de la tierra pueden pasar más fácilmente a través de un suelo bien agregado (Pipel 1971).

Los suelos agregados también evitan que se forme una costra dura en la superficie. Finalmente, los suelos bien agregados son más resistentes a la erosión, ya que los agregados son mucho más pesados que sus partículas componentes. Para un buen ejemplo de los efectos de adiciones de materia orgánica en agregación, demostrado por el subsiguiente aumento de entrada de agua en el suelo, vea la Tabla 5.

Lo opuesto de agregación es dispersión. En un suelo disperso, cada partícula individual de tierra es libre de volar por el viento o ser lavada por una corriente de agua.

Finalmente, los suelos bien agregados son más resistentes a la erosión, ya que los agregados son mucho más pesados que sus partículas componentes.



Residuos del cultivo previo facilitan la absorbsión del agua y previene la erosión.



Suelo erosionado. Fotos: USDA NRCS, <http://photogallery.nrcs.usda.gov>

Tabla 5. Entrada de agua en el suelo después de una hora

Cantidad de Estiércol (Tons/acre)	Pulgadas de agua
0	1.2
8	1.9
16	2.7

(Boyle, et al. 1989)

Los suelos arcillosos con aglomeración pobre tienden a ser pegajosos cuando están húmedos y a formar terrones cuando están secos. Si las partículas de arcilla en estos suelos se pueden aglomerar, resulta en mejor aeración e infiltración de agua. Los suelos arenosos con agregación pobre se pueden beneficiar de la agregación al tener una pequeña cantidad de arcilla dispersa que tiende a pegarse entre las partículas de arena y disminuye la velocidad de la infiltración.

El encostrado es un problema común en suelos con poca aglomeración. El encostrado resulta principalmente del impacto de las gotas de lluvia. La lluvia causa que las partículas de arcilla de la superficie se dispersen y cierren los poros inmediatamente bajo la superficie. Las lluvias que siguen seguramente se escurrirán en vez de absorberse en el suelo.

Como las gotas de lluvia comienzan el encostrado, cualquier práctica en el manejo que proteja el suelo de este impacto va a reducir el encostrado y aumentar el flujo de agua en el suelo. Cubiertas de paja y culti-

vos de cobertura sirven bien este propósito, igual que prácticas de no hacer labranza, las cuales permiten la acumulación de residuos en la superficie. También, un suelo bien aglomerado resistirá el encostrarse ya que los agregados estables al agua tienen menos posibilidad de romperse cuando una gota de lluvia los golpea.

La producción de pastos a largo plazo produce los mejores suelos agregados (Allison 1968). Un césped de pasto extiende una masa de raíces finas a través de la capa superior de la tierra, contribuyendo a los procesos físicos que ayudan a formar aglomerados. Las raíces continuamente remueven agua de los micro sitios del suelo, proporcionando efectos locales de mojado y secado que promueven la agregación. Los filamentos finos de las raíces también unen los agregados del suelo.

Las raíces también producen alimento para los microorganismos de la tierra y las lombrices, los cuales a su vez generan compuestos que pegan partículas del suelo en agregados estables en agua. Además, los céspedes de pastos perennes dan protección contra las gotas de lluvia y la erosión. Por eso, una cobertura perenne crea una combinación de condiciones óptimas para la creación y mantenimiento de un suelo bien aglomerado.

Contrariaente, las secuencias de cultivo que involucran plantas anuales y cultivación extensiva de la tierra, proporcionan menos cobertura vegetal y materia orgánica, y usu-

Las raíces también producen alimento para los microorganismos de la tierra y las lombrices, los cuales a su vez generan compuestos que pegan partículas del suelo en agregados estables en agua.



Las raíces de pasto retienen el suelo.

Foto: USDA NRCS, <http://photogallery.nrcs.usda.gov>

almente resultan en un decadencia rápida de la aglomeración del suelo.

Para más información sobre agregación, vea la hoja de información sobre calidad de suelo titulada *Aggregate Stability/Estabilidad de Agregado en la portada virtual del Instituto de Calidad del Suelo*, Soil Quality Institute, <<http://www.statlab.iastate.edu/survey/SQI/sqw.html>>. Desde allí haga clic en *Soil Quality Information Sheets*, y luego en *Aggregate Stability*.

Las prácticas agronómicas se pueden diseñar para conservar y promover la aglomeración del suelo. Como las sustancias de pegamento son en sí susceptibles a la degradación microbológica, la materia orgánica necesita ser reemplazada para mantener las poblaciones microbiológicas y la agregación del suelo. Estas prácticas deben conservar los agregados una vez que se formen, disminuyendo factores que degraden y destruyan la agregación. Algunos factores que destruyen o degradan los agregados del suelo son:

- La superficie del suelo descubierta y expuesta al impacto de la lluvia
- El retiro de materia orgánica por medio de la producción de cultivos y cosechas sin reponer la materia orgánica al suelo
- Labrado excesivo
- Trabajar el suelo cuando está demasiado mojado o demasiado seco

- Uso de anhídrido de amoníaco, el cual acelera la descomposición de la materia orgánica
- Fertilización con nitrógeno excesivo
- Permitir la acumulación de exceso de sodio de la irrigación o fertilizantes que contienen sodio

Labranza, Materia Orgánica, y Productividad de Plantas

Hay varios factores que afectan el nivel de materia orgánica que se puede mantener en el suelo. Entre estos están las adiciones de materia orgánica, humedad, temperatura, labrado, niveles de nitrógeno, cultivación, y fertilización.

El nivel de materia orgánica presente en el suelo es una función directa de la cantidad de material orgánico que se produce o agrega al suelo contra lo que entra en putrefacción. Los objetivos de este acto de balance implican el nivel de la descomposición de materia orgánica, a la vez que se aumenta el suministro de materiales orgánicos que se producen en sitio y o se agregan fuera del sitio.

La humedad y la temperatura también afectan profundamente los niveles de materia orgánica. Mucha lluvia y temperaturas altas promueven el crecimiento rápido de las plantas, pero estas condiciones también son favorables a la rápida descomposición y pérdida de materia orgánica. Poca lluvia y bajas temperaturas disminuyen la rapidez del crecimiento de las plantas y la descomposición de materia orgánica.

Los suelos de las praderas nativas del Medio Oeste originalmente tenían una alta cantidad de materia orgánica, crecimiento continuo y la descomposición de pastos perennes, combinado con una temperatura moderada que no permitía la desintegración rápida de la materia orgánica.

Las áreas tropicales cálidas y húmedas pueden aparecer exuberantes por el rápido crecimiento de vegetación, pero los suelos en estas áreas tienen bajos nutrientes. La rápida descomposición de la materia orgánica

devuelve nutrientes al suelo, los que se captan casi inmediatamente por el rápido crecimiento de las plantas.

El labrado puede ser beneficioso o dañino para un suelo biológicamente activo, dependiendo del tipo de labrado se usa y cuando se practica. El labrado afecta tanto la erosión como la descomposición de la materia orgánica.

El labrado puede reducir el nivel de materia orgánica en tierras cultivadas a menos de un 1%, haciéndolo biológicamente muerto. El labrado limpio que usa arado de vertedera y discos rompe los agregados del suelo y deja la tierra susceptible a la erosión por el viento y el agua. El arado de vertedera puede enterrar residuos de la cosecha y la capa de tierra fértil a una profundidad de 14 pulgadas. A esta profundidad, los niveles de oxígeno en el suelo son tan bajos que la descomposición no puede proceder adecuadamente.

Los organismos de descomposición que habitan en la superficie se encuentran de repente sofocados y mueren pronto. Los residuos de cosecha que estaban originalmente en la superficie pero ahora se han volcado debajo de ésta se pudren en la zona privada de oxígeno. Esta actividad de putrefacción puede darle un olor pútrido a la tierra. Además, las pocas pulgadas de tierra fértil están ahora cubiertas con subsuelo que tiene poco contenido en materia orgánica y por esto limitada habilidad de soportar el crecimiento productivo de cultivos.

La capa fértil de la tierra es donde ocurre la actividad biológica — es donde está el oxígeno. Es por eso que los postes de las cercas se pudren en la superficie. En términos de materia orgánica, el labrado es similar a abrir las tomas de aire en una estufa de leña, añadirle materia orgánica es como agregarle leña a la estufa.

Idealmente, la descomposición de la materia orgánica debería proceder como un eficiente quemado de la “leña” para liberar nutrientes y carbohidratos a los organismos del suelo y crear humus estable. El labrado superficial incorpora residuos y acelera la descomposición de materia orgánica añadiendo



Los residuos de cultivos ayudan a prevenir la erosión del suelo.

Foto: USDA NRCS, <http://photogallery.nrcs.usda.gov>

oxígeno que los microbios necesitan para ponerse más activos.

En climas fríos con largas estaciones durmientes, el labrado liviano de residuos pesados puede ser beneficioso; en climas más cálidos es difícil mantener niveles suficientes de materia orgánica sin ningún labrado.

El arado de vertedera causa la más rápida declinación en la materia orgánica, y el no labrar, la menor. El arado da vuelta el suelo en su costado, aumentando el área de superficie expuesta al oxígeno. Los otros tres tipos de arado son intermedios en su habilidad de ayudar a la descomposición de materia orgánica. Oxígeno es el factor clave aquí. El arado con vertedera aumenta el área de superficie, permitiendo más aire en el suelo y acelerando el grado de descomposición.

El labrado también reduce el límite de entrada de agua al suelo al remover la cobertura del suelo y destruir agregados, lo que resulta en compactación y encostrado. La Tabla 6 muestra tres diferentes métodos de labrado y como afectan la entrada de agua al

El labrado superficial incorpora residuos y acelera la descomposición de materia orgánica añadiendo oxígeno que los microbios necesitan para ponerse más activos.

suelo. Nótese la relación directa entre tipo de labrado, cobertura de suelo, e infiltración de agua. Sin labrado se tiene más de tres veces la infiltración de agua de lo que el suelo arado con vertedera tiene.

Adicionalmente, los campos sin labrar tienen más alta agregación por la descomposición de materia orgánica en el sitio. La cobertura de paja típica de un campo sin arar actúa como una piel protectora para el suelo. Esta piel del suelo reduce el impacto de las gotas de lluvia y protege el suelo de extremos de temperatura, a la vez que reduce la evaporación de agua.

Tabla 6. Efectos del labrado en la infiltración de agua y la cobertura del suelo.

	Infiltración de Agua	Cobertura del Suelo
	mm/minuto	Porcentaje
Sin labrar	2.7	48
Arado de Cíncel	1.3	27
Arado de Vertedera	0.8	12

(Boyle, et al. 1989).

