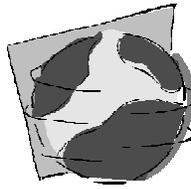


Introducción



El suelo es uno de los recursos naturales esenciales de la Tierra, pero a menudo no se le da el valor que tiene realmente. La mayoría de la gente no es consciente de que el suelo es un sistema viviente que respira y mantiene casi toda la vida terrestre. El suelo y las funciones que tiene en el ecosistema varían notablemente de un lugar a otro por diversos factores, como las diferencias climáticas, la vida animal y vegetal que habitan en el suelo, la roca madre, la posición del suelo en el paisaje, la edad del suelo.

Científicos, ingenieros y otros profesionales tienen en cuenta las características físicas y químicas, el contenido de humedad y la temperatura para tomar decisiones tales como:

- ¿Cuál es el mejor lugar para construir un edificio?
- ¿Qué tipo de cosecha será adecuada para un campo determinado?
- ¿Se hundirá el sótano de una casa cuando llueva?
- ¿Cómo se puede mejorar la calidad de las aguas subterráneas de un área?

Utilizando los datos obtenidos en la *Investigación del Suelo* de GLOBE, los alumnos ayudan a los científicos a describir los suelos y a comprender cómo funcionan. Determinan cómo cambian los suelos y cómo influyen en otras partes del ecosistema, como el clima, la vegetación y la hidrología. La información sobre suelos está integrada en los datos de los demás protocolos GLOBE para obtener una mejor visión de la Tierra como un sistema.

¿Por qué Investigar los Suelos?

Los suelos conforman en la parte superior de la superficie terrestre una fina capa llamada pedosfera. Esta capa es un recurso natural muy valioso y afecta tan profundamente a cada parte del ecosistema que a menudo se le llama el “gran integrador”. Por ejemplo, los suelos contienen nutrientes y agua para las plantas y animales. Actúan de filtro y limpian las aguas que van pasando a través del suelo. Influyen en la química del agua y en la cantidad de agua que se queda como agua subterránea y la que regresa a la atmósfera para formar la lluvia. Los alimentos que consumimos y la mayoría de los materiales que

usamos para fabricar papel, edificios y ropa dependen de los suelos. Los suelos desempeñan un papel muy importante en la cantidad y tipo de gases en la atmósfera. Almacenan y transfieren calor, afectan a la temperatura de la atmósfera, y controlan la actividad de las plantas y otros organismos que habitan en el suelo. Estudiando las funciones de los suelos, alumnos y científicos aprenden a interpretar el clima de un lugar, la geología, la vegetación, la hidrología y la historia del ser humano. Así comienzan a entender el suelo como un componente muy importante de cada ecosistema de la Tierra.

Los Científicos Necesitan los Datos de GLOBE

Los datos que el alumnado recoge realizando las mediciones GLOBE de suelos son inestimables para los científicos de diferentes áreas. Por ejemplo, los científicos de Suelos utilizan los datos para comprender mejor la formación de los suelos, cómo deben tratarse y qué potencial tienen para el crecimiento de plantas y otros usos. Los hidrólogos utilizan los datos para determinar el movimiento del agua en el suelo y la divisoria de aguas y el efecto que tienen los suelos en la química del agua. También estudian los efectos de los diferentes tipos de suelo en la sedimentación en ríos y lagos. Los climatólogos utilizan los datos de suelo para los modelos de pronóstico del tiempo. Los científicos de la atmósfera se interesan por el efecto del suelo en la humedad, temperatura, luz reflejada, y flujo de gases como el CO₂ y metano.

Los biólogos examinan las propiedades del suelo para conocer el potencial que tienen para sostener la vegetación y la vida animal. Los Antropólogos estudian el suelo para reconstruir la historia del ser humano de un lugar.

Cuando se dispone de datos de muchos lugares del mundo, a los científicos les resulta fácil estudiar patrones espaciales de las propiedades del suelo. Un bloque completo de datos GLOBE atmosféricos, de hidrología, de cobertura terrestre y de suelos de un lugar específico, es muy útil para los científicos para poner en marcha modelos informáticos que expliquen cómo funciona el ecosistema entero y se puedan realizar predicciones de cómo será el ecosistema en un futuro.

La Gran Imagen

Composición del Suelo

Los suelos están constituidos por cuatro componentes principales:

- Minerales de diferentes tamaños
- Materia orgánica procedente de los restos de plantas y animales muertos.
- Agua que se introduce en los poros del suelo.
- Aire que rellena los poros del suelo.

El uso y la función de un suelo dependen de la cantidad de cada componente. Por ejemplo, un suelo apropiado para el cultivo estará compuesto por 45% de minerales, 5% de materia orgánica, 25% de aire y 25% de agua. Plantas que viven en terreno pantanoso requieren más agua y menos aire. Los suelos que se utilicen como material en bruto para hacer ladrillos no deben contener nada de materia orgánica.

Los Cinco Factores Formadores del Suelo

Las propiedades del suelo son el resultado de la interacción de los *Cinco Factores Formadores del Suelo*. Estos factores son:

1. *Material Original*: El material a partir del cual se forma el suelo determina muchas de sus propiedades. El material original puede ser la roca madre, materia orgánica, material de construcción, o suelo suelto depositado por el viento, agua, glaciares, volcanes, o desplazado por la gravedad a través de una pendiente.
2. *Clima*: Calor, lluvia, hielo, nieve, viento, sol y otros factores naturales rompen el material original, mueven el suelo suelto, determinan qué animales y plantas pueden sobrevivir en el lugar, e influyen en el ritmo de los procesos de formación del suelo y en sus propiedades resultantes.
3. *Organismos*: El suelo es el hábitat de gran cantidad de plantas, animales y microorganismos. Las propiedades físicas y químicas de un suelo determinan el tipo y número de organismos que pueden sobrevivir y desarrollarse en ese suelo. Los organismos también influyen en el desarrollo del suelo. Por ejemplo, el crecimiento de raíces y el movimiento de animales y microorganismos desplazan materiales y químicos por el perfil del suelo.

Los restos muertos de los organismos del suelo se convierten en materia orgánica que enriquece los suelos con carbono y nutrientes. Los animales y microorganismos que viven en el suelo controlan el ritmo de la descomposición de la materia orgánica y los desechos. Los organismos del suelo contribuyen al intercambio de gases tales como el dióxido de carbono, oxígeno y nitrógeno, entre el suelo y la atmósfera. También ayudan al suelo a filtrar las impurezas del agua. La actividad humana altera también el suelo al cultivar, construir, cavar, hacer presas, con el transporte y al deshacerse de la basura.

4. *Topografía*: La ubicación de un suelo en un paisaje puede afectar a la formación del suelo y a sus propiedades resultantes. Suelos al pie de una loma, por ejemplo, obtendrán más agua que los suelos en las laderas, y suelos en una pendiente que reciba directamente los rayos del sol serán más secos que los que están en las laderas donde no da el sol.
5. *Tiempo*: Con el transcurso del tiempo los cuatro factores descritos anteriormente, interactúan entre sí afectando a las propiedades del suelo. Algunas propiedades, como la temperatura y la humedad, pueden modificarse rápidamente, en minutos y en horas. Otras, como el cambio de minerales, ocurren muy lentamente a lo largo de cientos y miles de años. En la *Figura SUELO-I-1* se enumeran diferentes propiedades del suelo y el tiempo aproximado que necesitan para sufrir una alteración.

Perfiles del Suelo

Los cinco factores que determinan la formación del suelo difieren de un lugar a otro por lo que las propiedades del suelo variarán también de un sitio a otro. Cada suelo de un paisaje tiene sus propias características. A una sección vertical de suelo se le llama perfil del suelo. Ver *Figura SUELO-I-2*. Se puede conocer la historia geológica y climática de un lugar al observar detalladamente las propiedades de un perfil del suelo y al considerar los cinco factores que lo forman.

La historia del suelo de cualquier lugar se lee en las capas del perfil del suelo. Estas capas se denominan *horizontes*. Estos pueden ser delgados de unos pocos milímetros o más gruesos de un metro. Se puede identificar cada horizonte ya que cada uno tiene propiedades diferentes.

Figura SUELO-I 1

Propiedades del Suelo que Cambian con el Transcurso del Tiempo		
Propiedades que cambian en minutos u horas	Propiedades que cambian en meses o años	Propiedades que cambian en cientos y miles de años
Temperatura Contenido de humedad Composición del aire	pH Color Estructura Densidad absoluta Materia orgánica Fertilidad Microorganismos, animales, plantas	Contenido de minerales Distribución del tamaño de partículas Horizontes Densidad de partículas

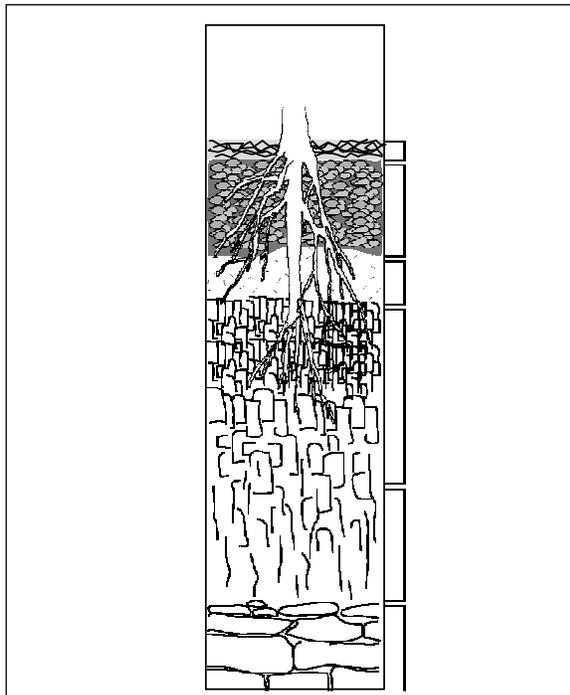
Algunos horizontes son el resultado de la acción de los minerales y la descomposición de la materia orgánica que con el paso del tiempo va descendiendo verticalmente por el perfil. Este movimiento denominado *lixiviado*, afecta a la composición y a las propiedades del horizonte. Otros horizontes se forman por la alteración del perfil que ocasiona la erosión, la sedimentación, o la actividad biológica. Los suelos pueden alterarse también por la actividad humana. La construcción, por ejemplo, compacta el suelo, altera su composición, desplaza el suelo de una

ubicación a otra, o recoloca los horizontes en un orden diferente al original.

