



2015
Año Internacional
de los suelos

GUÍA EDUCATIVA SOBRE LA SALUD DEL SUELO



Preparado por:
Carmen González Toro
Especialista en ambiente



Guía educativa sobre la salud del suelo



La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) es la encargada de implantar el Año Internacional de los Suelos (AIS) 2015 en el marco de la Alianza Mundial por el Suelo, en colaboración con los gobiernos y contra la Desertificación.

El AIS 2015 tiene como objetivo aumentar la concienciación y el conocimiento sobre la importancia del suelo para la seguridad alimentaria y sus funciones como un ecosistema esencial.

Los objetivos específicos del Año Internacional de los Suelos 2015 son los siguientes:

- Conseguir la plena concienciación de la sociedad y los responsables de la toma de decisiones sobre la importancia del suelo para la vida humana.
- Educar al público sobre el papel crucial que desempeña el suelo en la seguridad alimentaria, la adaptación y la mitigación del cambio climático, los servicios como un ecosistema esencial, la mitigación de la pobreza y el desarrollo sostenible.
- Apoyar políticas y acciones eficaces para el manejo sostenible y la protección de los recursos del suelo.
- Promover inversiones en actividades de manejo sostenible de la tierra para desarrollar y mantener suelos saludables para los diferentes usuarios de la tierra y grupos de población.
- Fortalecer iniciativas en relación con el proceso de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
- Promover una mejor capacidad para la recopilación de información sobre el suelo.



2015
Año Internacional
de los Suelos

La salud del suelo

Tabla de Contenido

| | |
|--|----|
| Prefacio | 3 |
| Introducción | 4 |
| CAPÍTULO 1: El suelo y la salud del suelo | 5 |
| CAPÍTULO 2: El suelo como un ecosistema “vivo” | 9 |
| CAPÍTULO 3: Estructura del suelo | 19 |
| CAPÍTULO 4: ¿Cómo se puede determinar la salud del suelo? | 29 |
| CAPÍTULO 5: Prácticas de conservación recomendadas para mejorar el suelo | 36 |
| GLOSARIO | 43 |
| REFERENCIAS..... | 47 |

SECCIÓN DE ACTIVIDADES / EJERCICIOS - Apéndice

- ¿Cómo tomar correctamente una muestra de suelo?
- Descubre la vida que hay en el suelo
- Partículas minerales en un suelo y sus propiedades
- ¿Cómo marcar una zanja al contorno?

Prefacio

El suelo es vital para la producción de alimento; proporciona el ambiente perfecto, químicamente balanceado, para que las plantas y los cultivos puedan subsistir. Se pierde más rápidamente de lo que se puede reponer. Por lo que el suelo puede ser considerado como un recurso vital en peligro de extinción.

Los científicos advierten que la valiosa capa superficial del suelo —que se requiere para producir las cosechas, absorber el exceso de carbono y proveer nuevos antibióticos— se está perdiendo rápidamente. El suelo requiere de un largo tiempo para formarse, un centímetro requiere mil años. La ONU, quien designó el 2015 como el Año Internacional de los Suelos, advierte que **el 33% del suelo sobre el planeta se está degradando por la erosión, la contaminación, la acidificación y por agotamiento de nutrientes**. Todos estos procesos destructivos son causados por el mal manejo del suelo¹.

Además de servir como medio para producir los alimentos, el suelo es un importante baluarte contra el cambio climático. Los microorganismos en el suelo absorben el carbono de las plantas y descomponen los cuerpos de animales. El suelo es una de las fuentes más ricas de vida².

- El suelo determina el tipo de plantas que pueden crecer en un ambiente específico, define el paisaje y los estilos de vida.
- El suelo actúa como una esponja infiltrando el agua de lluvia que pudiera causar inundaciones.
- El suelo mantiene la humedad suficiente para sostener el crecimiento de las plantas.
- El suelo es la protección contra bacterias perjudiciales.
- El suelo es un buen aislante. Las temperaturas extremas en la superficie cuando se baja 3-4 pies de profundidad, la temperatura no fluctúa y se mantiene constante.

El suelo podría ser la clave para la supervivencia de nuestro planeta. El suelo es una parte importante del ciclo hidrológico, almacena agua y es capaz de proveer para el crecimiento de las plantas. Pero más aún, juega un importante papel en el esquema de los gases de invernadero en el almacenaje de carbono.

1. Kiger, P.J. (2015) Erath Could Lose a Third of Its Topsoil <http://news.discovery.com/earth/global-warming/earth-could-lose-a-third-of-its-topsoil-151015.htm>

2. Grundhauser, E. (2015) Here is the Deal: Dirt is Amazing, Science <http://www.atlasobscura.com/articles/heres-the-deal-dirt-is-amazing>

Introducción

Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella.

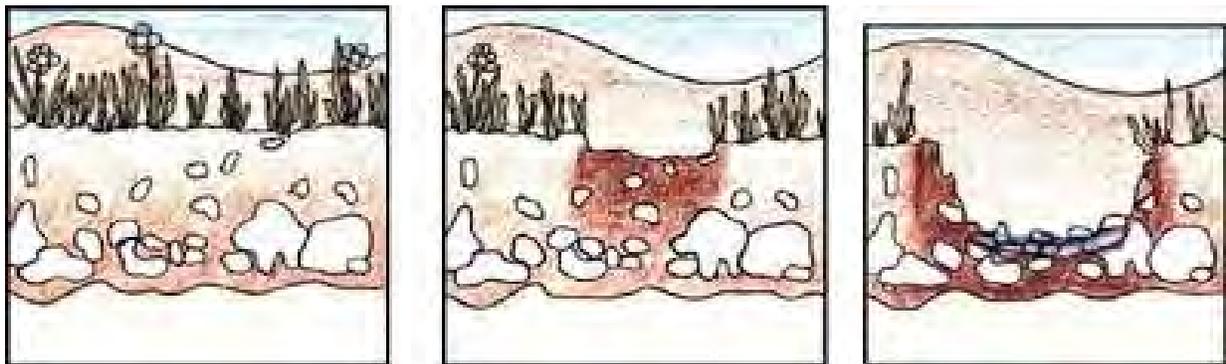
Los suelos son sistemas complejos donde ocurre una diversidad de procesos químicos, físicos y biológicos que se ven reflejados en la gran variedad de suelos existentes en la tierra.

Esta capa superficial o suelo ha sufrido muchos cambios a través de la historia del planeta. Ha sido la base para el desarrollo agrícola, industrial y económico para beneficio del ser humano. Toda esta actividad, muchas veces, no se ha llevado a cabo con un manejo adecuado, lo cual ha redundado en resultados adversos para la calidad o salud del suelo.

Seguramente, en algún momento usted se habrá preguntado:

- ¿Es el suelo algo que vive o es algo inerte?
- ¿Es correcto pensar que el suelo pueda estar saludable o enfermo?
- ¿Ha pensado en el problema que puede ser un suelo no saludable?
- ¿Ha escuchado la frase “salud del suelo”? ¿Qué significado tiene para usted?
- ¿Qué podemos hacer para tener suelos saludables?
- ¿Qué beneficios nos puede traer un suelo saludable?

El suelo no es un pedazo de tierra inerte. En muchos sentidos, es como un organismo: respira como nosotros, tiene partes vivas como los microorganismos (pequeños animales) y una estructura. Un suelo saludable tiene presencia de organismos vivos y la cantidad de especies deseables en niveles balanceados para la producción de alimentos.



CAPÍTULO 1: El suelo y la salud del suelo

El suelo es la base de la producción agropecuaria. En él, las plantas se sostienen, extraen los nutrientes que se producen en éste, toman el agua y el aire, y encuentran las condiciones físicas como textura, permeabilidad y temperatura que necesitan para crecer y producir.

La importancia de mantener en el suelo un equilibrio varía dependiendo de su condición o estado:

- **Químico**- cantidad y proporción adecuada de nutrientes.
- **Físico**- porosidad, capacidad de retención de agua, drenaje, temperatura y respiración.
- **Biológico**- todos los organismos visibles y no visibles del suelo.

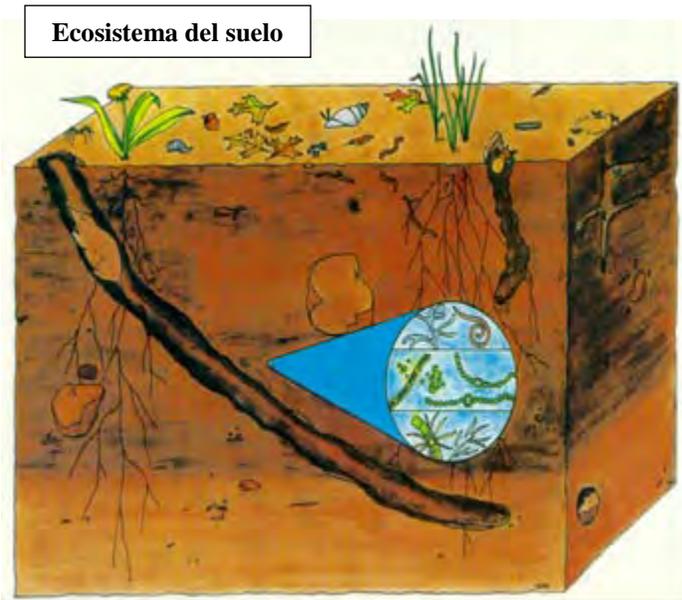
Estas propiedades han sido subestimadas por los sistemas de producción convencional y su efecto ha traído, como consecuencia, suelos pobres y enfermos que no son capaces de sostener un buen rendimiento.

La continua labranza para la producción de cultivos debe estar acompañada de medidas para la protección del suelo, evitando así su empobrecimiento o deterioro y, por ende, su capacidad para sostener los cultivos. El buen manejo del suelo permite que éste sea capaz de producir cultivos con buenos rendimientos no sólo una vez, sino para las siembras futuras.

Un suelo saludable es como una persona sana. Cuando éste está bien alimentado, puede producir cultivos saludables y abundantes. Un suelo con materia orgánica puede retener el agua como una esponja. Esta habilidad de retener el agua permite que las plantas continúen creciendo, resistiendo la sequía y las enfermedades.



¿Cómo se ve un suelo saludable? En general, un suelo saludable es profundo, de color oscuro, y húmedo cuando se toca. Además, se deshace fácilmente cuando se toma entre los dedos y al cortarlo se encuentran insectos y lombrices. La coloración oscura y la sensación grasienta se deben a la cantidad de años durante los cuales las plantas han crecido, han muerto y se han descompuesto en el suelo. Las plantas en descomposición no solamente proveen alimento a los insectos y lombrices, sino a otros pequeños seres vivos que muchas veces no se ven. Éstos son los “microorganismos”, animales y plantas muy pequeños que no se ven a simple vista, que ayudan a proteger las plantas de las enfermedades y a proveerles nutrientes, así como a descomponer la materia orgánica.



Al igual que una persona, el suelo debe tener acceso a los nutrientes (su propio alimento), acceso al agua sin contaminantes y descanso para mantenerse saludable. Debe estar libre de agentes dañinos o sustancias peligrosas. Para nutrirlo, no sólo es necesario aplicar fertilizantes químicos, también es indispensable regresar los residuos de las plantas o estiércol de los animales al suelo. Estos le proveen alimento a los microorganismos y mantienen el suelo suave y oscuro. Aplicar fertilizantes sin devolver la materia orgánica al suelo es como tratar

de mantener una persona saludable con una alimentación deficiente.

Actualmente, se habla sobre la salud del suelo para lo cual se han acuñado varias definiciones. Una de éstas se presenta en el artículo de Darrell (2013) como “productividad sostenible”, que requiere el conocer el suelo y proveerle un buen manejo.

Así como una persona necesita descansar para estar saludable y listo para trabajar, el descanso y las rotaciones son muy importantes para mantener la salud del suelo. Pero, la cantidad de descanso o nutrición que el suelo necesita no es igual en todas partes. Algunos suelos son naturalmente más saludables que otros. Un suelo puede tener una coloración negra; en otra, puede sentirse arenoso; puede ser denso, por las raíces que crecen profundamente en la tierra; o puede ser poco profundo, por las rocas que estén debajo y/o se ven en la superficie. Por eso es importante determinar cuáles son las necesidades del suelo para tomar las medidas apropiadas para mejorar su calidad.



¿Cómo descansa el suelo? Anteriormente, los barbechos permitían que el suelo descansara. Las plantas crecían, botaban sus hojas y morían y este material muerto ya descompuesto era consumido por los insectos, las lombrices y los microorganismos produciendo un suelo suave y oscuro.

¿Cómo se afecta el suelo?

La tierra puede empezar a debilitarse o endurecerse si el suelo queda desnudo (sin cubierta) y expuesto a la lluvia, ya que ésta endurece la superficie y lava su contenido. Por otro lado, la aplicación desmedida de plaguicidas también puede enfermar el suelo y crear resistencia de organismos patógenos o matar los insectos, lombrices y microorganismos que ayudan a descomponer la materia orgánica.

¿De qué depende la conservación y salud del suelo?

La conservación y salud del suelo dependerá de la situación de la finca y de los recursos del agricultor. Sin embargo, existen recomendaciones generales que pueden ser la base de su manejo:

- ***No quemar:*** el fuego puede ser una herramienta práctica para la “limpieza” de la finca, pero también puede terminar con los nutrientes y seres vivos que se encuentran en ella, además de contaminar el aire, el agua y afectar la salud de los vecinos.
- ***Realizar prácticas de conservación*** que reduzcan la erosión provocada por el agua y el viento como: terrazas, zanjas a nivel, barreras vegetativas, etc. Todas contribuyen a mantener el suelo en su lugar.
- ***Aplicación y conservación de materia orgánica:*** Esta es una fuente de fertilidad para el suelo y mejora su textura. La materia orgánica puede provenir de los residuos de cultivos o del estiércol compostado de animales. Otras actividades como la rotación y la asociación de cultivos, pueden dar resultados positivos para mejorar sustancialmente la salud del suelo.
- ***Mantener records*** de las aplicaciones tanto de plaguicidas como fertilizantes y manejo de los predios. Así mismo, de los resultados de análisis foliar y de suelos.
- Finalmente, el **uso adecuado y responsable de agroquímicos** es esencial para que el suelo mantenga su calidad de salud.