Tanto los sistemas sin labranza como los de un labrado reducido proveen beneficios al suelo. Las ventajas de un sistema sin arar incluyen una mejor conservación del suelo. También conserva humedad, reduce el escurrimiento del agua, proporciona el aumento de materia orgánica a largo plazo, y aumenta la infiltración de agua. Un suelo manejado sin ser labrado depende de los organismos del suelo para que hagan el trabajo de incorporar desechos vegetales, lo que antes era hecho por el arado. La desventaja es que el no arar puede crear dependencia en herbicidas para controlar malezas y eso puede causar la compresión del suelo por el tráfico de maquinaria pesada.

En varias estaciones de investigación, en granjas y en el este de los Estados Unidos se están llevando a cabo trabajos — iniciales de desarrollo de agricultura sin labrado y libre de sustancias químicas. El agricultor Steve Groff, de Pennsylvania ha estado cultivando sin arar y con un mínimo, o nada de herbicidas. Por varios años. Groff ha plantado cultivos de cobertura extensivamente en sus

campos, y los arrolla en la primavera con un cortador de tallos de rodillo de 10 pies. Este cortador de rodillo mata el cultivo de cobertura de cebada o arveja y crea una buena cobertura que no se labra en la cual planta una variedad de verduras y cereales.

Después de varios años de producción sin labrar, sus suelos son sueltos y fáciles de plantar. Groff trabaja en 175 acres de verduras, alfalfa y cereales en su granja Cedar Meadow Farm. Entérese más de su operación en la sección *Perfiles de Agricultores* en esta publicación, o visitando su sitio web, o pida su video (vea la sección *Recursos de Información Adicional*).

Otros sistemas de labrado de conservación incluyen el labrado de borde, labrado mínimo, labrado de zona, y labrado reducido, cada uno teniendo algunas de las ventajas tanto del labrado convencional o el de no labrado. Estos sistemas representan sistemas de labrado intermedio, que permiten más flexibilidad que la que ofrecería un sistema convencional o el de sin labrado. Son más benéficos a los organismos del suelo que el sistema convencional de labrado limpio de arado de vertedera y disco.

Agregar estiércol y abono son formas reconocidas para mejorar los niveles de materia orgánica y humus en la tierra. Cuando estos faltan, los pastos perennes son el único cultivo que puede regenerar y aumentar el humus del suelo. Los pastos de estaciones frías fabrican materia orgánica más rápido que los de estaciones cálidas ya que normalmente están en crecimiento por mas tiempo durante el año (Nation 1999).

Cuando el suelo está suficientemente tibio para que los organismos del suelo descompongan la materia orgánica, y el pasto de temporada fría está creciendo. Mientras este crece, produce materia orgánica y efectúa el ciclo de minerales al suelo desde la materia en descomposición. En otras palabras, hay una ganancia neta de materia orgánica porque el pasto de temporada fría está produciendo materia orgánica más rápido de lo que la usa. Con los pastos de temporada de calor, la producción de materia orgánica

Las ventajas de un sistema sin arar incluyen una mejor conservación del suelo. También conserva humedad, reduce el escurrimiento del agua, proporciona el aumento de materia orgánica a largo plazo, y aumenta la infiltración de agua.



Estiércol y compost añaden materia orgánica al suelo. Fotos: USDA NRCS, <http://photogallery.nrcs.usda.gov>

durante la temporada de crecimiento se hace más lenta durante la larga temporada de dormancia entre el otoño y principios de la primavera.

Durante el comienzo y final de este período de dormancia el suelo todavía está biológicamente activo, pero no hay crecimiento del pasto (Nation 1999). Sin embargo, alguna acumulación neta de materia orgánica puede ocurrir bajo los pastos de temporada de calor. En un estudio en Texas, switchgrass (un pasto de temporada de calor) que ha crecido por 4 años, aumentó el carbono de la tierra de un 1.1% a 1.5% en las 12 pulgadas superiores del suelo (Sanderson 1999). En regiones calurosas y húmedas, una rotación de cultivos que incluyen varios años de pastizales sería lo más benéfico.

El Efecto del Nitrógeno en la Materia Orgánica

Las aplicaciones excesivas de nitrógeno estimulan la actividad bacteriana, lo que en su turno acelera la descomposición de materia orgánica. El nitrógeno adicional disminuye la proporción de carbono a nitrógeno en el suelo. Suelos nativos o no cultivados tienen aproximadamente 12 partes de carbono por cada parte de nitrógeno, o una proporción C: N de 12:1. En esta proporción, las poblacio-

nes de bacterias de descomposición se mantienen a un nivel estable (Sachs 1999), ya que el crecimiento adicional de su población está limitado por falta de nitrógeno.

Cuando se agregan grandes cantidades de nitrógeno, se reduce la proporción de C:N, lo que permite que las poblaciones de organismos de descomposición exploten mientras descomponen más materia orgánica con el ahora abundante nitrógeno. Mientras las bacterias del suelo pueden usar eficientemente aplicaciones moderadas de nitrógeno acompañado de enmiendas orgánicas (carbono), el exceso de nitrógeno resulta en la descomposición de materia orgánica a gran velocidad.

Eventualmente, el contenido de carbono del suelo se puede reducir a un nivel donde la población de bacterias está a dieta de hambre. Con poco carbono disponible, la población de bacterias disminuye y se absorbe menos del nitrógeno libre del suelo. De ahí en adelante, el nitrógeno aplicado, en vez de ser ciclado a través de organismos bacterianos y devuelto a las plantas lentamente, se hace sujeto de percolación. Esto puede reducir grandemente la eficiencia de la fertilización y traer problemas al medio ambiente.

Para disminuir la rápida descomposición de la materia orgánica del suelo, se debe agregar

Mientras las bacterias del suelo pueden usar eficientemente aplicaciones moderadas de nitrógeno acompañado de enmiendas orgánicas (carbono), el exceso de nitrógeno resulta en la descomposición de materia orgánica a gran velocidad.

carbono junto con el nitrógeno. Fuentes típicas de carbono—tales como abonos verdes, estiércol de animales y abono—sirven bien para este propósito. Las enmiendas que contienen una proporción muy alta de carbono a nitrógeno (25:1 o más) pueden cargar la balanza al otro lado, resultando en que el nitrógeno esté atrapado en forma no disponible.

Los organismos del suelo consumen todo el nitrógeno al hacer un esfuerzo en descomponer la abundancia de carbono; atrapado en los organismos del suelo, el nitrógeno no puede ser usado por las plantas. Tan pronto como los organismos del suelo mueren y se descomponen, su nitrógeno es consumido por otro organismo del suelo hasta que el balance entre carbono y nitrógeno se consiga nuevamente.

Tan pronto como los organismos del suelo mueren y se descomponen, su nitrógeno es consumido por otro organismo del suelo hasta que el balance entre carbono y nitrógeno se consiga nuevamente.

Enmiendas Fertilizantes y Suelos Biológicamente Activos

¿Cuáles son las condiciones minerales del suelo que fomentan suelos biológicamente activos? Según el trabajo del Dr. William Albrecht (1888 a 1974), agrónomo en la Universidad de Missouri, podemos aprender que la clave es el balance. El Dr. Albrecht aconsejaba llevar los nutrientes del suelo a un balance en el que ninguno tuviera ni exceso ni deficiencia. La teoría del Dr. Albrecht (también llamada teoría de saturación de bases) se usa para guiar la aplicación de cal y fertilizantes midiendo y evaluando las proporciones de nutrientes de carga positiva (bases) mantenidos en el suelo.

Bases de carga positiva incluyen el calcio, magnesio, potasio, sodio, nitrógeno amónico, y varios oligominerales. Cuando existe una proporción óptima de bases, se cree que el suelo soporta una actividad biológica alta, tiene propiedades físicas óptimas (absorción de agua y agregación) y se hace resistente a la lixiviación o al deslavazar.

Las plantas que crecen en este suelo también tienen en balance en los niveles de minerales

y se consideran nutritivas tanto para humanos como para animales. Los porcentajes de saturación de bases que la investigación del Dr. Albrecht muestra como óptimos para el crecimiento de la mayoría de cultivos son:

Calcio	60—70%
Magnesio	10—20%
Potasio	2—5%
Sodio	0.5—3%
Otras bases	5%

De acuerdo al Dr. Albrecht, las aplicaciones de cal y fertilizante deberían hacerse en proporciones que lleven a los porcentajes de minerales dentro de este rango ideal. Este enfoque cambiará el pH del suelo automáticamente en un rango deseable sin crear imbalances de nutrientes. La teoría de saturación de bases también toma en cuenta el efecto que un nutriente puede tener sobre otro y evita interacciones no deseadas. Por ejemplo, se sabe que el fósforo puede obstruir al zinc.

El sistema de evaluación de suelos del Dr. Albrecht contrasta con la opinión usada por muchos laboratorios estatales, comúnmente llamado el “método suficiente.” La teoría de suficiencia le da poco o ningún valor a las proporciones entre nutrientes, y las recomendaciones para uso de cal son típicamente basadas solamente según se tomen medidas del pH del suelo.

Aunque en muchas circunstancias los métodos de saturación de bases y de suficiencia producen recomendaciones idénticas para el suelo y resultados similares, pueden ocurrir significantes diferencias en una cantidad de suelos. Por ejemplo, supongamos que hicimos pruebas en una plantación de maíz y encontramos un pH de 5.5 y una saturación de bases para magnesio de 20% y de calcio de 40%. La teoría de saturación llamaría a agregar cal con alto calcio para levantar el % de saturación de base del calcio: el pH subiría también. La teoría de suficiencia no especificaría cal de alto calcio y el agricultor podría escoger en su lugar una cal de dolomita de alto magnesio que subiría el pH pero malograría aun más el balance de nutrientes en el suelo.

Otra manera de mirar estas dos teorías es que la saturación de bases no se preocupa mucho del pH, sino de las cantidades proporcionales de bases. El pH se corregirá cuando los niveles de bases estén correctos.

Las ideas de Albrecht han sido descubiertas por un gran número de agricultores en Estados Unidos y en los programas de varias compañías de asesores en agricultura. Neal Kinsey, un asesor de fertilidad del suelo en Charleston, MO, es un mayor proponente del punto de vista de Albrecht.

Kinsey fue estudiante bajo el tutelaje de Albrecht y es una eminente autoridad del método de saturación de bases. El enseña un curso corto sobre el sistema de Albrecht y provee servicio de análisis de suelos (Kinsey Ag Services). Su libro, *Hands On Agronomy*, es reconocido extensamente como una sumamente práctica guía del sistema de Albrecht.

Varias compañías—muchas que venden fertilizantes y productos de enmiendas—ofrecen un programa de agricultura biológica basado en la teoría de Albrecht. Estas compañías típicamente ofrecen análisis de suelos de amplia base y recomiendan materiales fertilizantes balanceados considerados compatibles con los organismos del suelo.