Humedad en el Suelo

La humedad juega un papel muy importante en los procesos químicos, biológicos y físicos que ocurren en el suelo. Desde el punto de vista químico, la humedad transporta sustancias a lo largo del perfil. Esto afecta a las propiedades del suelo como el color, textura, pH y fertilidad. Desde el punto de vista biológico, la humedad determina el tipo de plantas que crecen en un suelo y la manera en la que se distribuyen las raíces. Por ejemplo, en áreas desiertas donde el suelo es muy seco, plantas como los cactus deben almacenar agua o tener raíces muy profundas para llegar al agua que está a decenas de metros por debajo de la superficie. Las plantas de zonas tropicales tienen raíces cerca de la superficie, que es donde la materia orgánica almacena el agua y los nutrientes que necesitan las plantas. Las plantas de cultivo crecen muy bien en suelos en los que el agua, en forma de vapor o líquida, ocupa aproximadamente un cuarto del volumen del suelo. Desde el punto de vista físico, la humedad del suelo forma parte del ciclo hidrológico. El agua cae sobre la superficie del suelo como precipitación. Esta agua penetra en el suelo en un proceso denominado *infiltración*. Una vez que el agua se infiltra en el suelo, ésta se almacena en los horizontes, es absorbida por las plantas, asciende por evaporación o desciende a la roca madre subyacente convirtiéndose en agua subterránea. La cantidad de humedad contenida en el suelo puede cambiar rápidamente, a veces aumentando en minutos u horas. Sin embargo, pasarán semanas o meses para que un suelo se seque.

Figura SUELO-I-2: Perfil de Suelo



Si un horizonte es compacto, tiene poros pequeños, o está saturado con agua, la infiltración será lenta, y aumentará el potencial de inundación en esa área. Si el agua no puede descender suficientemente rápido por el suelo, fluirá por la superficie como *escorrentía* y acabará enseguida en algún río o en otras masas de agua. La erosión con el agua ocurre si el suelo no tiene cobertura vegetal y la pendiente es pronunciada. Como resultado de la fuerza del agua de *escorrentía* y las partículas de suelo fluyendo por la superficie, se forman surcos profundos en el paisaje. Si un horizonte está seco, o tiene poros grandes de tamaño similar al horizonte superior, el agua se infiltrará rápidamente por el horizonte. Si el suelo se seca mucho y no está cubierto por vegetación, se erosionará con el viento.

Temperatura del Suelo

La temperatura del suelo puede cambiar muy rápido. Cerca de la superficie, cambia casi tan rápidamente como la temperatura del aire, pero como el suelo es más denso que el aire, las variaciones de temperatura son menores. Los ciclos diarios y anuales de la temperatura del suelo se pueden medir. En un día típico, el suelo está frío por la mañana, se calienta a lo largo de la tarde y vuelve a enfriarse por la noche. Ver *Figura SUELO-I-3*. A lo largo del año, el suelo se calienta o se enfría según las estaciones. Como la temperatura del suelo cambia más despacio que la del aire, el suelo actúa como un aislante, protegiendo a los organismos del suelo y a las tuberías de las variaciones extremas de temperatura. En zonas templadas la superficie terrestre se puede helar durante el invierno y deshielar en primavera, mientras que en zonas más frías se forma una capa de hielo permanente, llamada *permafrost*, debajo de la superficie terrestre. En cualquier caso, el suelo nunca se hiela por debajo de una cierta profundidad. Las capas de suelo más superficiales actúan como aislante, de tal manera que la temperatura de las capas de suelo más profundas se mantiene constante a lo largo del año. La temperatura afecta en gran medida a la actividad química y biológica en el suelo. Generalmente la actividad biológica de los microorganismos que habitan en el suelo, es mayor cuanto más caliente esté el suelo.

Los microorganismos de los suelos en zonas tropicales cálidas descomponen la materia orgánica mucho más rápido que los microorganismos en las zonas de clima frío. La atmósfera se ve afectada por la temperatura y la humedad del suelo cerca de la superficie por el intercambio de calor y vapor de agua entre el suelo y el aire. Este efecto es menor que el que ocurre en superficies de océanos, mares y lagos grandes, pero puede influir considerablemente en las condiciones meteorológicas locales. Los huracanes son más intensos cuando pasan por suelos saturados de agua. Los meteorólogos han descubierto que los pronósticos del tiempo pueden mejorarse si tienen en cuenta en sus cálculos la humedad y la temperatura.

Suelos por Todo el Mundo

Los siguientes ejemplos son de seis perfiles de suelo y paisajes diferentes. Ver *Figuras SUELO-I-4 hasta I-9*.

Figura SUELO-I-3

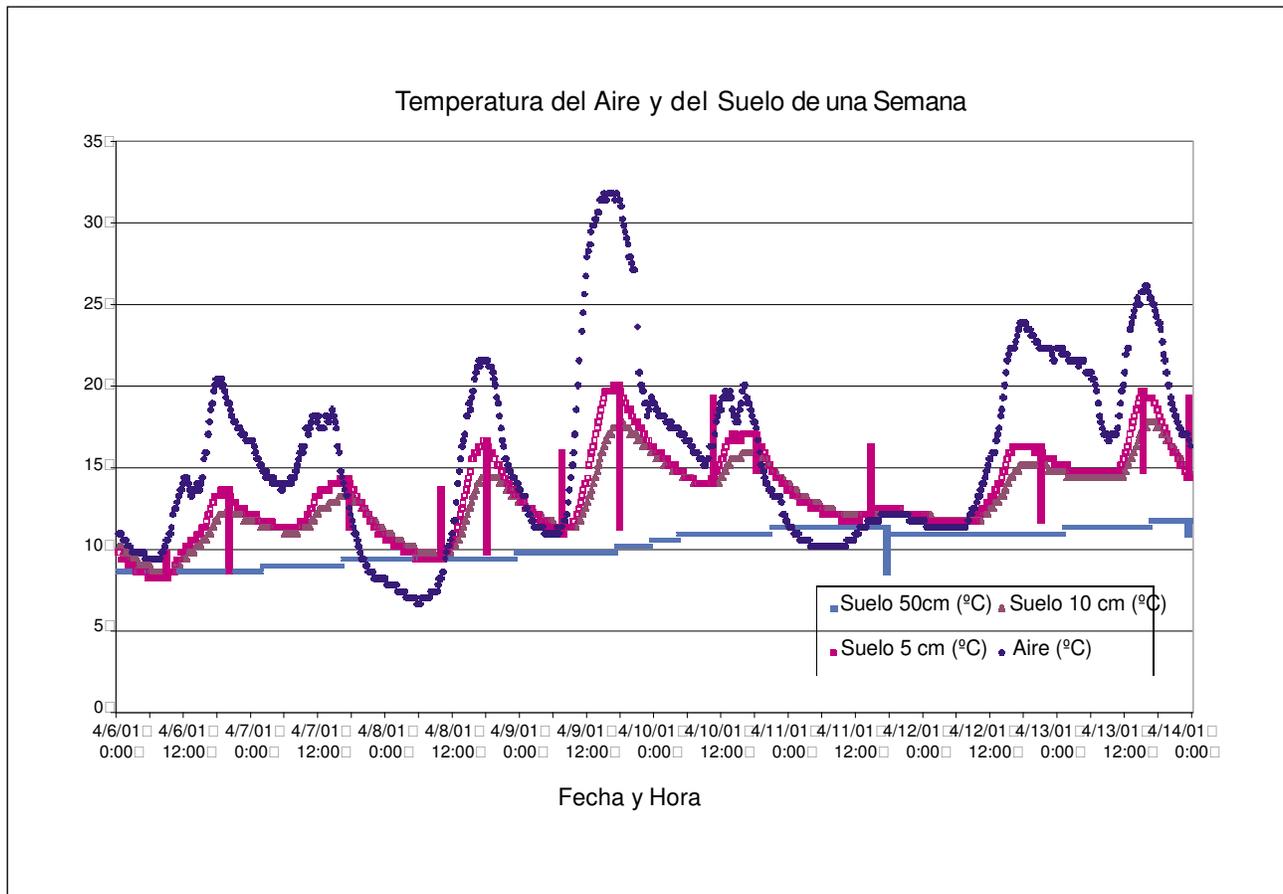


Figura SUELO-I-4: Ejemplos de Suelos de Pastizales en la Zona Sur de Texas en EE.UU



Estos suelos son comunes en la zona central de EE.UU y en los pastizales de Argentina y Ucrania. Suelen ser de color oscuro intenso y son unos de los mejores suelos para el cultivo. El color oscuro se debe a la descomposición de raíces muertas de las hierbas a lo largo de muchos años y al incremento en el contenido de materia orgánica que le permite al suelo almacenar agua y nutrientes necesarios para un excelente crecimiento de las plantas.

Figura SUELO-I-5: Suelo Formado Bajo un Bosque en el Extremo Oriente de Rusia, Cerca de la Ciudad de Magadan



Gran parte de la materia orgánica de estos suelos proviene de las hojas y raíces de las coníferas que mueren y se descomponen cerca de la superficie. Cuando esta materia orgánica se mezcla con lluvia se forman ácidos que filtran o desplazan materiales de los horizontes superiores del suelo. La capa blanca que se puede ver bajo la capa oscura superficial se formó debido a los ácidos orgánicos que desplazaron nutrientes, materia orgánica, arcillas, hierro y otros materiales

de la capa dejando partículas de suelo compuestas por sólo minerales.

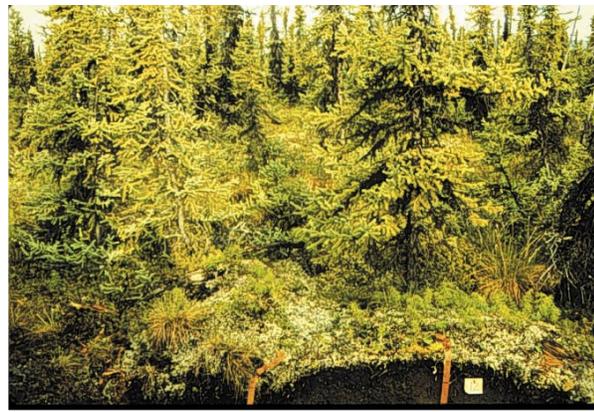
Por debajo de esta capa está un horizonte oscuro que contiene materiales que se filtraron del horizonte superior y que han sido acumulados en el proceso de lixiviado. Este horizonte tiene un color oscuro debido a la materia orgánica acumulada. El color rojo del siguiente horizonte se lo da el óxido de hierro proveniente de los horizontes superiores, que cubre las partículas del suelo. El horizonte inferior a éste tiene menos y diferentes óxidos de hierro que cubren las partículas inorgánicas del suelo, formándose un color amarillo. El último horizonte del perfil, el más inferior, corresponde al material original a partir del cual se forma el suelo. En este lugar, el material original es un depósito arenoso de glaciares. En algún momento todo el suelo sería como el último horizonte, pero con el paso del tiempo, los procesos de formación del suelo han ido cambiando sus propiedades.