Un suelo saludable provee un balance en cuanto a cantidad de aire, agua y materia orgánica para que los microorganismos puedan vivir y las plantas puedan crecer. Un suelo está saludable cuando funciona como un ecosistema.

Decidirse y comenzar a trabajar

Una vez que entendemos nuestras necesidades y comprendemos los conceptos relacionados con la salud del suelo, lo mismo que los recursos con los que contamos, es el momento para tomar la decisión de comenzar el trabajo.



Salud del suelo

Existen muchas formas para iniciar las actividades de recuperación y conservación del suelo. El primer paso consiste en comprender que éste es un organismo vivo y que de la manera en que lo manejemos dependerá que sea saludable.

“No dejes para mañana lo que puedes hacer hoy”. Para recuperar y mantener la salud del suelo se debe comenzar a trabajar de inmediato.

Los suelos están compuestos de aire, agua, materia vegetal en descomposición, materia orgánica de organismos vivos o muertos y minerales como arena, limo y arcilla. El aumentar la materia orgánica del suelo, por lo regular, mejora la salud del suelo ya que la materia orgánica afecta ciertas funciones esenciales del suelo. Los suelos saludables son porosos, lo cual permite que el agua y el aire fluyan libremente a través de estos. Este balance natural asegura un hábitat adecuado para miles de organismos del suelo que sostienen el crecimiento de las plantas.

CAPÍTULO 2: El suelo como un ecosistema “vivo”



Un suelo saludable presenta una gran actividad de seres vivos que lo componen, por eso decimos que el suelo está vivo, producto de la enorme cantidad de macro (grandes) y micro (pequeños) organismos que lo habitan. En el suelo podemos encontrar hongos, algas, protozoarios, anélidos, ácaros, nemátodos, arañas, hormigas, etc. Generalmente nadie pone atención a los animales del suelo mientras no sean una plaga y molesten. Algunos de ellos son tan pequeños que sólo pueden ser vistos con un

microscopio. Otros son de mayor tamaño como las lombrices, ciempiés e innumerables insectos ya conocidos por todos. En este capítulo no pretendemos cubrir la complejidad de todos los macro y micro organismos en sus respectivos hábitats (lugar donde viven en forma natural los animales o las plantas), sino dar un panorama general de lo que significa el rango de vida en la tierra bajo nuestros pies.

Importancia de la actividad microbiana en el suelo

Dada la población y diversidad de microorganismos en los suelos agrícolas, no sería una sorpresa que los microorganismos ejecuten una variedad de funciones, algunas de extrema importancia para la salud del suelo y las plantas.

Estas actividades son extremadamente importantes para el funcionamiento normal de las plantas. Sin embargo, los microorganismos pueden ser afectados de manera drástica por los ambientes químicos, físicos y biológicos; por factores como el pH, la fertilidad, la disponibilidad, el contenido de materia orgánica, el contenido de residuos, la temperatura, la porosidad del suelo, la variedad de cultivos, etc. Como resultado, todas las prácticas de manejo (por ejemplo: la preparación, la quema, la exposición del suelo al sol, el mal uso de fertilizantes químicos, etc.) que afectan estos factores también afectan las actividades microbianas. Cuando el proceso microbiano es afectado en forma negativa, generalmente se ven efectos indirectos que reducen la salud y el vigor de las plantas. Cuando se afecta en forma positiva, este se manifiesta mejorando el vigor de la planta, la tolerancia al estrés y la resistencia a las plagas.

Función de la parte viva

Las comunidades (ecosistemas) del suelo continúan funcionando bien cuando los organismos beneficiosos están presentes en las cantidades adecuadas, en el tiempo correcto en el ambiente que los soporta. Si el suelo tiene un balance adecuado entre los tipos y números de organismos,



Salud del suelo

solo son necesarias mínimas aplicaciones de fertilizantes, plaguicidas y otros agroquímicos para el manejo adecuado de los cultivos. Esto significa la reducción de los costos asociados con las aplicaciones de fertilizantes y plaguicidas y la disminución de la contaminación de las fuentes de agua. Una indicación de que el ecosistema del suelo no es saludable es encontrar evidencia de impactos negativos en fuentes cercanas de agua (por ejemplo: la disminución del número de peces en quebradas, lagos o lagunas cercanas).

Actividades importantes de los microorganismos del suelo

| <i>Actividad</i> | <i>Beneficio</i> |
|---|--|
| <i>Degradación de la materia orgánica:</i> Producción de humus que estimula el crecimiento de las plantas. Efecto indirecto en el control de las plagas. | Permite una mayor disponibilidad de nutrientes. |
| <i>Fijación de nitrógeno en simbiosis con plantas mayormente leguminosas.</i> | Aumenta el nitrógeno |
| <i>Producción de polisacáridos</i> | Mejora la estructura del suelo |
| <i>Producción de compuestos antibióticos</i> | Aumenta la resistencia a las plagas |
| <i>Simbiosis con micorrizas:</i> (las raíces y micorrizas se benefician mutuamente) | Permite un aumento en la disponibilidad de fósforo y agua. |
| <i>Promoción del crecimiento de las plantas:</i> Tolerancia a enfermedades, mejoramiento en la toma de nutrientes, mejoramiento en la utilización del agua y tolerancia al estrés. | Hay un mejor desarrollo de las raíces. |
| <i>Control natural de las plagas</i> | Protección contra plagas |

Microorganismos fijadores de nutrientes

Por millones de años las plantas se han desarrollado y se han protegido a sí mismas usando un sistema cooperativo que trabaja bien (sin necesidad de aplicaciones de fertilizantes). En éste, la mayoría de los habitantes (bacterias) poseen sistemas elaborados de enzimas (proteínas) que les permiten romper la materia orgánica. Las bacterias del suelo tienen requisitos muy altos de nitrógeno para elaborar proteínas. Las proteínas juegan un papel importante en los seres vivos. Las bacterias necesitan mucho más nitrógeno que los animales celulares. Esto significa que gran parte del nitrógeno presente en la materia orgánica, o el nitrógeno libre en la solución del suelo,



usualmente se fija dentro de la bacteria. Por tanto, si el suelo tiene solamente “buenos” microorganismos (y no otros organismos como los nemátodos y protozoarios), una cantidad significativa de nitrógeno y otros nutrientes podría ser fijada por estos microorganismos y no estar disponible para las raíces de las plantas. Esto es significativo cuando consideramos el hecho de que en un centímetro cúbico (como un cubito de concentrado de caldo) de espacio, en ciertos suelos, podríamos potencialmente albergar de medio millón a un millón de bacterias.

Organismos que ayudan a liberar nutrientes

Entonces, ¿cómo podemos lograr que el nitrógeno fijado por los microorganismos esté disponible para las plantas? Allí es donde entran los consumidores primarios. La mayoría de los consumidores primarios son los protozoarios y los diminutos animales invertebrados como los nemátodos (¡Los buenos!). La cantidad relativa de carbono comparada con el contenido de nitrógeno en animales, como los nemátodos, es muchas veces más alta que la de bacterias, por lo cual los **nemátodos tienen una mayor demanda de carbono**. Para obtener suficiente carbono, los nemátodos come-bacterias deben consumir muchas de ellas para satisfacer su propio apetito. Pero como las bacterias tienen un contenido alto de nitrógeno (bajo carbono), los nemátodos deben expulsar este exceso de nitrógeno (usualmente como amonio), porque éste podría llegar a niveles tóxicos dentro de sus cuerpos. **El amonio expulsado es convertido en nitrato, el cual está disponible para que lo capturen las raíces de las plantas**. Por eso, los consumidores primarios que se alimentan de microorganismos son necesarios para el funcionamiento adecuado del suelo. Los nemátodos a su vez se convierten en un recurso alimenticio para los nemátodos predadores, los pequeños artrópodos y los hongos que se alimentan de éstos. Por lo tanto, en un sistema saludable de cultivo, las poblaciones de microorganismos, nemátodos y otros habitantes se mantienen controlados naturalmente. Es importante notar aquí que los ecosistemas del suelo son mucho más complejos de lo que nosotros podemos visualizar. Solamente una fracción de todas las diferentes formas de vida en los ecosistemas del suelo ha sido identificada y caracterizada por los científicos.

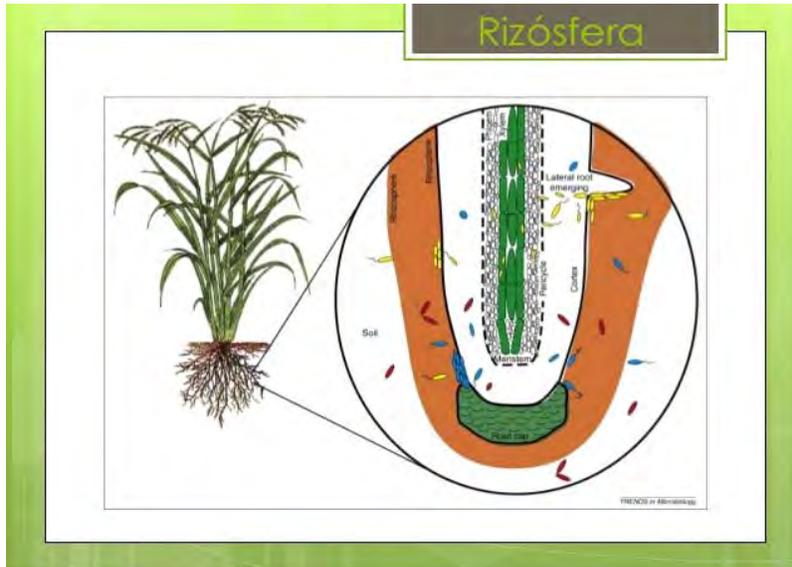
Es importante aumentar los nemátodos de vida libre y disminuir los que son parásitos de plantas (fitoparásitos). Todos los sistemas del suelo tienen al menos una especie de fitoparásitos presentes. Los nemátodos, mientras se alimentan, perforan muchos agujeros microscópicos en las raíces y causan daño en las células de éstas. El número de perforaciones de las raíces por fitonemátodos será mínimo si en un ecosistema saludable hay un buen balance de predadores y organismos antagonistas, una apropiada descomposición de materia orgánica, una buena estructura del suelo y ciclos de procesos de nutrientes. Puede existir una fuerte correlación entre mejores respuestas de las plantas, un menor número de nemátodos fitoparásitos y un número mayor de nemátodos de vida libre o beneficiosos.

Las fisuras, perforaciones o raíces colonizadas atraen a los hongos secundarios y a las bacterias que aceleran la pudrición de las raíces, o simplemente debilitan o predisponen los sistemas radiculares a enfermedades. Un sistema de raíz debilitado no tomará los nutrientes

apropiadamente y será más susceptible a la invasión de hongos y bacterias que afectan las plantas (los cuales de hecho son una minoría).

La “rizósfera”

Gran parte de la actividad microbiana del suelo tiene lugar en las raíces de las plantas. Durante el



curso normal del crecimiento y desarrollo, éstas liberan (exudan) una variedad de compuestos orgánicos inmediatamente y alrededor de las raíces. Esta zona, donde se produce la exudación de las raíces y que está influenciada por la actividad microbiana, es comúnmente llamada rizósfera.

Por las exudaciones de las raíces, la rizósfera es rica en carbono. Este carbono suple de mucha energía a los

microorganismos para su crecimiento y desarrollo. Los tipos y las cantidades de compuestos de carbono que liberan las raíces pueden ser afectados por los cambios en la fisiología de la planta, la cual a su vez, es afectada por muchas razones como la edad, el tipo de suelo, el material del mismo, la temperatura, la fertilidad, la intensidad de la luz y las actividades de microorganismos.

Cuando no hay plantas, la tierra se encuentra limitada en la cantidad de carbono disponible que mantiene el crecimiento y la actividad microbiana. Cuando el carbono se presenta en forma de humus, éste se vuelve importante para la salud de las plantas. Mientras los microorganismos están en la rizósfera de la planta, ésta puede suplirles de grandes cantidades de carbono que ellos necesitan como alimento. Los exudados de las raíces y otras formas de introducir carbono al suelo (como la forma orgánica de enmendar), son descompuestos por los microorganismos, luego, ellos empezarán a incorporar su fracción de humus al suelo.

Bacterias predominantes en la comunidad microbiana del suelo

De todos los microorganismos del suelo, las bacterias son las que se encuentran en las más grandes poblaciones y son, tal vez, las más diversas en cuanto al número de especies y su comportamiento. Las bacterias son pequeños organismos que se reproducen abundantemente por simple división celular, produciendo masivamente gran cantidad de bacterias en un período corto de tiempo. Bajo condiciones favorables, una bacteria puede multiplicarse en dos en sólo 20 minutos. Es decir, que una bacteria puede dar origen a un millón de bacterias en ¡10 horas!



Aunque el total del número de bacterias puede ser grande, el tamaño de cada bacteria individual no se ve a simple vista.

Durante el crecimiento poblacional de las bacterias, una diversidad de ellas puede tener disponible una elevada cantidad de carbono, por su alta actividad de alimentación. Durante la transformación del carbono natural, se originan numerosos subproductos que generan grandes cambios químicos que pueden ocurrir en el suelo como resultado del crecimiento y de la transformación del alimento por parte de las bacterias. Por eso se dice que las bacterias son los microorganismos más significativos en el desarrollo del suelo.