Ellos evitan el uso de algunos fertilizantes y enmiendas comunes tales como la cal de dolomita, cloruro de potasio, anhídrido de amoníaco y formas de óxidos de oligoelementos ya que se consideran dañinos a los organismos vivientes del suelo.

La publicación *How to Get Started in Biological Farming/Como Comenzar en la Agricultura Biológica* presenta un programa así. Vea la sección *Recursos de Información Adicional* para como pedir información.

Para nombres de compañías que ofrecen asesoría y productos, pida las publicaciones de ATTRA *Alternative Soil Testing Laboratories y Sources for Organic Fertilizers and Amendments*.

Fertilizantes Convencionales

Los fertilizantes comerciales pueden ser un valioso recurso para los agricultores durante la transición a un sistema más sostenible y pueden ayudar a mitigar la necesidad de nutrientes durante temporadas de alta demanda de nutrición de los cultivos, o cuando las condiciones del clima resultan en baja liberación de nutrientes por los recursos orgánicos.

Los fertilizantes comerciales tienen la ventaja de suministrar a las plantas los nutrientes disponibles a estas en forma inmediata. Además son generalmente menos caros y de menor volumen que muchos fertilizantes naturales.

No todos los fertilizantes convencionales son iguales. Muchos parecen ser inofensivos a los organismos del suelo, pero unos pocos son problemáticos. El anhídrido de amoníaco contiene aproximadamente 82% de nitrógeno y se aplica bajo la superficie en forma de gas. El anhídrido acelera la descomposición de materia orgánica en el suelo, como resultado dejándolo más compacto. La adición de anhídrido causa un aumento de acidez en el suelo, requiriéndose 148 libras de cal para neutralizar 100 libras de anhídrido de amoníaco, o 1.8 libras de cal por cada libra de nitrógeno contenido en el anhídrido (Tisdale et al. 1985).

El anhídrido de amoníaco inicialmente mata muchos organismos del suelo en la zona de aplicación. Las bacterias y los actinomicetos se recuperan dentro de una o dos semanas a niveles más altos que los de antes del tratamiento (Francis et al. 1990). Los hongos del suelo, sin embargo, pueden tomar siete semanas para recuperarse.

Durante el tiempo de recuperación, las bacterias son estimuladas a crecer más, y descomponer más materia orgánica debido al alto contenido de nitrógeno en el suelo. Como resultado, sus números aumentan después de las aplicaciones de anhídrido, y luego declinan a medida que se va terminando la materia orgánica.

Las ideas del Dr. Albrecht han sido descubiertas por un gran número de agricultores en los Estados Unidos y en los programas de varias compañías de asesores en agricultura.

Tabla 7. Índice de sal de varios fertilizantes.

Material	Índice de sal	Índice de sal por unidad de alimento
Cloruro de Sodio	153	2.9
Cloruro de Potasio	116	1.9
Nitrato de Amonia	105	3.0
Nitrato de Sodio	100	6.1
Urea	75	1.6
Nitrato de Potasio	74	1.6
Sulfato de Amonia	69	3.3
Nitrato de Calcio	53	4.4
Anhidro de Amonia	47	.06
Sulfato-potasa-magnesio	43	2.0
Fosfato de Di-amonia	34	1.6
Fosfato de Monoamonia	30	2.5
Yeso	8	.03
Carbonato de Calcio	5	.01

Las bacterias y los actinomicetos se recuperan dentro de una o dos semanas a niveles más altos que los de antes del tratamiento. Los hongos del suelo, sin embargo, pueden tomar siete semanas para recuperarse.

Los agricultores reportan comúnmente que el uso a largo plazo de fertilizantes sintéticos, especialmente de anhidro de amonia, lleva a la compactación del suelo y pobre labranza (Francis et al. 1990). Cuando la población de bacterias y la materia orgánica del suelo disminuyen, declina la agregación porque los pegamentos existentes que juntan las partículas de suelo se degradan y no se están produciendo otros pegamentos.

El cloruro de potasio (KCl) (0-0-60 y 0-0-50), también conocido como muriato de potasa, contiene aproximadamente 50 a 60% de potasio y 47.5% de cloruro (Parker et al. 1983). El muriato de potasa se fabrica refinando el mineral de cloruro de potasio, el que es una mezcla de potasio y sales de sodio y arcilla originadas en las aguas saladas de lagos y mares muertos.

Los efectos potencialmente dañinos del KCl se pueden suponer por la concentración de sal del material. La Tabla 7 muestra que, libra por libra, el KCl se sobrepasa en índice de sal solamente por la sal de mesa. Adicionalmente, algunas plantas como el tabaco, papas, duraznos y algunas legumbres son especialmente sensitivas al cloruro. Grandes cantidades de KCl deben ser evitadas en tales cultivos. El sulfato de potasio, nitrato de potasio, sul-po-mag, o fuentes orgánicas de potasio pueden ser consideradas como alternativas al KCl para fertilizar.

El nitrato de sodio, también conocido como nitrato chileno, o nitrato de soda, es otro fertilizante con alto contenido de sal. Debido al relativamente bajo contenido de nitrógeno del nitrato de sodio, se agrega una gran cantidad de sodio al suelo, cuando se hacen aplicaciones normales de nitrógeno con este material. La preocupación es que el exceso de sodio actúa como dispersante de las partículas del suelo, degradando la agregación. El índice de sal para el KCl y el nitrato de sodio se pueden ver en la Tabla 7.

La Capa Superior del Suelo — El Capital de su Granja

Proteger al suelo de la erosión es el primer paso hacia una agricultura sostenible. La capa fértil del suelo es la reserva de capital de cada granja. Desde que la humanidad comenzó a practicar la agricultura, la erosión del suelo ha sido la amenaza más grande a la productividad de la tierra — y consecuentemente a la rentabilidad de la granja. Esto es verdad todavía. En los Estados Unidos el típico acre de cultivo se está desgastando a un promedio de siete toneladas por año (Pimentel et al. 1985). Sostener la agricultura significa sostener los recursos del suelo, ya que éste es la fuente de vida de un agricultor.

Los mayores costos de productividad de la granja asociados con erosión del suelo vienen de reemplazar los nutrientes perdidos y de la reducida capacidad de conservar el agua, los que cuentan por 50 a 75% de la pérdida de productividad. El suelo que se pierde por la erosión típicamente contiene cerca de tres veces más nutrientes que el que se queda atrás y es 1.5 a 5 veces más rico en materia orgánica (Pimentel et al. 1985). Esta pérdida de materia orgánica no sólo resulta en reducida capacidad de almacenamiento de agua y agregación degradada del suelo, sino en la pérdida de nutrientes para las plantas, los que deben ser reemplazados con enmiendas de fertilización.

Cinco toneladas de suelo fértil (lo que se llama nivel de tolerancia) pueden fácilmente contener 100 libras de nitrógeno, 60 libras de fosfato, 45 libras de potasa, 2 libras de calcio, 10 libras de magnesio, y 8 libras de sulfuro. Tabla 8 muestra el efecto de poca, moderada, y severa erosión sobre la materia orgánica, los niveles de fósforo del suelo, y agua disponible para las plantas en un suelo franco o marga limosa de Indiana (Schertz 1985).

Cuando ocurre erosión por agua y viento a una tasa de 7.6 tons/acre/año, cuesta \$40 por acre cada año el reemplazar con fertilizantes los nutrientes perdidos y cerca de \$17/acre/año para bombear agua de riego de pozo para reemplazar la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo por este suelo perdido (Troeh et al. 1991). El costo total de las pérdidas de suelo y agua al año de las tierras de cultivo en los Estados Unidos alcanza a una pérdida de productividad en sitio de aproximadamente \$27 billones cada año (Pimentel et al. 1985).

La erosión por agua comienza cuando el agua al caer choca con la tierra descubierta — separando partículas de suelo desde el cuerpo del suelo paterno. Después que suficiente agua se junta en la superficie del suelo, y siguiendo esta separación, el agua que escurre sobre la superficie transporta el suelo suspendido cuesta abajo. El suelo suspendido en el agua corriente raspa y suelta partículas de suelo adicionales así el agua viaja sobre la superficie.

Prevenir que el suelo se desprinda es el punto más efectivo del control de la erosión porque lo mantiene en su lugar. Otras prácticas de control de la erosión buscan retardar el transporte de las partículas de suelo, causando que el suelo se deposite antes de llegar a las corrientes. Estos métodos son menos efectivos en proteger la calidad del suelo dentro del campo.

Prácticas comúnmente implementadas para demorar el transporte de suelo incluyen terrazas y diversiones. Terrazas, diversiones y muchas otras prácticas de “control” de la erosión en su mayoría no son necesarias si el suelo se mantiene cubierto todo el año.

Para prevenir la erosión, un alto porcentaje de suelo cubierto es un buen indicador de éxito, mientras que el suelo descubierta es un indicador de un alto riesgo de erosión. (Sullivan 1998). Las corrientes de agua lodosa y quebradas o barrancos indican que es “demasiado tarde.” El suelo ya tiene erosión cuando aparece como agua lodosa y es demasiado tarde para salvarlo cuando ya está suspendido en agua.

Proteger el suelo de la erosión es el primer paso hacia una agricultura sostenible. Como

Prevenir que el suelo se desprinda es el punto más efectivo del control de la erosión porque lo mantiene en su lugar.

Tabla 8. Efecto de la erosión sobre la materia orgánica, fósforo y agua disponible a las plantas.

Nivel de Erosión	Materia Orgánica	Fósforo	Agua Disponible a las Plantas
	%	Lbs./ac	%
Bajo	3.0	62	7.4
Moderado	2.5	61	6.2
Severo	1.9	40	3.6

De: (Schertz et al. 1985)



Suelo sano.

Foto: USDA NRCS, <http://photogallery.nrcs.usda.gov>

Muchos estudios han mostrado que sistemas de cultivo que mantienen un toldo de plantas o una cobertura de residuos protegiendo el suelo tienen la menor erosión del suelo.

la erosión por agua se inicia por el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo descubierto, cualquier práctica de manejo que proteja el suelo del impacto de la lluvia disminuirá la erosión y aumentará la penetración de agua a la tierra.

Coberturas para el suelo, cultivos de cobertura, y residuos de cultivos, sirven bien para este propósito. Además, los suelos bien agregados resisten el encostrado ya que los agregados estables al agua tienen menos tendencia a separarse cuando las gotas de lluvia los golpean. Materias orgánicas adecuadas con alta actividad biológica del suelo son las características que llevan a una alta agregación del suelo.

Muchos estudios han mostrado que sistemas de cultivo que mantienen un toldo de plantas o una cobertura de residuos protegiendo el suelo tienen la menor erosión del suelo. Esto es universalmente verdadero. Estudios de largo plazo de cultivación empezados en 1888 en la Universidad de Missouri proveen evidencia dramática de este concepto.