Figura SUELO-I-6: Ambiente Tropical al Norte de Queensland, Australia



Observe los colores rojos fuertes y la profundidad a la que el suelo es uniforme. Es difícil distinguir diferentes horizontes. Las temperaturas muy altas y las grandes precipitaciones provocan la formación de suelos erosionados como éste. En climas tropicales, la materia orgánica se descompone rápidamente y se transforma en material inactivo que se une a la arcilla. La mayoría de los nutrientes se filtran en el suelo por las lluvias intensas, dejando atrás minerales erosionados cubiertos por óxidos de hierro, por lo que el suelo adquiere ese color rojo fuerte.

Figura SUELO-I-7: Suelo Formado Bajo un Clima Extremadamente Frío Cerca de Inuvik, al Noroeste de Canadá



Los “montículos” o superficie ondulada de este suelo se deben al hielo y al deshielo del agua del suelo año tras año. Las zonas negras indican los lugares donde se ha acumulado materia orgánica durante el ciclo de helada y deshielo. El proceso de formación de repliegues producidos en el suelo por el efecto de este ciclo de congelación y deshielo se llama *crioturbación*. Este suelo no está muy desarrollado y los diferentes horizontes apenas se distinguen porque las diferencias de color entre uno y otro casi no se perciben. En la parte inferior del perfil hay una capa denominada *permafrost* que está formada por hielo, suelo, o mezcla de ambos. El permafrost está por debajo de 0°C a lo largo de todo el año. En este suelo se acumula la capa gruesa y oscura de materia orgánica ya que en climas fríos la descomposición es muy lenta.

Figura SUELO-I-8: Suelo Formado Bajo Condiciones Extremadamente Secas o Áridas en Nuevo México, EE.UU



En lugares donde la materia orgánica está limitada, se suele encontrar un horizonte marrón claro en la superficie. Grandes cantidades de materia orgánica forman suelos oscuros. En lugares secos, la materia orgánica no retorna al suelo porque crece poca vegetación. Cuando llueve en este medio, la textura arenosa del suelo permite que el material sea transportado hacia abajo a horizontes inferiores del perfil. Las líneas blancas en la parte inferior del perfil se forman por los depósitos de carbonato cálcico, que pueden llegar a ser muy duros con el paso del tiempo.

Figura SUELO-I-9: Ejemplo de Suelo Húmedo en Louisiana, EE.UU



Suelos húmedos existen en muchos lugares del mundo. El horizonte en la superficie suele ser oscuro ya que la materia orgánica se acumula cuando el suelo está saturado de agua. En estas condiciones, no hay suficiente oxígeno para que los organismos descompongan la materia orgánica. Los colores del horizonte inferior suelen ser grisáceos. A veces, como ocurre en la foto, entre medias del color gris del suelo, aparecen líneas o vetas naranjas o marrones denominadas *manchas*. Los colores grises indican que el suelo estuvo mojado/húmedo durante largo periodo de tiempo, mientras que las manchas muestran donde había algo de oxígeno en el suelo.

El Dr. John Kimble y Sharon Waltman del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de USDA, en el Centro Nacional de Investigación de Suelos de Lincoln, Nebraska, proporcionaron las fotos que se muestran aquí.

Mediciones GLOBE

¿Qué Mediciones se hacen?

En la Investigación de suelos GLOBE, se hacen dos bloques de mediciones. El primer bloque es el de *Caracterización del Suelo* que describe las características físicas y químicas de cada horizonte en un perfil de suelo (algunas mediciones de la Caracterización del Suelo se realizan en el campo, y otras en el aula o en el laboratorio). La *Caracterización del Suelo* se realiza una sola vez para un sitio determinado. El segundo bloque de mediciones es la *Temperatura y la Humedad del Suelo*, que determinan las propiedades del suelo respecto al agua y a la temperatura, a profundidades específicas. Las mediciones de humedad y temperatura del suelo se realizan repetidas veces y pueden compararse directamente con las mediciones de la temperatura del aire y de las precipitaciones descritas en la *Investigación de la Atmósfera*. Aunque estos dos bloques de mediciones de suelo son diferentes, teniendo la caracterización del suelo y la humedad del suelo de un lugar determinado se tiene una gran cantidad de información significativa. Por ejemplo, si hay diferencias de temperatura y humedad de suelo entre dos lugares, y sin embargo la temperatura del aire y la precipitación son las mismas, será porque las propiedades de la caracterización del suelo son diferentes. Si se comprenden las propiedades físicas y químicas del suelo, se interpretarán mejor los datos de la humedad y la temperatura del suelo.

Caracterización del Suelo

Mediciones en el campo

- Descripción del Sitio
- Tamaño de los horizontes
- Estructura del suelo
- Color del Suelo
- Consistencia del suelo
- Textura del suelo
- Raíces
- Rocas
- Carbonatos

* Para las mediciones en el laboratorio se utilizan muestras recogidas en el campo.

Mediciones en el aula o en el laboratorio*

- Densidad absoluta
- Densidad de partículas
- Distribución del tamaño de las partículas
- pH
- Fertilidad (N, P, K)

Mediciones de la Humedad del suelo y Temperatura

Mediciones en el campo

- Temperatura del suelo
- Control de la humedad del suelo

Mediciones en el aula o en el laboratorio *

- Humedad gravimétrica del suelo

Mediciones Individuales

Caracterización del Suelo

Los horizontes en un perfil se distinguen unos de otros por la diferencia en su estructura, color, consistencia, textura y en la cantidad de raíces, rocas y carbonatos libres que contienen. Los análisis en el laboratorio o en el aula de la densidad absoluta, distribución del tamaño de partículas, pH y fertilidad del suelo, también revelan muchas diferencias entre los horizontes.

Estructura

La *estructura* se refiere a la forma natural de las partículas del suelo o cúmulos de tierra, también llamados terrones. La estructura del suelo proporciona información sobre el tamaño y forma de los poros del suelo, a través de los cuales fluye el agua, el calor y el aire, y por donde las raíces crecen. La estructura de los terrones del suelo puede ser *granular*, en *bloque*, *prismática*, *columnar*, o *plana*. Si el suelo no tiene estructura, se define como estructura *suelta* (granos sueltos) o *compacta* (masa sólida).

Color

El color del suelo está determinado por el compuesto químico que recubre las partículas de suelo, por la cantidad de materia orgánica presente en el suelo, y por el grado de humedad del suelo. Los suelos con materia orgánica, por ejemplo, tienden a ser más oscuros. Minerales, tales como el hierro, dan a la superficie de las partículas un tono rojo y amarillo. El suelo en zonas secas puede ser blanco debido al carbonato cálcico en las partículas del suelo.

El color del suelo se ve afectado también por la humedad del suelo. Ésta depende de la escorrentía o de la saturación del agua en el suelo. Normalmente, cuanto más humedad contenga el suelo, más oscuro será.

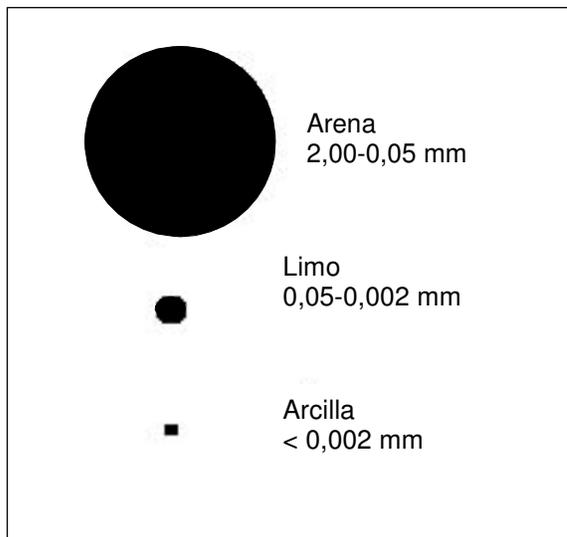
Consistencia

La consistencia se relaciona con la firmeza de cada terrón y con la facilidad o dificultad que tienen para resquebrajarse o romperse. Los términos que se utilizan para determinar la consistencia son *suelto*, *frágil*, *firme* y *extremadamente firme*. Un suelo con una consistencia frágil facilitará el enraizamiento en el suelo, el uso de la pala, el arado de la tierra, más que un suelo de consistencia firme.

Textura

La *textura* describe cómo se percibe con el tacto la tierra y está determinada por la cantidad de partículas de arena, de limo y de arcilla presentes en el suelo. La textura del suelo influye en la cantidad de agua, calor y nutrientes que se quedan retenidos en un perfil de suelo. Las manos humanas son sensibles a la diferencia de tamaño de las partículas de suelo. La arena constituye el grupo de partículas más grande y se percibe áspera al tacto. El limo corresponde al siguiente grupo de un tamaño menor y se siente suave al tacto. La arcilla es el grupo de tamaño más reducido, es pegajosa y resulta difícil de romper al apretarla. Observar *Figura SUELO-I-10*. La cantidad de partículas de arena, de limo y de arcilla en una muestra de suelo determina la *distribución de partículas según el tamaño* y se mide en un laboratorio o en el aula.

Figura SUELO-I-10: Grupos de Tamaños de Partículas



El tamaño relativo (no real) de partículas de arena, limo, y arcilla.

Raíces

La presencia de raíces en los horizontes de un perfil determina la profundidad a la que las raíces llegan para obtener nutrientes y agua. Cuantas más raíces se encuentran en un horizonte, más agua y nutrientes se estarán extrayendo del suelo y más materia orgánica se estará concentrando. Conocer la cantidad de raíces en cada horizonte permite a los científicos calcular la fertilidad del suelo, la densidad absoluta, la capacidad de almacenamiento del agua y la profundidad del suelo. Un horizonte compacto inhibe el desarrollo de raíces a diferencia de un horizonte poroso.

Rocas

Un cálculo aproximado del número de rocas en cada horizonte ayuda a comprender el movimiento del agua, del calor y del aire a través del suelo, el crecimiento de las raíces, y la cantidad de material del suelo implicado en reacciones físico-químicas. Las partículas de suelo de tamaño mayor de 2 mm se consideran rocas.