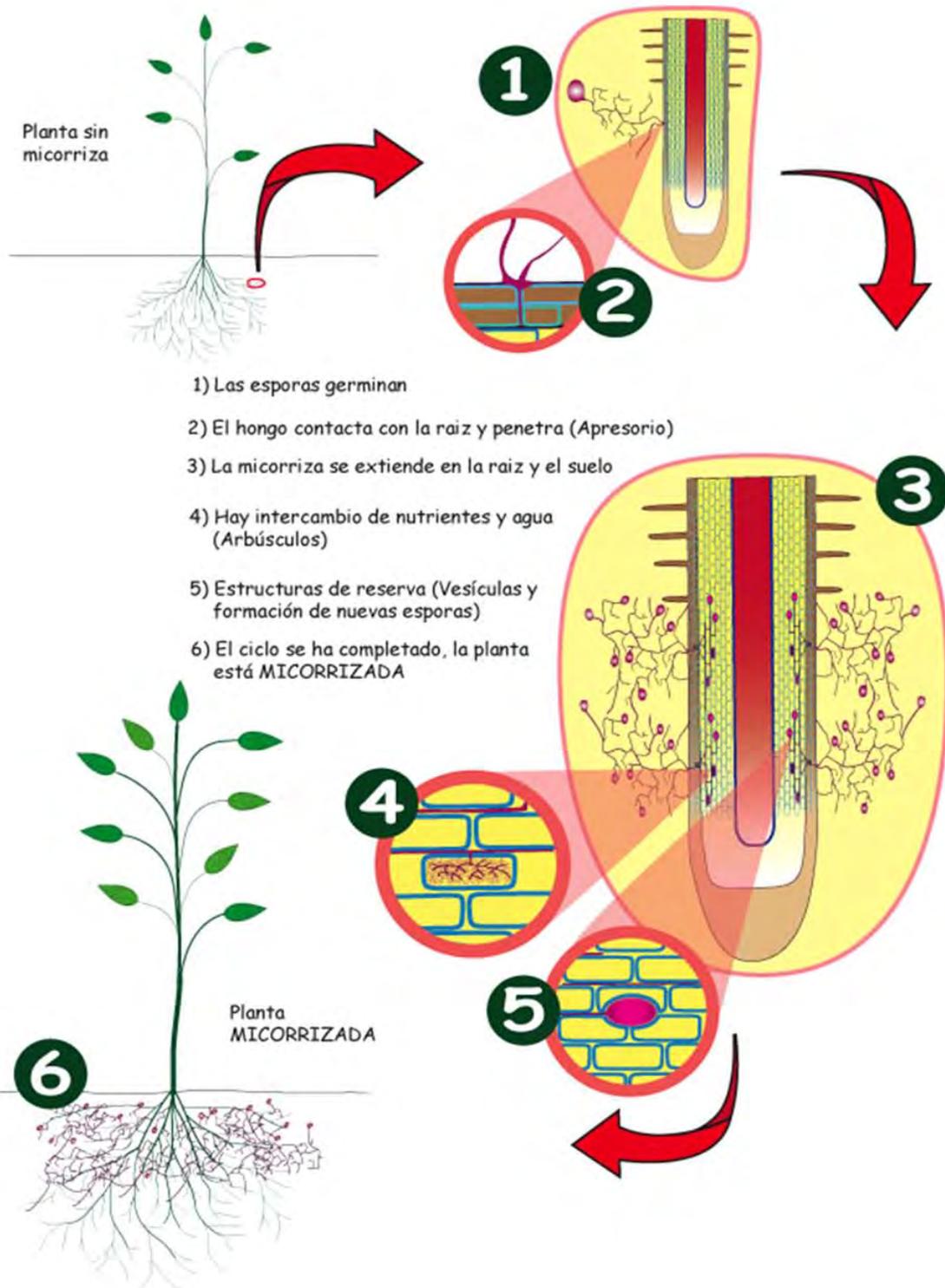
Las bacterias requieren agua para su crecimiento y reproducción. Su supervivencia está limitada en suelos con poca materia viva. Muchas bacterias son buenas saprófitas (que viven en materia orgánica en descomposición), algunas son endofíticas (viven dentro del tejido de las plantas, especialmente las raíces) y un número limitado puede causar enfermedades a las plantas, a los animales y a los humanos. Las bacterias saprófitas y las endofíticas son usualmente buenas competidoras con los patógenos de las plantas y, como resultado, reducen el daño que los hongos pueden causarles a las plantas.

De particular importancia para el suelo, son las bacterias que transforman los nutrientes del suelo para promover directamente el crecimiento de la planta. Estos organismos juegan un papel clave en el mantenimiento del delicado balance entre la materia acumulada y la materia degradada. Numerosas bacterias de los géneros *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Enterobacter* y *Klebsiella* son eficientes fijadoras de nitrógeno. Pueden tomar el nitrógeno de la atmósfera y convertirlo para que la planta lo pueda usar. Sin duda estos organismos contribuyen sustancialmente para que los agricultores economicen en fertilizantes nitrogenados. Algunas de estas bacterias producen de manera natural hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas. Las bacterias del género *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Azospirillum* son bien conocidas por promover el crecimiento de las plantas. En especial, la especie *Azospirillum* estimula el crecimiento de las raíces y promueve la germinación mientras que las *Pseudomonas* son bien conocidas por suprimir patógenos.

Uno de los grupos más importantes de bacterias es el que está involucrado en el control biológico de los patógenos (que enferman las plantas) y las enfermedades que ellos causan. Estas bacterias pueden ser encontradas en todo tipo de suelo agrícola. Su efecto puede durar un tiempo indefinido. Es decir, son bacterias beneficiosas que previenen el ataque o controlan los patógenos que atacan a las plantas. Estas bacterias beneficiosas inhiben la actividad de los patógenos de las plantas, producen sustancias antibióticas o activan hongos benéficos. Todas estas bacterias que viven y mueren en los tejidos de las plantas, aportan gran cantidad de materia orgánica y dan enmiendas al suelo. En estos suelos, las plantas se desarrollan mejor y no son atacadas por patógenos.



Simbiosis entre planta y hongo (micorriza)





Hongos beneficiosos y enemigos al mismo tiempo

Los hongos son conocidos por causar enfermedades en las diferentes actividades agrícolas. Sin embargo, los hongos patógenos solo representan una pequeña proporción del total de la comunidad de hongos del suelo. La mayoría son benéficos para la salud de las plantas, como los géneros *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Mucor* y *Mortierella*.

A diferencia de las bacterias, los hongos crecen por estructura filamentosa (como hilos) y se reproducen por esporas. Obtienen su energía de la descomposición de la materia orgánica. Generalmente, los hongos predominan en suelos con pH alrededor de 5.5, mientras que las bacterias tienden a ser predominantes en pH altos. Los suelos que reciben aplicaciones de fungicidas con frecuencia, pueden variar dramáticamente la composición de la comunidad de hongos, dependiendo del tipo, dosis y frecuencia del fungicida utilizado. Los fungicidas, aparte de afectar los patógenos y la actividad de los hongos que descomponen la materia orgánica, también afectan los grupos que son especialistas en funciones de la rizósfera.

Las micorrizas son un grupo especializado de hongos que está en asociación simbiótica con las raíces de las plantas. La relación de las micorrizas es que se benefician del carbono que producen las plantas mientras que éstas se benefician del aumento en la nutrición con fósforo y un mayor movimiento de agua hacia las raíces. Como otros hongos, las micorrizas son sensibles a los diferentes fungicidas comúnmente usados para manejar las enfermedades de las plantas.

Actinomicetos: producen antibióticos que suprimen los patógenos de las plantas

Uno de los grupos de microorganismos del suelo menos conocido y que se ha estudiado poco, es el de los actinomicetos. Éstos son clasificados más de cerca como bacterias pero crecen como hongos. Aunque su población en algunos suelos puede ser alta, su tasa de reproducción es muy lenta comparada con otros microorganismos del suelo. Muchas veces el olor que se siente de la materia orgánica viene de compuestos volátiles producidos por los actinomicetos.

Los actinomicetos son más abundantes en suelos secos con bastante materia orgánica y altas temperaturas. Como grupo, no toleran un pH bajo (menos de 5.0). Prefieren crecer a temperaturas entre 80° y 100° F. Algunos de los géneros de actinomicetos del suelo incluyen *Streptomicetes*, *Nocardia*, *Micromonospora* y *Actinoplanes*.

Estos organismos son conocidos por su habilidad de aportar importantes compuestos para la industria y la medicina. Muchos antibióticos que son usados como medicina para los seres humanos y los animales, vienen de los actinomicetos. Como los hongos, éstos dependen de la materia orgánica para su nutrición. En particular, parecen estar más adaptados a la materia descompuesta. Por consiguiente, los actinomicetos juegan un mejor rol en la formación del humus del suelo.



Los actinomicetos también juegan un papel en la supresión de enfermedades del suelo. Muchos compuestos antibióticos producidos por éstos afectan el crecimiento y desarrollo de los hongos patógenos.

Nemátodos

En general, los nemátodos (no solo los fitoparásitos) son diminutos gusanos redondos que miden entre 0.2 y 0.5 milímetros.

- Forman el más abundante grupo de animales.
- Están presentes en todos los suelos y cuerpos de agua.
- La mayoría no son parásitos.
- Pueden ser parásitos (plantas, animales y seres vivos).
- Los nemátodos de vida libre no son parásitos y se pueden alimentar de:
 - otros nemátodos
 - bacterias
 - hongos
 - materia orgánica en descomposición
 - algas
 - muchas otras cosas (no especializadas)

Los nemátodos de vida libre en el suelo (no parasíticos o beneficiosos) contribuyen a los procesos de descomposición, alimentándose de hongos y bacterias. Como son animales microscópicos con presencia de altas poblaciones en la mayoría de los suelos, son buenos sensores del estrés químico, biológico y físico, tanto el causado naturalmente como el ocasionado por el hombre al ambiente del suelo. Por eso se califican como bioindicadores útiles del estado de salud del suelo. Cuando hay presencia de contaminantes tóxicos en el suelo, se ve afectada la diversidad y la supervivencia de los nemátodos.

La mayoría de los nemátodos, incluyendo las especies fitoparásitas, son microscópicos o apenas visibles. Los nemátodos de las plantas viven en el agua del suelo o en los fluidos de las mismas plantas. Cada nemátodo hembra produce entre unas pocas docenas hasta más de 500 huevos. Los huevos de algunas especies sobreviven sin abrir por años en un hospedero, pero abren rápidamente cuando son estimulados por la exudación de las plantas. Su actividad, crecimiento y reproducción se incrementa con los aumentos de temperatura entre 50°F (10°C) y 90°F (32°C). Para muchos nemátodos el ciclo de vida dura entre tres (3) y seis (6) semanas.



La mayor parte de los nemátodos parásitos de las plantas permanecen completamente fuera de las raíces, tienen su estilete (como una aguja retráctil) clavado en las plantas (ectoparásitos). Una minoría son endoparásitos y pasan todo su ciclo de vida dentro de las raíces. Algunos de los endoparásitos se mueven libremente dentro y fuera de las raíces en todas sus etapas de desarrollo (endoparásitos migratorios), mientras que otros

permanecen en una posición fija para alimentarse dentro de los tejidos radiculares casi todo su ciclo de vida (endoparásitos sedentarios).

La fauna

Las lombrices de tierra

La lombriz de tierra es un anélido que a través de su metabolismo mejora la estructura del suelo. Cuando construyen sus galerías, remueven el suelo y mezclan verticalmente las sustancias orgánicas de la capa arable. Existen lombrices que perforan galerías en todas las direcciones. En esta acción, segregan una mucosa que da firmeza a las paredes de las galerías. Por lo general, son excavaciones más profundas que las realizadas por los arados, ya que algunas llegan hasta los 4 metros de profundidad, con la ventaja de que no destruyen la estructura del suelo. Además, al construir sus galerías, contribuyen a mejorar la circulación del aire y del agua. Sus excrementos los almacenan en la superficie del suelo, a la entrada de las galerías, en cantidades que fluctúan entre 10 a 90 toneladas por dimensiones al año (3 a 4 veces más nutrientes disponibles que un suelo sin lombrices).



Sus excretas aumentan de tres a once veces el nivel de fósforo, potasio y magnesio disponible en el suelo; elevan de cinco (5) a diez veces el nivel de nitratos y de calcio, disminuyendo la acidez de la tierra. El fomentar un número mayor de lombrices de tierra significa aumentar la capacidad productiva del suelo. No basta con sembrar lombrices o aplicar el humus que éstas producen, es necesario fomentar el desarrollo y la acción de estos organismos mediante

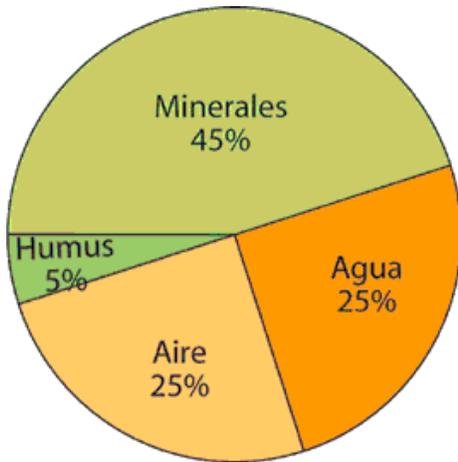


Salud del suelo

rotaciones y asociaciones de cultivos, uso de abonos orgánicos, abonos verdes y manteniendo el suelo cubierto.