Gantzer y colegas (Gantzer et al. 1991) examinaron los efectos de un siglo de cultivación sobre la erosión del suelo. Ellos compararon la profundidad de la capa fértil del suelo que permanecía después de 100 años de cultivo (Tabla 9). Como se muestra en la tabla, los sistemas de cultivo que mantenían la mayor cantidad de cobertura de suelo permanente (pasto timothy) les queda la mayor cantidad de capa fértil.

Los investigadores comentaron que con fundidad verdadera de la capa fértil fuera

menos que lo aparente. En realidad, toda la capa fértil superior se había perdido en los campos continuos de maíz en sólo 100 años. La rotación perdió cerca de la mitad de la capa fértil sobre los 100 años. ¿Cómo podremos alimentar las generaciones futuras con este tipo de prácticas de agricultura?

Tabla 9. Profundidad de la Capa Fértil que permanece después de 100 años de diferentes prácticas de cultivo.

Secuencia de Cultivos	Pulgadas de Tierra Fértil
Maíz Continuo	7.7
Rotación de 6 Años*	12.2
Pasto Timothy Continuo	17.4
*Maíz, avena, trigo, trébol, timothy	
De: (Gantzer, C.J. et al. 1991).	

En un estudio de varios tipos diferentes de suelos en las mayores zonas climáticas de los Estados Unidos, investigadores mostraron diferencias dramáticas de erosión del suelo cuando compararon cultivos en hileras a tepes perennes. Los cultivos en hilera consistían de algodón o maíz, y cultivos de tepe eran pasto bluegrass o pasto bermuda. Como promedio, los cultivos en hilera desgastaron 50 veces más suelo que los cultivos de tepe perenne. Los dos factores primarios de influencia son la cobertura del suelo y el labrado. Los resultados se muestran en la Tabla 10.

Entonces, ¿cuánto tiempo les queda a los campos antes que desaparezca la capa fértil superior? Esto depende de donde el campo esté localizado en el país. Algunos suelos tienen naturalmente una capa fértil muy gruesa mientras que otros tienen una capa delgada sobre roca o piedras.

Ocho toneladas/acre/año de erosión del suelo miden aproximadamente el grosor de una moneda de diez centavos esparcido sobre un acre. Veinte monedas unas sobre otras miden 1 pulgada de alto. De esta manera, un campo con una erosión de tasa de 8-ton perdería cerca de una pulgada de capa fértil cada 20 años.

En un suelo con capa fértil gruesa, esta cantidad es difícil de detectar dentro del largo de vida de una persona y puede no ser



Consecuencias de la erosión.
Foto: USDA Soil Conservation Service

notada. Los suelos con capa natural delgada o capas fértiles que han sido desgastadas previamente pueden ser transformados de productivos a degradados en una generación.

El investigador Wes Jackson, del Land Institute, habla con entusiasmo acerca de como el labrado está arraigado a la cultura humana desde que comenzamos a cultivar la tierra. “Forjar espadas en arados” generalmente significa el triunfo del bien sobre el mal. De alguien que crea algo nuevo se dice que ha “abierto nuevos surcos.” “Pero,” dice él, “el arado puede haber destruído más opciones

para las generaciones futuras que la espada.” (Jackson 1980).

El labrado para la producción de cultivos anuales es el mayor problema en agricultura, causando erosión del suelo y la pérdida de calidad del suelo. Cualquier práctica de agricultura que crea y mantiene suelos descubiertos es inherentemente menos sustentable que las prácticas que mantienen el suelo cubierto a través del año.

Wes Jackson ha pasado gran parte de su carrera desarrollando cultivos de cereales perennes que copien la pradera natural. Los cultivos de cereales perennes no requieren ararse para establecerse año tras año, y la tierra se deja cubierta. Finalmente, este es el futuro de la producción de cereales y representa verdaderamente una nueva visión de cómo producimos alimentos.

La mayor necesidad de investigación en agricultura hoy en día es el trabajo de creación para desarrollar cultivos perennes que reemplacen los cultivos anuales que requieren labrado. Las prácticas de agricultura que usan cultivos anuales en maneras que copien sistemas perennes, tales como son sin usar arado y usando cultivos de cobertura, son nuestra mejor alternativa hasta que se desarrollen sistemas perennes.

Los suelos con capa natural delgada o capas fértiles que han sido desgastadas previamente pueden ser transformados de productivos a degradados en una generación.

Tabla 10. Efectos de cultivo en tasas de erosión del suelo.

Tipo de Suelo	Lugar	Inclinación	Pérdida en Hileras	Pérdida en Tepe
	Estado	%	Toneladas/acre	Toneladas/acre
Marga Limosa	Iowa	9	38	.02
Marga	Missouri	8	51	.16
Marga Limosa	Ohio	12	99	.02
Marga arena fina	Oklahoma	7.7	19	.02
Marga arcillosa	N. Carolina	10	31	.31
Marga arena fina	Texas	8.7	24	.08
Arcilla	Texas	4	21	.02
Marga limosa	Wisconsin	16	111	.10
Promedio	Promedio	9.4	49	.09

Adaptado de (Shiflet y Darby, 1985)

Sumario de la Primera Parte

El manejo del suelo incluye proteger los organismos del suelo. Los factores principales que afectan el contenido de materia orgánica, su aumento, y el grado de descomposición en el suelo son: oxígeno, nitrógeno, humedad, temperatura, y la adición o retiro de materiales orgánicos.

Todos estos factores trabajan en conjunto todo el tiempo. Cualquiera de ellos puede limitar a los otros. Estos son factores que afectan la salud y el grado reproductivo de los organismos que descomponen la materia orgánica. Los agricultores deben estar conscientes de estos factores cuando toman decisiones sobre sus suelos. Examínelos uno por uno.

Al aumentar el oxígeno se acelera la descomposición de la materia orgánica. El labrado es la manera principal con la cual el oxígeno entra al suelo. La textura también juega un papel, con suelos arenosos teniendo más aeración que los suelos de arcilla pesada. El contenido de nitrógeno es influido por la adición de fertilizantes. El exceso de nitrógeno sin adición de carbono acelera la descomposición de materia orgánica. La humedad afecta el grado de descomposición.

Las poblaciones microbianas del suelo son más activas durante ciclos húmedos y secos. Sus poblaciones aumentan siguiendo la humedad mientras se seca el suelo. Después que el suelo está seco, su actividad disminuye. Igual que los humanos, los organismos del suelo son afectados profundamente por la temperatura. Su actividad es mayor dentro de una banda de temperatura óptima. Temperaturas mas altas o bajas de esta disminuye su actividad.

Al agregar materia orgánica se provee más alimento para los microorganismos. Para lograr un aumento de materia orgánica en el suelo, las adiciones deben ser mayores que lo que se retira. En un año cualquiera, bajo condiciones normales, 60 a 70 por ciento del

carbono contenido en los residuos orgánicos agregados al suelo se pierde como dióxido de carbono (Sachs 1999). Cinco a diez por ciento se asimilan en los organismos que descomponen los residuos orgánicos y el resto se convierte en humus “nuevo.”

Toma décadas para que el nuevo humus se transforme en humus estable, el que imparte las características de retenedor de nutrientes por las que se conoce el humus (Sachs 1999). El resultado final de agregar una tonelada de residuos sería 400 a 700 libras de humus nuevo. Uno por ciento de materia orgánica pesa 20,000 libras por acre . Una capa de siete pulgadas de profundidad de suelo arable sobre un acre pesa 2 millones de libras. Aumentar la materia orgánica es un proceso lento!

Es más real estabilizar y mantener el humus presente, antes de perderlo, que volver a crearlo. El valor del humus o mantillo no se aprecia hasta que está severamente agotado. (Sachs 1999). Si sus suelos son ricos en humus ahora, trabaje duro para preservar lo que tiene.

La formación de humus nuevo es esencial para mantener el antiguo y la descomposición de materia orgánica cruda tiene muchos beneficios propios. Aumento de ventilación causado por el labrado junto a la ausencia de carbono orgánico en fertilizantes ha causado más que un 50% de bajas en los niveles naturales de humus en muchas granjas de Estados Unidos (Sachs 1999).

La nutrición mineral apropiada debe estar presente para que prosperen los organismos del suelo y las plantas. Niveles adecuados de calcio, magnesio, potasio, fósforo, sodio y los oligoelementos deben estar presentes, pero no en exceso. La teoría de balance del manejo del suelo ayuda a guiar las decisiones hacia lograr niveles óptimos de estos nutrientes en el suelo. Se han escrito varios libros sobre como balancear los niveles de minerales en el suelo, y varias compañías asesoras proveen servicio de análisis de suelos y recomendaciones de fertilización basadas en esta teoría.

La nutrición mineral apropiada debe estar presente para que prosperen los organismos del suelo y las plantas. Niveles adecuados de calcio, magnesio, potasio, fósforo, sodio y los oligoelementos deben estar presentes, pero no en exceso.

La capa arable del suelo es el capital del agricultor y preservarla significa mantener los recursos del suelo. Teniendo el suelo cubierto de cultivos de cobertura, cobierta alcolchamiento, o residuos de cosecha durante la mayor parte de la temporada logra la meta de sostener los recursos del suelo. Cada vez que el suelo se ara y se deja descubierto está susceptible al desgaste. Incluso pequeñas cantidades de erosión de suelo son dañinas a largo plazo.

No es fácil “ver” los efectos de la erosión a lo largo de una vida, y por lo tanto la erosión puede pasar desapercibida. El labrado para la producción de cultivos anuales ha creado la mayor parte de la erosión asociada con la agricultura. Los cultivos perennes que no requieren ararse proveen una alternativa prometedora para mejorar drásticamente la sostenibilidad de la producción futura de cereales.

Sumario de Principios de Manejo Sustentable del Suelo

- Los microorganismos del suelo efectúan los ciclos de nutrientes y provee muchos otros beneficios
- La materia orgánica es el alimento para el rebaño de microorganismos del suelo
- El suelo debe estar cubierto para protegerlo de erosión y extremos de temperatura
- El labrado acelera la descomposición de la materia orgánica
- El exceso de nitrógeno acelera la descomposición de la materia orgánica; insuficiente nitrógeno hace más lenta la descomposición de materia orgánica y priva de alimento a las plantas
- El arado de vertedera acelera la descomposición de materia orgánica, destruye el hábitat de las lombrices de tierra, y aumenta la erosión
- Para aumentar la materia orgánica del suelo, la producción o adición de materia orgánica debe exceder la descomposición de materia orgánica
- Los niveles de fertilidad del suelo deben estar dentro de niveles aceptables antes de que se comience un programa de mejoramiento de suelo

Teniendo el suelo cubierto de cultivos de cobertura, cobierta alcolchamiento, o residuos de cosecha durante la mayor parte de la temporada logra la meta de sostener los recursos del suelo.