Carbonatos

Carbonatos de calcio u otros elementos se acumulan en áreas donde hay poca erosión o lavado con agua. La presencia de carbonatos en el suelo indica clima seco o bien un tipo específico de material original rico en calcio, como por ejemplo la roca caliza. Los carbonatos libres cubren partículas de suelo en suelos básicos (pH mayores que 7). Estos suelos son comunes en climas áridos y semiáridos. Normalmente los carbonatos son de color blanco y pueden rasparse fácilmente con una uña. A veces, en climas secos, los carbonatos pueden incluso formar un horizonte duro y denso similar al cemento, y no permite que las raíces de las plantas penetren. Para comprobar la presencia o ausencia de carbonatos, se rocía sobre el suelo un ácido, como el vinagre. Si hay carbonatos presentes, tendrá lugar una reacción química entre el vinagre (un ácido) y los carbonatos (una base) produciéndose dióxido de carbono a modo de burbujeo o efervescencia. Cuantos más carbonatos presentes, mayor efervescencia.

Densidad Absoluta

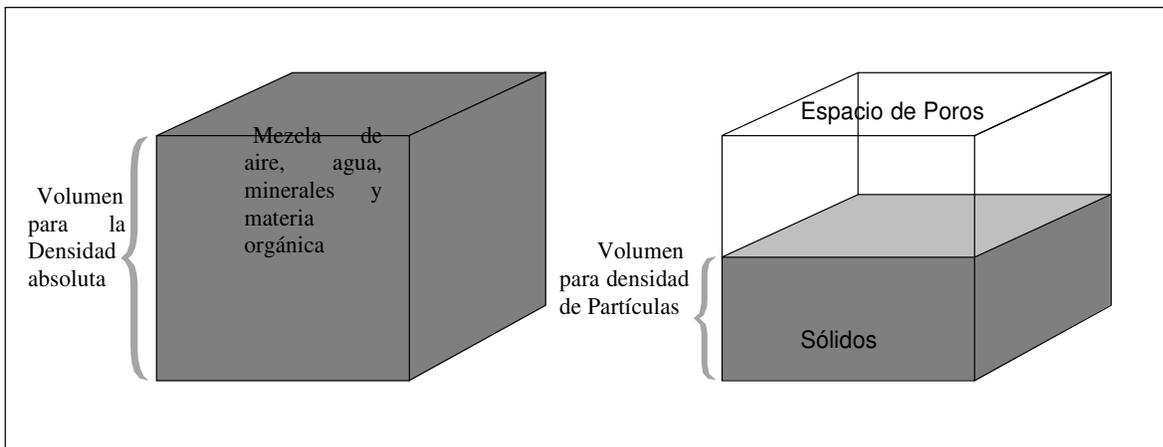
La densidad absoluta del suelo es una medida para conocer cuán compacto o denso es el suelo y se mide en masa de suelo seco por unidad de volumen (g/cm^3). Observar *Figura SUELO-I-11*. La densidad absoluta del suelo depende de la composición del suelo, de la estructura de los terrones del suelo, de la distribución de las partículas de arena, limo y arcilla

del volumen de los poros y de cuan compactas están las partículas. Los suelos compuestos de minerales (arena, limo y arcilla) tienen una densidad absoluta diferente a los suelos compuestos por materia orgánica. En general, la densidad absoluta de los suelos varía entre $0,5 \text{ g/cm}^3$ en suelos con muchos espacios, y $2,0 \text{ g/cm}^3$, o mayor, en horizontes muy compactos. Conocer la densidad absoluta de un suelo es importante por muchas razones. Indica si las partículas de suelo están poco o muy compactadas y si resulta fácil o difícil que las raíces penetren por los horizontes del suelo. La densidad también se utiliza para conocer la masa o el volumen de una muestra de suelo. Si se conoce la masa de una muestra de suelo, el volumen se puede calcular dividiendo la masa de la muestra por la densidad absoluta del suelo. Si se conoce el volumen de la muestra de suelo, la masa se puede calcular multiplicando el volumen de la muestra por la densidad absoluta del suelo.

Densidad de Partículas

La densidad de partículas de una muestra de suelo es la masa de suelo seco en un volumen determinado de suelo en el que se han eliminado todos los espacios de aire. Observar *Figura SUELO-I-11*. El tipo de minerales del que está compuesto el suelo afecta a la densidad de partículas. Los suelos compuestos por partículas puras de cuarzo suelen tener una densidad de partículas de $2,65 \text{ g/cm}^3$. Los suelos formados por otros minerales que no sean cuarzo tendrán otra masa para el mismo volumen de partículas. Si se conoce tanto la densidad de partículas como la densidad absoluta, se puede calcular la

Figura SUELO-I-11: Comparación de Densidad Absoluta y Densidad de Partículas



La densidad absoluta es una medida de masa de sólidos por unidad de volumen de suelo incluyendo los espacios de poros rellenos de aire y agua. Si el volumen se comprimiera de tal manera que no hubieran espacios porosos para el aire ni para el agua, la masa de las partículas dividida por el volumen que ocupan, sería la densidad de partículas.

porosidad (proporción del volumen de suelo que constituyen los poros). La porosidad determina la cantidad de aire o de agua que se puede almacenar o transportar por el suelo.

Distribución de Partículas por su Tamaño

La proporción en el suelo de cada grupo de partículas con un tamaño específico (arena, limo y arcilla) se denomina *distribución de partículas según su tamaño*. La arena es la partícula más grande de tierra dentro de los grupos de tamaño diferente, el limo tiene un tamaño intermedio y la arcilla es la partícula más pequeña. La distribución de partículas de una muestra de suelo según su tamaño determina la clase de textura exacta (la cual se “estima” en el campo desarrollando el Protocolo de Textura del Suelo). También ayuda a determinar cuánta agua, calor y nutrientes podrá retener el suelo, con qué rapidez se moverá el agua y el calor por el suelo, así como la estructura y consistencia que tiene.

La cantidad de arena, limo, y arcilla en una muestra de suelo se determina por un método ya establecido utilizando un instrumento llamado *hidrómetro*. Primero se dispersa una muestra de suelo seco de tal forma que ninguna de las partículas se agregue a otras, después se suspende la muestra en agua y se deja que vaya decantando. Las partículas más grandes (arena) decantan en minutos, mientras que las más pequeñas (arcilla) permanecen suspendidas durante días. Un hidrómetro se utiliza para medir la gravedad específica del suelo suspendido después de dejarlo decantando un tiempo determinado.

pH

El *pH* de un horizonte del suelo (cuando ácido o básico es el suelo) está determinado por el material original a partir del cual se forma el suelo, la naturaleza química de la lluvia o de otra agua que penetre en el suelo, por el manejo del suelo, por las actividades de los organismos (plantas, animales y microorganismos) que viven en el suelo. Al igual que el pH del agua, el pH del suelo también se mide en una escala logarítmica (ver la descripción de pH en la Introducción a la Investigación de Hidrología). El pH del suelo es un indicador para la química y la fertilidad de los suelos. La actividad de las sustancias químicas del suelo influyen en el pH. Las diferentes plantas crecen con diferentes valores de pH. Los agricultores añaden a veces al suelo sustancias para modificar el pH de tal forma que crezcan en él los tipos de plantas que quieren. El pH del suelo afecta también al pH del agua subterránea o a las aguas de arroyos o lagos cercanos. El pH del suelo se puede relacionar con el pH medido en la *Investigación de Hidrología* y con el pH de la precipitación medido en la *Investigación de la Atmósfera*.

Fertilidad

La fertilidad del suelo está determinada por la cantidad de nutrientes que contiene. Nitrógeno (N), fósforo (P), y potasio (K) son tres de los nutrientes más importantes que requieren las plantas para su crecimiento óptimo. La presencia de estos nutrientes se puede comprobar en cada horizonte de un perfil. Los resultados de estas mediciones ayudan a determinar si el suelo es apropiado para el crecimiento de plantas. La fertilidad del suelo puede relacionarse con las mediciones de la química del suelo que se llevan a cabo en la *Investigación de Hidrología*

Humedad del Suelo

La humedad del suelo, también definida como *Contenido de Agua en el Suelo* (SWC – Soil Water Content), es la proporción de masa de agua contenida en una muestra de suelo respecto a la masa de materia seca en esa muestra. Esta proporción oscila normalmente entre valores de 0,05 g/g y 0,50 g/g. Sólo suelos extremadamente secos que retengan una cantidad pequeña de agua, como por ejemplo suelos del desierto, tienen valores por debajo de 0,05 g/g. Solamente suelos ricos en materia orgánica, turba o algunas arcillas absorben grandes cantidades de agua y tienen valores superiores a 0,50 g/g. En algunos suelos altamente orgánicos, el contenido de agua en el suelo puede ser >1,0 g/g porque la masa de agua es mayor que la masa de las partículas orgánicas. La medición de la humedad del suelo ayuda a definir el papel que desempeña el suelo en el ecosistema circundante.

Por ejemplo, las mediciones de humedad del suelo señalan la habilidad del suelo para retener o transportar agua afectando al agua subterránea, a la escorrentía superficial, a la transpiración y a la evaporación del agua a la atmósfera. También describe la habilidad del suelo para ofrecer nutrientes y agua a las plantas, afectando su crecimiento y supervivencia.

Temperatura del Suelo

El suelo actúa como aislante del calor que fluye entre la tierra sólida por debajo del suelo y la atmósfera. De esta manera, la temperatura del suelo puede ser fría en verano y relativamente caliente en invierno. Estas variaciones de temperatura del suelo pueden afectar al crecimiento de las plantas, a la época del brote de yemas o caída de la hoja, y a la velocidad de descomposición de la materia orgánica.

La temperatura del suelo suele tener una fluctuación por el día menor que la temperatura del aire, y la temperatura del suelo más profundo normalmente varía poco. La temperatura del suelo puede alcanzar valores extremos de 50°C en verano, en la superficie de suelos del desierto (¡más alta que la temperatura máxima del aire!) y valores bajo cero en invierno a latitudes o altitudes altas.

Selección del Sitio de Estudio

Los sitios de estudio del suelo para realizar las mediciones de la caracterización, de la humedad y de la temperatura deben seleccionarse detenidamente.

Para la caracterización de suelos es importante seleccionar un sitio en el que esté permitido cavar un hoyo con una pala o barrena. El objetivo es obtener un perfil de suelo de un metro de profundidad. Si no es posible, el alumnado tiene la opción de coger una muestra de 10 cm. de profundidad del perfil. Es importante asegurarse, a través de las empresas de servicio locales, que no hay ni tuberías ni cables enterrados en el sitio elegido para cavar el hoyo. Si se elige un sitio cercano al sitio donde se realizarán las mediciones de humedad y temperatura, será más fácil comprender los resultados de todas las mediciones. Si se elige un sitio para estudiar la caracterización del suelo cercano al sitio de estudio de Cobertura Terrestre, se interpretará más fácilmente el papel que desempeñan las propiedades del suelo en el control del tipo y la cantidad de plantas que crecen en ese lugar.