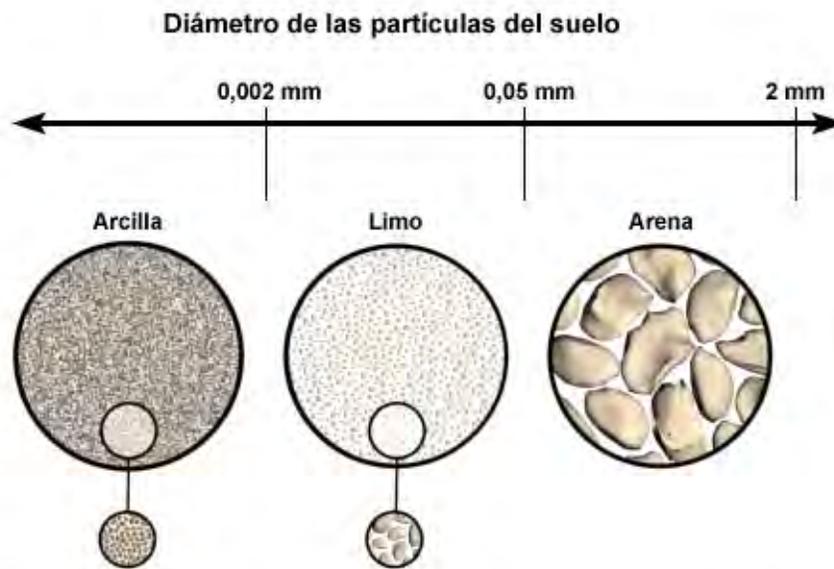
El suelo varía considerablemente en su composición, en sus propiedades físicas y químicas. Aunque el tipo de suelo, la textura y la zona climática donde éste se encuentra son relevantes, la gran cantidad de organismos vivos como las lombrices, los insectos, las bacterias, los hongos, los actinomicetos, las levaduras, las algas y los protozoarios están implicados en la variedad de actividades importantes que mantienen las plantas y el suelo saludables. Esta es una actividad muy relevante que pocas veces se entiende.

CAPÍTULO 3: Estructura del suelo



El suelo está compuesto principalmente de minerales (45%), agua y aire (50%) y materia orgánica (5%). La proporción de materia orgánica, incluyendo la parte viva del suelo, es pequeña, pero su función es muy importante para la salud de éste.

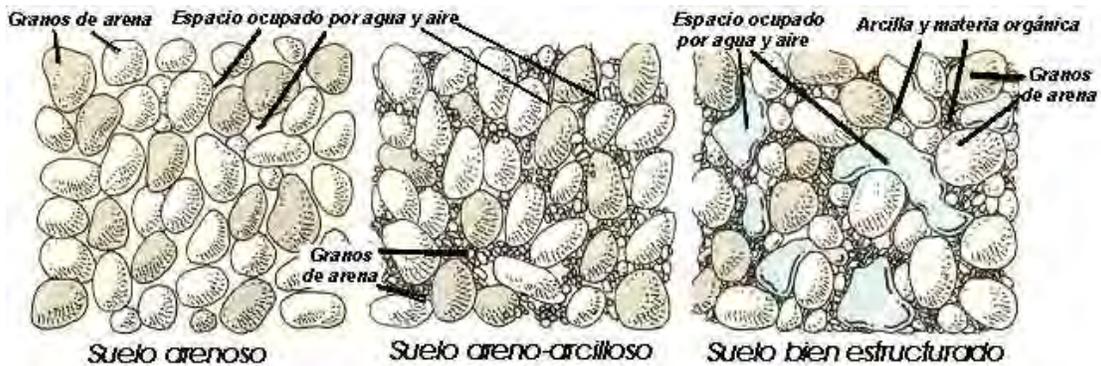
El suelo está compuesto por diminutas partículas, llamadas minerales. Los más grandes son los granos de arena que pueden verse a simple vista, los otros son más pequeños llamados limo (como lo que compone el lodo o fango) y los más pequeños son las partículas de arcilla. Los suelos están hechos de varias proporciones de estas partículas. Algunos suelos son principalmente arenosos, otros tienen mayores proporciones de limo y arcilla. La proporción de estas partículas en el suelo determina sus características físicas en cuánto al aire y agua que puede sostener.



©The COMET Program

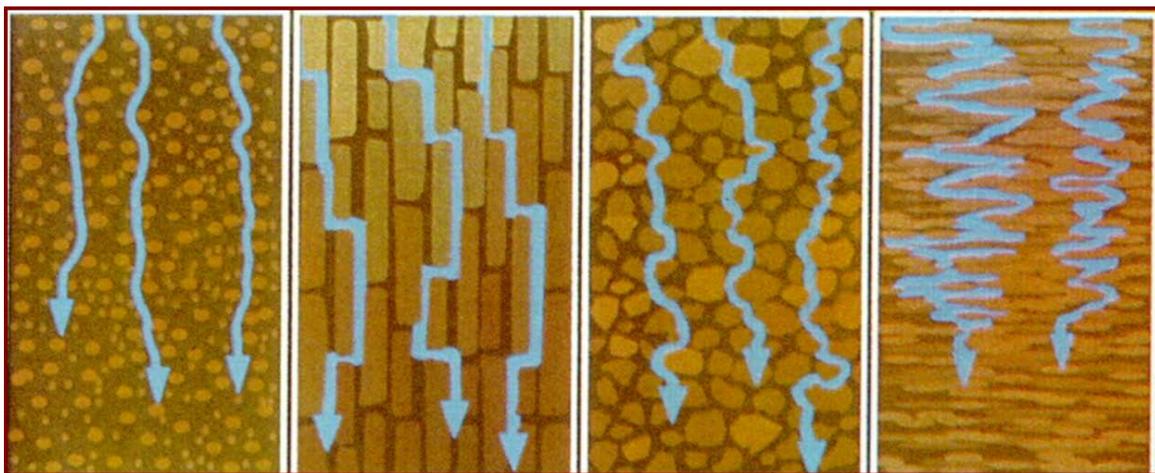
¿Por qué? Los espacios que provee alrededor de las partículas de los minerales son cruciales porque éstos permiten que haya porosidad y actúan como una esponja absorbiendo el agua, los nutrientes y el aire que la planta necesita para su crecimiento. Los agregados también mantienen la tierra en su lugar, protegiendo el suelo de la erosión causada por el agua de la lluvia y el viento.

Hay más espacios libres en los suelos arenosos, porque tienen partículas que son más grandes y sostienen espacios grandes que permiten que el aire o el agua se muevan fácilmente hacia y desde la superficie. Por la misma razón, las arcillas del suelo tienen mucho menos espacios entre partículas; las partículas son tan diminutas, que sostienen mucha más agua y el agua fluye lentamente entre medio de estas partículas. El mejor suelo contiene una buena mezcla de limo, arena y arcilla.



Aire y agua

El agua y el aire son vitales para la salud del suelo. La estructura de un suelo determina si el aire puede entrar y salir libremente permitiendo a los organismos del suelo respirar y funcionar. Los espacios entre los minerales del suelo deben habilitar suficiente agua para moverse a través de éste, debiendo permanecer retenida en los minerales y en los poros, para estar disponible para las plantas y otros organismos del suelo. El agua transporta una rica cantidad de nutrientes y provee energía a muchas formas de vida en el suelo, para que éstas puedan moverse y esparcirse, especialmente la vida microscópica (microorganismos que no se pueden ver a simple vista) como bacterias, hongos y protozoarios. Un suelo saludable contiene agua en la que se encuentran los nutrientes.





Infiltración del agua

La infiltración es el movimiento del agua de la superficie hacia el interior del suelo. La infiltración es un proceso de gran importancia económica. Para los ingenieros es considerada como un proceso de pérdida, mientras que para el agricultor es una ganancia. El agua infiltrada provee el agua necesaria para el crecimiento de las plantas y para la sobrevivencia de muchos animales, recarga los acuíferos o agua subterránea, reduce las inundaciones y la erosión del suelo. En el proceso de infiltración se pueden distinguir tres fases:

- a. **Intercambio:** Ocurre en la parte superior del suelo, donde el agua superficial se evapora y forma parte de los gases en la atmósfera debido al movimiento capilar o por medio de la transpiración de las plantas.
- b. **Transmisión:** Sucede cuando la acción de la gravedad supera a la de la capilaridad y obliga al agua a deslizarse verticalmente hasta encontrar una capa impermeable.
- c. **Circulación:** Se presenta cuando el agua se acumula en el subsuelo debido a la presencia de una capa impermeable y empieza a circular por la acción de la gravedad.

La capacidad de infiltración es la cantidad máxima de agua que un suelo puede absorber por unidad de superficie horizontal y por unidad de tiempo. Se mide por la cantidad de agua que se infiltra, expresada en pulgadas/hora. La capacidad de infiltración disminuye hasta alcanzar un valor casi constante a medida que la lluvia se prolonga y es entonces cuando empieza la escorrentía o escurrimiento.

Factores que intervienen en la capacidad de infiltración son:

- 1) Tipo de suelo. Entre mayor sea la porosidad, el tamaño de las partículas y los espacios porosos del suelo, mayor será la capacidad de infiltración.
- 2) Capacidad de retención de humedad del suelo. La infiltración varía en proporción inversa a la humedad del suelo, es decir, un suelo húmedo presenta menor capacidad de infiltración que un suelo seco.

Permeabilidad del suelo

ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s09.htm

Propiedades de las partículas del suelo

| Propiedades | Composición | |
|------------------------|-------------|-----------|
| | Arenoso | Arcilloso |
| Nutrientes | Poco | Mucho |
| Aireación | Buena | Mala |
| Permeabilidad | Alta | Muy poca |
| Almacenamiento de agua | Poco | Mucho |

Organismos vivos

El suelo contiene diferentes tipos de organismos, desde bacterias y ascomicetos que solamente pueden ser vistos con un microscopio, hasta gusanos y escarabajos visibles a simple vista. Estos organismos desarrollan muchas labores que ayudan a los suelos para que sean productivos, además, cumplen funciones ambientales importantes como el reciclaje de nutrientes, liberándolos después para que las plantas se nutran. La planta captura el nitrógeno del aire nitrificándolo a una forma útil para que les sirva a los organismos, ayudando así a la descomposición de materiales orgánicos, excavando canales aéreos, manejando organismos dañinos y demás. Desde la perspectiva de la salud del suelo, tener un buen contenido de organismos de suelo es crucial.

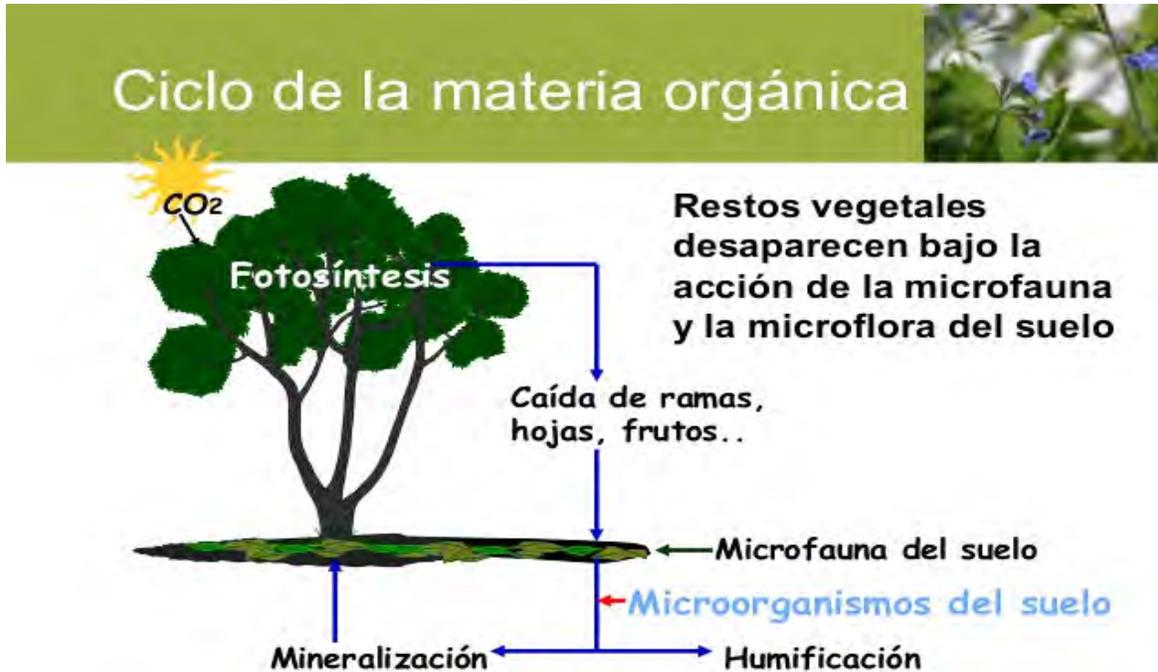
Materia orgánica



La materia orgánica es muy importante para la salud del suelo. Es necesaria para mantener los nutrientes disponibles para las plantas y organismos del suelo, retener la humedad de éste, permitir que los suelos sean fáciles de trabajar y disminuir las enfermedades de los cultivos. La mayoría de los organismos existentes en el suelo viven o dependen de la materia orgánica para desarrollar las actividades importantes que hacen en el suelo y para mantener un ambiente saludable. La mayoría de

los microorganismos se encuentran sobre o en la parte orgánica del suelo. Los animales más grandes dependen de la materia orgánica por los nutrientes y por la degradación de las partículas grandes a más pequeñas. Los pelos absorbentes de las raíces y las sustancias pegajosas producidas por los microorganismos son los que alimentan la materia orgánica actuando como pegamento y sosteniendo juntas las partículas o agregados del suelo.