SEGUNDA PARTE

Pasos en el Manejo para Mejorar la Calidad del Suelo

Paso 1. Evalúe la Salud y Actividad Biológica del Suelo en su Granja

Una inspección básica del suelo es la primera y a veces la única herramienta de control que se usa para evaluar los cambios en el suelo. Desgraciadamente, la prueba básica que se usa para determinar los niveles de nutrientes (P, K, Ca, Mg, etc.) no da información sobre la biología y propiedades físicas del suelo.

Sin embargo, la mayoría de los factores reconocidos por los agricultores en suelos sanos (vea p. 2) incluyen, o son creados por, los organismos del suelo y las propiedades físicas de éste. Una mejor apreciación de estas propiedades físicas y biológicas del suelo, y de como afectan su manejo y productividad, han resultado en la adopción de varias técnicas de evaluación de la salud del suelo, las cuales se ven a continuación.

Estuche de Pruebas de Calidad de Suelo de la USDA

El Instituto de Calidad del Suelo de la USDA provee una Guía para el Estuche de Pruebas de Calidad de Suelo desarrollada por el Dr. John Doran y sus asociados de la oficina del Servicio de Investigación Agrícola en Lincoln, Nebraska. Diseñada para uso en el campo, el estuche permite medir la infiltración de agua, capacidad de almacenamiento de agua, densidad de masa, pH, nitrato del suelo, concentración de sales, estabilidad de agregado, número de lombrices, y respiración del suelo.

Los componentes necesarios para construir el estuche incluyen muchos objetos comunes—tales como botellas de refrescos, cuchillos de hoja lisa, un desplantador de jardín, y envoltura plástica. También es necesario para hacer las pruebas algún equipo que no es tan comúnmente disponible, tal

como agujas hipodérmicas, tubos de latex, un termómetro de suelo, un medidor de conductividad eléctrica, papel filtro, y normas de calibración EC.

La Guía para el Estuche de Pruebas de Calidad de Suelo se puede pedir a la USDA a través de la página web del Soil Quality Institute <<http://www.statlab.iastate.edu/survey/SQI/sqihome.shtml>>. La versión de 88 páginas en el Internet está disponible en formato Adobe Acrobat Reader en la página nombrada y se puede imprimir. Un sumario de las pruebas también está en la página web. Para pedir una versión impresa, vea la referencia del Soil Quality Institute más adelante bajo *Recursos de Información Adicional*.

También está disponible en la página web del Instituto de Calidad de Suelos un muy simplificado y rápido sistema de evaluación de suelos, al hacer clic en *Getting to Know your Soil (Comience a Conocer su Suelo)* cerca del final de la página de entrada. Este método simplificado involucra cavar un hoyo y hacer algunas observaciones.



Estuche para probar los nutrientes del suelo.
Foto: USDA NRCS,
<http://photogallery.nrcs.usda.gov>

Una inspección básica del suelo es la primera y a veces la única herramienta de control que se usa para evaluar los cambios en el suelo.

Aquí hay algunos de los procedimientos que se muestran en este sitio de la red: Haga un hoyo cuatro a cinco pulgadas más abajo de la última profundidad de labrado y observe que tan duro es cavar. Inspeccione las raíces de las plantas en busca de mucho enramado y finos filamentos de raíz o condición apretada. La falta de filamentos finos indica privación de oxígeno, mientras que el crecimiento hacia los lados indica terreno compactado. El proceso continúa para evaluar lombrices de tierra, olor de la tierra y agregación.

Monitoreo de Advertencia Temprana para Tierras de Cultivo

Una guía de examen a tierras de cultivo ha sido publicada por el Center for Holistic Management (Sullivan 1998). La guía contiene un conjunto de indicadores de la salud del suelo que se pueden medir en el campo.

No se necesita equipo elegante para hacer las evaluaciones descritas en esta guía de examen. En realidad, todo el equipo es barato y se obtiene localmente para casi cualquier granja. Simples medidas pueden determinar la salud del suelo agrícola en términos de su efectividad del ciclo de nutrientes y el ciclo de agua, y la diversidad de algunos organismos del suelo.

Usando esta guía se puede hacer una evaluación de organismos vivos, agregación, infiltración de agua, cobertura del suelo y lombrices de tierra. La guía de observación es fácil de leer y comprender, y viene con una hoja para tomar nota de las observaciones. Se puede comprar desde el Savory Center for Holistic Management (vea la sección de *Resources/Recursos*).

Evaluación Directa de la Salud del Suelo

Algunas maneras rápidas de identificar un suelo sano incluyen el tacto y el olor. Tome un puño de suelo y huélalo. ¿Tiene olor a tierra? ¿Es suelto, migoso y hay algunas lom-



Probando el suelo: Valen mucho las observaciones de la condición de la textura, humedad, y labranza del suelo. Foto: USDA NRCS, <http://photogallery.nrcs.usda.gov>

brices presentes? El Dr. Ray Weil, científico de suelos en la Universidad de Maryland, describe como él haría una rápida evaluación de la salud del suelo en sólo 5 minutos (Bowman 1994).

Vea la superficie y vea si está encostrada, lo que le dirá algo sobre las prácticas de labrado usadas, la materia orgánica, y la estructura. Empuje una sonda de suelo hasta 12 pulgadas de profundidad, levante tierra y sienta su textura. Si existe compactación debido al arado, se habría sentido con la sonda. Dé vuelta a la tierra con una pala para buscar lombrices de tierra y el olor de actinomicetos, los cuales son organismos que ayudan al abono y estabilizan la materia en descomposición. Su actividad deja un olor a tierra fresca en el suelo.

Otras dos observaciones fáciles son las de contar el número de organismos del suelo en un pie cuadrado de residuo de cosecha y deramar una pinta de agua en el suelo y tomar nota de cuanto tiempo tarda en infiltrarse. Se pueden hacer comparaciones junto con la evaluación de Ray Well descrita más arriba para determinar como las prácticas agronómicas afectan la calidad del suelo. Algunos de los sistemas de evaluación de la calidad del suelo vistos anteriormente usan estas y otras observaciones y proveen paginas para tomar y guardar datos de sus observaciones.

Dé vuelta a la tierra con una pala para buscar lombrices de tierra y el olor de actinomicetos, los cuales son organismos que ayudan al abono y estabilizan la materia en descomposición. Su actividad deja un olor a tierra fresca en el suelo.

Paso 2. Utilice Herramientas y Técnicas para Mejorar el Suelo

¿Puede incorporar un cultivo de cobertura en su rotación? ¿Y un cultivo de alto residuo o tepe perenne? ¿Hay fuentes económicas de material orgánico o estiércol en su área? ¿Hay formas de reducir el labrado y fertilizante de nitrógeno?

Donde sea posible, se pueden agregar enmiendas orgánicas voluminosas para proveer tanto materia orgánica como nutrición para las plantas. Es particularmente útil seguirle la pista a los nutrientes cuando se usan fertilizantes orgánicos y enmiendas. Comience con una prueba de suelo y un análisis de nutrientes del material que se aplica. Sabiendo la cantidad de nutrientes necesarios para los cultivos guía la cantidad de enmienda aplicada y puede llevar a reducciones significativas en la compra de fertilizante.

La composición de nutrientes de materiales orgánicos puede ser variable, mayor razón para determinar la cantidad que se tiene con pruebas apropiadas. Además de contener los mayores nutrientes para plantas, los fertilizantes orgánicos pueden proveer muchos micronutrientes esenciales. La calibración apropiada del equipo para esparcir es importante para asegurar que las aplicaciones sean correctas.



El abono de estiércol es fácil de manejar, hace menos bulto, y huele mejor que el estiércol crudo. Foto: USDA NRCS

Estiércol de Animales

El estiércol es una excelente enmienda, proporcionando tanto materia orgánica como nutrientes. La cantidad de materia orgánica y de nitrógeno en el estiércol de animales depende del alimento consumido, tipo de camas usadas (si es que la hay), y si el estiércol se aplica sólido o líquido. Las cantidades típicas para estiércol de lecherías sería 10 a 30 toneladas por acre o 4,000 a 11,000 galones de líquido para el maíz.

Al usar estas cantidades el cultivo obtendría entre 50 y 150 libras de nitrógeno disponible por acre. Además, se agregaría mucho carbono al suelo, manteniendo la materia orgánica del suelo. Los residuos de cultivos producidos de esta aplicación de estiércol contribuyen también a la materia orgánica si se dejan en el suelo.

Sin embargo, un problema común de usar estiércol como nutrición para cultivos es que las medidas de aplicación están usualmente basadas en la necesidad de nitrógeno de dicho cultivo. Como algunos estiércoles tienen casi tanto fósforo como nitrógeno, esto generalmente lleva a una acumulación de fósforo en la tierra.

Un ejemplo clásico es cuando se aplican lechos de estiércol avícola a cultivos que requieren altos niveles de nitrógeno, tales como pastizales y maíz. Los lechos de estiércol de pollo para asar, por ejemplo, contienen aproximadamente 50 libras de nitrógeno y fósforo y cerca de 40 libras de potasio por tonelada. Como un pastizal de cañuela necesita el doble de nitrógeno que de fósforo, una aplicación de fertilizante común sería de alrededor de 50 libras de nitrógeno y 30 de fósforo por acre.

Si se aplicara una tonelada de estiércol de lecho de pollos para suministrar las necesidades de nitrógeno de la cañuela, resultaría en una sobre aplicación de fósforo, ya que el lecho tiene cerca de los mismos niveles de nitrógeno y fósforo. Varios años de aplicación de lechos de estiércol de pollo para lograr las necesidades de nitrógeno pueden acumular el fósforo del suelo a niveles excesivos.

Comience con una prueba de suelo y un análisis de nutrientes del material que se aplica.

Una solución fácil a este dilema es ajustar la medida de estiércol para suplir las necesidades de fósforo del cultivo y suministrar nitrógeno adicional con fertilizante o un cultivo de cobertura de legumbres. En algunos campos esto puede significar que se produce más estiércol que el que se puede usar sin problemas en la tierra. En este caso, los agricultores pueden tratar de encontrar una manera de procesar y vender (o intercambiar) este exceso de estiércol para sacarlo de la granja.

Compost

Hacer compost del estiércol de la granja y otros materiales orgánicos es una excelente forma de estabilizar su contenido de nutrientes. El compost de estiércol es también fácil de manejar, hace menos bulto, y huele mejor que el estiércol crudo. Una parte significativa de los nutrientes del estiércol crudo está en condición inestable y soluble. Estas formas inestables pueden lavarse en el agua más fácilmente si se aplican en la superficie, o se filtran si se aran en el suelo.

El compost no es tan buena fuente de nutrientes listos para ser usados por las plantas como el estiércol crudo, pero el compost libera sus nutrientes lentamente, de esta manera minimizando las pérdidas. El compost de calidad contiene más humus que sus componentes crudos porque ha ocurrido una descomposición primaria durante el proceso del compostaje.