Para las mediciones de humedad del suelo debe considerarse si el sitio está abierto o no. El sitio no debe estar irrigado, debe tener características uniformes, estar lo menos alterado posible, y que sea seguro para cavar. Las muestras para la humedad del

suelo se toman de la superficie (0-5 cm) y a 10 cm de profundidad. Para completar el perfil se pueden recoger también muestras a 30 cm, 60 cm y 90 cm de profundidad. Si es posible, el sitio debería estar no más lejos de 100 m del Sitio de Estudio GLOBE de Atmósfera o de otro lugar donde se estén recogiendo muestras de precipitación.

Para las mediciones de la temperatura del suelo, se debe seleccionar un sitio adyacente al *Sitio de Estudio GLOBE de Atmósfera*, o bien cualquier otro lugar donde se estén tomando mediciones de la temperatura del aire. También puede medirse la temperatura del suelo en el sitio de estudio de la humedad del suelo. El sitio debe estar abierto y debe ser representativo de los suelos de la zona. Las mediciones de la temperatura del suelo se realizan a profundidades de 5 y 10 cm en todos los protocolos, y también a 50 cm con los protocolos de monitorización.

Descripción del Sitio

Después de que el alumnado haya seleccionado un sitio para sus mediciones de suelo, lo definen y lo describen utilizando los siguientes factores de identificación: latitud y longitud (usando un GPS), altitud, pendiente, orientación (la dirección de la pendiente más empinada), tipo de vegetación que cubre el suelo, material original, uso actual de la tierra y la posición del suelo en el paisaje. El alumnado determina alguna de estas propiedades en el sitio, mientras que otras propiedades se identifican utilizando recursos locales como mapas, informes de estudio de suelos, y expertos locales.

Frecuencia de las Mediciones

Las mediciones para la caracterización del suelo deben tomarse una sola vez para cada Sitio de Estudio de la Caracterización del Suelo. Se usa más de un sitio de estudio si se quiere identificar propiedades del suelo en diferentes ubicaciones (como por ejemplo en el sitio de la humedad y la temperatura del suelo, en el sitio de cobertura terrestre, o bien a lo largo de diferentes partes del paisaje).

Para comprender globalmente la humedad del suelo, GLOBE establece como prioridad que las mediciones de la humedad del suelo se lleven a cabo durante dos campañas de recopilación de datos cada primavera y cada otoño.

Para estudiar cambios locales, las mediciones de humedad de suelo deberían realizarse 12 o más veces al año en el mismo sitio semanalmente o mensualmente. Con sensores

de humedad del suelo, las mediciones deberían recogerse diariamente o más frecuentemente.

Las mediciones de temperatura del suelo se toman por lo menos una vez a la semana. Muchos centros escolares realizan mediciones cada día a la vez que recogen datos atmosféricos diarios. El *Protocolo de la Temperatura Digital Multi- Días Máxima/Mínima/ Actual del Aire y del Suelo* facilita la recogida de mediciones diarias de temperatura máxima y mínima del suelo desde una profundidad de 10 cm. Hay protocolos opcionales disponibles para la medición diaria de la temperatura máxima y mínima del suelo a profundidades de 5 y 50 cm, y para tomar la temperatura automáticamente cada 15 minutos utilizando un almacenador de datos.

Precauciones en el Campo

Muchos profesores cuentan que la actividad de cavar un hoyo para exponer un perfil de suelo resulta satisfactoria para el alumnado. A veces es necesaria la ayuda de alguna persona adulta voluntaria o alguien que tenga una excavadora. Al cavar hay que tomar ciertas precauciones. Para que el hoyo no sea un peligro ni para la gente ni para los animales, debe estar abierto sólo mientras el alumnado está realizando las observaciones. Debe taparse bien cuando la clase ya no está trabajando en él.

Organización del Alumnado

Dependiendo del tamaño del hoyo y de la cantidad de alumnos, se podría trabajar con toda la clase en un mismo hoyo. En otros casos, es mejor organizar grupos de 3 a 5 personas para trabajar al mismo tiempo. Hay muchas estrategias para trabajar con múltiples grupos de alumnos en la recogida de datos de diferentes horizontes o bien recogiendo duplicados de muestras. El profesorado debe tener en cuenta que las mediciones de la caracterización del suelo y la recogida de muestras puede durar algunas horas. Algunos profesores prefieren realizar las mediciones en repetidas visitas. Expertos en edafología de las Universidades del Servicio de Conservación de Recursos Naturales USDA, y de otras empresas de agricultura, pueden ofrecer apoyo en la excavación, en la descripción del sitio y en la caracterización del suelo.

Las muestras de humedad del suelo deben recogerse en un área alrededor del centro, tan grande como sea posible, durante las dos semanas fijadas.

Figura SUELO-I-12

Estándares Nacionales de la Educación en Ciencias	Protocolos Básicos					Protocolos Avanzados			Actividades de Aprendizaje	
	Caracterización	Temperatura	Humedad del suelo	Densidad absoluta	pH del suelo	Distribución de partículas	Densidad de partículas	Fertilidad del suelo	Un simple repaso	Un simple repaso principiantes
Conceptos de las Ciencias de la Tierra y el Espacio										
Los materiales que forman la Tierra son rocas sólidas, suelos, agua, biota y gases atmosféricos.			■	■		■	■			
Los suelos tienen como propiedades: color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad; sostienen el crecimiento de muchos tipos de plantas.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
La superficie de la Tierra cambia.	■	■	■		■			■		
Los suelos generalmente constan de diferentes horizontes, cada uno de los cuáles tiene una composición química y textura diferente.	■				■			■	■	■
Los suelos están formados por minerales (menos de 2mm), materia orgánica, aire y agua.	■		■	■		■	■	■	■	■
El agua circula a través del suelo cambiando las propiedades, tanto del agua como el suelo.	■	■	■	■	■			■	■	■
Conceptos de las Ciencias Físicas										
Los objetos tienen propiedades observables.	■	■	■	■	■	■	■	■		
La energía se conserva.		■								
El calor se transmite de los objetos más calientes a los objetos más fríos.		■								
Las reacciones químicas se producen en todos los lugares del entorno.					■			■		
Conceptos de las Ciencias de la Vida										
Los átomos y las moléculas circulan entre los componentes vivos e inertes del ecosistema.								■		
Habilidades Relativas a la Investigación Científica										
Identificar preguntas susceptibles de recibir una respuesta.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Diseñar y dirigir una investigación.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Usar las herramientas y técnicas apropiadas, incluyendo las matemáticas, para relacionar, analizar e interpretar datos.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Desarrollar descripciones y explicaciones, predicciones y modelos, empleando evidencias.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Comunicar procedimientos y explicaciones.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Esto permite participar a todo el alumnado (a los padres y madres). La clase debe decidir una estrategia de recogida de muestras y revisar los procedimientos apropiados para la toma de datos. Los equipos formados por el alumnado y profesorado pueden trabajar conjuntamente en la descripción del sitio, en la toma de las coordenadas geográficas del GPS, de muestras gravimétricas cercanas a la superficie, y cualquier otro dato GLOBE que interese a la clase. Otros grupos de alumnos pueden ser los responsables de determinar el peso húmedo del suelo lo antes posible, una vez recogidas las muestras, y después de comenzar con el proceso de secado. Sería interesante contactar y trabajar con científicos de instituciones locales para ayudar en el secado de las muestras. Normalmente, un grupo de dos o tres alumnos es suficiente para tomar muestras de humedad de suelo o para la lectura de sensores de humedad.

Para realizar las mediciones de la temperatura del suelo lo mejor es disponer de equipos pequeños (2 o 3 personas por equipo). Una estrategia buena es que un alumno experimentado ayude a otro compañero que tenga menos experiencia y éste a su vez ayudará después a otros. Se tarda de 10 a 20 minutos en realizar un set completo de mediciones.

Combinando Mediciones

En la *Investigación de Suelos*, el alumnado estudia tanto aquellas propiedades del suelo que varían muy lentamente (caracterización del suelo), como aquellas que varían muy rápidamente (temperatura y humedad del suelo). Sin conocer las propiedades que cambian lentamente en un perfil de suelo, es difícil comprender las variaciones dinámicas de la humedad y del suelo. De la misma manera, los patrones con los que la humedad y la temperatura van cambiando a lo largo del tiempo, influyen en la formación del suelo. Se anima al profesorado a combinar las mediciones de la caracterización del suelo con las de la humedad y la temperatura del suelo, de tal manera que el alumnado consigue comprender cómo funciona la pedosfera y cómo afecta al resto del ecosistema.

Objetivos Educativos

El alumnado que participe en las actividades que se presentan en este capítulo adquirirá habilidades de investigación científica y comprenderá un número elevado de conceptos científicos. Ver *Figura SUELO-I-12*. Estas habilidades incluyen además el uso de técnicas e instrumentos específicos para realizar las mediciones y analizar los datos obtenidos con un enfoque a la investigación. Las Habilidades de Investigación Científica que aparecen en la *Figura SUELO-I-12* y en los recuadros grises al comienzo de cada protocolo se cubrirán siempre y cuando el profesor haya completado el protocolo entero, incluyendo la sección de Observando los Datos. Si esta sección no se utiliza, no quedarán todas las habilidades de investigación cubiertas. Los Conceptos de Ciencias incluidos en la figura y en los recuadros grises se destacan en los Estándares Nacionales de Educación en Ciencias de los Estados Unidos como recomienda el Consejo de Investigación Nacional de EE.UU e incluye aquellos para Ciencias de la Tierra y el Espacio y Ciencias Físicas. La *Figura SUELO-I-12* indica qué conceptos y habilidades se cubren en los diferentes protocolos y actividades de aprendizaje.

PROTOSCOLOS



Selección, Exposición y Definición del Sitio de Caracterización de Suelos

Los estudiantes utilizarán una técnica elegida por su profesor(a) para exponer a la vista el perfil del suelo a caracterizar.

Protocolo de Caracterización del Suelo

Los estudiantes identificarán los horizontes en el perfil del suelo, observarán la estructura, el color, la consistencia, la textura y la presencia de rocas, y carbonatos en cada horizonte, asimismo recogerán muestras para trabajarlas en el laboratorio con los protocolos de caracterización.