**Si usted remueve la materia orgánica,
remueve la mayoría de la vida en el suelo.**



La materia orgánica está formada por animales y plantas descompuestos. Los insectos, lombrices, nemátodos y otros microorganismos descomponen el material fresco de las plantas y el estiércol; así se forma la materia orgánica. Si usted deja los tallos de las plantas después de la cosecha, éstos se van a descomponer con el tiempo integrándose al suelo.

Velocidades de descomposición de varios tipos de materia orgánica

| Tipo de material* | Relación C/N | Velocidad de descomposición |
|--|--|-----------------------------|
| Rastrojo de sorgo | Alta (entre 30 y 100) | Lenta (entre 90 y 100 días) |
| Cáscara de arroz | Muy alta (superior a 100) | Muy lenta (más de 180 días) |
| Aserrín de madera | Muy alta (superior a 100) | Muy lenta (más de 180 días) |
| Gallinaza | Depende del material utilizado como cama | |
| Pulpa de café | Baja (inferior a 30) | Rápida (menos de 60 días) |
| Estiércol de ganado | Baja (inferior a 30) | Rápida (menos de 60 días) |
| Gallinaza | Baja (inferior a 30) | Rápida (menos de 60 días) |
| Plantas de abono verde (mucuna, canavalia, vigna dolichos) | Baja (inferior a 30) | Rápida (menos de 60 días) |
| Rastrojo de maíz | Alta (entre 30 y 100) | Lenta (entre 90 y 100 días) |

*Reilly, J., Rueda., A. y Trutman, P., (2001). Manual para el cuidado de la salud de suelos.

Los periodos de descomposición son promedios, bajo consideración de temperatura ambiente entre 22 y 30 grados centígrados (71.6° a 86° F) y humedad suficiente para posibilitar el crecimiento microbiano.



Los tres (3) tipos de materia orgánica:

Hay varios tipos de materia orgánica.

Primeramente, el suelo puede contener materia orgánica vieja que ha sido descompuesta. Esto ayuda a mejorar la estructura y capacidad del suelo para retener el agua. Esta materia orgánica ha estado en el suelo por muchos años y ya no contiene muchos nutrientes.

El segundo tipo de materia orgánica es aquella parcialmente descompuesta, que alberga la mayoría de la vida del suelo porque provee un sustrato de nutrientes para los seres vivos, así también como ser capaz de absorber y mejorar la estructura del suelo. La composta, el estiércol, y la materia orgánica verde, después de que ha sido dejada en el suelo por dos semanas, son parte de este tipo de materia orgánica. Un suelo debe ser renovado regularmente con el segundo tipo de materia orgánica, esto para que funcione bien.

Un **tercer** tipo de materia orgánica es la materia orgánica fresca. Ejemplos son: plantas, partes de plantas directamente cultivadas en el suelo o desperdicios domésticos frescos incorporados en el suelo. Este tipo de materia orgánica está llena de azúcares que pueden ser usados fácilmente por muchos organismos debido a su alto valor energético. Debido a la intensa actividad biológica, este tipo de materia orgánica es peligrosa para el crecimiento de las plantas porque durante el proceso de descomposición se generan altas temperaturas que pueden quemar las raíces.

Las siguientes son algunas de las características que los agricultores asocian con un suelo saludable debido a que éste tiene una adecuada cantidad de materia orgánica.

- Presencia de lombrices.
- El suelo es suave y fácil de trabajar.
- No tiene surcos en la superficie (erosión).
- Provee los nutrientes para el crecimiento de las plantas.
- Retiene agua y las plantas resisten la sequía.
- Las plantas que están sembradas en éste tienen un sistema de raíces denso y ramificado.
- Hay pocas enfermedades en las plantas.
- La materia orgánica les provee alimento a las lombrices. La materia orgánica genera un ambiente suave, húmedo y fresco para las lombrices.
- La materia orgánica es liviana y esponjosa. Mantiene las partículas del suelo en grupos que forman agregados.
- Las plantas crecen y los residuos de la superficie protegen el suelo de ser lavado por la lluvia.
- La materia orgánica tiene nutrientes para el crecimiento de la planta. Hace que los nutrientes se peguen al suelo como fertilizantes, estando siempre disponibles.
- La materia orgánica absorbe el agua como una esponja y la pone a disposición de la planta.



Salud del suelo

- La materia orgánica ayuda a mantener el suelo poroso y aumenta la aireación para que crezcan las raíces. Tiene nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.

¿Por qué la materia orgánica se pierde en el suelo?

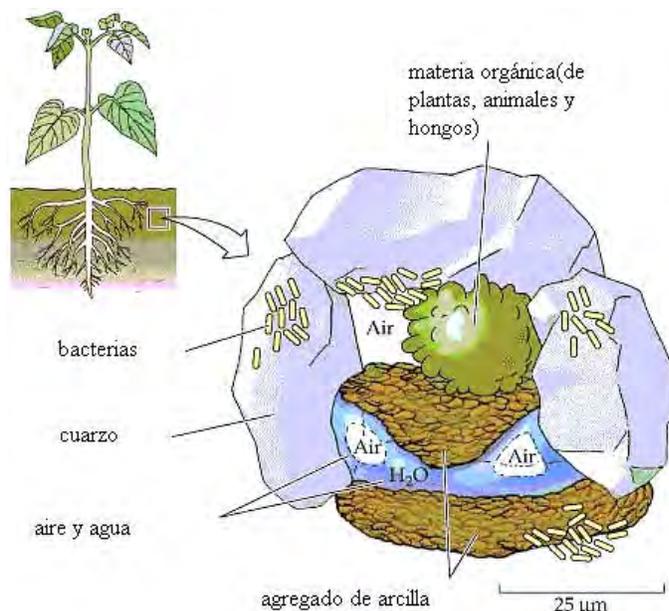
Hay diversas razones por las cuales se puede perder materia orgánica del suelo, algunas de las cuales son:

- Al remover del suelo los residuos de la cosecha.
- **La erosión**, arrastra las partículas de suelo y de materia orgánica hacia otros predios o lugares como los lagos y ríos. Las plantas en crecimiento pueden proteger los suelos de la erosión. Las hojas suavizan la caída de las gotas de lluvia al suelo. También las raíces de las plantas mantienen el suelo en su lugar. Dejar los residuos de las plantas sobre la superficie del suelo como un “mulch” o arrope, puede agregar materia orgánica mientras que protege el suelo de la lluvia.
- **Algunas prácticas de labranza**. Cuando usa un arado profundo, el suelo que se encuentra bajo la superficie se traslada a la superficie y queda expuesto a más aire, agua, altas temperaturas y exposición a la radiación solar. Este tipo de labranza disminuye la cantidad de materia orgánica, ya que los microorganismos crecen más rápido y consumen más alimento en la superficie, en comparación con los que están en el suelo profundo con poca o ninguna materia orgánica.
- **La práctica del monocultivo**. Cada planta favorece el crecimiento de organismos específicos del suelo. En los lugares donde hay una gran variedad de plantas, como ocurre en los bosques, también hay diferentes organismos en el suelo. Cada uno de éstos tiene preferencia por algunos tipos de materia orgánica como fuente de alimento. Esta diversidad de preferencias hace que el material de las plantas sea descompuesto de manera uniforme. Si los organismos que se alimentan de diversos residuos continúan creciendo, desintegrarán rápidamente los residuos, resultando en una pérdida más rápida de la materia orgánica. Esto no ocurriría, si hubiera una gran diversidad de plantas y organismos en el suelo.
- **El mal uso de fertilizantes nitrogenados**. El nitrógeno es un nutriente importante para los organismos del suelo. Agregar nitrógeno adicional estimula el crecimiento de bacterias en comparación con los hongos. Las bacterias son efectivas comiendo y descomponiendo materia orgánica. Los hongos crecen más lentamente que las bacterias y son más efectivos formando sustancias pegajosas que mantienen unidas las partículas del suelo.

- **La quema.** Remueve los residuos que pueden formar parte de la materia orgánica y degrada el suelo, puesto que el fuego puede penetrar el suelo a través de las raíces de los árboles.

Los suelos se enferman cuando pierden materia orgánica

Los suelos con bajos contenidos de materia orgánica son conocidos como *suelos minerales* y tienen una menor capacidad para responder a los cambios de manejo. Al perder la materia orgánica, los suelos son menos fértiles, están más propensos a volverse duros y compactos, a tener abundante maleza y a producir plantas que crecen más lentamente y que son susceptibles al ataque de plagas y enfermedades. Los suelos pobres frecuentemente necesitan aplicaciones adicionales de materia orgánica, nutrientes y prácticas de manejo de suelos y aún así, no producen los mismos rendimientos que los suelos con un buen manejo.



Muchos de los problemas asociados con suelos minerales o con bajos niveles de materia orgánica se deben a la incapacidad de los organismos del suelo de crecer por no tener la comida que necesitan, pues éstos se alimentan de materia orgánica la que a su vez convierte en nutrientes que las plantas requieren para crecer.

La materia orgánica permite el crecimiento de microorganismos y de pelos radiculares en las raíces de las plantas. Los microorganismos del suelo forman sustancias que mantienen las partículas de suelo unidas en terrones

pequeños y suaves llamados “agregados”. Los pelos radiculares también ayudan a mantener los agregados juntos. Estos últimos permiten que el suelo sea poroso y actúe como una esponja absorbiendo agua, nutrientes y el aire necesarios para el crecimiento de las plantas. También permiten que las raíces de las plantas crezcan fácilmente a través de la absorción y el uso de los nutrientes, el agua y el aire que están en el suelo. Al no restringir el crecimiento radicular y el acceso de las raíces a los nutrientes, las plantas crecen saludables y resisten mejor la sequía. Los agregados también mantienen el suelo en su lugar y lo protegen de ser removido por el agua o el viento.

Los suelos que han perdido materia orgánica tienen menor capacidad para tolerar los cultivos durante temporadas de sequía que los que tienen un mayor contenido de materia orgánica. Durante las épocas de sequía, los suelos no pueden absorber agua con facilidad, se secan

rápida. Los suelos arenosos con poca materia orgánica tienen menor capacidad de mantener agua para el crecimiento de las plantas.

Los suelos con altos niveles de materia orgánica proveen nutrientes para mantener los cultivos. Si el contenido de materia orgánica es bajo, el suelo no puede proveerlos y tiene menor capacidad para retener los nutrientes.

Cuando hay una alta incidencia de plagas o enfermedades, las plantas que crecen en suelos con poca materia orgánica presentan más problemas. El suelo con buen contenido de materia orgánica sostiene altas poblaciones de organismos y de éstos, sólo unos pocos causan enfermedades. La mayoría son útiles pues descomponen la materia orgánica y para sobrevivir, compiten con los que causan enfermedades. En suelos con bajos niveles de materia orgánica, los organismos causantes de enfermedades tienen menos competencia y por tanto, tienen mayor capacidad de infectar las plantas.

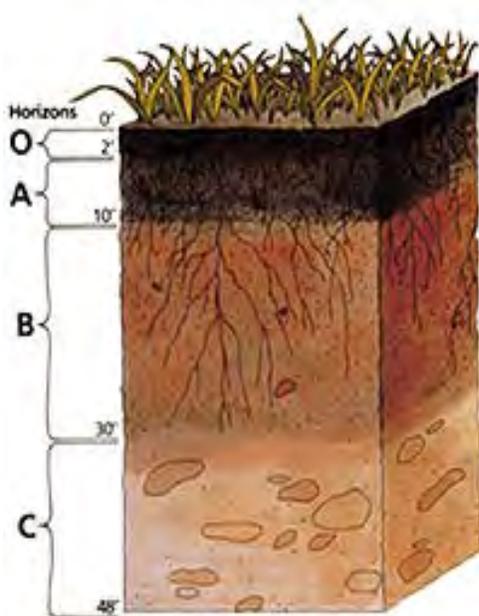
El perfil del suelo

Cuando se hace una excavación del suelo de uno o dos metros de profundidad, se pueden ver las capas que lo componen. Estas capas u horizontes se clasifican en: O, A, B, C y la roca madre.

<http://www.fao.org/docrep/w8594e/w8594e0g.htm>

Horizonte O

Zona del suelo donde está la mayor concentración de macro y micro nutrientes esenciales para el crecimiento de la planta. Además, es donde se encuentra la mayor cantidad de materia orgánica.



Constituye la capa fértil del suelo, contiene y sostiene los nutrientes de la planta. Durante las lluvias, el agua puede ser absorbida sin que se lave o erosione. Las plantas crecen bien cuando hay una capa fértil suficientemente profunda porque sus raíces son capaces de penetrar buscando humedad y nutrientes. Cuando esto sucede, las plantas permanecen verdes y crecen aún en condiciones de sequía. Las plantas con un sistema de raíces denso no se caen fácilmente durante las lluvias fuertes.

Horizontes A

Se caracteriza por la acumulación de materia orgánica mezclada con una fracción mineral; muestra propiedades como resultado de los cultivos.



Horizontes B y C

Progresivamente, como se va bajando en el perfil del suelo, frecuentemente se puede apreciar el cambio de color y los suelos llegan a ser más rocosos. Este horizonte “B” es usualmente de color más claro que la parte superior del suelo, pero de una consistencia similar. Contiene poca presencia de materia orgánica. Los horizontes “B” y “C” son realmente roca madre degradada, lo cual es parte de un proceso natural que se convierte en la base del suelo. La erosión remueve la valiosa superficie y expone primero al horizonte “A”, luego los horizontes “B” y “C” y finalmente la roca madre. Por ello, la presencia de suelos rocosos es una indicación de que ha ocurrido erosión.

Roca madre: material parental

La roca madre es la base de roca original la cual provee los minerales del suelo. El tipo de nutriente y composición de la roca madre determina si un suelo es bueno o malo para diferentes cultivos.