Sin embargo, esto no contribuye tantas de las gomas pegajosas y ceras que aglomeran a las partículas del suelo como el estiércol crudo, ya que estas sustancias se liberan durante la fase primaria de descomposición. A diferencia del estiércol, el compost se puede usar en cualquier cantidad sin que queme las plantas.

En realidad, algunas mezclas de suelo de plantar de invernaderos contienen de 20% a 30% de compost. El compost (igual que el estiércol) debe ser analizado por un laboratorio para determinar el valor nutritivo de cada lote en particular y asegurarse que se está usando efectiva-



En una huerta, cultivos de cobertura fertilizan y conservan el suelo. Foto: USDA NRCS, <http://photogallery.nrcs.usda.gov>

mente para producir cultivos y suelos sanos, y no de una forma excesiva que conduzca a la contaminación del agua.

El compostaje también reduce el bulto de los materiales orgánicos crudos — especialmente estiércoles, los que tienen un alto contenido de humedad. Sin embargo aunque de menos bulto y más fácil de manejar, el compost puede ser caro. Hacer abono en la granja reduce los costos dramáticamente, comparado con el precio de compra.

Para más información comprensiva sobre la manufactura de abono en la granja, pida la publicación de ATTRA titulada *On-Farm Composting Resource List/Lista de Recursos Sobre Manufactura de Abono en la Granja*.

Cultivos de Cobertura y Abonos Verdes

Muchos tipos de plantas se pueden usar como cultivos de cobertura. Algunas de las más comunes incluyen: cebada, trigo alforfón (buckwheat), arveja peluda (hairy vetch), trébol rojo, trébol subterráneo, frijol de ojo negro (cowpeas), mijo, y sorgos de forraje. Cada una de estas plantas tiene ventajas sobre otras y difiere en su área de adaptabilidad.

A diferencia del estiércol, el compost se puede usar en cualquier cantidad sin que queme las plantas.

Los cultivos de cobertura también suprimen las malezas, ayudan a romper los ciclos de plagas, y a través de su polen y néctar proveen fuentes de alimento a insectos benéficos y abejas.

Los cultivos de cobertura pueden mantener o aumentar la materia orgánica del suelo si se dejan crecer suficientemente para producir alta vegetación. Con demasiada frecuencia, la gente se apura y saca un buen cultivo de cobertura después de sólo una o dos semanas, antes que haya alcanzado todo su potencial. La arveja peluda o el trébol rojo pueden producir hasta 2.5 toneladas por acre si se dejan llegar a un 25% de florecimiento. Una mezcla de cebada y arveja pueden producir incluso más que esto.

Además de los beneficios de materia orgánica, los cultivos de legumbres proveen considerable nitrógeno a los cultivos que les siguen. Consecuentemente, la cantidad de nitrógeno para agregar puede ser reducida después de que se saca en el tiempo justo un cultivo productivo de legumbres. Por ejemplo, el maíz que se cultiva después de 2 toneladas de arveja peluda debería producir una alta cantidad de grano con sólo la mitad de la cantidad normal de nitrógeno.

Cuando se usan cereales pequeños para el cultivo de cobertura como la cebada, y se permite que lleguen a estado de florecimiento, se puede necesitar nitrógeno adicional para compensar el apresamiento de nitrógeno causado por la alta adición de carbono del residuo de la cebada. Lo mismo ocurre con cualquier enmienda alta en carbono, tal como aserrín o paja de trigo.

Los cultivos de cobertura también suprimen las malezas, ayudan a romper los ciclos de plagas, y a través de su polen y néctar proveen fuentes de alimento a insectos benéficos y abejas. También pueden efectuar el ciclo de otros nutrientes, poniéndolos a disposición de los próximos cultivos cuando se descomponen como abono verde.

Humates

Humates y los derivados de ácido humico son una diversa familia de productos, generalmente obtenidos de varias formas de carbono oxidado.

El humus derivado de carbono es esencialmente lo mismo que los extractos de humus del suelo, pero ha habido reluctancia en

algunos círculos a aceptarlo como un aditivo de suelo que valga la pena. En parte, esto es porque existe la creencia que sólo el humus derivado de materia orgánica que ha sido descompuesta recientemente es benéfica. También es verdad que la producción y reciclaje de materia orgánica en el suelo no puede ser reemplazado por humus derivado de carbono.

Sin embargo, aunque azúcares, gomas, ceras y materiales similares derivados de la descomposición de materia orgánica fresca juegan un papel vital tanto en la microbiología como en la estructura del suelo, estos no son humus. Solamente una pequeña porción de la materia orgánica agregada al suelo va a ser convertida en humus. La mayor parte volverá a la atmósfera como dióxido de carbono tan pronto esta se descomponga.

Algunos estudios han mostrado resultados positivos debido a los humates, mientras que otros no lo han conseguido. Generalmente, el consenso es que funcionan bien en suelos con poca materia orgánica. En pequeñas cantidades no producen resultados positivos en tierras que ya tienen materia orgánica en grandes cantidades; en esta forma pueden apresar nutrientes del suelo.

Hay muchos productos de humates en el mercado. No todos son iguales. Los productos de humates deben ser evaluados en una área pequeña para ver su efectividad de costo antes de usarlos en gran escala. Los vendedores a veces hacen reclamaciones exageradas sobre sus productos. ATTRA le puede dar más información sobre humates si la pide.

Labranza Reducida

Aunque el labrado se ha hecho común para muchos sistemas de productividad, sus efectos sobre el suelo pueden ser contra productivos. El labrado alisa la superficie del suelo y destruye agregaciones naturales del suelo y canales de lombrices. La porosidad e infiltración de agua disminuyen después de la mayoría de operaciones de labrado.

Se pueden desarrollar compactaciones (o capas duras) de suelo causadas por el arado, particularmente si la tierra se labra con

maquinaria pesada o cuando el suelo está mojado. Los suelos labrados tienen medidas de erosión mucho más altas que los suelos dejados con residuos de cosecha.

Debido a todos los problemas asociados con el labrado convencional, los campos bajo sistema de labrado reducido están aumentando en los Estados Unidos. Cualquier sistema de labrado que deja en exceso de 30% de residuo de superficie se considera un sistema de “labrado de conservación” por la USDA (Magdoff 1992).

El labrado de conservación incluye el de no labrado, cero labrado, labrado de borde, labrado de zona, y algunas variaciones de arado de cincel y de disco. Estas estrategias y técnicas de labrado de conservación permiten establecer cultivos sobre los restos del cultivo anterior, los que se dejan a propósito sobre la superficie de la tierra.

Los beneficios principales del labrado de conservación son la reducción de erosión del suelo y mejor retención de agua en éste, lo que resulta en más resistencia a la sequía. Los beneficios adicionales que proveen muchos sistemas de labrado de conservación, incluyen reducción en el consumo de combustibles, flexibilidad en plantar y cosechar, reducción de requerimientos de labor, y mejoría de la labra del suelo. Dos de los más comunes sistemas de labrado de conservación son el labrado de borde y el de no labrado.

El labrado de borde es una forma de labrado de conservación que usan plantadores y cultivadores especializados para mantener orillas permanentes sobre las que se cultivan plantaciones en hilera. Después de la cosecha, el residuo del cultivo se deja hasta la época de plantar. Para plantar el siguiente cultivo, el plantador pone la semilla sobre el canto del borde después de empujar el residuo hacia el lado y cortar la superficie del tope del borde. Los bordes o cantos se reforman durante la última cultivación del cultivo.

A menudo, una banda de herbicida se aplica al tope del borde durante la plantación. Con aplicaciones de herbicida en banda, generalmente se efectúan dos cultivaciones: una para soltar el suelo y otra para crear el borde



*El labrado de conservación permiten establecer cultivos sobre los residuos del cultivo anterior.
Foto: USDA NRCS*

más tarde en la temporada. Si el herbicida se aplica en difusión en vez de en banda, puede no ser necesario la cultivación. Como el labrado de borde se apoya en la cultivación para controlar malezas y reformar los bordes, este sistema permite a los agricultores reducir aún más su dependencia en herbicidas, comparado con el labrado convencional o sistemas estrictos de no labrado.

El mantenimiento de los bordes es la clave de un sistema exitoso de labrado de bordes. La maquinaria debe rehacer el borde con precisión, limpiar los residuos de cosecha, plantar en el centro del borde, y dejar un lecho de semillas factible. Al cultivar el labrado de borde no sólo se remueven las malezas, también se forma y levanta el borde.

Para cosechar en campos con bordes se pueden necesitar ruedas dobles, altas y angostas instaladas en la cosechadora. Esta modificación permite que la cosechadora haga puente sobre varias hileras, sin alterar los bordes. Similarmente, camiones y vagones de granos no se pueden manejar a diestra y siniestra por el campo. El mantenimiento de los bordes debe ser considerado para cada proceso.

Los métodos convencionales de no labrado han sido criticados por su gran dependencia en herbicidas químicos para controlar malezas. Además, el cultivar sin

Los beneficios principales del labrado de conservación son la reducción de erosión del suelo y mejor retención de agua en éste, lo que resulta en más resistencia a la sequía.

labrado requiere un cuidadoso manejo y maquinaria para algunas aplicaciones. En muchos casos, la temperatura de primavera del suelo no labrado es más baja que la de la tierra arada. Esta temperatura baja puede hacer más lenta la germinación del maíz plantado temprano o retardar las fechas de plantar. También se han reportado problemas de aumento de plagas de insectos y roedores. En el lado positivo, los métodos de no labrado ofrecen una excelente prevención de la erosión del suelo y disminución de los viajes por el campo. En suelos con buen drenaje que se calientan adecuadamente en la primavera, el no labrado ha logrado igual o mejor producción comparados con el labrado convencional.

La reciente introducción de maquinaria en la área de no labrado es el llamado “cultivador sin labrado.” Estos cultivadores permiten el cultivo de residuo pesado y proveen una opción no química a las aplicaciones de herbicida – para uso después del brote. Los agricultores tienen la opción de aplicar herbicida en banda en la hilera y usar el cultivador sin labrado para limpiar los centros como manera de reducir el uso de herbicida.

Disminuya el Uso de Nitrógeno Sintético

Si es posible, agregue carbono con las fuentes de nitrógeno. El estiércol de animales es una buena manera de agregar carbono y nitrógeno.

Plantar legumbres como abono verde o cultivo de rotación es otro modo. Cuando se usa fertilizante de nitrógeno, trate de hacerlo cuando un cultivo de residuo mayor también va al suelo.

Por ejemplo, a una rotación de maíz, soya, y trigo, resultaría bien agregando nitrógeno después que el residuo de la cosecha de maíz se tire y se incorpore livianamente en la tierra. La soya plantado en la primavera no requiere nitrógeno. Una pequeña cantidad

de nitrógeno se puede aplicar en el otoño para el trigo.