Protocolo de Temperatura del Suelo

Los estudiantes medirán la temperatura del suelo cerca de la superficie, en las proximidades del mediodía solar, y estacionalmente a lo largo de dos ciclos diarios.

Protocolos de Humedad Gravimétrica del Suelo

Los estudiantes mediaran el contenido de agua en el suelo por comparación de la masa seca y húmeda de las muestras.

Protocolo de Densidad Absoluta del Suelo

Los estudiantes medirán la masa de una muestra de suelo seco de un volumen total conocido incluyendo el espacio de los poros para determinar la densidad de la muestra completa.

Protocolo de Densidad de Partículas del Suelo

Los estudiantes medirán el volumen de una masa conocida de partículas secas del suelo y calcularán la densidad de la porción de partículas sólo de la muestra de suelo.

Protocolo de Distribución de las Partículas del Suelo por Tamaño

Los estudiantes disolverán una masa conocida de suelo seco en agua y medirán la densidad relativa de la suspensión después de que la arena y el limo se hayan separado de la suspensión, para determinar la cantidad por tamaño de cada grupo de partículas que hay en la muestra.

Protocolo de pH del Suelo

Los estudiantes prepararán una mezcla de suelo seco y agua destilada para medir el pH del líquido que queda después de que la mayoría del suelo se haya depositado en el fondo de la mezcla.

Protocolo de Fertilidad del Suelo

Los estudiantes utilizarán un kit de fertilidad de suelos de GLOBE para preparar muestras y determinar si el nitrato, el fosfato y el potasio están ausentes en la muestra de suelo, o se encuentran en baja o alta concentración.

Protocolo de Temperaturas Digitales Multi-Día Max/Min/Actual del Aire y del Suelo (ver capítulo de Atmósfera)

Los estudiantes utilizarán un termómetro digital multi-día de máximas/mínimas, instalado en la caseta de instrumentos para medir la temperatura máxima y mínima del aire y del suelo por al menos seis periodos de 24 horas previos.

Protocolo Opcional de Temperaturas Digitales Multi-Día de Suelo *

Los estudiantes utilizarán un segundo termómetro digital multi-día de máximas y mínimas instalado en la caseta de instrumentos para medir la temperatura máxima y mínima del suelo a 5 cm y a 50 cm de profundidad por, al menos 6 periodos de 24 horas previos.

Protocolo Opcional de Mediciones Automatizadas de la Temperatura del Suelo y del Aire *

Los estudiantes utilizarán 4 sondas de temperatura y un sistema de almacenamiento de datos para medir la temperatura del aire y del suelo a profundidades de 5 cm, 10 cm, y 50 cm cada 15 minutos.

Protocolo Opcional del Sensor de Humedad del Suelo *

Los estudiantes desarrollarán una curva de calibración y la usarán para determinar el contenido de agua a profundidades de 10 cm, 30 cm, 60 cm, y 90 cm, empleando las mediciones de cuatro sensores de bloques de humedad de suelo.

Protocolo Opcional de Infiltración de Agua *

Los estudiantes usarán un infiltrómetro de doble anillo, que se pueden construir con latas grandes de comida, que mide la velocidad a la cual el agua se empapa en el suelo durante aproximadamente 45 minutos.

Protocolo Opcional de Humedad y Temperatura del Suelo Empleando la Estación Automatizada Davis *

Los estudiantes instalarán sensores de humedad del suelo y sondas de temperatura que conectarán a una estación Davis de Humedad y Temperatura. Aquí los datos son almacenados cada 15 minutos y periódicamente los estudiantes los transfieren a la computadora y los envían a GLOBE.

* Ver la versión completa de la guía electrónica de la *Guía del Profesor* disponible en la Web de GLOBE y en CD-Rom

Selección, Exposición, y Definición de un Sitio de Caracterización del Suelo



A. Selección de un Sitio de Caracterización del Suelo

Las mediciones de Caracterización del Suelo se toman por diferentes razones, entre ellas,

- Para reforzar la interpretación de las mediciones de humedad y temperatura del suelo, de cobertura terrestre y de atmósfera;
- Para complementar y ampliar el mapeo de cobertura terrestre;
- Para desarrollar mapas de suelo de una región; y
- Para proporcionar información a los modelos informáticos.

En GLOBE, la mayoría de los centros educativos se centra en el primero de esos objetivos y por eso el profesorado debe elegir un sitio cercano al Sitio de Estudio de Humedad del Suelo o al Sitio de Estudio de Atmósfera, donde el alumnado realiza las mediciones de temperatura. Estos sitios pueden coincidir (estar ubicados en el mismo lugar). Si los alumnos van a desarrollar el *Protocolo de Caracterización del Suelo* a la vez que el *Protocolo de Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre*, se elige un lugar dentro del Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre que sea representativo, y donde el alumnado pueda cavar un hoyo con el mínimo impacto en el lugar y en la vegetación (por ejemplo, árboles y arbustos de hoja perenne). Si los alumnos van a realizar un mapa del terreno de la región (por ejemplo, al estudiar la divisoria de aguas), o si quisieran utilizar sus datos para modelos informáticos, los sitios de estudio se deberían seleccionar de tal manera que representaran formaciones de suelo diferentes. Por ejemplo, se podrían tomar muestras de suelo en la cima, en la ladera y al pie de una colina; o cerca de un arroyo o lago y en la zona alta a ambos lados de la corriente de agua. Hacer comparaciones de dos o más sitios cercanos pueden ser la base de investigaciones o proyectos de investigación interesantes.

Para cualquier lugar seleccionado, hay que considerar los siguientes puntos:

1. El sitio debe ser seguro para cavar. Profesorado y alumnado deben asegurarse, hablando previamente con las personas de mantenimiento del centro escolar o bien con las empresas locales correspondientes, de que no están cavando donde hay cables, agua, alcantarillas, o alguna tubería de gas natural o sistema de regadío.
2. Se debe elegir un sitio que sea similar al resto del paisaje y, si es posible, que esté cubierto con vegetación natural. Se aceptan pastizales, zonas de cultivo u otros paisajes alterados si esa es la cobertura que hay en los sitios de las mediciones de atmósfera y humedad y temperatura del suelo.
3. El sitio seleccionado debe estar lo menos alterado posible. Debería estar por lo menos a 3 metros de edificios, carreteras, caminos, campos de juego, u otros sitios donde los suelos se hayan alterado o compactado con la construcción. Si no es posible evitar esto, es importante indicarlo en el apartado de comentarios (metadatos) de la hoja de datos.
4. El sitio debe estar orientado de tal manera que el perfil del suelo esté expuesto al sol en el momento que el alumnado esté realizando las mediciones para la caracterización del suelo, y así asegurarse de que las características del suelo se vean claras al observarlas con la vista y al sacar fotografías. En algunos casos, se eligen sitios donde el perfil no está expuesto al sol (por ejemplo, perfiles expuestos ya existentes y hoyos cavados, bajo las copas de los árboles). En estos casos, el alumnado llevará las muestras al sol para determinar el color del suelo.

B. Exponiendo el perfil de un Sitio de Caracterización del Suelo

Hay tres opciones para exponer el suelo en un Sitio de Caracterización del Suelo:

1. Método del hoyo: El alumnado cava un hoyo de 1 metro de profundidad aproximadamente (o hasta que aparezca una capa imposible de cavar) y tan grande como sea necesario para observar fácilmente los horizontes del suelo desde la base hasta la parte superior del hoyo. (aproximadamente 1,5 x 1,5 m de anchura). En alguna ocasión, los alumnos podrán desarrollar la caracterización del suelo en un sitio donde el perfil esté ya expuesto naturalmente o por obra humana (por ejemplo, un corte en la carretera o el perfil de un barranco). En estos casos, el profesorado debe asegurarse de que el sitio es seguro para los alumnos y no hay inconveniente para ellos en retirar parte de la superficie del suelo y obtener un suelo más fresco.
2. Método de la Barrena: El alumnado utiliza una barrena tratando de coger muestras de suelo hasta una profundidad de 1 metro.
3. Método cercano a la superficie: El alumnado utiliza una pala para coger muestras de suelo. Deberá cavar hasta una profundidad de por lo menos 10 cm. Si es posible cavar más profundamente, se llegará hasta 1 metro de profundidad.

Nota: Algunos pasos del *Protocolo de Caracterización del Suelo* varían según el método que se utilice para exponer el perfil.

C. Definiendo un Sitio de Caracterización del Suelo

Después de que el alumnado haya seleccionado y expuesto el sitio de caracterización del suelo, debe definir el sitio de acuerdo a una serie de factores. Los estudiantes registrarán las descripciones en sus Cuadernos de Ciencias GLOBE y en la *Hoja de Definición del Sitio de Caracterización del Suelo*. Esta información es importante para el alumnado y para los científicos pues así pueden comprender como se comporta el suelo en ese lugar. Se definen los siguientes factores:

Latitud, Longitud y Altitud: La ubicación del sitio se define con la latitud, longitud y altitud sobre el nivel del mar. Estas coordenadas se determinan utilizando el GPS (Sistema de Posicionamiento Global, en inglés) si se dispone de uno. Si no, el alumnado debe registrar cómo ha obtenido la latitud, longitud y la altitud seleccionando la casilla de "Otro".

Método de Exposición del Sitio: Los métodos que utiliza el alumnado para exponer y estudiar el suelo son el método del hoyo, el método de la barrena o el método cercano a la superficie.

Ubicación del Sitio: los datos de caracterización del Suelo son importantes para interpretar las mediciones de humedad del suelo, de temperatura, de atmósfera y de cobertura terrestre. La ubicación del sitio de la caracterización del Suelo relacionado con el sitio de estas otras mediciones debe estar definido para que haya una correlación con los datos recogidos de las mediciones.

Pendiente: La pendiente describe el ángulo del suelo del sitio con una superficie horizontal y se mide en grados con un instrumento denominado clinómetro. Ver *Instrumentos para la Investigación de Cobertura Terrestre/Biología*.

Orientación: La orientación es la dirección de la pendiente más inclinada del sitio donde está el suelo expuesto. Indica cómo va a influir el sol en las propiedades del suelo. En el hemisferio Norte, las laderas orientadas hacia el sur tienden a estar más secas y más erosionadas, mientras que laderas orientadas al norte tienden a ser más frías. En el hemisferio Sur ocurre lo contrario.

Entorno paisajístico: Esta descripción del terreno está condicionada por las curvas de nivel del sitio de caracterización del suelo. La pendiente, la orientación y la localización del terreno indican los procesos y las aportaciones que influyeron en la formación del suelo del sitio. Con esta información se puede determinar, por ejemplo, si el suelo se formó por erosión o por deposición/sedimentación. También determina si la lluvia que cae en ese lugar fluirá como escorrentía, se infiltrará en el suelo o se estancará formando una charca.