CAPÍTULO 4: ¿Cómo se puede determinar la salud del suelo?

Un suelo saludable debería poder **verse, olerse y sentirse vivo**. Un suelo saludable aumenta la producción, la rentabilidad y protege los recursos naturales (aire y agua). Para determinar si un suelo es saludable, sería recomendable que tome una muestra y se observe. Si el suelo es claro, tiene una estructura compacta que limita el crecimiento de las raíces y presenta poca o ninguna evidencia de vida, este suelo es uno pobre o de baja productividad. Un suelo pobre o enfermizo se siente seco, duro y sus terrones no se desmoronan cuando se presionan.

Además de observar o analizar visualmente una muestra de suelo, sería recomendable olerla. Los suelos saludables tienen un olor dulce y agradable a tierra y muestran la presencia de actinomicetos. Estos microorganismos descomponen los residuos de plantas y animales, tienen la capacidad de transformar el nitrógeno del aire e incorporarlo al suelo para alimentar las plantas. Mientras que un suelo enfermizo y desbalanceado huele agrio o metálico, como si fuera un limpiador de cocina.

Un suelo saludable es fácil de manejar o escarbar. Es suave, húmedo, poroso y permite que las plantas desarrollen sus raíces libremente y sin impedimentos. Su estructura tiene apariencia granular lo que lo hace ideal. Un suelo poroso retiene más agua para cuando las plantas lo necesiten, facilita la infiltración del agua por el mismo. Por lo tanto, reduce la escorrentía que causan inundaciones y aumenta la disponibilidad de agua para las plantas durante un periodo de sequía.

Un suelo saludable y altamente funcional está bien balanceado para proveer un ambiente que sostiene y alimenta las plantas, los microorganismos del suelo y los insectos beneficiosos.

Basado en el conocimiento adquirido sobre salud del suelo, usted deberá estar preparado para hacer un análisis de las condiciones en la finca utilizando unos indicadores. Un indicador es algo que nos da una idea del estado de nuestros suelos. En este capítulo presentamos un ejemplo de indicadores para diagnosticar la salud del suelo y verificar la calidad de sus suelos versus suelos no saludables o poco productivos.



Salud del suelo

| Suelos saludables** | Suelos no saludables |
|---|--|
| Capa superior de suelo (<i>top soil</i>) profunda basada en tipo de suelo | Capa erodada sin materia orgánica |
| Balance de nutrientes y pH adecuado. Alto rendimiento. | Desbalance de nutrientes/ rendimientos bajos |
| Buen drenaje | Compactado/ encharcamiento |
| Capacidad de sostener agua para tolerar sequías. | Pobre drenaje |
| Fácil de trabajar | Duro de trabajar |
| De fácil recuperación | Pobre y de lenta recuperación |
| Alta actividad microbiana beneficiosa | Exhibe microorganismos patógenos o ausencia de microorganismos |
| Libre de tóxicos | Residuos químicos presentes |
| Olor agradable | Olor no relacionado al tipo de suelo |
| Materia orgánica presente | Ausencia o presencia mínima de materia orgánica. |
| Cubierta vegetal no invasiva abundante | Desnudo |

**Smith, D. (2014) What Makes Healthy Soil?

El manejar la salud del suelo es una de las maneras más fáciles y efectivas para que los productores agrícolas aumenten la productividad y rentabilidad de sus cultivos y al mismo tiempo contribuyan a mejorar el medio ambiente.



DIAGNÓSTICO DEL SUELO

Fecha: _____

Persona que realiza el ejercicio: _____

Nombre y ubicación de la finca: _____

Cada pregunta provee para que responda en los espacios de acuerdo a la siguiente categoría donde:

- Valor de 0 – no saludable / no productivo
- Valor de 1 – suelo pobre
- Valor de 2 – saludable.

Este ejercicio está dirigido a que usted evalúe las prácticas de manejo que se han estado utilizando en su finca, que usted pueda constatar los resultados de varios años de estar realizando las mismas y los posibles resultados en cuanto a la salud del suelo. El resultado le proveerá un estimado o idea sobre la condición del suelo.

SUELO: Las preguntas se refieren a las primeras 9 pulgadas de suelo

| Propiedades descriptivas | Valor |
|---|--------------|
| <p>1. Fertilidad del suelo (¿Cuán fértil es el suelo?)</p> <p>0. El suelo es pobre, de bajo potencial. Sin abono, no se produce nada.</p> <p>1. El suelo es algo fértil, pero siempre necesita abono para una buena producción.</p> <p>2. El suelo es fértil, de alto potencial. No necesita abono.</p> | |
| <p>2. Profundidad de la capa fértil (¿Qué tan profunda es la capa fértil del suelo?)</p> <p>0. No hay capa fértil, o la capa fértil es muy delgada, menos de dos (2) pulgadas.</p> <p>1. La capa fértil tiene poca profundidad, entre dos (2) a cinco (5) pulgadas.</p> <p>2. La capa fértil es profunda, más de cinco (5) pulgadas.</p> | |
| <p>3. Dureza (¿Es duro o compacto el suelo?)</p> <p>0. El suelo es duro, denso o sólido. No se puede deshacer entre dos (2) dedos.</p> <p>1. El suelo es firme y se rompe entre dos (2) dedos con fuerza moderada.</p> <p>2. El suelo es suave, se deshace fácilmente con poco esfuerzo.</p> | |
| <p>4. Drenaje (¿Cuán rápido se infiltra el agua por el suelo?)</p> <p>0. Hay mal drenaje. El suelo frecuentemente se llena con agua o se forman charcos.</p> <p>1. El suelo libera agua despacio y se seca lentamente.</p> <p>2. El suelo libera muy bien el agua y no causa problemas a los cultivos por exceso de humedad.</p> | |
| <p>5. Facilidad para labrar (¿Es fácil de romper el suelo?)</p> <p>0. Casi no entra el arado ni la azada a la tierra.</p> <p>1. La tierra se pega al arado, es difícil de labrar, hay que trabajar mucho con azada para romper la tierra.</p> <p>2. El arado entra, el trabajo con azada es fácil y la tierra queda suelta.</p> | |
| <p>6. Estructura del suelo (¿Qué tan suelto es el suelo?)</p> <p>0. El suelo es polvoriento o forma terrones grandes.</p> <p>1. El suelo forma terrones de tamaño mediano.</p> <p>2. El suelo está suelto, formado por terrones pequeños que se pueden desmenuzar y que se deshacen fácilmente.</p> | |



| | | |
|--|--|--|
| <p>7. Pendiente (¿Cuánta inclinación se ve en este suelo?)</p> <ol style="list-style-type: none"> 0. Es muy escarpado (jaldoso) 1. Es moderado 2. Es más o menos plano | | |
| <p>8. Erosión (¿Hay erosión en el suelo?)</p> <ol style="list-style-type: none"> 0. Mucha tierra se ha lavado o removido con la lluvia o el viento. Se han formado zanjas o cárcavas. 1. La pérdida del suelo ha sido moderada. 2. La tierra se ha lavado muy poco, resiste erosión por agua o viento. | | |
| <p>9. Infiltración (Cuando no hay cobertura en la superficie del suelo, ¿penetra el agua en el suelo?)</p> <ol style="list-style-type: none"> 0. El suelo no absorbe agua, el agua se encharca o corre por encima. 1. El agua penetra el suelo lentamente. Después de lluvias fuertes, corre un poco por encima y hay poco encharcamiento. 2. El agua penetra el suelo inmediatamente, el suelo es esponjoso y no hay encharcamiento. | | |
| <p>10. Tacto (Al tocarlo, ¿cómo se siente el suelo?)</p> <ol style="list-style-type: none"> 0. El suelo es pegajoso cuanto está húmedo. 1. El suelo al apretarse se encoge y forma una masa. 2. El suelo es suelto. Al apretarlo y soltarlo, se desgrana o deshace. | | |
| <p>11. Textura del suelo (¿Qué tipo de suelo es? arenoso, limo o arcilla)</p> <ol style="list-style-type: none"> 0. Al mojarlo no es moldeable y se pierde (arenoso) 1. Al mojarlo es ligeramente moldeable (limo-franco) 2. Al mojarlo es muy moldeable y forma una bola (arcilloso) | | |
| <p>12. Retención de agua (¿Cuánta agua tiene o mantiene la tierra?)</p> <ol style="list-style-type: none"> 0. La tierra se seca demasiado rápido después de la lluvia. 1. La tierra tiende a secarse lentamente sólo durante una temporada seca. 2. El suelo retiene muy bien la humedad, absorbe y drena agua fácilmente. | | |
| <p>13. Pérdida de semilla (¿Se pierde la semilla sembrada?)</p> <ol style="list-style-type: none"> 0. Se pierde mucha semilla, porque la lluvia las carga en aguas de escorrentía. 1. Se pierden unas pocas semillas. 2. La semilla no se pierde. | | |
| <p>14. Práctica descanso de los predios (frecuencia de siembra)</p> <ol style="list-style-type: none"> 0. El suelo se ha estado cultivando por muchos años sin descanso. 1. El suelo tiene de tres (3) a cinco (5) años bajo cultivo y descanso. 2. El suelo tiene menos de dos (2) años bajo cultivo y descanso. | | |
| <p>15. Práctica rotación de cultivos</p> <ol style="list-style-type: none"> 0. Siembra el mismo cultivo 1. Más de un cultivo en 3 tres años 2. Más de un cultivo por año | | |
| <p>16. Lombrices de tierra (¿Hay lombrices de tierra en el suelo?)</p> <ol style="list-style-type: none"> 0. Ausentes o raro ver lombrices 1. Hay pocos hoyos de lombriz o tierra de lombriz 2. Hay muchos agujeros y lombrices | | |
| <p>17. Actividad biológica (¿Se ven animalitos, insectos, musgo o lama en el suelo?)</p> <ol style="list-style-type: none"> 0. Se ve poca vida en el suelo (poco musgo, lama, hormigas, insectos, gusanos o "animalitos"). 1. Se ve algo de vida en el suelo 2. Se ve mucha vida en el suelo | | |
| <p>18. Cobertura del suelo (¿Cuánto tiempo durante el año queda cubierto el terreno en esta finca con cultivos, hojas, malezas o rastrojo?)</p> <ol style="list-style-type: none"> 0. El suelo queda cubierto por cultivos, hojas, malezas o rastrojos por lo menos tres (3) meses al año, solo cuando está creciendo el cultivo. El resto del año, el terreno está limpio, desnudo y sin rastrojo. 1. El suelo queda cubierto entre cuatro (4) y ocho (8) meses al año. 2. El suelo permanece cubierto todo el año. | | |



Salud del suelo

| | |
|--|--|
| <p>19. Barreras de conservación de suelos (¿Hay barreras de conservación de suelos, barreras vivas o barreras muertas?)</p> <ol style="list-style-type: none">0. No hay barreras.1. Hay algunas barreras.2. Hay barreras suficientes de acuerdo a un plan de conservación. | |
| <p>20. Estado de las barreras (si hay barreras) (¿En qué estado están las barreras?)</p> <ol style="list-style-type: none">0. En mal estado.1. Estado regular o deficiente.2. Bien mantenidas y funcionando. | |
| <p>21. Quema (¿Practica usted la quema?)</p> <ol style="list-style-type: none">0. Quema todos los años para sembrar o le queman el terreno.1. Quema cada dos (2) años o más.2. No practica la quema. | |
| <p>22. Germinación de la semilla (para cultivos anuales) (¿Cómo nacen las semillas después de la siembra?)</p> <ol style="list-style-type: none">0. Mucha semilla no nace.1. La semilla nace dispareja o dispersa.2. La semilla nace rápido y fácilmente. | |
| <p>23. Tasa de crecimiento y desarrollo (¿Cómo crece y se desarrolla el cultivo o el árbol?)</p> <ol style="list-style-type: none">0. Malo - el cultivo o el árbol crece y se desarrolla despacio. Se tarda mucho en producir.1. Regular - el cultivo o el árbol crece y se desarrolla más o menos bien, pero produce tarde.2. Bueno – el crecimiento y desarrollo del cultivo o el árbol es rápido y produce a tiempo. | |
| <p>24. Tallos (Para los cultivos, ¿cómo es el grosor de los tallos?)</p> <ol style="list-style-type: none">0. Los tallos son delgados y raquíticos.1. Los tallos tienden a recostarse hacia un lado.2. Los tallos son gruesos, rectos y quedan parados aunque moleste el viento. | |
| <p>25. Hojas (¿Cómo es la apariencia de las hojas de los cultivos y árboles?)</p> <ol style="list-style-type: none">0. Las hojas son amarillas y hay pocas.1. Las hojas son angostas, pequeñas y de color verde amarillento.2. Las hojas son anchas, frondosas y de color verde oscuro. | |
| <p>26. Tamaño del cultivo (¿Cómo es el tamaño del cultivo o el árbol de acuerdo a su especie?)</p> <ol style="list-style-type: none">0. Los cultivos o árboles se ven sin vigor, pequeños y el tamaño de las plantas no es uniforme.1. El cultivo o el árbol es mediano.2. El cultivo o el árbol es grande y vigoroso. | |
| <p>27. Resistencia a sequía (¿Resisten las plantas o árboles la sequía?)</p> <ol style="list-style-type: none">0. Las plantas se secan rápido y nunca se recuperan.1. Las plantas sufren durante temporada seca y se recuperan despacio.2. Las plantas resisten a la sequía. | |
| <p>28. Resistencia a las plagas y enfermedades (¿Resisten a las plantas o árboles las plagas y enfermedades?)</p> <ol style="list-style-type: none">0. El daño por plagas y enfermedades es severo.1. Las plantas sufren por plagas y enfermedades, pero el daño es moderado.2. Las plantas toleran las plagas y enfermedades. | |



Salud del suelo

| | |
|--|--|
| <p>29. Deficiencias nutricionales (<i>¿Es suficientemente fértil el suelo para los cultivos y los árboles?</i>)</p> <p>0. El cultivo o árbol se ve mal alimentado (las hojas están manchadas, quemadas, rayadas, descoloridas o amarillas).</p> <p>1. El cultivo o árbol pierde fuerza cuando está creciendo.</p> <p>2. El cultivo o árbol se nutre bien del suelo.</p> | |
| <p>30. Madurez del cultivo (<i>¿Cómo es la apariencia del fruto del cultivo o del árbol?</i>)</p> <p>0. El fruto o producto de esta planta no madura bien, es arrugado o de tamaño reducido.</p> <p>1. El fruto o producto no llena bien y madura lentamente.</p> <p>2. El fruto o producto es grande, lleno, maduro y tiene buen color.</p> | |
| <p>31. Rendimiento (<i>¿Cómo considera usted el rendimiento en su finca?</i>)</p> <p>0. ¿Bajo?</p> <p>1. ¿Regular?</p> <p>2. ¿Excelente?</p> | |
| <p>32. Vida silvestre (<i>¿Hay vida silvestre en el área?</i>)</p> <p>0. Ausencia de vida silvestre.</p> <p>1. Pocas veces se ven animales silvestres.</p> <p>2. Los animales silvestres son abundantes.</p> | |

Interpretación de resultados

- Revise cuántas preguntas fueron contestadas con valores 0, 1, y 2.
- Multiplique el número de veces por el valor de la categoría para obtener el resultado.