Después del cultivo de trigo, se podría plantar un cultivo de cobertura de leguminosa de invierno. En la primavera, cuando se saca el cultivo de cobertura, las cantidades de nitrógeno para el maíz estarían reducidas al contar el nitrógeno de la leguminosa.

Evite cultivos continuos de heno acompañados de alta fertilización con nitrógeno. El remover constantemente el heno acompañado de alto nitrógeno acelera la descomposición de la materia orgánica del suelo. La alta fertilización de cultivos de ensilaje, donde se remueve todo el residuo de cosecha (especialmente acompañado de labrado), acelera el desgaste del suelo y el agotamiento de la materia orgánica.

Paso 3. Continúe Observando las Señales de Éxito o Fracaso

Mientras se experimenta con nuevas prácticas y enmiendas, continúe observando los cambios del suelo usando algunas de las herramientas presentadas anteriormente en la sección *Evaluando la Salud y Actividad Biológica del Suelo*.

Varios de estos guías para monitoriar tienen páginas de datos que se pueden usar en el campo para anotar información, y usar para futuras comparaciones después que se hagan cambios a las prácticas agronómicas.

Revise los principios de manejo sostenible del suelo y encuentre maneras de aplicarlos en sus operaciones. Si la idea de ponerlo todo en práctica de una vez le parece agobiador, comience con sólo una o dos nuevas prácticas y construya sobre estas. Busque motivación adicional leyendo la próxima sección sobre personas que han mejorado su suelo con un gran éxito.

En suelos con buen drenaje que se calientan adecuadamente en la primavera, el no labrado ha logrado igual o mejor producción comparados con el labrado convencional.

TERCERA PARTE

Ejemplos de Triunfantes Mejoradores de Suelo — Perfiles de Agricultores —

Steve Groff

Steve y su familia producen hortalizas, alfalfa y cereales en 175 acres en Lancaster County, Pennsylvania. Cuando Steve se hizo cargo de la operación de la granja de su familia hace 15 años, su principal preocupación era eliminar la erosión del suelo.

Consecuentemente, comenzó a usar cultivos de cobertura extensivamente en los campos de cultivo. Con el objeto de convertir su cobertura verde en cobertura sin labrar, Steve usa un segador de tallos rodante de 10 pies marca Buffalo. Bajo el marco montado en remolque, el cortador de tallos tiene dos juegos de rodillos en tándem. Estos rodillos se pueden ajustar para acción liviana o agresiva y ajustados para cubrimiento continuo.

Steve dice que la máquina puede moverse hasta a 8 millas por hora y funciona bien para matar el cultivo de cobertura y empujarlo en la tierra. También se puede usar para aplastar otros residuos después de la cosecha.

Steve mejoró su segadora agregando uniones y resortes independientes a cada rodillo. Esta modificación hace que cada unidad sea más flexible y permita el uso continuo sobre terreno irregular.

Otros agricultores reportan resultados similares usando una grada de disco con las “bandas” ajustadas para moverse derechas o a un ángulo pequeño. Después de cortar su cultivo de cobertura, Steve transplanta plantones de hortalizas en la cobertura muerta; el maíz dulce y los guisantes se siembran directamente.

Desde la conversión al sistema de cultivos de cobertura, su tierra está protegida de la erosión y se ha puesto mucho más suelta.

Para más información sobre este sistema, pida los videos de Steve listados bajo la sección **Recursos de Información Adicional** de esta publicación, o visite su página web <<http://www.cedarmeadow-farm.com/about.html>>. En esta página se pueden ver fotos de su rodillo de cultivos de cobertura y su trasplantador sin labrado en acción, y resultados de campos de pruebas comparando cultivos de cobertura cortados con agitador, arrollados y matados con herbicidas.

Bob Willett

Bob comenzó a cultivar sin labrado hace 20 años en su granja de maíz y soya en Pride, Kentucky. El no sólo redujo sus costos de maquinaria al cambiarse a no labrado, pero además ganó en conservar la capa arable de su tierra.

Su meta es desarrollar un saludable nivel de humus en las 2 pulgadas superiores, lo que mantiene aflojada la zona de semillas. El ha conseguido eliminar la compactación lateral en el hueco de la semilla que aún plaga a sus vecinos durante las primaveras húmedas.

El atribuye esta mejora al aumento de humus y materia orgánica. La capa de superficie de su tierra es suelta y no se pega a los discos cuando pasan para abrirla. Bob proclama que las lombrices toman el lugar de labrado incorporando residuos y convirtiéndolo en humus. Las lombrices ayudan a airear la tierra y mejoran el drenaje interno, lo que contribuye a las buenas raíces de sus cultivos. (Sickman 1998).

Las lombrices ayudan a airear la tierra y mejoran el drenaje interno, lo que contribuye a las buenas raíces de sus cultivos.

Referencias

- Allison, F.E. 1968. Soil aggregation—some facts and fallacies as seen by a microbiologist. *Soil Science*. Vol. 106, Number 2. p. 136–143.
- Anon. 1997. Product choices help add to worm counts. *Farm Industry News*. February. p. 64
- Bollen, Walter B. 1959. Microorganisms and Soil Fertility. Oregon State College. Oregon State Monographs, Studies in Bacteriology, Number 1. 22 p.
- Bowman, Greg. 1994. Why soil health matters. *The New Farm*. January. p. 10–16.
- Boyle, M., W.T. Frankenberger, Jr., and L.H. Stolzy. 1989. The influence of organic matter on soil aggregation and water infiltration. *Journal of Production Agriculture*. Vol. 2. p. 209–299.
- Comis, Don. 1997. Glomalin—soil's superglue. Agricultural Research. USDA–ARS. October. p. 22.
- Cramer, Craig. 1994. Test your soils' health—first in a series. *The New Farm*. January. p. 17–21.
- Dirnburger, J.M. and John M. Larose. 1997. No-till saves dairy farm by healing the harm that tillage has done. *National Conservation Tillage Digest*. Summer. p. 5–8.
- Edwards, Clive A. and P.J. Bohlen. 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. Chapman and Hall, New York. 426 p.
- Edwards, Clive A. and Ian Burrows. 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media. p. 211–219. In: *Earthworms in Waste and Environmental Management*. C.A. Edwards and E.F. Neuhauser (eds.). SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands.
- Francis, Charles A., Cornelia B. Flora, and Larry D. King. 1990. *Sustainable Agriculture in Temperate Zones*. John Wiley and Sons, Inc. New York. 487 p.
- Gantzer, C.J., S.H. Anderson, A.L. Thompson, and J.R. Brown. 1991. Evaluation of soil loss after 100 years of soil and crop management. *Agronomy Journal*. Vol. 83. p. 74–77.
- Graff, O. 1971. Stikstoff, phosphor und kalium in der regenwormlösung auf der wiesenversuchsfäche des sollingprojektes. Annual Zool. Ecol. Anim. Special Publication 4. p. 503–512.
- Jackson, Wes. 1980. *New Roots for Agriculture*, 1st edition. Friends of the Earth, San Francisco, CA. 150 p.
- Jackson, William R. 1993. *Organic Soil Conditioning*. Jackson Research Center, Evergreen CO. 957 p.
- Kinsey's Agricultural Services, 297 County Highway 357, Charleston, MO 63834. 573-683-3880
- Kladivko, Eileen J. No date. Earthworms and crop management. Agronomy Guide, AY-279. Purdue University Extension Service, West Lafayette, IN. 5 p.
- Land Stewardship Project. 1998. *The Monitoring Toolbox*. White Bear Lake, MN. Page number unknown.
- Magdoff, Fred. 1992. *Building Soils for Better Crops*, 1st ed. University of Nebraska Press, Lincoln, NE.
- Nation, Allan. 1999. Allan's Observations. *Stockman Grass Farmer*. January. p. 12–14.
- Parker, M.B., G.J. Gasho, and T.P. Gaines. 1983. Chloride toxicity of soybeans grown on Atlantic coast flatwoods soils. *Agronomy Journal*. Vol. 75. p. 439–443.

- Pimentel, D. et al. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*. Vol. 267, No. 24. p. 1117–1122.
- Pipel, N. 1971. Crumb formation. *Endeavor*. Vol. 30. p. 77–81.
- Reicosky, D.C. and M.J. Lindstrom. 1995. Impact of fall tillage on short-term carbon dioxide flux. p. 177–187. In: R.Lal, J. Kimble, E. Levine, and B.A. Stewards (eds.). *Soils and Global Change*. Lewis Publisher, Chelsea, Michigan.
- Sachs, Paul D. 1999. *Edaphos: Dynamics of a Natural Soil System*, 2nd edition. The Edaphic Press. Newbury, VT. 197 p.
- Sanderson, M.A., et al. 1999. Switchgrass cultivars and germplasm for biomass feedstock production in Texas. *Biore-source Technology*. Vol. 67, No 3. p. 209–219.
- Schertz. 1985. Field evaluation of the effect of soil erosion on crop productivity. p. 9–17. In: *Erosion and Soil Productivity. Proceedings of the National Symposium on Erosion and Soil Productivity*. American Society of Agricultural Engineers. December 10–11, 1984. New Orleans, LA. ASAE Publication 8-85.
- Shiflet, T.N. and G.M. Darby. 1985. Table 3.4: Effect of row and sod crops on runoff and erosion [from G.M. Browning, 1973]. p. 26. In: M.E. Heath, R.F. Barnes, and D.S. Metcalfe (eds.). *Forages: The Science of Grassland Agriculture*, 4th ed. Iowa State University Press, Ames, IA.
- Sickman, Tim. 1998. Building soil with residue farming. *Tennessee Farmer*. August. p. 32, 34.
- Soil Foodweb. 1228 NE 2nd Street. Corvallis, OR 97330. www.soilfoodweb.com
- Sullivan, Preston G. 1998. *Early Warning Monitoring Guide for Croplands*. Center for Holistic Management, Albuquerque, NM. 22 p.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, and J.D. Beaton. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers*, 4th Edition. Macmillian Publishing Company, New York, NY. 754 p.
- Troeh, F.R., Hobbs, J.A. and Donahue, R.L. 1991. *Soil and Water Conservation*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- U.S. Department of Agriculture. 1998. Soil Biodiversity. Soil Quality Information Sheet, Soil Quality Resource Concerns. January. 2 p.

Recursos de Información Adicional

Video

No-Till Vegetables by Steve Groff. 1997.

Este video lo guía desde la selección de un cultivo de cobertura apropiado para plantar, a través de controles de cultivos de cobertura con poco o nada de herbicidas, como se muestra en la granja de Steve Groff en Pennsylvania. Se ven métodos mecánicos para matar los cultivos de cobertura, las hortalizas siendo plantados sobre esta cobertura usando un trasplantador sin labrado. También se escuchan comentarios de investigadores líderes en el área de hortalizas sin labrado.