Tipo de cobertura: El tipo de cobertura describe la vegetación u otros materiales (como el pavimento o grava) que se encuentran en la superficie del suelo. Si no hay nada que cubra el suelo, se describe entonces como suelo desnudo. Por otro lado el material que cubre el suelo se puede describir también como rocas, hierba, arbustos, árboles u otros.

Materia original: La materia del que se forma el suelo se llama materia original. La identificación de la materia original del suelo ayuda a interpretar su textura, mineralogía, el grado de erosión y la fertilidad.

Uso del terreno: El suelo según la manera con la que se use, se define como urbano, de recreo, agrícola, natural u otro. El uso del terreno puede tener efectos positivos en la formación del suelo y ayuda a interpretar y explicar las propiedades del suelo y su desarrollo.

Distancia de los objetos más importantes y otras características destacables del Sitio: También conviene registrar otras informaciones o comentarios (metadatos) sobre el sitio, que no entra dentro de las categorías arriba mencionadas.

Sugerencias para cavar y para controlar un Sitio de Caracterización del Suelo

Método del hoyo

- Es más fácil cavar cuando el suelo está húmedo. Si es posible, mejor cavar justo después de una lluvia.
- Al sacar la tierra del hoyo, colocar con cuidado en capas, de tal manera que se representen cada una de las capas naturales del perfil.

- Cubrir con plástico las capas de tierra sacada del hoyo para prevenir la erosión.
- Pedir ayuda a los padres, al personal del centro escolar, al alumnado, u otros voluntarios.
- Contactar con alguna organización agrícola o universidad. A menudo un científico de edafología u otro profesional pueden colaborar y ayudar a la descripción y caracterización del perfil del suelo.
- Rodear el hoyo con una cerca y marcarlo con banderitas para que sepa donde está.
- Cubrir el hoyo con tablones o con otro material para evitar que caigan animales o escombros cuando se deje de utilizar.
- Una vez finalizadas las mediciones de caracterización del suelo, reponer los horizontes en el hoyo en el orden contrario (la última capa en salir es la primera en entrar).
- Sugerir plantar un árbol donde se ubica el sitio de muestreo de suelo. Una vez cavado el hoyo para el árbol, identificar los horizontes en el perfil, realizar las mediciones de caracterización del suelo, recoger muestras para el laboratorio y por último plantar el árbol en el hoyo.

Método de Barrena

- Identificar un área donde se puedan cavar cuatro agujeros y donde los perfiles sean similares.
- La barrena holandesa que se describe en el kit de herramientas es la mejor para la mayoría de los suelos, especialmente para suelos rocosos, ricos en arcilla, o densos.
- Se necesita una barrena para arena si la textura del suelo es muy arenosa. En algunos lugares el suelo es sobre todo turba y se utiliza una barrena especial para turba.
- Se recomienda una barrena envolvente para suelos secos, desérticos.
- El alumnado necesita una superficie horizontal (por ejemplo, el terreno) para obtener un perfil de suelo vertical.
- Extender un plástico, lona, tablón, u otro material similar en el suelo cerca de donde se hagan los agujeros para colocar ahí el perfil.

- Se puede utilizar un canalón de lluvia u otro tipo de tubo o recipiente, de un metro de largo, para colocar la muestra de suelo que se saca con la barrena. Esto permite poder etiquetar la muestra, transportarla y guardarla.
- Construir un perfil desde la superficie hasta un metro de profundidad, colocando horizontalmente muestras sucesivas, una tras otra, sacándolas con la barrena.

Método Cercano a la Superficie

- Utilizar este método si es imposible cavar profundamente.
- Coger muestras por triplicado (3) en la misma área para obtener una imagen real de la variabilidad de las propiedades del suelo que existe a lo largo de la superficie del sitio de estudio.

Preguntas para Guiar al Alumnado

Las siguientes preguntas se pueden plantear para animar y guiar al alumnado en la selección, exposición y definición de su sitio de caracterización del suelo:

¿Está el suelo húmedo o seco, caliente o frío, es difícil o fácil de cavar?

¿Puedes distinguir diferencias en el color, estructura, raíces, rocas, u otras propiedades del suelo al ir tomando muestras ?

¿Cuál es el material original del que se formó el suelo?, ¿había roca madre? Si es así, busca rocas en la superficie para poder identificar el tipo de roca. ¿Se habrá depositado este suelo por agua o viento, por un glaciar o volcán?

¿Qué tipos de plantas y animales se pueden encontrar en la zona de tu sitio? Incluir organismos pequeños del suelo como lombrices u hormigas.

¿Dónde está localizado tu sitio en el entorno paisajístico? ¿Está en la cima, en la ladera, o en la base de la montaña? ¿Está cercano a un río o en una llanura? ¿En qué forma de terreno se encuentra?

¿Cuál es el clima general de tu sitio de suelo? ¿Está soleado, en umbría, hace calor, frío, es húmedo, o seco?

¿Recientemente, cuál es el uso de suelo en esta zona? ¿Se ha mantenido intacto por mucho tiempo, o lo han arado, se han talado árboles, utilizado para la construcción, o ha sufrido cualquier otro impacto recientemente?

Preguntas para Investigaciones Futuras

¿Cómo ha afectado a este suelo la historia de esta zona (acción del hombre)?

¿Cómo ha afectado a este suelo la cobertura terrestre?

¿Cómo ha afectado a este suelo el clima local (microclima)?

¿Cómo ha afectado este suelo a la historia del ser humano?

¿Cómo ha influido a este suelo la ubicación en el paisaje?

¿Cómo difieren los suelos con diferentes pendientes unos de otros?

¿Cómo afecta la orientación del suelo a las propiedades del suelo?

Sitio de Caracterización del Suelo

Exposición–Método del Hoyo

Guía de campo

Actividad

Cavar un hoyo de tal manera que quede expuesto un perfil para realizar las mediciones de caracterización del suelo y definir el sitio

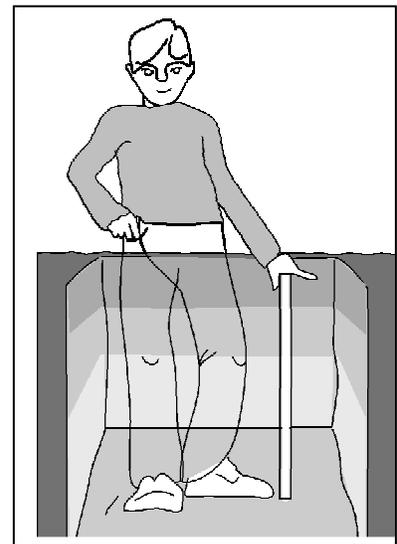
Qué se necesita

- q Palas, paleta u otro material para cavar
- q Banderitas para marcar el sitio
- Valla, tablones, u otra protección para rodear y cubrir el hoyo cuando no se use
- Plástico para cubrir los montones de suelo
- *Hoja de Definición del Sitio de Caracterización del Suelo*
- q ¡Ayuda para cavar!
- q Clinómetro (hecho de materiales descritos en el protocolo de *Investigación de Cobertura Terrestre*)
- Información local sobre el sitio
- Brújula
- GPS u otro medio para determinar las coordenadas

En el Campo

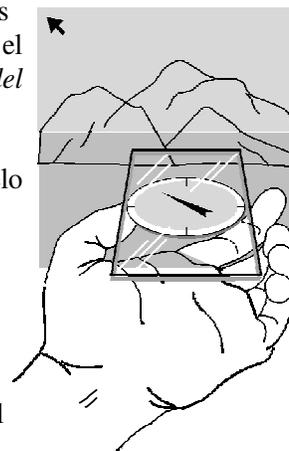
Exponiendo el Perfil del Suelo

1. Identificar un lugar donde poder cavar un hoyo.
2. Cavar un hoyo de aproximadamente 1 metro de profundidad (o hasta que se alcance una capa muy dura). Hacer el hoyo tan grande como sea necesario para poder observar fácilmente todos los horizontes desde la base hasta la parte superior del hoyo (aproximadamente 1,5 m x 1,5 m).
3. A medida que se vaya sacando tierra del hoyo, colocarla en capas con cuidado en una capa de plástico, de tal manera que representen cada una de las capas naturales del perfil. Los horizontes se recolocan en el orden inverso (último en salir, primero en entrar) una vez que se haya acabado de utilizar el hoyo. Cubrir el montón de suelo con un plástico para prevenir la erosión del suelo (por viento o por lavado).
4. Rodear el agujero con una cerca y marcarlo con banderitas para avisar a la gente que está ahí.
5. Cubrir el agujero con tablones u otro material para evitar que caigan animales o escombros cuando no se esté utilizando.



Definiendo el Sitio de Caracterización del Suelo

1. Designar al sitio con un nombre o un número (por ejemplo, SCS-01). Registrar éste en la *Hoja de Definición del Sitio de Caracterización del Suelo*.
2. Determinar la latitud, longitud, y altitud del sitio utilizando el *Protocolo de GPS* u otro método como un mapa topográfico. Registrar esta información en la *Hoja de Definición*.
3. Identificar la pendiente más inclinada que existe en el área donde está expuesto el suelo.
 - a. Para medir la pendiente se necesitan dos alumnos/as (A y B) cuyos ojos estén a la misma altura. Otro alumno/a (C) es el “lector” o el “registrador”.
 - b. Alumno A toma el clinómetro (hecho con materiales descritos en el *Protocolo de Cobertura Terrestre*) y se coloca pendiente abajo mientras el alumno B camina al lado contrario del hoyo. Los alumnos A y B deben estar a unos 30 m de distancia entre los dos (o lo más alejados posible). El alumno C debe estar cerca del alumno A.
 - c. Observando a través del clinómetro, el alumno A ubica la altura de los ojos del Alumno B. El alumno C lee el ángulo de pendiente en el clinómetro, en grados, y registra la lectura en la *Hoja de Definición del Sitio*.
4. Identificar la orientación de la pendiente más inclinada:
 - a. Colocarse de cara a la pendiente más inclinada del área del suelo expuesto.
 - b. Tomar la brújula en la mano de tal manera que la flecha roja se alinee con el Norte en la brújula.
 - c. Leer el número en el extremo del círculo graduado que rodea a la brújula (puede tener valores del 0 al 360).
 - d. Registrar ese valor en la *Hoja de Definición del Sitio*.
5. Registrar “Hoyo” como el método utilizado para exponer el perfil del suelo.
6. Registrar si el sitio está fuera o no del área del centro escolar.
7. Registrar la descripción de donde se ubica el sitio (cercano al Sitio de Estudio de Humedad del Suelo, cercano a los Sitios de estudio de Humedad del suelo y de Atmósfera, cercano al Sitio de Estudio de Atmósfera, cercano al Sitio de Estudio de Biología, u otro).
8. Describir y registrar la posición en el entorno paisajístico donde se encuentra el sitio. (cima, ladera, valle, área grande plana, o ribera de un río)
9. Describir y registrar el tipo de cobertura del sitio (suelo desnudo, rocas, hierba, arbustos, árboles, u otro).
10. Describir y registrar el tipo de materia original de la que se formó el suelo en el sitio (roca madre, materia orgánica, materiales de construcción, marino, lago, corriente, viento, glaciares, volcánico, materiales sueltos en pendiente trasladados por gravedad, otros).
11. Describir y registrar el uso del suelo en el sitio (urbano, agrícola, recreo, natural, u otro)
12. Medir y registrar la distancia (hasta de 50 m) del sitio a objetos principales (por ejemplo, edificios, postes eléctricos, carreteras, etc.).
13. Describir y registrar cualquier otra característica destacable del sitio.



Exposición del Sitio de Caracterización del Suelo– Método de Barrena

Guía de Campo

Actividad

Utilizar una barrena para exponer el perfil del suelo para realizar las mediciones de caracterización del suelo y definir el sitio.

Qué se Necesita

- Barrena para el suelo
- Clinómetro (hechos de materiales descritos en el *Protocolo de Cobertura Terrestre*)
- Brújula
- GPS u otro medio para determinar las coordenadas
- Metro de madera
- Información local sobre el sitio
- Lona de plástico para colocar encima el perfil del suelo
- *Hoja de Definición del Sitio de Caracterización de Suelo*

En el Campo

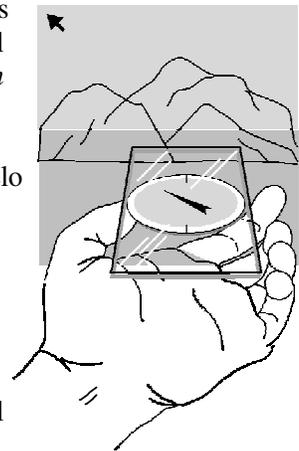
Exponiendo el Perfil del Suelo

1. Identificar un lugar donde se puede utilizar una barrena para exponer el perfil del suelo.
2. Extender una capa de plástico, una lona, un tablero, etc en el suelo cerca de donde se va a cavar el primer agujero y donde el perfil pueda estar expuesto al sol.
3. Retirar la vegetación de la superficie.
4. Colocar la barrena en la superficie del suelo y girarla una vuelta entera (360°) cavando en el suelo. No girar la barrena más de una vuelta completa para evitar que el suelo se compacte.
5. Retirar la barrena con la muestra del agujero y colocarla sobre el plástico.
6. Trasladar la muestra de la barrena al plástico con cuidado. Colocar la parte superior de la muestra debajo de la base de la muestra anterior.
7. Medir la profundidad del agujero con una regla. Colocar la muestra encima del plástico, lona o tablón, de tal manera que la distancia entre la parte inferior de la muestra y la parte superior no sea mayor de lo que mide esa profundidad.
8. Registrar las profundidades a las que hay diferencias en las propiedades del suelo. (Esto ayudará a determinar la parte superior e inferior de cada horizonte para la caracterización del sitio)



Definiendo el Sitio de Caracterización de Suelo

1. Designar al sitio un nombre o número (por ejemplo, SCS-01). Registrarlo en la *Hoja de Definición del Sitio de Caracterización del Suelo*.
2. Determinar la latitud, longitud, y la altitud del sitio utilizando el *Protocolo de GPS* u otro método como por ejemplo, el mapa topográfico. Registrar esta información en la *Hoja de Definición del Sitio*.
- 3 Identificar la pendiente más pronunciada que existe en el área donde está expuesto el suelo.
 - a. Para medir la pendiente se necesitan dos alumnos (A y B) cuyos ojos estén a la misma altura. Otro alumno/a (C) es el “lector” o el “registrador”.
 - b. Alumno A toma el clinómetro (hecho con materiales descritos en el *Protocolo de Cobertura Terrestre*) y se coloca pendiente abajo mientras el alumno B camina al lado contrario del hoyo. Los alumnos A y B deben estar a unos 30 m de distancia entre los dos (o lo más alejados posible). El alumno C debe estar cerca del alumno A.
 - c. Observando a través del clinómetro, el alumno A ubica la altura de los ojos del Alumno B. El alumno C lee el ángulo de pendiente en el clinómetro, en grados, y registra la lectura en la *Hoja de Definición del Sitio*.
4. Identificar la orientación de la pendiente más inclinada:
 - a. Colocarse de cara a la pendiente más inclinada del área del suelo expuesto.
 - b. Tomar la brújula en la mano de tal manera que la flecha roja se alinee con el Norte en la brújula.
 - c. Leer el número en el extremo del círculo graduado que rodea a la brújula (puede tener valores del 0 al 360).
 - d. Registrar ese valor en la *Hoja de Definición del Sitio*.
5. Registrar “Barrena” como el método utilizado para exponer el perfil del suelo.
6. Registrar si el sitio está fuera o no del área del centro escolar.
7. Registrar la descripción de donde se ubica el sitio. (cercano al Sitio de Estudio de Humedad del Suelo, cercano a los Sitios de estudio de Humedad del suelo y de Atmósfera, cercano al Sitio de Estudio de Atmósfera, cercano al Sitio de Estudio de Biología, u Otro).
8. Describir y registrar la posición en el entorno paisajístico donde se encuentra el sitio. (cima, ladera, valle, área grande plana, o ribera de un río)
9. Describir y registrar el tipo de cobertura del sitio (suelo desnudo, rocas, hierba, arbustos, árboles, u otro).
10. Describir y registrar el tipo de materia original de la que se formó el suelo en el sitio. (roca madre, materia orgánica, materiales de construcción, marino, lago, corriente, viento, glaciares, volcánica, materiales sueltos en pendiente trasladados por gravedad, otros).
11. Describir y registrar el uso del suelo en el sitio (urbano, agrícola, recreo, natural, u otro)
12. Medir y registrar la distancia (hasta 50 m) del sitio a objetos principales (por ejemplo, edificios, postes eléctricos, carreteras, etc.).
13. Describir y registrar cualquier otra característica destacable del sitio.



Exposición del Sitio de Caracterización del Suelo—Método cercano a la superficie

Guía de Campo

Actividad

Exponer los primeros 10 cm de suelo para realizar las mediciones de la caracterización del Suelo y definir el sitio.

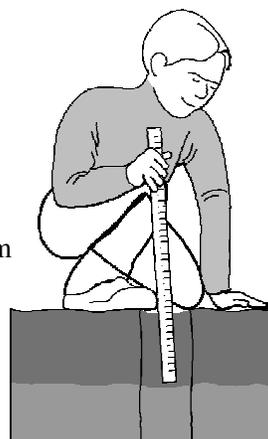
Qué se Necesita

- Metro de madera o regla
- Información local sobre el sitio
- GPS u otro medio que determine las coordenadas geográficas
- Clinómetro (hecho de materiales descritos en el Protocolo de Cobertura Terrestre)
- Brújula
- *Hoja de Definición del Sitio de Caracterización del Suelo*

En el Campo

Exponiendo el Perfil de Suelo

1. Identificar un lugar donde se pueda exponer el sitio.
2. Retirar la vegetación de la superficie.
3. Utilizar una pala para retirar, con cuidado, los 10cm primeros de suelo y colocarlos en el suelo.
4. Repetir pasos 1, 2, y 3 en un lugar cercano al agujero de la muestra original. Repetirlo otra vez, y mezclar las tres muestras. Considerar esta mezcla de muestras como un horizonte



Definiendo el Sitio de Caracterización de Suelo

1. Designar al sitio un nombre o número (por ejemplo, SCS-01). Registrarlo en la *Hoja de Definición del Sitio de Caracterización del Suelo*.
 - a. Para medir la pendiente se necesitan dos alumnos (A y B) cuyos ojos estén a la misma altura. Otro alumno/a (C) es el “lector” o el “registrador”.
 - b. Alumno A toma el clinómetro (hecho con materiales descritos en el *Protocolo de Cobertura Terrestre*) y se coloca pendiente abajo mientras el alumno B camina al lado contrario del hoyo. Los alumnos A y B deben estar a unos 30 m de distancia entre los dos (o lo más alejados posible). El alumno C debe estar cerca del alumno A.

- c. Observando a través del clinómetro, el alumno A ubica la altura de los ojos del Alumno B. El alumno C lee el ángulo de pendiente en el clinómetro, en grados, y registra la lectura en la *Hoja de Definición del Sitio*.
4. Identificar la orientación de la pendiente más inclinada:
 - a. Colocarse de cara a la pendiente más inclinada del área del suelo expuesto.
 - b. Tomar la brújula en la mano de tal manera que la flecha roja se alinee con el Norte en la brújula.
 - c. Leer el número en el extremo del círculo graduado que rodea a la brújula (puede tener valores del 0 al 360°).
 - d. Registrar ese valor en la *Hoja de Definición del Sitio*.
5. Registrar “Cercano a la Superficie” como el método utilizado para exponer el perfil del suelo.
6. Registrar si el sitio está fuera o no del área del centro escolar.
7. Registrar la descripción de donde se ubica el sitio. (cercano al Sitio de Estudio de Humedad del Suelo, cercano a los Sitios de estudio de Humedad del suelo y de Atmósfera, cercano al Sitio de Estudio de Atmósfera, cercano al Sitio de Estudio de Biología, u Otro).
8. Describir y registrar la posición en el entorno paisajístico donde se encuentra el sitio. (cima, ladera, valle, área grande plana, o ribera de un río)
9. Describir y registrar el tipo de cobertura del sitio (suelo desnudo, rocas, hierba, arbustos, árboles, u otro).
10. Describir y registrar el tipo de materia original de la que se formó el suelo en el sitio (roca madre, materia orgánica, materiales de construcción, marino, lago, corriente, viento, glaciares, volcánica, materiales sueltos en pendiente trasladados por gravedad, Otros).
11. Describir y registrar el uso del suelo en el sitio (urbano, agrícola, recreo, natural, u otro)
12. Medir y registrar la distancia (más que 50 m) del sitio a los objetos principales (por ejemplo, edificios, postes eléctricos, carreteras, etc.).
13. Describir y registrar cualquier otra característica destacable del sitio.