Anote la cantidad de veces que su respuesta fue adjudicada en cada categoría y multiplique por el valor de la categoría para obtener el valor de la condición del suelo en la finca.

Resultados:

- Mayor que (>) 48 = Saludable
- Entre 32 y 47 = Pobre
- Menor que (<) 32 = No saludable



Salud del suelo

Ejemplo:

| Categoría | Número de veces | Valor de categoría | Resultado |
|--------------|-----------------|--------------------|-----------|
| No saludable | 15 | 0 | 0 |
| Pobre | 10 | 1 | 10 |
| Saludable | 9 | 2 | 18 |
| Total | | | 28 |

Explicación del resultado en el ejemplo:

- En este ejemplo el resultado fue $28 < 32$, lo que implica que el suelo es no saludable.
- Este suelo es poco productivo y tendrá que utilizar prácticas para mejorar la calidad del suelo para continuar la producción agrícola.

El valor que se obtiene como resultado presenta una idea general de la condición de la salud del suelo en la finca basado en las características observables del suelo y las prácticas de manejo realizadas.

Cada total de puntuación > 48 = suelo apto para la producción agrícola que presenta una buena salud del suelo.

- Una puntuación de $32 - 47$ = suelo requiere que se evalúen las prácticas de manejo para mantener una producción estable.
- Una puntuación < 32 = presenta un suelo que requiere de un mejor manejo y donde se establezcan prácticas de conservación.

CAPÍTULO 5: Prácticas de conservación recomendadas para mejorar el suelo

Elementos básicos para mejorar la salud del suelo

Para mejorar y mantener la buena salud del suelo se requiere que los agricultores estén atentos a las prácticas que hacen que el suelo se mantenga fértil y sano. Estas deben estar orientadas hacia los siguientes aspectos:

- Poner atención a la fertilidad del suelo como base de cualquier sistema de producción.
- Cuidar y aumentar la vida del mismo.
- Prevenir la erosión.
- Establecer prácticas de conservación de suelos.

Un sistema de manejo de salud del suelo puede incluir alguno de los siguientes:

| ¿Qué es?*** | ¿Que hace? | ¿Cómo ayuda? |
|--|---|---|
| Rotación de cultivos Sembrar diferentes cultivos en una secuencia planificada para aumentar la materia orgánica del suelo y su diversidad. | <ul style="list-style-type: none"> • Aumenta el ciclo de nutrientes. • Controla las malezas, los insectos y las plagas. • Reduce la erosión • Conserva la humedad del suelo. • Añade diversidad al suelo para que los insectos subsistan. | <ul style="list-style-type: none"> • Disminuye el uso de fertilizantes. • Disminuye el uso de plaguicidas. • Aumenta la calidad del suelo. • Conserva el agua. • Aumenta la producción de los cultivos. |
| Plantas cobertoras Un cultivo que no se cosecha, el cual es parte de una rotación planificada que provee beneficios de conservación del suelo. Puede ser en forma temporera o permanente, dependiendo del cultivo. | <ul style="list-style-type: none"> • Aumenta la materia orgánica del suelo. • Previene la erosión del suelo. • Conserva la humedad del suelo. • Aumenta el ciclo de nutrientes. • Provee nitrógeno para las plantas. • Controla las malezas. • Reduce la compactación del suelo. | <ul style="list-style-type: none"> • Mejora la producción de los cultivos. • Mejora la calidad del agua. • Conserva el agua. • Disminuye el uso de fertilizantes. • Disminuye el uso de plaguicidas. • Mejora la eficiencia del agua en los cultivos. |

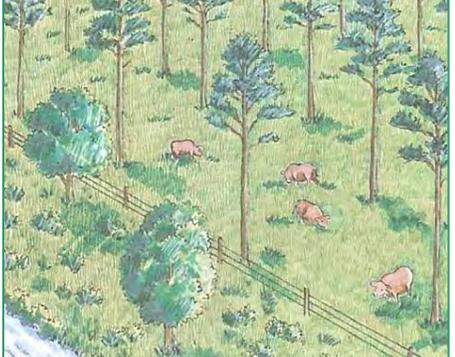


Salud del suelo

| | | |
|---|---|--|
| <p>Labranza mínima o no labranza (arado) Se mantiene un alto nivel de residuo vegetal en la superficie del suelo, haciendo el menor movimiento posible del suelo.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Mejora la capacidad de agua disponible en el suelo. • Aumenta la materia orgánica del suelo. • Reduce la erosión. • Reduce el uso de energía. • Disminuye la compactación del suelo. | <ul style="list-style-type: none"> • Mejora la eficiencia del agua. • Conserva el agua. • Mejora la producción de cultivos. • Mejora la calidad del agua. • Promueve los recursos renovables. • Mejora la calidad del aire. • Aumenta la productividad. |
| <p>Arrope “Mulch” Dejar sobre el suelo residuos vegetales u otros materiales orgánicos sobre el suelo, compensa la pérdida de residuo debido a la labranza excesiva.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Reduce la erosión del suelo. • Modera la temperatura del suelo. • Aumenta la materia orgánica del suelo. • Controla las malezas. • Conserva la humedad del suelo. • Reduce el polvo. | <ul style="list-style-type: none"> • Mejora la calidad del agua. • Mejora la productividad agrícola. • Aumenta la producción del cultivo. • Reduce el uso de plaguicidas. • Conserva el agua. • Mejora la calidad del aire. |
| <p>Manejo de nutrientes El manejo de los nutrientes en el suelo para compensar las necesidades de la planta, minimiza el impacto en el medio ambiente y en el suelo.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Aumenta la absorción de nutrientes por las plantas. • Mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. • Ahorra, abastece y conserva nutrientes para la producción agrícola. • Reduce los olores y las emisiones de nitrógeno. | <ul style="list-style-type: none"> • Mejora la calidad del agua. • Mejora la producción agrícola. |
| <p>Manejo de plagas El manejar las plagas por medio de un alcance ecológico, promueve el crecimiento de plantas saludables con buenas defensas mientras que combate las plagas y mejora el hábitat de los insectos beneficiosos.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Reduce los riesgos de plaguicidas en la calidad del agua. • Reduce la amenaza de químicos en el aire. • Disminuye el riesgo de plaguicidas en los insectos polinizadores e insectos beneficiosos. | <ul style="list-style-type: none"> • Mejora la calidad del agua. • Mejora la calidad del aire. • Aumenta la polinización de las plantas. • Aumenta la producción agrícola. |
| <p>***USDA/NRCS 2012 – “Descubra los secretos del suelo”, Serie sobre salud del suelo.</p> | | |

El ABC de las prácticas de conservación

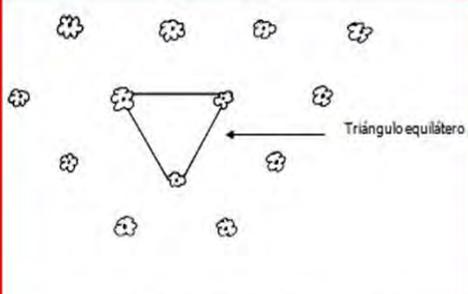
En la siguiente sección se presentan prácticas recomendadas y sus beneficios.

| Práctica | Ilustración | Beneficios |
|--|---|--|
| <p>Agroforestería</p> <p>Uso de árboles y arbustos como vegetación predominante en sistemas de cultivo y ganadería.</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> • Provee sombra al ganado. • Producir viruta o arrope. • Ayuda en el control de la erosión. • Conserva y promueve la biodiversidad. • Mejora la calidad del aire y del agua. • Secuestro de CO₂ |
| <p>Barreras vegetativas</p> <p>Son hileras de plantas al contorno que interceptan y reducen la velocidad de la escorrentía, filtran los sedimentos y controlan la erosión en terrenos inclinados.</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> • Conservan la capa fértil del predio cultivado. • Mejoran la fertilidad natural del suelo. • Reducen la cantidad de sedimento que llega a los cuerpos de agua. • Dispersan uniformemente la escorrentía y evitan la erosión. • Mejora la infiltración del agua. |
| <p>Café bajo sombra (Agroforestería)</p> <p>Establecer arbolitos de café en asociación con árboles que le proveen sombra.</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> • Modera la temperatura para el crecimiento del café. • Provee albergue para la vida silvestre. • Árboles leguminosos fijan el nitrógeno. • Reduce la erosión del suelo. |



Salud del suelo

| | | |
|--|--|---|
| <p>Cobertoras (anuales y perennes)</p> <p>Plantas que se mantienen de forma temporera o permanente cubriendo el suelo.</p> |  | <ul style="list-style-type: none">• Reducción en las malezas.• Modera la temperatura y humedad del suelo.• Controla escorrentías y minimiza la erosión del suelo.• Favorece los microorganismos del suelo. (Leguminosas, fijan nitrógeno.) |
| <p>Desagüe protegido</p> <p>Canal natural o construido de tamaño adecuado para disponer de la escorrentía y la suficiente protección para resistir la fuerza erosiva de la escorrentía.</p> |  | <ul style="list-style-type: none">• Permiten disponer adecuadamente de la escorrentía.• Evitan la formación de cárcavas.• Filtran parte de los contaminantes adheridos a los sedimentos. |
| <p>Franjas de amortiguamiento</p> <p>Estas franjas o fajas de vegetación son franjas y zonas de vegetación permanente establecidas para proteger de la contaminación los cuerpos de agua, las estructuras, los caminos y los predios.</p> |  | <ul style="list-style-type: none">• Reciclan los nutrientes y filtran los plaguicidas, patógenos y otros contaminantes.• Conservan el agua y controlan la erosión y la sedimentación.• Reducen la escorrentía y el problema de inundaciones.• Filtran los contaminantes del aire.• Sirven de barrera para reducir el ruido, el mal olor y el polvo.• Ayudan a evitar los derrumbes en los bancos de los cuerpos de agua.• Refrescan el ambiente al proveer sombra a las estructuras y los cuerpos de agua.• Proveen un hábitat para la vida silvestre. |

| | | |
|--|--|--|
| <p>Manejo integrado de plagas (MIP)</p> <p>Selección, integración e implantación de estrategias de control de plagas. Su objetivo es reducir al mínimo el uso de plaguicidas mediante prácticas culturales y biológicas. Uno de sus elementos principales es la planificación. (selección de variedades y rotación de cultivos)</p> |  <p style="text-align: center;">Ej: trampas para la broca del café</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Se reducen las pérdidas económicas y se evitan problemas graves por medio de la detección temprana. • Se reducen los problemas de contaminación por plaguicidas o toxicidad del suelo por sobre uso. • Se minimiza el uso de plaguicidas. |
| <p>Manejo de nutrientes</p> <p>Aplicación de nutrientes en cantidades adecuadas aplicadas en el momento fisiológicamente requerido por la planta, en las mejores condiciones ambientales. Basado en análisis foliares y de suelo.</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> • Mejor utilización de nutrientes por los cultivos. • Se reducen los costos de operación. • Se reducen los residuos químicos sobre el suelo, que luego son arrastrados por la escorrentía. • Se mantiene la calidad del agua y suelo. |
| <p>Patrón de siembra</p> <p>Diseño que incluye distancias de siembra entre plantas basado en la topografía del terreno.</p> |  <p style="text-align: center;">Figura 3.5 Trazado en triángulo o tresbolillo.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Evita la erosión. • Promueve la infiltración de agua. |



Salud del suelo

| | | |
|--|--|--|
| <p>Siembras a nivel o al contorno</p> <p>Establecimiento de cultivos siguiendo el contorno del suelo. Esto es perpendicular a la pendiente.</p> <p>Ilustración: Cordero, J. y Boshier, D. (2003)</p> |  | <ul style="list-style-type: none">• Reducen la velocidad de las aguas de escorrentía y por ende, la erosión del suelo.• Promueve la infiltración del agua.• Reduce la erosión, retiene el suelo.• Provee para el manejo del cultivo. |
| <p>Terrazas individuales (media luna)</p> <p>Son plataformas que se construyen en el lugar en donde va a sembrar una planta.</p> |  | <ul style="list-style-type: none">• Reducen la escorrentía y erosión del suelo.• Permiten mejor uso de fertilizantes, plaguicidas y manejo del cultivo.• Facilitan las prácticas de manejo del cultivo (poda, desyerbo, cosecha) |
| <p>Zanjas de ladera o siembras al contorno</p> <p>Pequeños canales que se construyen al contorno o nivel para acortar el largo de la pendiente y disponer de la escorrentía.</p> <p>Foto: Liao, y Wu, H. Fincas de ladera en verde, Sociedad de conservación de suelo y agua de China, R.O.C.</p> |  | <ul style="list-style-type: none">• Reducen la erosión y el transporte de sedimento a los cuerpos de agua.• Reducen la escorrentía y aumentan la infiltración de agua.• Facilitan la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, el recogido de la cosecha y el establecimiento de otras prácticas agrícolas. |

El uso y la aplicación inadecuada de prácticas pueden disminuir la diversidad de vida en el suelo y reducir la resistencia o tolerancia a enfermedades y plagas. Es importante minimizar el uso de plaguicidas siempre que sea posible. Los plaguicidas que inicialmente se consideraron como milagrosos, están siendo menos efectivos, además están afectando la salud de las personas, los animales, la calidad del agua y afectando la productividad del suelo.