Cedar Meadow Farm
679 Hilldale Road
Holtwood, PA 17532
717-284-5152

Libros y Periódicos

Ernst, David T. 1995.

The Farmer's Earthworm Handbook: Managing Your Underground Money Makers. 112 p.

Lessiter Publications
245 Regency Court
Brookfield, WI 53045
262-782-4480
800-645-8455

Gershuny, Grace, and Joe Smillie. 1995.

The Soul of Soil: A Soil-Building Guide for Master Gardeners and Farmers, 4th edition.

Chelsea Green Publishing
PO Box 428
White River Junction, VT 05001
800-639-4099

Kinsey, Neil. 1993.

Neal Kinsey's Hands-On Agronomy. Acres, USA.

Metairie, LA. 340 p.
ACRES USA
P.O. Box 91299
Austin, TX 78709-1299
800-355-5313
512-892-4400

Lamotte Company. 1994.

LaMotte Soil Handbook (Referencia # 1504). 81 p.
Cubre elementos básicos del suelo, nutrientes, pH, acidez y alcalinidad, y principios del sistema de pruebas del suelo LaMotte. Tiene los requisitos relativos de nutrientes y pH para plantas y cultivos comunes.

LaMotte Company
P.O. Box 329
Chestertown, MD 21620
410-778-3100
800-344-3100
410-778-6394-FAX
ese@lamotte.com
www.lamotte.com/

Magdoff, Fred, and Harold van Es. 2000.

Building Soils for Better Crops, 2nd edition. Univ. of Nebraska Press, Lincoln, NE. 240 p.

Sustainable Ag Publications
Hills Building, Room 10,
University of Vermont
Burlington, VT 05405-0082
802-656-0484
sanpubs@uvm.edu

Sachs, Paul D. 1999.

Edaphos: Dynamics of a Natural Soil System, 2nd edition. The Edaphic Press. Newbury, VT. 197 p.
North Country Organics
P.O. Box 372
Bradford, VT 05033
802-222-4277

Sullivan, Preston G. 1998.

Early Warning Monitoring for Croplands. 22 p.
Savory Center for Holistic Management
1010 Tijeras, N.W.
Albuquerque, NM 87102
505-842-5252
www.holisticmanagement.org/

USDA. 1998.

Soil Quality Test Kit. Soil Quality Institute. 82 p.
Esta publicación tiene instrucciones paso a paso con fotos a color de como evaluar la calidad del suelo, respiración del suelo, infiltración de agua, densidad de masa, conductividad eléctrica, pH, nitratos, estabilidad de agregados, soltura, y lombrices. También cubre observaciones físicas del suelo y estimaciones y pruebas de calidad de agua, e incluye información del origen de las pruebas y apéndices. Para pedir esta publicación de batería de pruebas, contacte a:
Cathy A. Seybold
NRCS Soil Quality Institute
(<http://soils.usda.gov/sqi/>)
Soil Science Department
Ag & Life Sciences Bldg, Room 3017
Oregon State University
Corvallis, OR 97331-7306
541-737-1786
seyboldc@ucs.orst.edu

O

Lee Norfleet
NRCS Soil Quality Institute
National Soil Dynamics Lab
411 S. Donahue Drive
Auburn, AL 36832
334-844-4741, ext 176
norfleet@eng.auburn.edu

Wright, Sara. 1999.

Glomalin, a Manageable Soil Glue. Folleto de 1 página. Para pedir esta publicación, contacte a:
Sara Wright, USDA-ARS-SMSL
Bldg. 001, Room 140, BARC-W
10300 Baltimore Avenue
Beltsville, MD 20705-2350
301-504-8156
www.barc.usda.gov/nri/smsi/brochure.htm

Zimmer, Gary F. Sin fecha.

How to get Started in Biological Farming. 11 p.
Midwestern Bio-Ag
Highway ID, Box 160
Blue Mounds, WI 53517
608-437-4994

Sitios Web Sobre Suelos

Guía Salud del Suelo

Esta guía en español provee información sobre el cuidado del suelo, en forma teórica y práctica. Toma en cuenta los siguientes principios sobre un manejo sostenible del suelo:

- Mantener la materia orgánica que cubre el suelo y que reduce al mínimo la labranza.
- Búsqueda y utilización de los recursos nutrientes indígenas.
- Reconocimiento y aprovechamiento de la variabilidad en las características del suelo.
- Uso de diferentes plantas, especialmente leguminosas, en sistemas de cultivos.
- Mantener el ganado lo más lejos posible del sistema de cultivos.
- Los fertilizantes incrementan el contenido de los nutrientes del suelo.
- Dar importancia a los principios ecológicos del conocimiento indígena-local así como a los principios científicos de la ecología.

www.ppath.cornell.edu/iipmweb/soil_health_guide_spanish.htm

Life in the Soil

Este excelente sitio web incluye breves reseñas de muchos temas incluyendo: transformación de nutrientes, degradación biológica, estructura del suelo, rotación de cultivos, labra, pruebas de suelo para microbios, y ciclo de materia orgánica. En la página principal aparecen fotos a color de muchas criaturas del suelo. Otras ilustraciones y fotos en blanco y negro muestran microbios del suelo y sus efectos en el suelo en otras páginas de este website.
www.crcslm.waite.adelaide.edu.au/soillife.html

The Pedosphere and its Dynamics: A Systems Approach to Soil Science

Un completo libro de texto en línea que cubre qué es el suelo, sus funciones ecológicas, textura, estructura y color, formación del suelo, sistema de clasificación de suelos canadienses, mineralogía, reacciones del suelo, agua, aire, materia orgánica y catastro del suelo. Para ver esta publicación, haga clic en el icono de libro de texto en la página portada. Hay mucha más información disponible desde la página portada incluyendo recursos educacionales, tutoriales, talleres, publicaciones, etc. Visite el Soil Science Server de la Universidad de Alberta en www.soils.rr.ualberta.ca.

Soil Biological Communities

Para áreas más secas, la oficina estatal de Idaho del Bureau of Land Management tiene un interesante sitio en la red sobre comunidades biológicas que cubre costras biológicas, hongos, bacterias, protozoa, nematodos, artrópodos, la red de alimentos del suelo, y mamíferos. El sitio tiene muchas fotografías que muestran muchos de los habitantes del suelo. Visite este sitio web en www.id.blm.gov/iso/931/soil.

Soil Foodweb Inc.

S.F.I. es el laboratorio de análisis microbial fundado por la Dra. Elaine Ingham. Además de información general sobre la importancia de la red de alimento en el suelo, el website contiene información sobre productos comerciales y prácticas

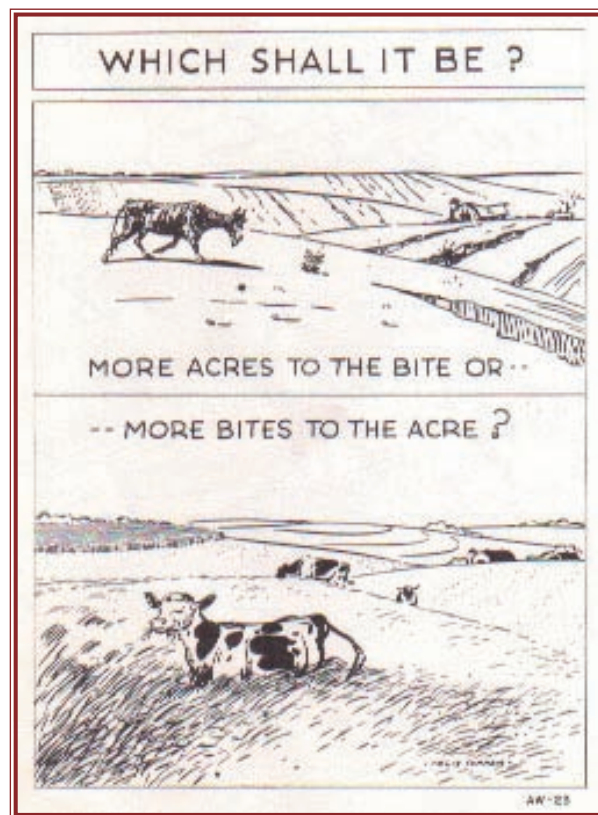
agrícolas que soportan las diferentes comunidades microbiales. Este sitio tienen mucha información interesante incluyendo como tener su suelo examinado para diferentes organismos del suelo. www.soilfoodweb.com.

New Generation Cropping Systems/Nueva Generación de Sistemas de Cultivo

Este es el sitio portada que describe la innovadora granja de Steve Groff, Cedar Meadow Farm en Lancaster County, Pennsylvania. Cedar Meadow es un modelo de granja con agricultura sostenible. Steve y su familia cultivan maíz, alfalfa, tomates, calabazas, soya, pequeños cereales y otros vegetales. Ellos utilizan sistema de no labrado y cultivos de cobertura mecánicamente destruidos en una apretada rotación de cultivos. En su página web, se ven imágenes de como plantar sobre los cultivos mecánicamente destruidos y se encuentra la información para pedir el video de Steve Groff que se mencionó anteriormente. www.cedarmeadowfarm.com.

Soil Quality Information Sheets/Hojas de Información sobre Calidad del Suelo

Producido por el Soil Quality Institute, Natural Resources Conservation Service, este sitio presenta páginas de información en línea sobre tópicos de calidad del suelo. Entre las páginas de información están: erosión, sedimentación, compactación, salinización, biodiversidad del suelo, capacidad de agua disponible, pesticidas, indicadores para la evaluación de la calidad del suelo, materia orgánica, costras del suelo, estabilidad de agregado, infiltración y pH del suelo. <http://soils.usda.gov/sqi/v>



Estas viejas ilustraciones del servicio de la conservación del suelo de USDA (ahora el servicio de la conservación de recursos naturales -- NRCS) son hoy tan relevante justo como eran en los años 30.

Necesitamos permanecer vigilantes para proteger el suelo, que es uno de nuestros recursos más valiosos. No nos olvidemos de las lecciones difíciles aprendidas del pasado.



El Manejo Sostenible de Suelos

Por Preston Sullivan

Agrónomo Especialista de NCAT

Ingles: ©NCAT 2004

Español: ©NCAT 2007

Queremos darle las gracias por permitirnos el uso de sus ilustraciones al Sr James Nardi del Illinois Natural History Survey, Universidad de Illinois departamento de entomología, Urbana, Illinois: j-nardi@uiuc.edu

Martín Guerena, Editor

Karen Van Epen, Producción

Esta publicación se localice por el Web a:

HTML: www.attra.ncat.org/espanol/pubs/suelos.html

PDF: www.attra.ncat.org/espanol/pdf/suelos.pdf

SP 027

Slot 271

Version 071807