El uso de plaguicidas puede afectar los organismos vivos que están en el suelo que ayudan a descomponer la materia orgánica y hacer que los nutrientes estén disponibles para las plantas.

Reflexión...

El desarrollo de la agricultura durante los últimos siglos, y especialmente en las últimas décadas, ha implicado el agotamiento sustancial de las reservas de carbono. Los suelos agrícolas llegan a ser globalmente una de las reservas mayores de almacenamiento de carbono con un posible potencial de expansión del secuestro de carbono (SC). Por lo tanto, proporcionan una manera prospectiva de mitigar el aumento en la concentración de CO₂ en la atmósfera. Se ha estimado que los suelos son capaces de secuestrar o retener alrededor de 20 Pg en 25 años, más del 10 % de las emisiones antropogénicas. [petagram (Pg) de Carbono: 1 PgC = 10¹⁵ gramos de carbono (mil millones de toneladas métricas)]

<http://www.fao.org/soils-portal/manejo-del-suelo/secuestro-de-carbono-en-el-suelo/es/>

La degradación del suelo no sólo disminuye los rendimientos de los cultivos sino que también reduce el almacenamiento de carbono en los ecosistemas agrícolas y puede llevar a reducir la biodiversidad.



2015
Año Internacional
de los Suelos



GLOSARIO

Abono verde: Cultivo de alta densidad (a menudo una leguminosa) sembrado con el propósito de reincorporar la planta al suelo.

Actinomicetos: Grupo de organismos que pueden ser confundidos como bacterias, siendo verdaderos hongos. Pertenecen a la familia *Actinomycetales*. Juegan un rol importante en la síntesis del humus del suelo. Frecuentemente, trabajan a más profundidad que las bacterias. Tienen la capacidad de producir antibióticos.

Agregados: Grupo de partículas o unión de éstas en el suelo.

Antibióticos: Sustancias producidas por una especie de organismo las cuales, en concentraciones menores, eliminan o previenen el crecimiento de otro tipo de organismos.

Asociación de cultivos: Siembra de diferentes grupos de plantas con diferentes fines, como el de diversificar el material genético en el agroecosistema.

Asociación simbiótica: Es cuando dos (2) organismos se benefician mutuamente al convivir juntos.

Bacteria: Organismo de una sola célula. Cada especie tiene su forma característica. Contribuyen en la descomposición de la materia orgánica para producir enzimas. Pueden trabajar en cualquier ambiente con o sin oxígeno.

Barbecho: Por lo general, un terreno en descanso. De vez en cuando, un barbecho puede ser “manejado”, es decir, que en ese terreno no se siembra todos los años pero que podría haber un cultivo. Ciertos sistemas aprovechan el uso de árboles de leguminosas en el barbecho para mejorar el suelo.

Barreras vivas y muertas: Son obstáculos físicos que se usan en terrenos cultivables para aminorar el impacto negativo del viento, el agua y el establecimiento de plagas en cultivos.

Capa fértil: Estrato superior donde hay presencia de materia orgánica. La capa fértil es el resultado de varios factores: manejo (profundidad de labranza), enmiendas, agregados, roca madre, etc.

Compactación/ compactado: Es el efecto de comprimir o aplastar el suelo, limitando los espacios entre las partículas que impiden el crecimiento de las raíces.

Composta: Es el resultado de la descomposición de diferentes materiales (por lo general con el apoyo de oxígeno) realizada por la actividad de micro y macro organismos. El producto de esta descomposición es el “humus”, una sustancia que, dentro de otras cosas, proporciona nutrientes a las plantas. Generalmente, tiene un buen efecto al mejorar los componentes físicos, químicos, y biológicos del suelo.



Conservación de suelos: Son prácticas que se realizan para evitar la pérdida del suelo (erosión) o para su manejo.

Clinómetro: Instrumento de metal que se utiliza para medir el ángulo desde la vertical (medida en grados) de ciertos elementos (torres, postes, árboles, suelos, etc.).

Costra: Capa dura del suelo que impide el desarrollo normal del sistema radicular de la planta.

Curvas a nivel o al contorno: Curvas trazadas conforme a la superficie irregular de un terreno. Para hacerlas, se utiliza un instrumento llamado nivel “A”.

Diversidad biológica o biodiversidad: La variedad de formas de vida y de adaptaciones de los organismos al ambiente que encontramos en la biosfera que constituye la gran riqueza de la vida del planeta. Amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman.

Drenaje: La retirada de las aguas que se acumulan en depresiones topográficas del terreno, causando inconvenientes ya sea a la agricultura o en áreas urbanizadas o carreteras.

Enmienda al suelo: Aporte de materiales destinados a mejorar la calidad de los suelos (en términos de estructura y composición, ajustando sus nutrientes, su pH [acidez o basicidad]). Suelen realizarse para mejorar las características físicas del suelo aportando materia orgánica.

Escorrentía: Lo constituye el exceso de agua de lluvia que no se infiltra por el terreno y que corre libremente por las superficies.

Erosión: La pérdida de suelos, por lo general en terrenos inclinados y sin cobertura vegetativa. Es causada principalmente por la acción del agua aunque ocurre por acción del viento.

Estiércol: Resultado del proceso digestivo de un organismo vivo.

Estructura: Ordenamiento que tienen diferentes partículas del suelo.

Fertilizantes químicos: Compuestos químicos elaborados en un laboratorio o una fábrica para proporcionar nutrientes a la planta.

Infiltración: Es la capacidad que tiene el suelo para absorber el agua.

Lavado del suelo: Arrastre de nutrientes por medio de procesos naturales (principalmente por el flujo de agua o escorrentía).

Lombriz: Organismo descomponedor del suelo. Pertenece al grupo de los anélidos.

Lixiviación: Arrastre de los elementos minerales hacia los estratos inferiores del suelo en donde las plantas no los pueden aprovechar para su nutrición.

Materia orgánica: Está formada por animales y plantas descompuestos. Los insectos, las lombrices, nemátodos y otros microorganismos descomponen el estiércol y el material fresco de las plantas para formar la materia orgánica.



Salud del suelo

Micorriza: Hongo en simbiosis con las raíces de las plantas que les ayuda a capturar elementos que necesitan para su crecimiento. Esta simbiosis, en particular, permite a la planta aprovechar el fósforo del suelo.

Microorganismos: Organismos que no podemos ver a simple vista. Hay varios grupos que juegan diferentes roles en el ecosistema del suelo. Grupos de suma importancia son los hongos, bacterias, protozoarios y nemátodos. Entre ellos puede haber microorganismos benéficos y perjudiciales.

Minerales: Componentes de roca que están compuestos por una mezcla de elementos. Son esenciales para la salud humana y del suelo.

Mineralización: La conversión de un elemento de un estado orgánico a un estado inorgánico a través de la acción de microorganismos.

Monocultivos: La siembra continua de un solo cultivo en el mismo lote o parcela.

Mulch (arroke): Cobertura natural que es utilizada para proteger el suelo.

Nemátodo: Organismo pequeñísimo que tiene forma de lombriz y es abundante en varios suelos. Hay nemátodos benéficos y perjudiciales.

Nivel en “A”: Instrumento que se utiliza para marcar contorno.

Nutrientes: Sustancia necesaria para que los organismos puedan crecer y desarrollarse.

Patógenos: Organismos que causan enfermedades.

Plaguicidas: Productos químicos elaborados en laboratorios o fábricas, usadas para el control de las plagas.

Porosidad: Porcentaje del suelo que no está ocupado por sólidos (por ejemplo: granos de arena). Espacio entre las partículas del suelo por donde se mueve el agua o que está ocupado por aire.

Retención de agua: Capacidad de un suelo para mantenerse húmedo después de haber recibido agua.

Rizobium: Bacteria fijadora de nitrógeno.

Riego: Proporcionar agua a las plantas para que crezcan y se desarrollen bien.

Rotación: Sembrar un cultivo por otro en una determinada época y área cultivable. Se usan diferentes clases o familias de plantas.

Suelo alcalino: Suelo con pH de más de 7.



Salud del suelo

Sumidero de Carbono: Proceso o actividad que implica la remoción de gases de invernadero de la atmósfera.

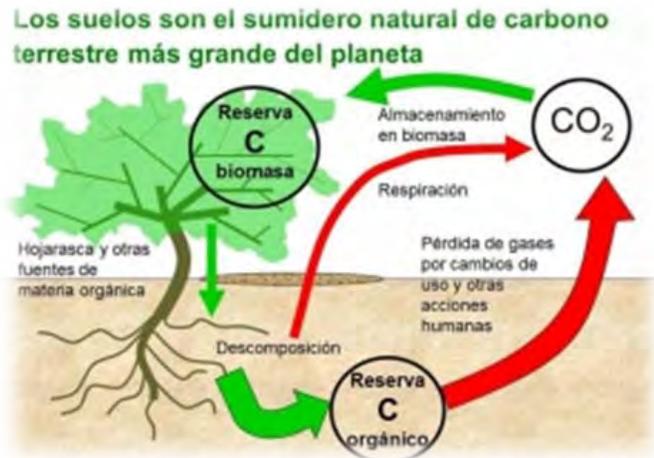
Talud: Parte expuesta del terreno luego de un corte diagonal.

Terrazas: Son prácticas de conservación de suelo en terreno con pendientes.

Terrones: Agregados del suelo que se forman en la superficie.

Toxicidad: Es la capacidad que tienen las sustancias de perjudicar a un organismo vivo o su entorno.

Zanjas de ladera: Canal o zanja por donde se transporta o se conduce agua a un lugar determinado, ya sea para riego u otros propósitos.





Adaptado en parte de:

Reilly, J., Rueda., A. y Trutman, P., (2001). **Guía Salud de Suelos; Manual para el cuidado de la salud de suelos. Para agricultores, promotores y extensionistas.** PROMIPAC, 100p.

REFERENCIAS

- Benoit, Monika (October 2014) **How healthy is our soil?** Northern Horizon, <http://www.northernhorizon.ca/local-highlights/agriculture/how-healthy-is-our-soil-1.1425766>
- Bot, A., Benites, J. (2005). **The importance of soil organic matter;** Key to drought-resistant soil and sustained food and production, Rome, FAO Soils Bulletin 80 <http://www.fao.org/3/a-a0100e.pdf>
- Cordero, J. y Boshier, D. (2003) **Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas,** Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Bib Arton IICA/CATIE, 1079 P.
- Healthy soil: The basis for a strong economy and wholesome environment.** (oct 2013) <http://phys.org/news/2013-10-healthy-soil-basis-strong-economy.html>
- Kravchenko, A.N., Negassaa, W.C., Gubera, A.K., Hildebrandtb, B., Marshb, T.L. and Riversc, M.L. (Nov, 2014) **Intra-aggregate Pore Structure Influences Phylogenetic Composition of Bacterial Community in Macroaggregates,** Soil Science Society of America. <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/78/6/1924>
- Morrison, L. (Mar, 2013) **How To Avoid Soil Compaction: True, False Q&A,** Corn and Soybean Digest.
- Pimentel, D. (2006) **Soil Erosion: Food and Environmental Threat,** Journal of the Environment, Development and Sustainability, Vol. 8, 119-137.
- Reid, A. and Greene, S.E. (2012) **How Microbes can Help Feed the World,** American Society of Microbiology Colloquium, Washington, DC <http://academy.asm.org/images/stories/documents/FeedTheWorld.pdf>
- Santiago, C. (2014) **Salud del Suelo: Beneficios Potenciales al Cambio Climático.** <http://www.eea.uprm.edu/sites/default/files/2Soil%20Health%20-%20Potential%20Benefits%20to%20Climate%20Change.pdf>
- Smith, D. (Jan 2014) **What Makes Healthy Soil?** Farm Journal Magazine. <http://midwesternbioag.s3.amazonaws.com/wp-content-legacy/uploads/2012/03/What-makes-healthy-soil.pdf>
- Soil Health Theater. USDA. <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/national/soils/health/?cid=stelprdb1048858>
- Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables,** 2015 Año internacional de los suelos. <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/277721/>



2015

Año Internacional
de los suelos



**SERVICIO DE
EXTENSION AGRICOLA**

COLEGIO DE CIENCIAS AGRICOLAS

Preparado por:

Carmen González Toro
Especialista en ambiente
carmen.gonzalez24@upr.edu
<http://academic.upr.edu/gonzalezc>

DISEÑO E IMPRESIÓN:
Medios Educativos e Información, S.E.A.



OCTUBRE 2015 © Derechos Reservados

Publicado para la promoción del trabajo cooperativo de Extensión según lo dispuesto por las leyes del Congreso del 8 de mayo y del 30 de junio de 1914, en cooperación con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Extensión Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico.