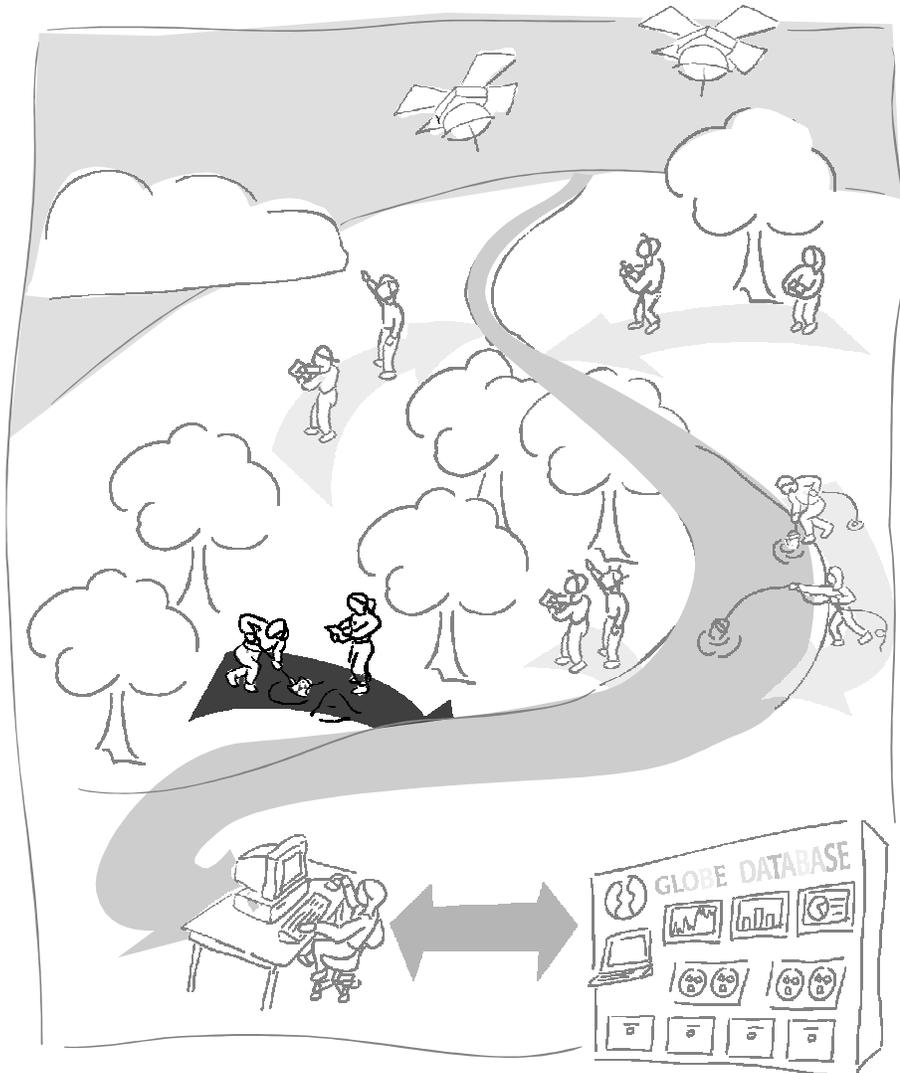


# Investigación de Suelos



Una Investigación de Aprendizaje GLOBE®



# Un Vistazo a la Investigación de Suelos

## Protocolos

Mediciones que se toman en los Sitios de Caracterización de Suelos:

Altura superior e inferior de cada horizonte del perfil del suelo, estructura, color, consistencia, textura, y cantidad de rocas, raíces, y carbonatos, densidad relativa, densidad de partículas, distribución de partículas por su tamaño, pH, y fertilidad (N, P, K) de las muestras recogidas de cada horizonte.

Mediciones que se toman en los Sitios de Humedad del Suelo o Atmósfera:

Humedad del suelo en dos campañas anuales, 12 veces por año, o temperatura del suelo, tomada diaria o semanalmente, con una variación diaria de dos días cada 3 meses o tomada cada 15 minutos.

## Propuesta de Secuencia de las Actividades

Leer la *Introducción*.

Leer los *Protocolos* para comprender con precisión qué se debe medir y cómo hacerlo.

Elegir Actividades de Aprendizaje en relación con los *Protocolos*.

Hacer copias de las Hojas de Datos del Apéndice.

Desarrollar el *Protocolo de Caracterización del Suelo*.

Desarrollar el *Protocolo de Temperatura del Suelo*

Desarrollar el *Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo*.

Desarrollar los *Protocolos de Densidad Relativa, Densidad de Partículas del Suelo, Distribución de Partículas por Tamaño, pH del Suelo, y Fertilidad del Suelo*

Visitar la página web de GLOBE y revisar las páginas de envío de datos del Protocolo de Suelos.

Enviar los datos a la base de datos GLOBE utilizando la página Web o el correo electrónico.



## Comentarios especiales

Si se decide cavar un hoyo, es posible que se necesite ayuda para hacerlo. Es también importante obtener el permiso necesario para asegurarse que no hay tuberías ni cables enterrados en esa zona.

# Contenidos

## **Introducción**

¿Por qué Estudiar los Suelos?.....	Introducción 1
La Gran Imagen.....	Introducción 2
Mediciones GLOBE.....	Introducción 9
Mediciones Individuales.....	Introducción 9

## **Protocolos**

Selección, Exposición y Definición del Sitio de Caracterización de Suelos
Protocolo de Caracterización del Suelo
Protocolo de Temperatura del Suelo
Protocolos de Humedad Gravimétrica del Suelo
Protocolo de Densidad Absoluta del Suelo
Protocolo de Densidad de Partículas del Suelo
Protocolo de Distribución de Partículas del Suelo por Tamaño
Protocolo de pH del Suelo
Protocolo de Fertilidad del Suelo
Protocolo de Temperaturas Digitales Multi-Día Max/Min/Actual del Aire y del Suelo (ver Capítulo de Atmósfera)
Protocolo Opcional de Temperaturas Digitales Multi-Día del Suelo *
Protocolo Opcional de Mediciones Automatizadas de la Temperatura del Suelo y del Aire *
Protocolo Opcional del Sensor de Humedad del Suelo *
Protocolo Opcional de Infiltración del Agua*
Protocolo Opcional de Humedad y Temperatura del Suelo Empleando la Estación Automatizada Davis *

## **Actividades de Aprendizaje**

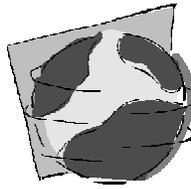
¿Por Qué Estudiar el Suelo?*
Un Simple Repaso - Principiantes
Un Simple Repaso
De Barro a Ladrillo
El Suelo y Mi Patio*
Una Visión de Campo del Suelo: Cavar en los Alrededores*
Suelos Como Esponjas: ¿Cuánta Agua Retiene el Suelo?*
El Suelo: El Gran Descomponedor*
El Juego de los Datos

\* Ver la Versión completa de la Guía del Profesor que está disponible en la página Web del GLOBE y en CD-ROM.

## **Apéndice**

Hoja de Definición del Sitio de Caracterización del Suelo.....	Apéndice 2
Hoja de Datos de Caracterización del Suelo.....	Apéndice 3
Hoja de Datos de la Temperatura del Suelo.....	Apéndice 4
Hoja de Definición del Sitio de Humedad del Suelo.....	Apéndice 5
Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Patrón Estrella.....	Apéndice 7
Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Patrón Transecto.....	Apéndice 8
Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Perfil de Profundidad....	Apéndice 9
Hoja de Datos de Densidad Absoluta.....	Apéndice 10
Hoja de Datos de Densidad de Partículas.....	Apéndice 11
Hoja de Datos de Distribución de Partículas por Tamaño.....	Apéndice 12
Hoja de Datos de pH del Suelo.....	Apéndice 13
Hoja de Datos de Fertilidad del Suelo.....	Apéndice 14
Hoja de Datos de Calibración y Reinicio del Termómetro Digital Multi-Día del Suelo.....	Apéndice 15
Hoja de Datos del Termómetro Digital Multi-Día del Suelo .....	Apéndice 16
Hoja de Datos del Sensor Diario de Humedad del Suelo.....	Apéndice 17
Hoja de Datos de Calibración Bianual del Sensor de Humedad del Suelo.....	Apéndice 18
Hoja de Datos de Infiltración del Suelo.....	Apéndice 20
Triángulo de Textura.....	Apéndice 21
Glosario .....	Apéndice 22

# 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 CO<sub>2</sub> 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

<b>Propiedades del Suelo que Cambian con el Transcurso del Tiempo</b>		
<b>Propiedades que cambian en minutos u horas</b>	<b>Propiedades que cambian en meses o años</b>	<b>Propiedades que cambian en cientos y miles de años</b>
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

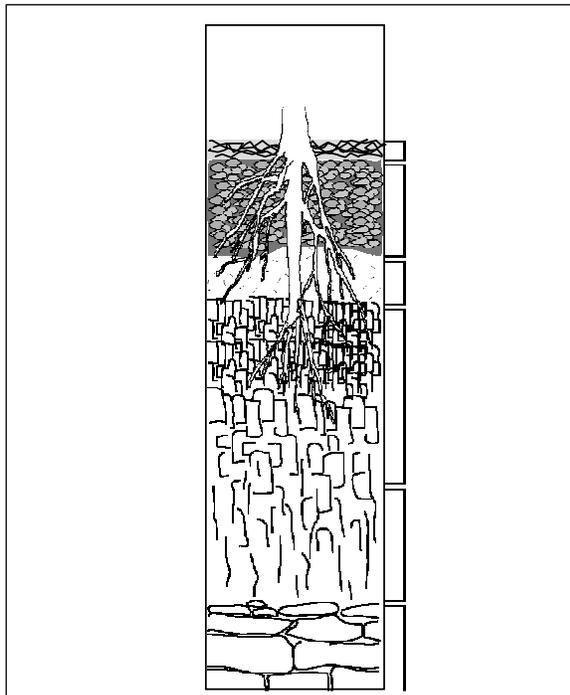
Algunos horizontes son el resultado de la acción de los minerales y la descomposición de la materia orgánica que con el paso del tiempo va descendiendo verticalmente por el perfil. Este movimiento denominado *lixiviado*, afecta a la composición y a las propiedades del horizonte. Otros horizontes se forman 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

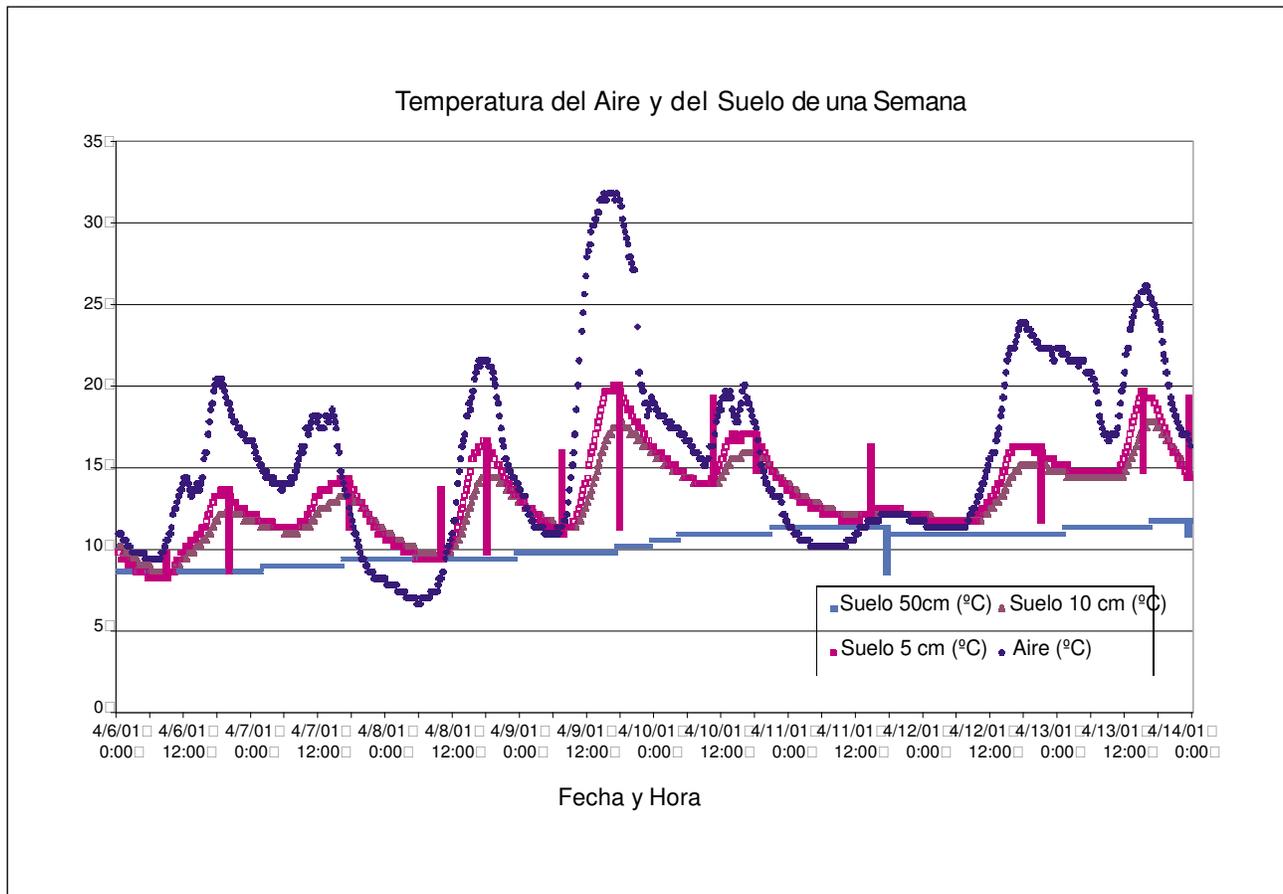
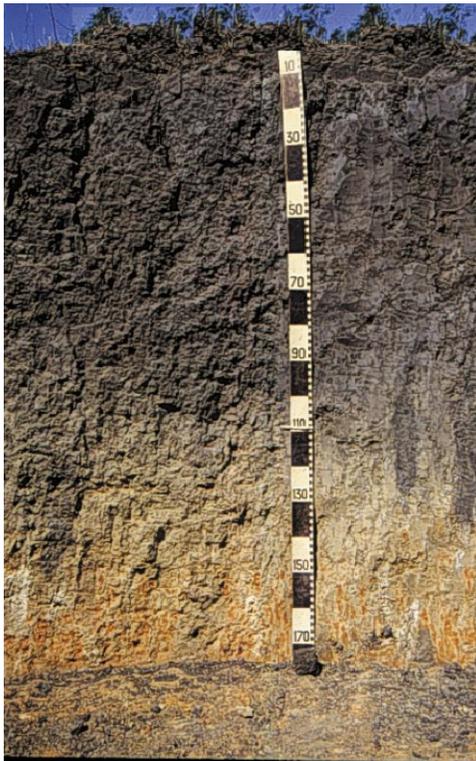


Figura SUELO-I-4: Ejemplos de Suelos de Pastizales en la Zona Sur de Texas en EE.UU



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.

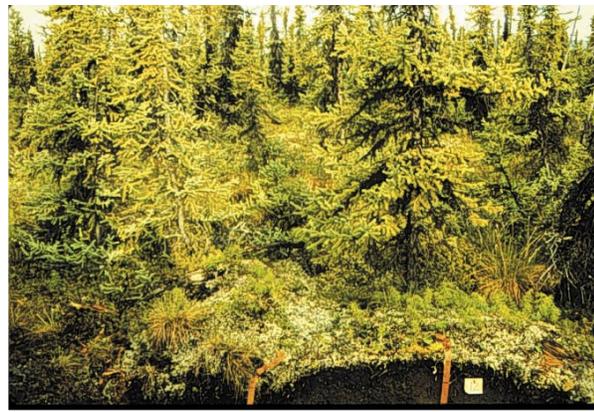
Por debajo de esta capa está un horizonte oscuro que contiene materiales que se filtraron del horizonte superior y que han sido acumulados en el proceso de lixiviado. Este horizonte tiene un color oscuro debido a la materia orgánica acumulada. El color rojo del siguiente horizonte se lo da el óxido de 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.

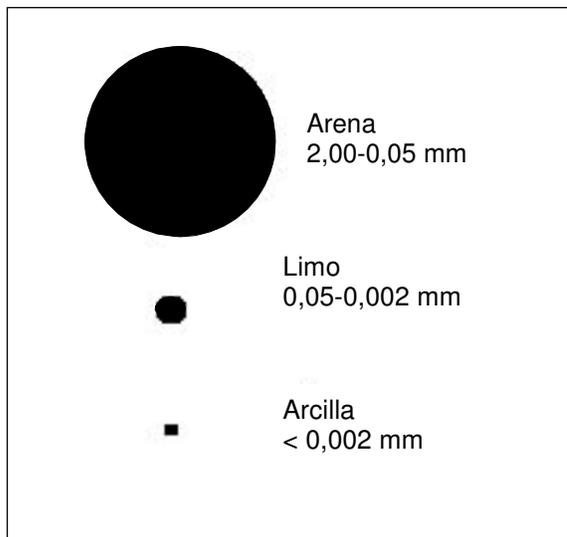
### Consistencia

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

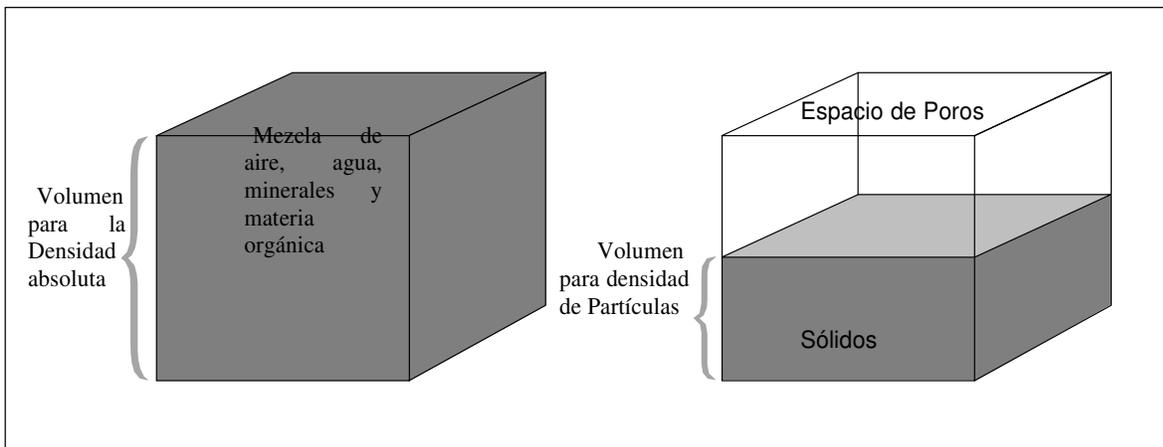
La densidad absoluta del suelo es una medida para conocer cuán compacto o denso es el suelo y se mide en masa de suelo seco por unidad de volumen ( $\text{g/cm}^3$ ). Observar *Figura SUELO-I-11*. La densidad absoluta del suelo depende de la composición del suelo, de la estructura de los terrones del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

<b>Estándares Nacionales de la Educación en Ciencias</b>	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
<b>Conceptos de las Ciencias de la Tierra y el Espacio</b>										
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.	■	■	■	■	■			■	■	■
<b>Conceptos de las Ciencias Físicas</b>										
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.					■			■		
<b>Conceptos de las Ciencias de la Vida</b>										
Los átomos y las moléculas circulan entre los componentes vivos e inertes del ecosistema.								■		
<b>Habilidades Relativas a la Investigación Científica</b>										
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.

# PROTOS



## ***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

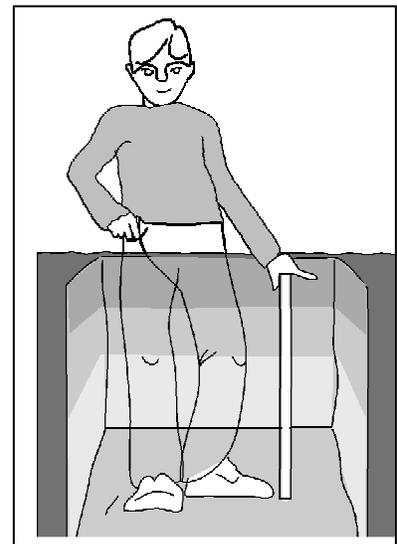
#### Qué se necesita

- q Palas, paleta u otro material para cavar
- q Banderitas para marcar el sitio
- Valla, tablonés, 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

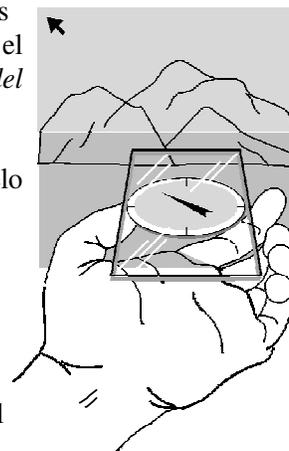
##### Exponiendo el Perfil del Suelo

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 tablonés 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

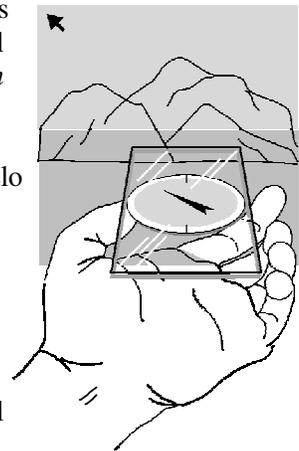
#### Exponiendo el Perfil del Suelo

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.

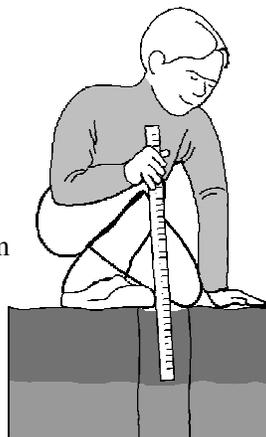
### Qué se Necesita

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

### En el Campo

#### Exponiendo el Perfil de Suelo

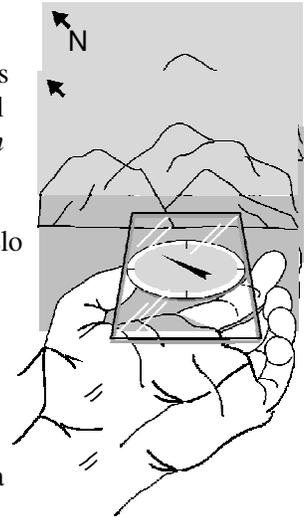
1. Identificar un lugar donde se pueda exponer el sitio.
2. Retirar la vegetación de la superficie.
3. Utilizar una pala para retirar, con cuidado, los 10cm primeros de suelo y colocarlos en el suelo.
4. Repetir pasos 1, 2, y 3 en un lugar cercano al agujero de la muestra original. Repetirlo otra vez,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



# Protocolo de Caracterización del Suelo



## **Objetivo General**

Definir las propiedades físicas y químicas de cada horizonte del perfil de un suelo, y preparar muestras para el análisis posterior.

## **Visión General**

El alumnado identifica los horizontes de un perfil del sitio de estudio, y mide su tamaño. Deberá describir la estructura, el color, la consistencia, la textura, presencia de raíces, rocas y carbonatos de cada horizonte. Las muestras se recogen y se preparan para el análisis en el laboratorio.

## **Objetivos Didácticos**

Los alumnos llevarán a cabo métodos de campo para el análisis de suelos, recogerán datos de campo y prepararán las muestras para el laboratorio. Deberán relacionar también las propiedades químicas y físicas del suelo con el clima, la posición geográfica y la cobertura terrestre del lugar.

## **Conceptos de Ciencias**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

Los suelos tienen propiedades como el color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad; y son el soporte de muchos tipos de plantas.

La superficie de la Tierra va cambiando.

A menudo los suelos se disponen en capas, cada una con una textura y composición química diferente.

Los suelos constan de minerales (menos de 2 mm), materia orgánica, aire y agua.

El agua circula por el suelo modificando las propiedades tanto del suelo como del agua.

### *Ciencias Físicas*

Los objetos tienen propiedades observables.

## **Habilidades de Investigación Científica**

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo,

Diseñar y dirigir una investigación

Utilizar herramientas y técnicas apropiadas, incluyendo las matemáticas para recoger, analizar e interpretar datos.

Desarrollar descripciones, explicaciones, predicciones y modelos basándose en las observaciones realizadas.

Informar de los procedimientos y explicaciones

## **Tiempo**

Dos o tres clases de 45 minutos o una sesión de 90 minutos en el campo.

## **Nivel**

Todos

## **Frecuencia**

Las mediciones para la caracterización del suelo se toman una sola vez para cada sitio de estudio específico.

Las muestras recogidas se pueden conservar para el estudio y el análisis posterior en cualquier otro momento del año escolar.

## **Materiales y Herramientas**

Bote pulverizador de agua

Tees de golf (soporte de la pelota de golf), clavos, u otros marcadores para los horizontes del suelo

Cartas de colores

Lápiz o bolígrafo

Pala, barrena

Servilletas de papel

Metro de madera/cinta métrica

Bolsas herméticas o latas

Rotuladores permanentes

Cámara

Guantes de látex

Vinagre

Martillo

Guantes de látex

Cedazo N° 10 (red de malla de 2mm)

Hojas o platos de papel

*Hoja de Datos de Caracterización del Suelo*

## **Requisitos Previos**

*Seleccionar, exponer y definir un sitio de Caracterización de Suelo.*

# Protocolo de Caracterización del Suelo – Introducción

El suelo se caracteriza por su estructura, color, consistencia, textura y presencia de raíces, rocas y carbonatos. Estas propiedades hacen posible que los científicos interpreten cómo funciona el ecosistema y que puedan recomendar un uso del suelo que suponga un impacto mínimo en el ecosistema. Por ejemplo, los datos de caracterización del suelo pueden determinar si se debería construir un edificio o un jardín. También permiten a los científicos predecir posibles sequías o inundaciones y determinar los tipos de vegetación y uso de la tierra más adecuado de un lugar. Las características del suelo también ayudan a explicar los patrones observados en las imágenes satelitales, el crecimiento de la vegetación a través del paisaje, o la tendencia de la humedad del suelo y la temperatura que podrían estar relacionadas con el clima.

## Apoyo al Profesorado

### **Preparación Previa**

Antes de comenzar con el Protocolo de Caracterización del Suelo, se debe definir el sitio de estudio siguiendo el Protocolo apropiado.

El protocolo de Caracterización del Suelo se puede llevar a cabo con un perfil expuesto en un hoyo, o extraído con una barrena, o con la muestra recogida de la superficie terrestre.

Es interesante que el profesorado lleve muestras de suelo de su casa o del patio del centro para practicar la caracterización del suelo antes de la práctica en el campo.

Antes de comenzar con la caracterización del suelo, el profesorado debería cuestionar a los alumnos si observan a simple vista algún cambio obvio a lo largo del perfil, por ejemplo en el color y la estructura.

Para demostrar al alumnado lo que ocurre al añadir un ácido (vinagre) a una base (carbonatos libres en el suelo), se mezcla bicarbonato de sodio en un suelo seco y se rocía vinagre en el suelo, produciéndose una fuerte efervescencia al reaccionar el vinagre y los carbonatos formando dióxido de carbono.

### **Procedimientos de Muestreo**

Para identificar los diferentes horizontes se observarán a lo largo del perfil cambios obvios del color, estructura, textura, tamaño y cantidad de piedras y raíces, temperatura, humedad, olor, consistencia (se determina frotando con los dedos los terrones y deshaciéndolos)

Es interesante que los alumnos lleguen a un consenso sobre las observaciones realizadas. Por ejemplo, tras discutirlo se llega finalmente a un acuerdo de dónde limitar los diferentes horizontes, el color del suelo, estructura, textura y otras características. Los resultados consensuados por el alumnado se registran.

### **Preguntas Guía para el Alumnado**

¿Qué te indujo a elegir los diferentes horizontes?  
¿Te basaste en las propiedades del suelo tales como el color, la estructura, presencia de raíces, gusanos, lombrices u otros invertebrados que habitan en el suelo?

Si había algo inusual en el perfil del suelo, ¿qué puede haberlo causado?

¿Qué puedes contar acerca de la formación del suelo al observar los horizontes?

### **Preguntas para Investigaciones Posteriores**

¿Qué es lo que determina los diferentes horizontes en un perfil?

¿Qué cambios naturales podrían alterar los horizontes del suelo?

¿Cuánto tiempo se tardará en alterar la profundidad de los diferentes horizontes?

¿Cómo pueden cambiar los perfiles de un lugar a otro?

¿Cómo pueden cambiar los horizontes de un lugar a otro?

# Protocolo de Caracterización del Suelo

## Guía de Campo

### Actividad

Identificar, medir y registrar los horizontes de un perfil en el Sitio de Caracterización del Suelo. Medir y registrar las propiedades físicas y químicas de cada horizonte. Fotografiar el perfil del suelo. Recoger muestras de cada horizonte.

### Qué se Necesita

- Bote pulverizador lleno de agua
- Tees de golf (soporte para la pelota), clavos u otro objeto marcador de horizontes
- Pala u otro utensilio para excavar
- Carta de Colores
- Rotulador permanente
- Cámara
- Vinagre destilado
- *Hoja de Datos de Caracterización del Suelo*
- Lápiz o bolígrafo
- Servilletas de papel
- Cinta métrica o metro de madera
- Rodillo, martillo u otro utensilio para romper los terrones y separar las partículas

### En el Campo

#### Identificando y Midiendo Horizontes

1. Asegurarse de que el perfil está expuesto al sol.
2. Utilizar una pala para escarbar en el perfil unos pocos centímetros y obtener así un perfil de suelo fresco.
3. Determinar si el perfil está húmedo, mojado o seco. Si está seco, se humedece con el pulverizador de agua.
4. Comenzar por la parte superior del perfil y observar las diferentes propiedades del suelo que hay hasta la parte más inferior/profunda del perfil.
5. Observar detenidamente el perfil para distinguir características como color, textura, raíces, piedras, y pequeños nódulos oscuros; gusanos, insectos, otros animales pequeños y canales dejados por las lombrices. Estas observaciones le ayudarán a definir los horizontes.
6. Trabajando en línea vertical, colocar un objeto marcador (tee de golf o clavo) limitando claramente cada horizonte. Asegurarse de que todos los alumnos y alumnas están conformes con los límites de los horizontes establecidos.
7. Medir el grosor de cada horizonte comenzando por la parte superior (la superficie) del perfil. Comenzar midiendo con la cinta métrica o metro de madera situando los 0 cm en la parte superior del perfil. Anotar la profundidad a la que comienza y acaba cada horizonte.
8. Registrar la profundidad de cada horizonte en la Hoja de Datos de Caracterización del Suelo.

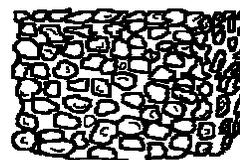


### Identificando la Estructura del Suelo

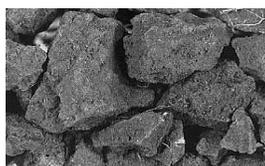
1. Utilizar una pala u otra herramienta para excavar y obtener una muestra de suelo del horizonte que se está estudiando.
2. Coger cuidadosamente la muestra con la mano y examinar la estructura.
3. Consensuar con todo el alumnado el tipo de estructura del horizonte.

Tipos de estructura posible:

**Granular:** Se asemeja a las migas de una galleta, normalmente con un diámetro inferior a 0,5cm. Suele encontrarse en horizontes más superficiales donde han crecido raíces.



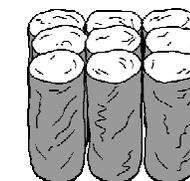
**Estructura en bloque:** Bloques irregulares de 1,5 a 5,0 cm de diámetro.



**Prismática:** Columnas verticales de suelo que tienen forma prismática. Normalmente se encuentra en horizontes más profundos



**Columnar:** Columnas verticales de suelo que tienen una capa blanca de sal en la parte superior. Se encuentra en suelos de climas áridos.



**Plana:** Láminas de suelo finas y planas dispuestas horizontalmente. Normalmente se encuentra en suelo compacto



En ocasiones las muestras de suelo no presentan ninguna estructura. En este caso se clasifican como:

**Estructura granular individual:** Suelo sin estructura en el que cada grano de suelo está suelto. Normalmente se encuentra en suelos arenosos.



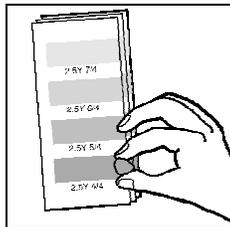
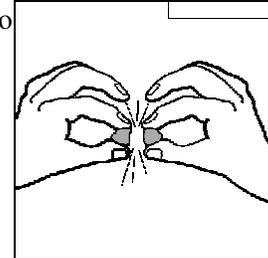
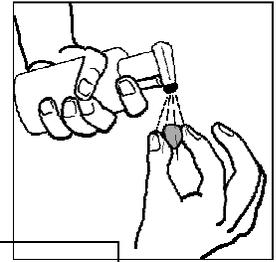
**Estructura masiva:** Suelo sin estructura aparente, todas las partículas del suelo están unidas. Se trata de terrones muy grandes difíciles de romper.



4. Anotar el tipo de estructura en *La Hoja de Datos de Caracterización del Suelo*.

**Identificando el Color Principal y Color Secundario**

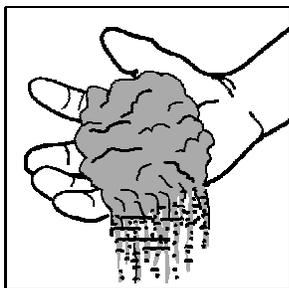
1. Coger un terrón del horizonte que se está estudiando y anotar si está húmedo, seco o mojado. Si está seco, se humedece con el pulverizador de agua.
2. Romper el terrón y colocarlo sobre la Carta de Colores.
3. Es conveniente que tanto la Carta de Colores como la muestra de suelo que se está examinando, estén expuestos al sol.
4. Encontrar el color de la Carta de Colores que más se asemeje al color del terrón por su cara interna. Asegurarse de que todos los alumnos y alumnas estén conformes con la elección del color



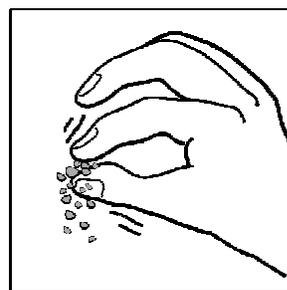
5. Registrar en la *Hoja de Datos de Caracterización del Suelo* el símbolo del color de la Carta de Colores que más se asemeje al color que tiene la mayor parte del terrón (color dominante o principal). A veces una muestra de suelo puede tener más de un color. Registrar un máximo de dos colores si es necesario e indicar color dominante (1) y color sub-dominante o secundario (2).

**Midiendo la Consistencia del Suelo**

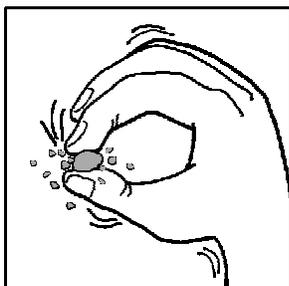
1. Coger un terrón del horizonte que se está estudiando. Si el suelo está muy seco, se rocía con agua la cara expuesta del perfil y después se saca un terrón para determinar la consistencia.
2. Coger el terrón con el pulgar y el dedo índice y apretar hasta que se deshaga o se rompa.
3. Registrar una de las siguientes categorías de consistencia del terrón de suelo en la *Hoja de Datos de Caracterización del Suelo*:



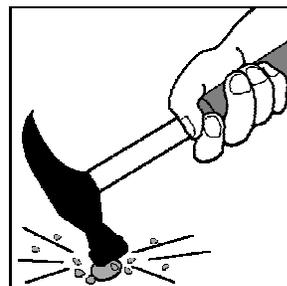
**Suelta:** Resulta difícil distinguir cada terrón individualmente. La estructura se deshace enseguida. Nota: Suelos con una estructura granular individual son de consistencia suelta.



**Firme:** los terrones se rompen si se aplica una presión fuerte. Los terrones dejan marca en los dedos antes de deshacerse.



**Frágil:** El terrón se rompe presionando ligeramente.



**Extremadamente Firme:** El terrón no puede romperse con los dedos (se necesita un martillo).

*Midiendo la Textura del Suelo (Remitirse al Triángulo de Textura en el Apartado de “Preguntas Frecuentes” para Obtener más Ayuda).*

### **Paso 1**

- Coger una muestra de suelo del horizonte (del tamaño de un huevo pequeño) y humedecerla con el pulverizador. Dejar que el agua empape bien el suelo y moldearlo con las manos hasta que esté uniformemente húmedo. Una vez que la muestra esté húmeda, se forma una bola.
- Si es posible formar una bola, pasar al paso 2. Si no es posible es que se trata de arena. Se registra entonces la textura en la *Hoja de Datos de Caracterización del Suelo*.

### **Paso 2**

- Con ayuda del dedo índice y el pulgar moldear la muestra de suelo hasta formar una estructura alargada como un “gusano”. Si se consigue una longitud superior a 2,5 cm, pasar al paso 3. Si el “gusano” se rompe antes de alcanzar los 2,5 cm, el suelo puede definirse como franco arenoso. A continuación, se registra la textura del suelo en la *Hoja de Datos de Caracterización del Suelo*

### **Paso 3**

- Si el suelo:
  - Está muy pegajoso
  - Difícil de manipular
  - Se pega en las manos
  - Tiene brillo al frotarlo
  - Forma una estructura alargada larga (56+cm) sin romperse

El suelo se define como arcilla y se va al paso 4.

Sin embargo, si el suelo:

- Es algo pegajoso
- Un poco difícil de manipular
- Forma una estructura alargada entre 2 y 5 cm

El suelo se define como franco arcilloso y se va al paso 4.

Si el suelo es:

- Homogéneo.
- Fácil de manipular.
- Ligeramente pegajoso.
- Forma una estructura alargada corta (menos de 2cm).

El suelo se define como franco y se va al paso 4.

### **Paso 4**

- Mojar un poquito de suelo en la palma de la mano y frotarlo con el dedo índice. Si el suelo:
  - Parece muy arenoso pasar a **A**.
  - Resulta suave y homogéneo, sin arena, ir a **B**.
  - Resulta un poco arenoso, pasar a **C**.

**A.** Añadir la palabra arenoso a la clasificación inicial.

- La textura del Suelo es:
  - Arcilla arenosa.
  - Franco arcilloso arenoso.
  - Franco arenoso.

- Con esto la textura ya está definida. Registrar la textura en la *Hoja de Datos de Caracterización del Suelo*.

**B. Añadir la palabra limo o limoso a la clasificación inicial.**

- La Textura del suelo es:
  - Arcilla limosa.
  - Franco arcilloso limoso.
  - Franco limoso.
- Con esto la textura ya está definida. Registrar la textura en la *Hoja de Datos de Caracterización del Suelo*.

**C. Respetar la clasificación inicial.**

- La textura del suelo es:
  - Arcilla, franco arcilloso, o franco
- Con esto la textura ya está definida. Registrar la textura en la *Hoja de Datos de Caracterización del Suelo*.

**Observando Presencia de Rocas**

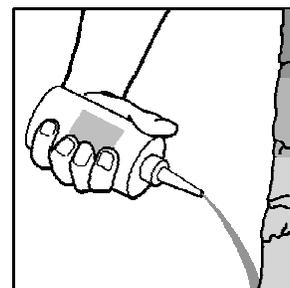
1. Observar y registrar si hay muchas, pocas o ninguna roca o fragmentos de roca en el horizonte. Una roca o fragmento de roca tiene un tamaño superior a 2mm.
2. Registrar las observaciones en la *Hoja de Datos de Caracterización del Suelo*.

**Observando Presencia de Raíces**

1. Observar si hay muchas, pocas o ninguna raíz en cada horizonte.
2. Registrar las observaciones en la *Hoja de Datos de Caracterización del Suelo*.

**Observando Presencia de Carbonatos Libres**

1. Seleccionar una porción del suelo del perfil para utilizarlo en el test de carbonatos. Asegurarse de no tocarlo con las manos desnudas.
2. Añadir un chorro de vinagre sobre las partículas de suelo, comenzando por la parte inferior del perfil hacia la parte superior. Tener precaución en dirigir el vinagre directamente al suelo y no a algún alumno, especialmente a los ojos. En caso de que caiga vinagre en los ojos, enjuagarse con agua durante 15 minutos.
3. Observar detenidamente si se produce efervescencia. Cuantos más carbonatos presentes, más efervescencia se observará.
4. Para cada horizonte registrar uno de los siguientes resultados del análisis de Carbonatos libres en *Hoja de Datos de Caracterización del Suelo*:



- Ninguno: Si no se observa reacción, no hay presencia de carbonatos libres en el suelo.
- Ligero: Si se observa un ligero burbujeo; eso indica que hay presencia de algunos carbonatos.
- Fuerte: Si se produce una reacción fuerte (mucho burbujeo), esto indica que hay muchos carbonatos presentes.

**Fotografiando el Perfil del Suelo**

1. Colocar una cinta métrica o metro de madera cerca de los marcadores de cada horizonte, comenzando por la parte superior del perfil.
2. Dejando el sol a la espalda de quien realiza la medición, se fotografía el perfil del suelo de tal manera que los horizontes y el tamaño de cada uno se observen claramente.
3. Hacer otra fotografía al paisaje cercano al perfil.
4. Enviar las fotos a GLOBE siguiendo los pasos indicados en la sección “Cómo enviar fotos y mapas” de la Guía de implementación

# Muestreo del Horizonte

## Guía de Campo

### Actividad

Recoger muestras de suelo de cada horizonte.

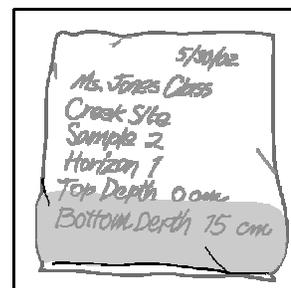
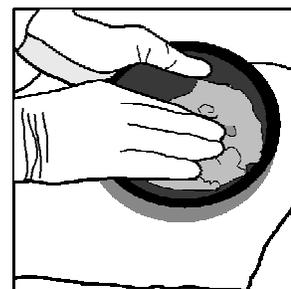
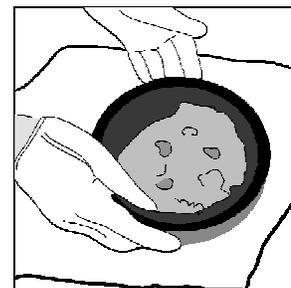
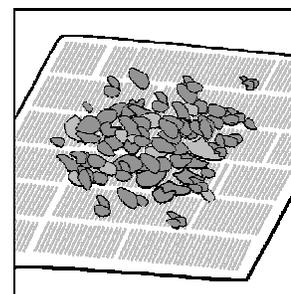
### Qué se Necesita

- Pala u otra herramienta para excavar
- Guantes de látex
- Bolsa hermética o lata
- Rotulador permanente
- Servilletas o platos de papel para el secado
- Tamiz N°10 (malla de 2 mm de luz de paso)

### En el Campo

#### Recogiendo muestras de suelo

1. Sacar una muestra grande de suelo de cada horizonte. Evitar la zona de suelo donde se realizó la prueba de los carbonatos, y evitar tocar las muestras de suelo para que las mediciones de pH no se alteren con los ácidos de la piel.
2. Meter la muestra de suelo en una bolsa o en una lata.
3. Escribir en cada bolsa el nombre del sitio, del horizonte y la altura donde empieza y termina el horizonte.
4. Llevar las muestras del campo al aula o al laboratorio.
5. Colocar las muestras en servilletas o en platos de papel separados para que se sequen al aire. Para un secado más rápido situar la muestra en la ventana para que esté expuesta la sol.
6. Ponerse guantes de látex para evitar que los ácidos de la piel contaminen la muestra alterando el pH.
7. Colocar el cedazo (de 2 mm de luz de paso) sobre una servilleta de papel limpia y echar la muestra de suelo seco en él.
8. Cuidadosamente presionar la muestra para que vaya saliendo por la malla y cayendo al papel. No forzar demasiado para no estropear la malla. Las rocas no pasarán a través de la malla y permanecerán en el tamiz. Quitar las rocas (y otros desechos: detritus) del tamiz. Si no hay un tamiz disponible, se quitan las rocas cuidadosamente con las manos.
9. Colocar el suelo seco sobre el papel en una bolsa o recipiente limpios y secos.
10. Cerrar herméticamente el recipiente y etiquetarlo igual que se hizo en el campo (nombre y ubicación del sitio, nombre del horizonte, la altura donde empieza y termina el horizonte y la fecha). Este es el suelo que se utilizará para el análisis en el laboratorio.
11. Guardar las muestras en un lugar seguro y seco hasta que se utilicen para el análisis.



## Preguntas Frecuentes

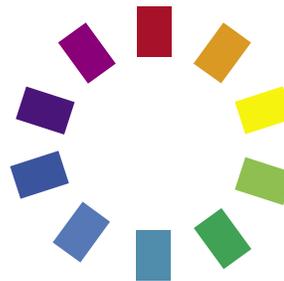
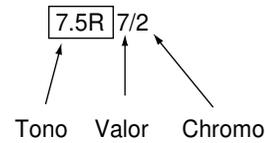
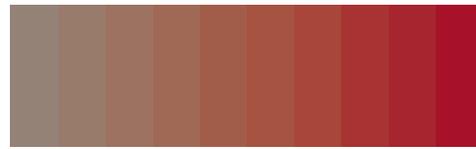
¿Qué significan los números y las letras que se asignan a cada color? GLOBE utiliza el código universal Munsell para identificar el color del suelo.

El código se basa en tres símbolos que representan el tono, el valor y la saturación (chromo) del color del suelo.

En el sistema de Munsell, el tono se describe con el primer bloque de números y letras. El tono representa la posición en la escala de colores: (Y=Amarillo, R=Rojo, G=Verde, B=Azul, YR= Amarillo-Rojizo, RY= Rojo Amarillento).

En el sistema de Munsell el valor es el número anterior a la barra. Indica la claridad del color. La escala del valor va de 0 (negro total) hasta 10 (blanco total).

En el sistema de Munsell el Chromo es el número posterior a la barra. Indica la “intensidad” del color. Colores con valores de cromo bajos se les llama a veces colores pálidos, mientras que los que tienen valores altos de cromo son colores saturados, fuertes o vivos. La escala comienza en 0, para colores neutros, pero no finaliza en ningún valor determinado.

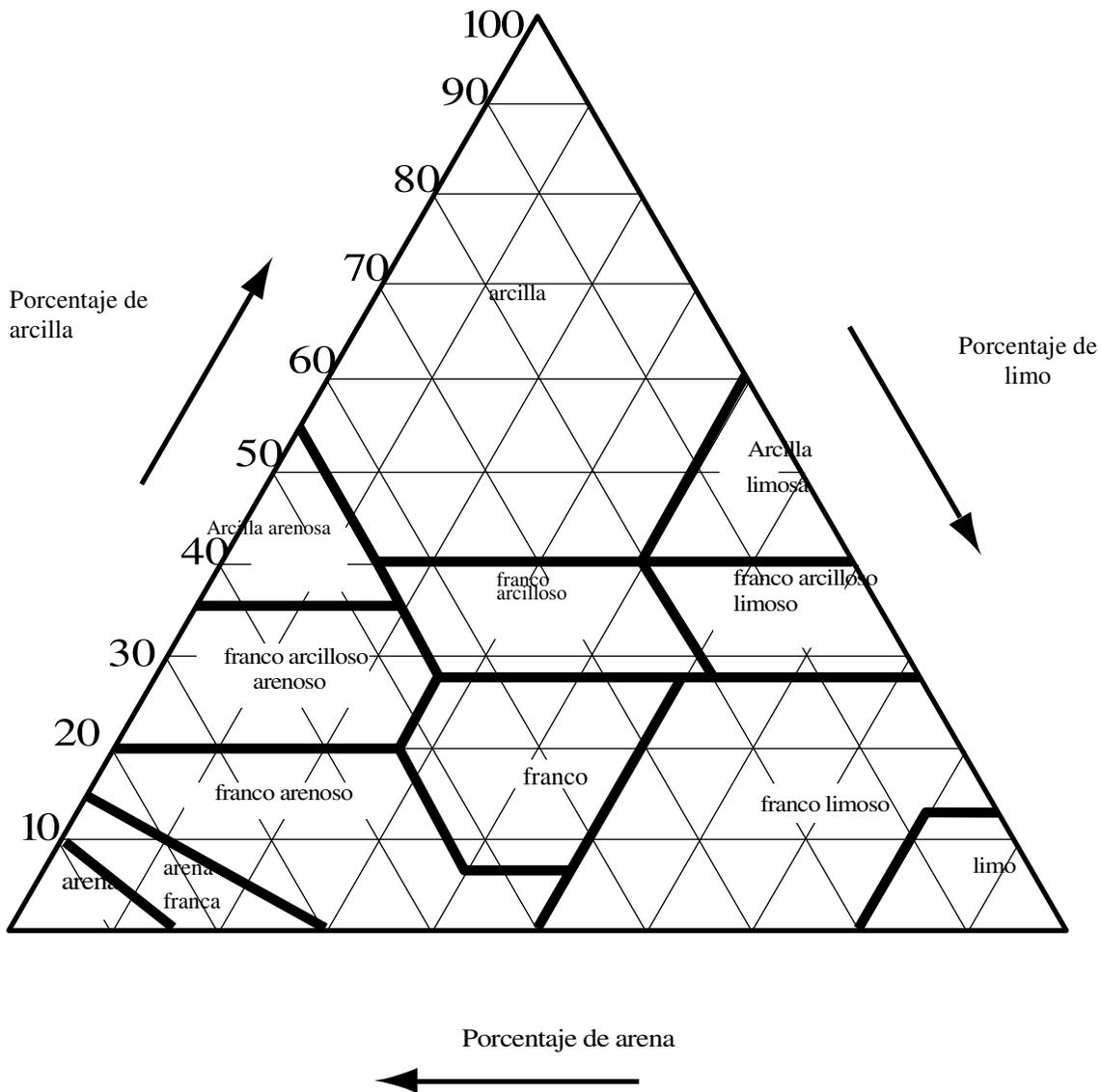


**¿Qué Significa si se Determina que el Suelo es Arcillo Limoso o Franco Arenoso?**

La textura determinada al tocar y manipular el suelo es una medición subjetiva. Esto significa que puede haber opiniones diferentes en relación a la textura para un mismo suelo. Actualmente la textura se refiere al porcentaje de arena, limo y arcilla presentes en el suelo. El siguiente triángulo se denomina triángulo

de textura y se utiliza para determinar los porcentajes aproximados de arena, limo o arcilla del suelo. Para una medición más objetiva de la textura se debe desarrollar el *Protocolo de Distribución de Partículas del Suelo por Tamaño*, en el cual se determina los porcentajes de arena, limo y arcilla.

Figura SU-CS-1: Triángulo de Textura del Suelo



# Protocolo de Caracterización del Suelo – Interpretando los Datos

## **¿Son razonables los datos?**

Los perfiles de suelo varían mucho de una región a otra, de tal manera que para el alumnado es difícil predecir lo que va a encontrar en un lugar determinado. Hay ciertas cosas en las que profesorado y alumnado pueden basarse para ver si los datos son o no razonables.

### *Horizontes*

Es muy poco probable encontrar mucha variedad de horizontes en un suelo joven (recién depositado o cercano a la roca madre) o en un suelo muy desarrollado (como los que hay en zonas tropicales). Sin embargo en climas templados se encuentran más horizontes bajo la vegetación del bosque.

### *Color*

En la superficie se suele observar un suelo oscuro, a no ser que haya habido infiltración intensa de materia orgánica, como ocurre en bosques de coníferas, o bien haya habido una sedimentación depositando material original sobre un perfil de suelo ya desarrollado.

### *Textura*

Si hay mucha diferencia en la textura en un perfil (como por ejemplo, un suelo arcilloso sobre un suelo arenoso), esto indica un material original diferente debido a la sedimentación. Esto puede ocurrir en zonas cercanas a un río o corriente donde la saturación de agua sea común, o en zonas que han sido alteradas por la actividad humana y se ha añadido un relleno. Sirve de ayuda completar el *Protocolo de Distribución de Partículas del Suelo por Tamaño* para cada horizonte para comprobar los datos de textura recogidos en el campo con mediciones actuales de la cantidad de arena, limo y arcilla tomadas en el laboratorio.

### *Estructura*

La estructura granular generalmente se encuentra donde haya muchas raíces. Suelos que tengan gran cantidad de arcilla suelen tener una estructura en bloque o masiva.

### *Consistencia*

Un suelo con granos sueltos tiene una consistencia suelta y una textura arenosa, o bien otra estructura muy arenosa como arena franca. Para comprobar la consistencia, se puede medir la densidad absoluta, ya que cuanto más denso sea el suelo, más firme será la consistencia.

### *Raíces*

Si hay muchas raíces en el suelo, la densidad absoluta es menor debido a los poros que forman las raíces en el horizonte.

### *Carbonatos*

En presencia de carbonatos libres, el suelo tendrá un pH de 7 o superior ya que mucha cantidad de carbonato cálcico disminuye la acidez del suelo incrementando el pH.

## **Investigación del alumnado**

El alumnado de la escuela Queen Mary en Pensilvania, EE.UU quería comparar el suelo en dos lugares cercanos a la escuela. El primer sitio de estudio era un área boscosa que no había sido alterada por lo menos en los últimos 100 años. El segundo sitio de estudio era un antiguo campo de cultivo convertido en un pastizal.

El profesor, el Sr. Hardy, para preparar el estudio, contactó con la oficina del Servicio de Conservación de Recursos Naturales (Natural Resources Conservation Service, USDA) y pidió apoyo a la científica local experta en suelos, quien, para ayudar al alumnado, habló en el aula acerca de los suelos de la región y mostró a los estudiantes mapas y otra información sobre los suelos cercanos a la escuela. También aceptó ayudarles en las mediciones de caracterización del suelo. El Sr. Hardy controló que fuese seguro cavar en los sitios seleccionados y contactó con los padres y madres del alumnado para que les ayudaran a cavar los hoyos. Los padres esperaron unos días a que cayesen grandes precipitaciones de tal forma que el suelo se humedeciese lo suficiente para que resultara más fácil la excavación, y así realizaron dos hoyos de 1 metro de profundidad. Al ir retirando la tierra del hoyo la fueron apilando horizonte por horizonte, para que después de la caracterización pudieran colocarla tal y como la habían sacado.

El día de la excavación, los alumnos salieron al campo repartidos en dos grupos para analizar cada uno de los sitios de estudio. El equipo A fue el responsable de la descripción del lugar y determinó las coordenadas geográficas con el GPS, la altitud, la pendiente, la cobertura, uso del terreno, orientación, posición en el paisaje. También identificaron el material original con ayuda de mapas geológicos que encontraron en la librería y con ayuda de la científica local. Se registró también más información acerca de la ubicación del lugar. El equipo B realizó la caracterización del suelo y el muestreo de los horizontes llegando a un consenso entre todos los alumnos del equipo respecto a lo que habían observado. Se esperó hasta el día siguiente para completar la caracterización en el sitio de campo. Los equipos se intercambiaron los papeles, de tal manera que todos los alumnos tuvieron la oportunidad de realizar ambas cosas, la descripción del lugar y la caracterización del suelo en el hoyo. Los datos que se recogieron son los siguientes:

**Lugar A:**

Pendiente: 15 grados

Orientación: 120 grados

Posición en el paisaje: Cima

Tipo de cobertura: Árboles

Uso de la tierra: Bosque

Material autóctono: Roca madre de arenisca (la roca madre se alcanza a 86cm)

Horizonte	Límite Sup	Límite Inf	Rocas	Raíces	Estructura	Color	Consistencia	Textura	Carbonatos
1	0cm	6cm	pocas	muchas	Granular	10YR 2/1	Friable	Franco arenoso	ninguno
2	6cm	20cm	pocas	muchas	En bloque	10YR 6/4	Friable	Franco arenoso	ninguno
3	20cm	50cm	pocas	pocas	En bloque	7.5YR 6/6	Firme	Franco arcilloso	ninguno
4	50cm	70cm	muchas	pocas	En bloque	7.5YR 7/8	Firme	Franco arcilloso arenoso	ninguno
5	70cm	86cm	muchas	ningun	Granos sueltos	7.5YR 8/4	Suelta	Arena franca	ninguno

## Lugar B:

Pendiente: 3 grados

Orientación: 120 grados

Posición en el paisaje: Área extensa llana

Tipo de cobertura: Hierba

Uso de la tierra: Terreno de la escuela/centro

Material original: Roca madre de caliza

Horizonte	Límite Sup.	Límite Inf.	Rocas	Raíces	Estructura	Color	Consistencia	Textura	Carbonatos
1	0cm	20cm	Ninguna	Muchas	Granular	10YR 3/4	Frágil	Franco	Ninguno
2	20cm	40cm	Ninguna	Muchas	En bloque	7.5YR 6/8	Frágil	Franco arcilloso	Ninguno
3	40cm	75cm	Ninguna	Muchas	En bloque	5YR 6/8	Firme	Franco arcilloso	Ninguno
4	75cm	100cm	Ninguna	Pocas	Prismática	5YR 6/6	Extremadamente Firme	Arcilla	Ninguno

El alumnado examinó los resultados de la caracterización del suelo y realizó las siguientes observaciones:

**Lugar A:** Está situado en la cima de una colina y actualmente es boscoso. El suelo se formó de una roca madre de arenisca. El color del suelo era oscuro en la parte superior e iba aclarándose con la profundidad.

La estructura era granular y se pudieron observar muchas raíces. Con la profundidad, el suelo iba adquiriendo una estructura en bloque. La cantidad de rocas iba aumentando cuanto más cerca de la roca madre

Con la profundidad, la textura también iba cambiando enriqueciéndose en arcilla y resultando más difícil romper con la presión, pero cerca del horizonte justo por encima de la roca madre el suelo se volvía más arenoso. La científica de suelos explicó que en ese tipo de clima, la arcilla va profundizando con el tiempo a través del perfil acumulándose en los horizontes más profundos.

También explicó que el horizonte arenoso y rocoso de la parte inferior del perfil provenía del material original de arenisca que se estaba descomponiendo en materia de suelo. Como el horizonte más profundo era arena franca, tenía estructura en granos sueltos y se podía desmenuzarse fácilmente, se le asignó una consistencia suelta. No se encontraron carbonatos porque el material autóctono era arenisca libre de

carbonatos.

**Lugar B:** El suelo del lugar B era muy diferente al del lugar A, a pesar de que estuvieran ambos en el terreno del centro educativo y se hubieran formado con el mismo clima. Esto se debía probablemente a que cada lugar tenía materiales autóctonos diferentes.

El suelo del lugar B estaba formado por material autóctono de caliza a lo largo de una gran superficie llana. La vegetación original de allí seguramente fue en algún momento bosque, como lo era en la mayor parte del estado de Pennsylvania. Pero, probablemente, los árboles fueron talados para obtener un campo de cultivo. Algunos de los padres recordaron que hace tiempo, el lugar donde se había cavado el hoyo B, era una granja, pero al construir la escuela se convirtió en un campo de hierba. El hoyo aquí era más profundo que el del lugar A ya que, tal y como había dicho la científica de suelos, la roca caliza es más fácil de erosionar y cavar que la arenisca, que es más dura. De hecho, en el horizonte no había ningún fragmento de roca de la roca madre original debido a la facilidad que tiene la roca caliza para erosionarse.

La zona más oscura tanto del suelo del sitio A como del B correspondía a la superficie. El color oscuro se debe al aporte de materia orgánica de la vegetación en la superficie. A más profundidad el color de suelo del sitio A se volvía más claro y el del sitio B más rojo. La textura del horizonte en el sitio B era mucho más rica en arcilla. La científica explicó de nuevo que esto era muy común en suelos de esta región, ya que las partículas pequeñas de arcilla van descendiendo por el horizonte a lo largo del tiempo. El hecho de que hubiese más partículas arcillosas en la roca madre de caliza que en la arenisca, significa que la textura del suelo en el sitio B era más rica en arcilla. La científica también indicó, que en esta parte del mundo, los suelos ricos en arcilla suelen tener grandes cantidades de óxido de hierro cubriendo las partículas, que es lo que les da el color rojizo. El alto contenido en arcilla le da al suelo una consistencia firme y difícil de romper, por eso había pocas raíces en este horizonte. Uno de los constituyentes de la roca caliza es el carbonato de calcio pero en este perfil no se encontraron carbonatos. La científica de suelos explicó otra vez que debido al clima templado y a componentes, como ácidos en forma orgánica, que se filtran en el suelo, los carbonatos que originalmente hubiera en este suelo han sido desplazados. Si un suelo derivado de este tipo de roca madre caliza se hubiese formado en un clima más seco, se esperaría encontrar carbonatos en el perfil.

# Protocolo de Temperatura del Suelo



## **Objetivo General**

Medir la temperatura del suelo cercana a la superficie

## **Visión General**

El alumnado mide la temperatura del suelo a profundidades de 5 cm y 10 cm utilizando un termómetro de suelo.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado aprenderá a calibrar el termómetro de suelo, realizar mediciones con exactitud y precisión; registrar y enviar los datos recogidos. Aprenderá también a relacionar las mediciones de temperatura del suelo con las propiedades físicas y químicas del suelo.

## **Conceptos de Ciencias**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

Los suelos tienen propiedades como el color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad; son el sostén de muchos tipos de plantas.

La superficie de la Tierra va cambiando.

El agua circula por el suelo modificando las propiedades tanto del suelo como del agua.

### *Ciencias Físicas*

Los objetos tienen propiedades observables.

La energía se conserva.

El calor fluye de los objetos calientes a los fríos.

## **Habilidades de Investigación Científica**

Identificar preguntas y respuestas.

Diseñar y dirigir una investigación.

Utilizar herramientas y técnicas apropiadas incluyendo las matemáticas para recoger, analizar, e interpretar datos.

Describir, explicar, predecir y desarrollar modelos usando la evidencia.

Comunicar procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

10-15 minutos

## **Nivel**

Todos

## **Frecuencia**

Las mediciones de temperatura del suelo se pueden tomar a diario o semanalmente. Las mediciones estacionales se toman cada tres meses en intervalos de 2-3 horas durante dos días consecutivos (medición del *ciclo diario*).

## **Materiales y Herramientas**

Termómetro de suelo digital o de cuadrante

Clavo de 12 cm

Vaso de precipitados de 500 ml

Martillo

Separadores (para limitar la profundidad a la que se introduce el termómetro de suelo)

Termómetro de calibración para ajustar el termómetro de suelo de cuadrante

Reloj

Cuaderno de Ciencias GLOBE

*Hoja de Datos de Temperatura del Suelo*

## **Preparación**

Construir separadores para introducir el termómetro de suelo a la profundidad apropiada.

## **Requisitos Previos**

Ninguno

# Protocolo de Temperatura del Suelo – Introducción

La Temperatura del Suelo es fácil de medir y los datos recogidos son muy útiles para los científicos y para el alumnado. La temperatura del suelo afecta al clima, al crecimiento de las plantas, al momento en que aparecen los brotes o se cae la hoja, a la velocidad de descomposición de los desechos orgánicos y a otros procesos químicos, físicos y biológicos que suceden en el suelo.

La temperatura del suelo está directamente asociada a la temperatura de la atmósfera porque el suelo es un aislante del flujo de calor entre la tierra sólida y la atmósfera. En un día soleado, por ejemplo, el suelo absorbe energía del sol y su temperatura aumenta. Por la noche, el suelo libera calor al aire, y esto afecta directamente a la temperatura del aire.

Las temperaturas del suelo pueden ser relativamente bajas en verano o relativamente altas en invierno. Las temperaturas del suelo pueden oscilar entre 50°C en verano, cerca de la superficie del suelo en el desierto (más elevada que la temperatura máxima del aire) y valores por debajo de las heladas en invierno.

La temperatura del suelo influye de manera significativa en la aparición de los brotes y el crecimiento de las plantas. Por ejemplo, si la temperatura del suelo aumenta, las reacciones químicas suceden más rápido y se acelera la germinación de las semillas. Los agricultores utilizan los datos de temperatura del suelo para predecir cuándo conviene cultivar.

La temperatura del suelo también determina los ciclos de vida de seres vivos pequeños que viven en el suelo. Un ejemplo son los insectos y otros organismos que salen de la tierra dependiendo de la temperatura del suelo.

La temperatura del suelo también determina si el agua en el suelo se encuentra en estado gaseoso, líquido o sólido. La cantidad y estado del agua influye en las características de cada horizonte de un perfil de suelo. Por ejemplo, en suelos fríos no hay tanta descomposición de materia orgánica porque los microorganismos actúan a velocidades más bajas, quedando un suelo más de color oscuro. El calor intenso en climas tropicales aumenta la erosión y la producción de óxidos de hierro dando

al suelo colores rojizos. En latitudes al norte y al sur, a altitudes elevadas, hay capas de suelo que están permanentemente congeladas y que reciben el nombre de permafrost.

Si se derrite el permafrost, la estructura del suelo y el grosor de los horizontes se alteran y las raíces de las plantas sufren daños. A latitudes y altitudes medias, el suelo cercano a la superficie se congela en el invierno. La humedad del suelo se evapora por la superficie. La cantidad de humedad evaporada depende de la presión de vapor de agua del suelo y ésta depende de la temperatura. La humedad que se ha evaporado, se ha añadido a la humedad del aire, influyendo en el clima.

Comprender el calentamiento y enfriamiento de los suelos ayuda a predecir la duración de los periodos de crecimiento de las plantas, el tipo de plantas y animales que pueden vivir en ese suelo, y el aporte de humedad a la atmósfera. La cantidad de humedad en el suelo influye en la velocidad a la que el suelo se enfría y se calienta. Suelos húmedos se calientan más lentamente que los suelos secos porque el agua en los poros entre las partículas absorbe más calor que el aire.

Los datos de temperatura del suelo se pueden utilizar para predecir cómo el calentamiento y el enfriamiento global afectan al ecosistema. Los científicos utilizan los datos de la temperatura del suelo en sus investigaciones de factores muy diversos, tales como el control de la peste o el cambio climático. Recogiendo datos de temperatura del suelo, el alumnado de GLOBE contribuye significativamente en la comprensión de nuestro ambiente.

# Apoyo al Profesorado

## Preparación

Antes de que los alumnos tomen los datos, una vez cada tres meses, deben calibrar el termómetro siguiendo la *Guía de Laboratorio de Calibración del Termómetro de Suelo*. De esta manera se aseguran que las mediciones sean precisas.

Para asegurarse de que las mediciones de temperatura del suelo se realicen a la profundidad correcta, el alumnado utilizará un separador cuando introduzca el termómetro en el suelo. Los separadores se pueden hacer fácilmente siguiendo los siguientes pasos. Ver Figura SU-TE-1.

### Medición a 5 cm

1. Medir 7 cm desde la punta del termómetro y hacer una marca. (Tener en cuenta que el sensor de temperatura suele estar normalmente a 2 cm de la punta.)
2. Medir la distancia de la base del cuadrante del termómetro de suelo hasta la marca de 7 cm.
3. Hacer un separador cortando un trozo de madera o tubo de plástico de esta longitud. (Si se usa madera, hacer un agujero por el centro del bloque de madera).
4. Insertar el termómetro por el agujero del separador, 7 cm del termómetro tienen que sobresalir de la base del separador.
5. Etiquetar el separador con *Medición a 5 cm*.

### Medición a 10 cm

1. Medir 12 cm desde la punta del termómetro y hacer una marca. (Tener en cuenta que el sensor de temperatura suele estar normalmente a 2 cm de la punta.)
2. Medir la distancia de la base del cuadrante del termómetro de suelo hasta la marca de 12 cm.
3. Hacer un separador cortando un trozo de madera o tubo de plástico de esta longitud. (Si se usa madera, hacer un agujero por el centro del bloque de madera).
4. Insertar el termómetro por el separador, 12 cm del termómetro tienen que sobresalir de la base del separador.
5. Etiquetar el separador con *Medición a 10 cm*.

El alumnado puede ir marcando sus termómetros alternándose, y así insertarlos en el suelo a las profundidades apropiadas. Se pueden marcar con un rotulador permanente. Para obtener la medición a 5 cm se debe marcar el termómetro a 7 cm de la punta, y a 12 cm para obtener la medición de 10 cm.

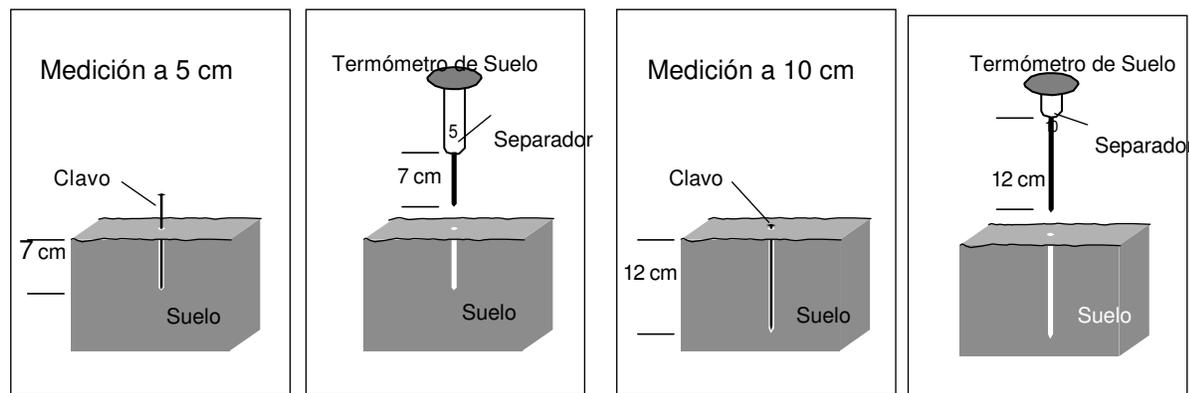
### Selección del Sitio

Los datos de temperatura del suelo se recogen cerca del Sitio de Estudio de Atmósfera o del Sitio de Estudio de Humedad del Suelo.

### Manejando las Herramientas

Las mediciones de temperatura del suelo no requieren un equipo caro. Se puede plantear la compra de tres termómetros de suelo. Tomando datos de manera triplicada, se reduce el tiempo necesario para recoger los datos.

Figura SU-TE-1: Haciendo Separadores para el Termómetro de Suelo



De esta manera es posible tomar datos diariamente – datos tomados más a menudo son más útiles para la investigación y en el aula.

Los termómetros de suelo se pueden romper si se fuerzan al introducirlos en el suelo. Es conveniente hacer primero agujeros con algo resistente, como un clavo, para que la tierra esté más blanda (ejemplo, tierra suelta). Marcar el clavo para el agujero piloto con un marcador permanente o una sierra para metales a la altura de 5 cm, 7cm, 10cm, y 12cm.

No se deben dejar los termómetros de suelo permanentemente en la tierra. Tampoco es buena idea dejarlos al aire libre si no se están utilizando, puesto que no están sellados herméticamente contra la humedad. (Ver el *Protocolo Opcional Automatizado de Temperatura del Suelo y del Aire* o el *Protocolo Digital Multi-Día de Temperatura Max/Min/Actual del Aire y del Suelo* para los aparatos que pueden dejarse tiempo en la tierra).

### **Organizando al Alumnado**

Dos o tres alumnos/as toman datos de la temperatura del suelo.

### **Frecuencia de Medición**

Los datos de temperatura del suelo se toman diariamente o semanalmente. Cada tres meses, en dos días consecutivos, el alumnado debe realizar las mediciones por lo menos 5 veces cada día en intervalos de aproximadamente dos o tres horas siguiendo el *Protocolo de Temperatura del Suelo– Guía de Campo de la Medición del Ciclo Diurno*. Un ciclo completo sería de 24 horas, la intención aquí es captar parte de este ciclo.

### **Procedimiento de Medición**

Después de seleccionar un sitio apropiado, se realiza un agujero piloto a una profundidad de 5 cm y se inserta el termómetro de suelo, pasados 2-3 minutos se lee la temperatura que marca. A continuación el agujero piloto se hace más profundo hasta 10 cm y de nuevo se inserta el termómetro leyendo lo que marca una vez que se estabiliza. Se repite este proceso dos veces más dentro de un radio de 25 cm de la medición primera. El tiempo total necesario es aproximadamente 20 minutos. A profundidades de 5 cm y 10 cm se mide la temperatura del suelo tres veces.

Las mediciones tomadas a la misma profundidad dentro del radio de 25 cm deben ser similares. Si uno de estos datos es anómalo (muy diferente de los demás)

serán los científicos que utilicen los datos los que se cuestionen si son válidos o no. El alumnado debe anotar en los metadatos (comentarios) cualquier cosa que sospechen que es anómala.

Las mediciones de temperatura se pueden utilizar para comenzar con las mediciones cuantitativas de GLOBE en el suelo del centro escolar, antes de que se haya colocado la caseta meteorológica. El equipo se saca fuera para realizar las mediciones y después se lleva de nuevo al aula para evitar problemas de seguridad.

### **Actividades de Apoyo**

Anime al alumnado a relacionar la temperatura del suelo con las características del suelo.

Deje que el alumnado compare las temperaturas del suelo con las del agua y el aire.

Deje que el alumnado examine las fluctuaciones estacionales de la temperatura del suelo.

Anime al alumnado a que dibuje una gráfica según espera que sean las temperaturas a diferentes profundidades. Después es interesante que la compare con los datos actuales de las gráficas de la página web del GLOBE.

Anime al alumnado a que discuta acerca de otras variables que pueden afectar a la temperatura del suelo.

Anime al alumnado a desarrollar el *Protocolo de Temperatura de la Superficie* correspondiente al *Área de Investigación de Atmósfera*. En este protocolo, se miden las temperaturas de la superficie. Estas mediciones pueden relacionarse con las temperaturas del suelo.

### **Preguntas para Investigaciones Posteriores**

¿Al mediodía solar es más elevada la temperatura del suelo o del aire?

Antes de que germine una semilla, ¿a qué temperatura deberá estar el suelo?

¿A qué temperatura se congela el suelo de tu área?

¿Cómo están relacionadas las otras mediciones de GLOBE con la temperatura del suelo?

El momento de máxima temperatura del aire y el momento de máxima temperatura del suelo a 10 cm de profundidad, ¿son constantes a lo largo del año?

# Calibrando el Termómetro de Suelo

## Guía de Laboratorio

### **Actividad**

Calibrar el termómetro de suelo.

### **Qué se Necesita**

- |   |  |
|---|--|
| - Termómetro de Suelo   | Agua   |
| - Calibración del termómetro (está determinado para una precisión de $+0,5^{\circ}\text{C}$ utilizando el método del baño de hielo descrito en el protocolo de Investigación de la Atmósfera) | Llave inglesa para las tuercas del termómetro de suelo |
| - Vaso de precipitados de 500 ml  | Cuaderno de Ciencias de GLOBE                          |

### **En el Laboratorio**

1. Verter unos 250 ml de agua a temperatura ambiente en un vaso de precipitados.
2. Colocar tanto el termómetro de calibración como el de suelo en el agua.
3. Controlar que el agua cubra al menos 4 cm de los termómetros. Añadir agua si es necesario.
4. Esperar 2 minutos.
5. Leer la temperatura de ambos termómetros.
6. Si la diferencia de temperatura entre ambos termómetros es inferior a  $2^{\circ}\text{C}$ , entonces significa que el termómetro de suelo ya está calibrado.
7. Si la diferencia de temperatura es mayor que  $2^{\circ}\text{C}$ , esperar dos minutos más.
8. Si la diferencia de temperatura continúa siendo mayor de  $2^{\circ}\text{C}$ , ajustar el termómetro de suelo girando la tuerca de la base del cuadrante con la llave inglesa hasta que el termómetro de suelo marque lo mismo que el termómetro de calibración.

# Protocolo de Temperatura del Suelo

## Guía de Campo

### **Actividad**

Medir la temperatura del suelo y del aire.

### **Qué se Necesita**

- *Hoja de Datos de Temperatura del Suelo*
- Termómetro de Suelo
- Separadores para el termómetro
- Clavo de 12 cm o más, marcado a 5 cm, 7 cm, 10 cm y a 12 cm (si el suelo es firme o muy firme)
- Reloj
- Cuaderno de Ciencias de GLOBE
- Bolígrafo o lapicero
- Martillo (si el suelo es muy firme)

### **En el Campo**

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de la Temperatura del Suelo*.
2. Ubicar el punto de muestreo (si el suelo es blando, obviar el paso 3).
3. Utilizar el clavo para hacer un agujero piloto de 5 cm de profundidad para el termómetro. Si el suelo es muy firme y es necesario utilizar un martillo, hacer un agujero de 7 cm de profundidad. Sacar el clavo con cuidado para alterar el suelo lo menos posible. Desenroscarlo al tirar de él sirve de ayuda. Si el suelo se resquebraja se intentará de nuevo a 25 cm de distancia.
4. Insertar el termómetro por el separador largo, de tal manera que sobresalgan 7 cm del termómetro. El cuadrante debe estar pegado a la parte superior del separador.
5. Introducir el termómetro en el suelo.
6. Esperar 2 minutos. Registrar la temperatura y el tiempo en el Cuaderno de Ciencias.
7. Esperar 1 minuto. Registrar la temperatura y el tiempo en el Cuaderno de Ciencias.
8. Si entre ambas lecturas hay una diferencia de máximo 1,0° C, registrar este valor y el tiempo en la *Hoja de Datos de Temperatura del Suelo* como Muestra 1, lectura a 5cm. Si la diferencia es mayor, continuar tomando la temperatura a intervalos de 1 minuto hasta que las dos lecturas consecutivas tengan una diferencia de 1,0° C como máximo.
9. Retirar el termómetro del agujero (si el suelo es blando, obviar el paso 10).

10. Utilizar el clavo para hacer más profundo el agujero (10 cm). Si es necesario utilizar un martillo, hacer el agujero de 12 cm de profundidad.
11. Reemplazar el separador largo por el corto de tal manera que sobresalgan 12 cm del termómetro. Introducir el termómetro en el agujero hasta que su punta esté a 12 cm por debajo de la superficie.
12. Esperar 2 minutos. Registrar la temperatura y el tiempo en el Cuaderno de Ciencias.
13. Esperar 1 minuto. Registrar la temperatura y el tiempo en el Cuaderno de Ciencias.
14. Si entre ambas lecturas hay una diferencia de máximo 1,0° C, registrar este valor y el tiempo en la *Hoja de Datos de Temperatura del Suelo* como Muestra 1, lectura a 10 cm. Si la diferencia es mayor, continuar tomando la temperatura en intervalos de 1 minuto hasta que las dos lecturas consecutivas tengan una diferencia de 1,0° C como máximo.
15. Repetir los pasos 2 al 14 para 2 agujeros más a 25 cm de distancia del primer agujero. Registrar estos datos en la *Hoja de Datos de Temperatura del Suelo* como Muestra 2, 5 y 10 cm y Muestra 3, 5 y 10 cm.  
**Nota:** estas tres series de mediciones se deben hacer en un periodo de máximo 20 minutos.
16. Si es posible, tomar y registrar la temperatura del aire actual del termómetro de la caseta meteorológica, o bien siguiendo el *Protocolo de Temperatura Actual* en la *Investigación de Atmósfera*.
17. Limpiar todo el equipo.

# Protocolo de Temperatura del Suelo – Medición del Ciclo Diario

## Guía de Campo

### Actividad

Medir la temperatura del suelo y del aire al menos cinco veces al día durante dos días.

### Qué se Necesita

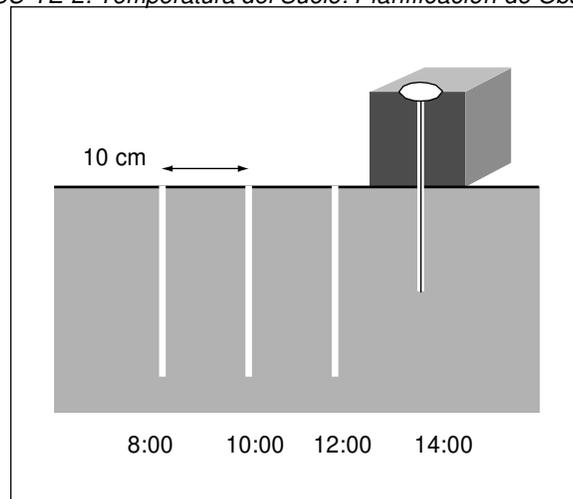
- Hoja de Datos de Temperatura del Suelo-  
Ciclo Diurno
- Termómetro de Suelo
- Separadores para el termómetro
- Clavo de 12 cm o más, marcado a  
5 cm, 7 cm, 10 cm y a 12 cm  
(si el suelo no es blando)
- Reloj
- Cuaderno de Ciencias GLOBE
- Bolígrafo o lapicero
- Martillo (si el suelo es muy firme)
- Termómetro (para medir  
temperatura actual)

### En el Campo

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de la Temperatura del Suelo* y elegir el primer punto de muestreo. Continuar con el paso 3 si el suelo es firme, o ir al paso 4. (Recordar que se repetirán los pasos 2 al 15 al menos cuatro veces más.)
2. Ubicar el siguiente punto de muestreo a 10 cm de las mediciones anteriores. Ver Figura SU-TE-2 (si el suelo es blando, pasar al punto 4).
3. Utilizar el clavo para hacer un agujero piloto para el termómetro, de 5 cm de profundidad. Si el suelo es muy firme y hay que usar un martillo, se hará el agujero de 7 cm de profundidad. Introducir el clavo tratando de alterar el suelo lo menos posible. Girar el clavo al tirar de él sirve de ayuda. Si el suelo se resquebraja, se intentará de nuevo a 10 cm de distancia.
4. Insertar el termómetro por el separador largo, de tal manera que sobresalgan 7 cm del termómetro. El cuadrante debe estar pegado a la parte superior del cuadrante del termómetro.
5. Introducir el termómetro en el suelo.
6. Esperar 2 minutos. Registrar la temperatura y el tiempo en el Cuaderno de Ciencias.
7. Esperar 1 minuto. Registrar la temperatura y el tiempo en el Cuaderno de Ciencias.
8. Si entre ambas lecturas hay una diferencia de máximo 1,0° C, registrar este valor y el tiempo de la muestra actual en la *Hoja de Datos de Temperatura del Suelo*, lectura a 5 cm. Si la diferencia es mayor, continuar tomando la temperatura en intervalos de 1 minuto hasta que las dos lecturas consecutivas tengan una diferencia de 1,0° C como máximo.
9. Retirar el termómetro del agujero (si el suelo es blando, obviar el paso 10).

10. Utilizar el clavo para hacer más profundo el agujero (10 cm). Si es necesario utilizar un martillo, hacer el agujero de 12 cm de profundidad.
11. Reemplazar el separador largo por el corto de tal manera que sobresalgan 12 cm de termómetro. Introducir el termómetro en el agujero hasta que su punta esté a 12 cm por debajo de la superficie.
12. Esperar 2 minutos. Registrar la temperatura y el tiempo en el Cuaderno de Ciencias.
13. Esperar 1 minuto. Registrar la temperatura y el tiempo en el Cuaderno de Ciencias.
14. Si entre ambas lecturas hay una diferencia de máximo 1,0° C, registrar este valor y el tiempo para la muestra actual en la *Hoja de Datos de Temperatura del Suelo*, lectura a 10 cm. Si la diferencia es mayor, continuar tomando la temperatura en intervalos de 1 minuto hasta que las dos lecturas consecutivas tengan una diferencia de 1,0° C como máximo.
15. Leer y registrar la temperatura del aire actual del termómetro de la caseta meteorológica, o bien siguiendo el *Protocolo de Temperatura Actual* en la *Investigación de Atmósfera*. La *Hoja de Datos de Temperatura del Suelo* permite al alumnado registrar los datos de la temperatura diurna del suelo.
16. Repetir los pasos 2 al 15 cada 2 ó 3 horas para, al menos medir cinco veces. Ver Figura SU-TE-2. Los tiempos en la figura son sólo ejemplos propuestos. Elegir tiempos que se amolden a sus horarios.
17. Al día siguiente, repetir pasos 2 al 16. Para el segundo día se necesitará una nueva *Hoja de Datos de Temperatura del Suelo*.

Figura SU-TE-2: Temperatura del Suelo: Planificación de Observación Diaria



# Protocolo de Temperatura del Suelo – Interpretando los datos

## **¿Son razonables los datos?**

Realizar gráficas con los datos de la temperatura del suelo es una herramienta útil para determinar las variaciones y tendencias de la temperatura. Por ejemplo, gráficas de la temperatura del suelo a lo largo de un año, a 5 y 10 cm de profundidad, en tres localizaciones que cubran un amplio abanico de latitudes, pueden mostrar tendencias interesantes. Ver Valdres, Noruega (61,13° N, 8,59° E: Figura SU-TE-3), Cleveland, OH, EE.UU (61,13 N, -81,56° O: Figura SU-TE-4), y Kanchanaburi, Tailandia (14,49° N, 99,47° E: Figure SU-TE-5). Estas gráficas indican que las temperaturas del suelo a 5 y 10 cm de profundidad siguen patrones similares variando a lo largo del tiempo.

Los datos de temperatura del suelo muestran generalmente variaciones diarias y estacionales que son similares a la temperatura del aire. El siguiente bloque de graficas muestra la temperatura del suelo a 5 cm y la temperatura media del aire para los mismos centros escolares de las gráficas anteriores. Ver Figuras SU-TE-6, SU-TE-7 y SU-TE-8. Observar que el eje de la temperatura del aire está a la izquierda y el eje de la temperatura del suelo está a la derecha.

Las siguientes preguntas pueden hacerse para ayudar determinar si los datos de las gráficas son razonables:

- ¿A qué profundidad es generalmente mayor la temperatura del suelo? ¿Es esto cierto en cada una de las tres localizaciones? ¿Es esto cierto a lo largo del año?
- ¿Cuál es la relación entre la temperatura del suelo y la del aire? ¿Es la misma en cada una de las tres localizaciones? ¿Es la misma a lo largo de todo el año?
- En las gráficas que se muestran, ¿qué temperatura, del aire o del suelo, tiene un registro anual más grande?

El alumnado puede determinar si sus datos son, o no son razonables, comparándolos con datos de otros centros escolares y haciéndose las mismas preguntas.

Observando las gráficas de sus mediciones de aire y del suelo, el alumnado tendrá mayor comprensión de las tendencias de la temperatura del sitio de estudio. Elaborar gráficas con los datos de la temperatura del suelo es también muy útil para identificar puntos de la curva que no

tienen sentido. Estos puntos son datos *anómalos*. Pueden ser resultantes de algún fenómeno natural o de algún problema con el procedimiento de recogida de datos. Las gráficas permiten también observar la tendencia de la temperatura del suelo a lo largo del día o del año.

Para analizar curvas de temperatura del suelo, el alumnado debería preguntarse lo siguiente:

- ¿Cuál es la temperatura media?
- ¿Cuál es la amplitud de los datos (diferencia entre el valor máximo y el mínimo)?
- ¿Cómo varían los datos en los diferentes intervalos de tiempo (diarios, semanales y mensuales)?
- ¿Son los bloques de datos o los metadatos (comentarios) los que pueden explicar cuando se interrumpe la regularidad?
- ¿Representan los datos una media temporal o espacial (hay que tener en cuenta que algunos científicos utilizan un equipo o procesador de datos que automáticamente hacen la media de parámetros, como la temperatura, a lo largo del tiempo. Normalmente, los datos de GLOBE representan mediciones instantáneas de un parámetro específico.)?

A continuación se exponen algunas tendencias que siguen los datos de temperatura del suelo:

- Relación o similitud entre los datos de la temperatura del suelo a 5 y 10 cm.
- El patrón de la temperatura del suelo debería ser similar al patrón que sigue la temperatura del aire.

## **¿Qué buscan los científicos en los datos?**

Los científicos relacionan los cambios en la temperatura del suelo con las características del suelo para determinar la diferencia en el calentamiento y enfriamiento de los suelos. Como el calor normalmente aumenta la velocidad de las reacciones físicas, químicas y biológicas, los científicos utilizan la temperatura del suelo para predecir la velocidad a la que ocurren procesos tales como la germinación de semillas.

Los científicos están interesados especialmente en datos a largo plazo de la temperatura del suelo. La comparación de la temperatura del suelo, del aire y del agua a lo largo de muchos años, les ayuda a comprender cambios climáticos a nivel global y muchos procesos relacionados con ello, como la formación del suelo y del permafrost. Los datos tomados a lo largo de mucho tiempo son necesarios para determinar la persistencia o tendencia de cualquier cambio que se observe.

Figura SU-TE-3

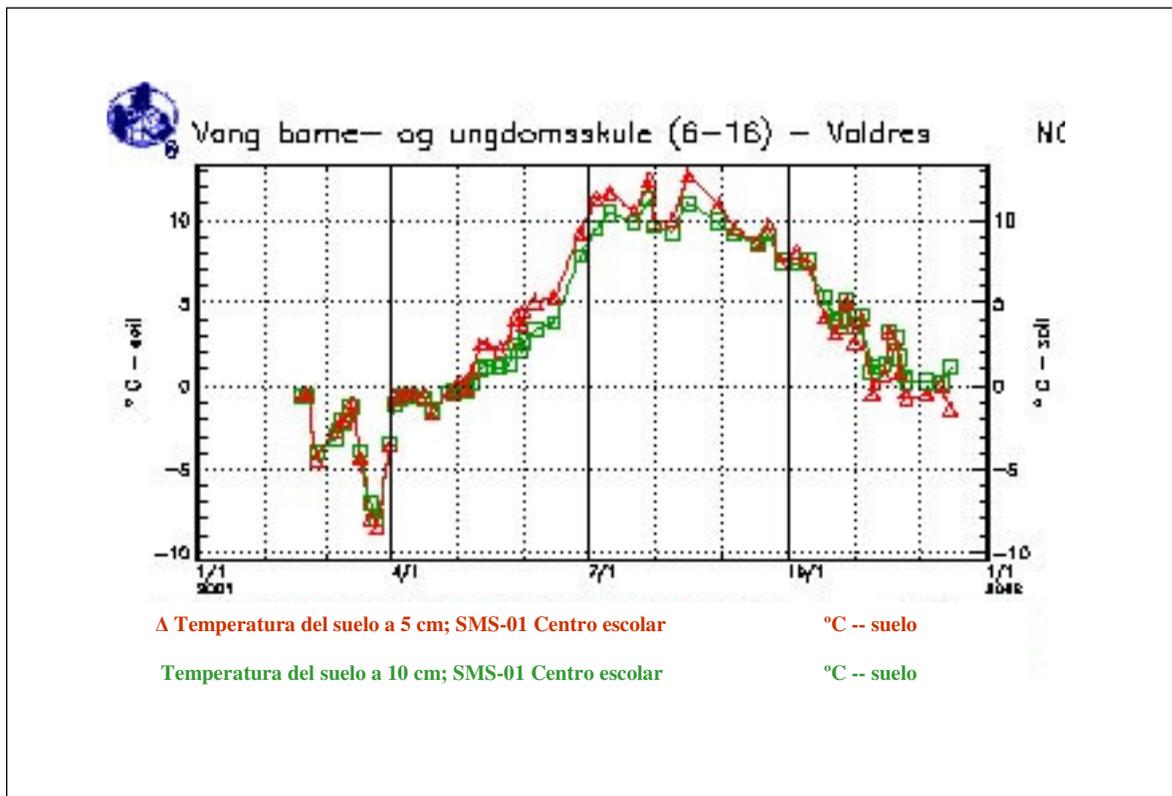


Figura SU-TE-4

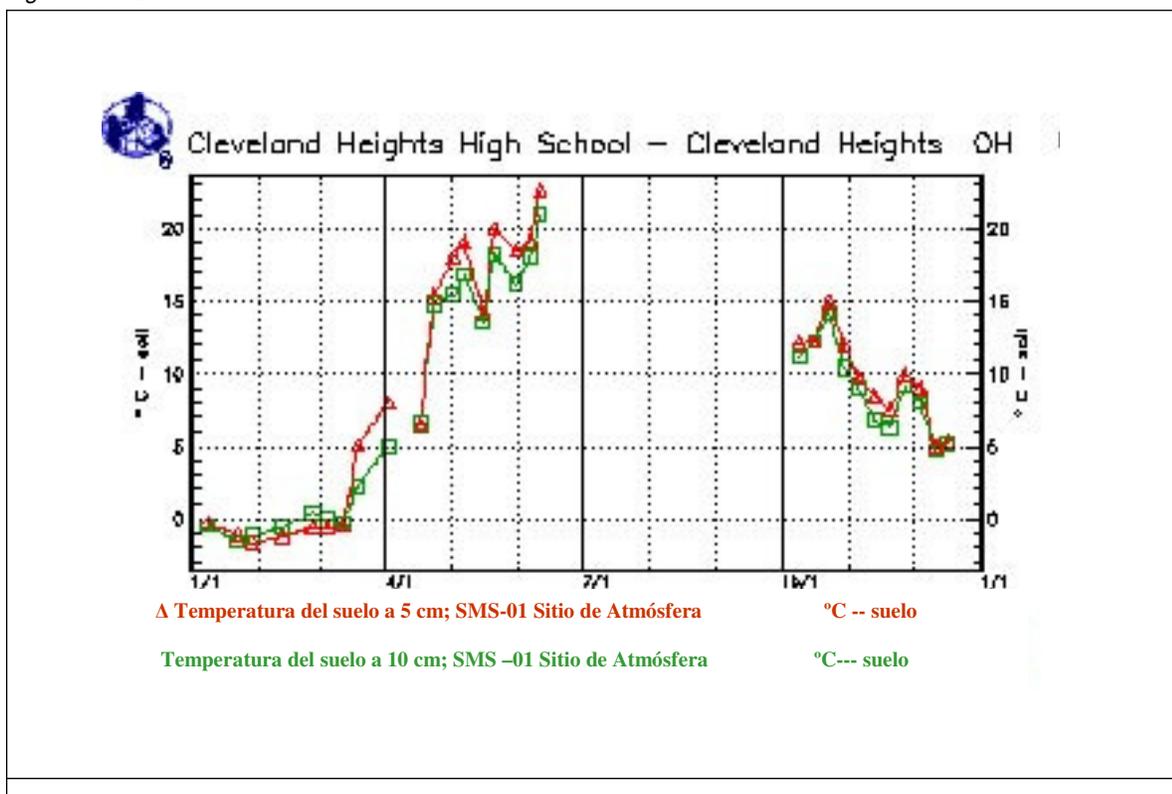


Figura SU-TE-5

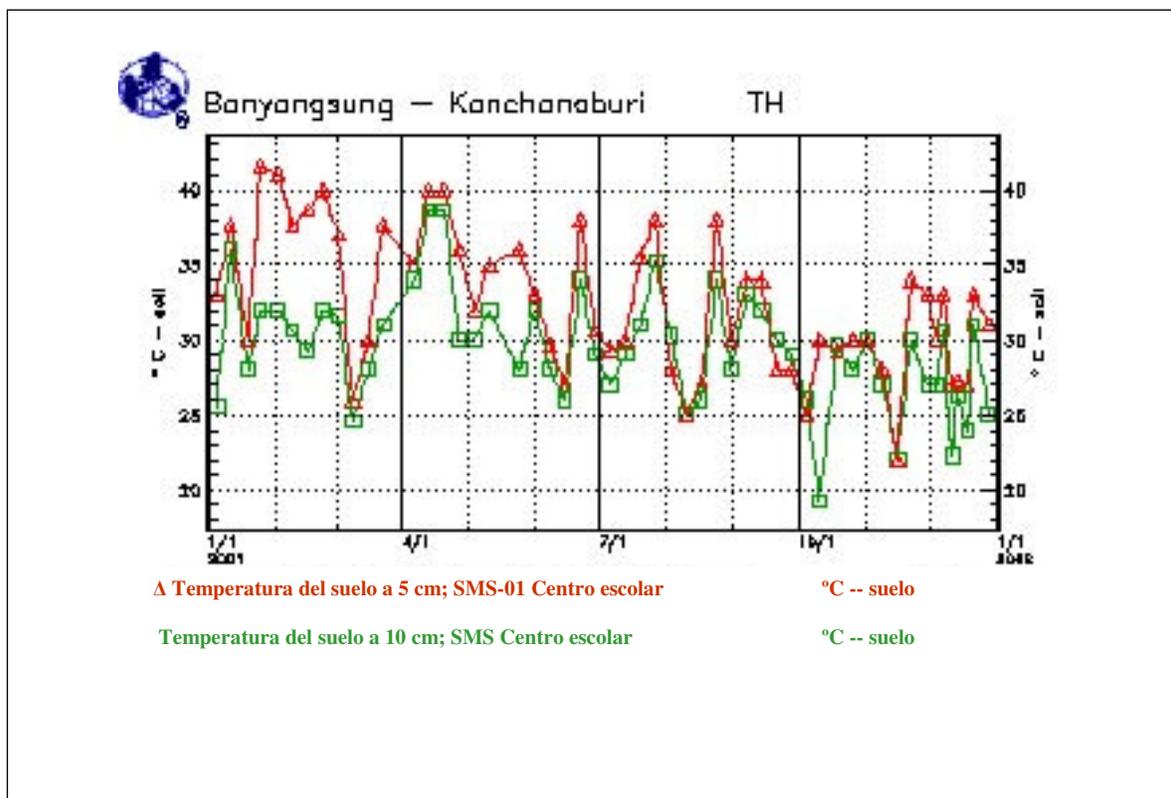


Figura SU-TE-6

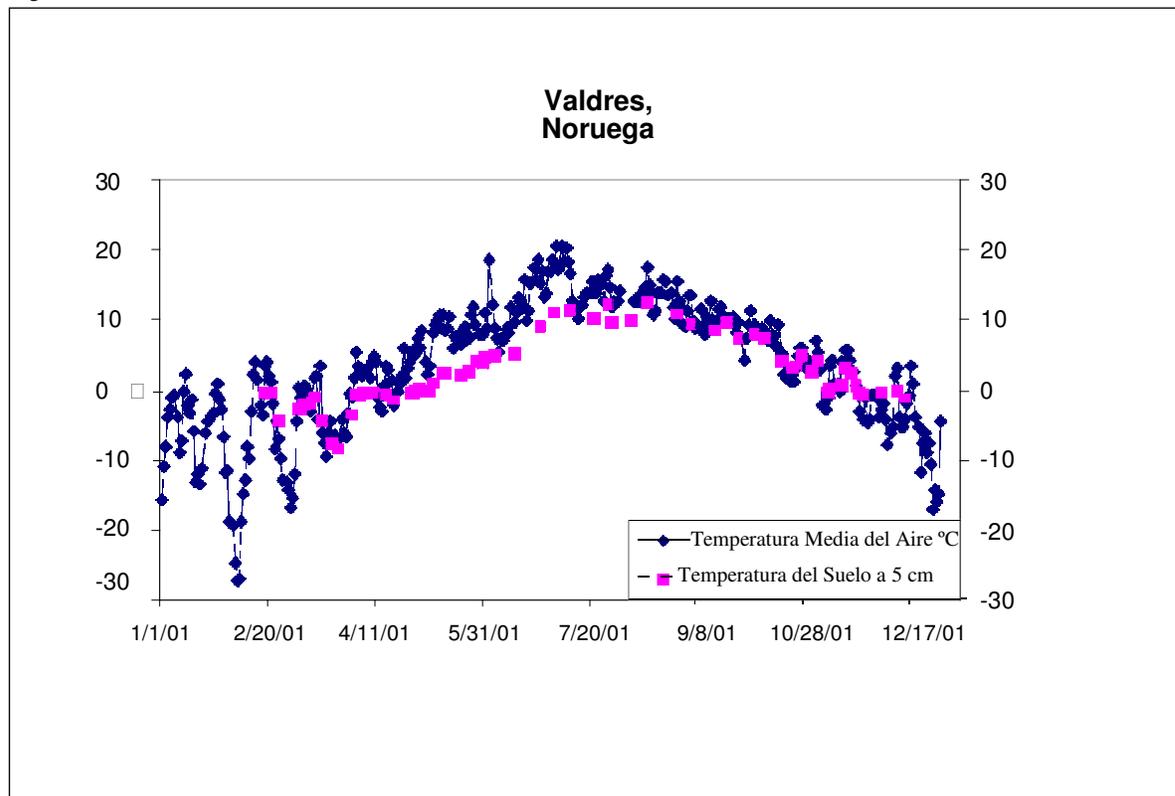


Figura SU-TE-7

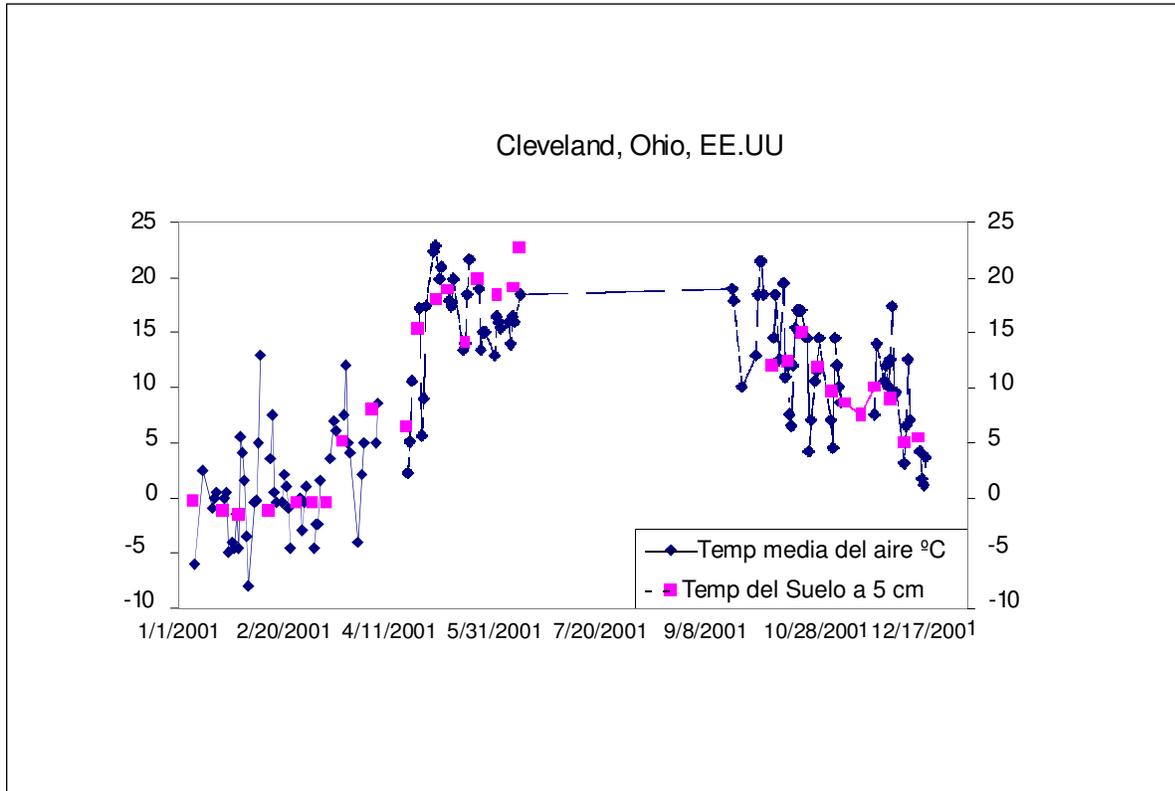
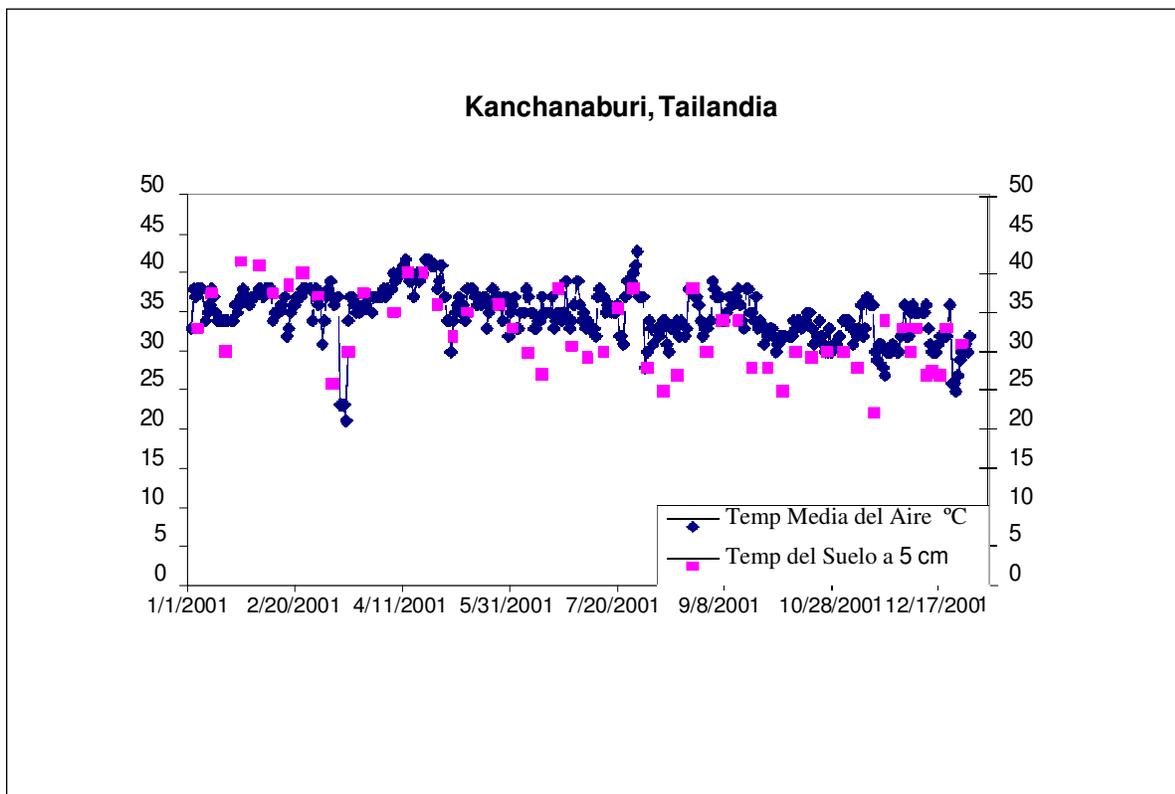


Figura SU-TE-8



Los científicos también utilizan las observaciones del suelo junto con modelos a diferentes escalas y con otro tipo de datos, tales como imágenes satelitales infrarrojas para validar o extrapolar sus conocimientos de un área a otra.

### **Ejemplo de un Proyecto de Investigación**

#### *Formulando una Hipótesis*

Observando datos de la temperatura del suelo de unos cuantos centros escolares del Programa GLOBE, un grupo de alumnos observó que en algunos centros escolares, la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad era más elevada que a 10 cm, sin embargo en otros centros escolares ocurría justo lo contrario. Los alumnos se preguntaron si estos datos habían resultado al azar, o bien estaba relacionado con el momento del año y con la temperatura del aire. Miraron las gráficas de datos de otros centros GLOBE y decidieron formular una hipótesis basada en sus conocimientos. Su hipótesis era la siguiente: *En verano, la temperatura del suelo a una profundidad de 5 cm será mayor (más calor) que la temperatura del suelo a 10 cm, y en invierno, será más baja (más fría) que la temperatura del suelo a una profundidad de 10 cm.*

#### *Tomando Datos*

Los alumnos/as estaban ubicados en una zona de clima de latitud media, así que decidieron comprobar su hipótesis con un centro escolar a una latitud similar a la suya. Eligieron el siguiente centro escolar: Norfolk Elementary School, Norfolk, AR (36,20° N, 92,27° O), se trataba de un centro de latitud media que había recogido datos de temperatura del suelo y de temperatura del aire durante dos años (Figura SU-TE-9). Los alumnos trazaron en la misma gráfica las curvas de la temperatura del suelo a 5 y 10 cm de profundidad, para poder comparar la diferencia entre ambas profundidades a lo largo de los dos años.

#### *Analizando Datos*

Observando la gráfica, el alumnado concluyó que los puntos de ambas curvas estaban muy próximos unos a otros como para determinar si

su hipótesis era cierta o no. Decidieron hacer un análisis más amplio de los datos. Comenzaron a restar la temperatura a 10 cm de la temperatura a 5 cm para calcular la diferencia de temperatura a lo largo del tiempo y así determinar si su hipótesis era correcta.

#### *Conclusiones*

De la Figura SU-TE-10, el alumnado pudo observar que los valores negativos, que representan el tiempo en el suelo a 10 cm está más caliente que el suelo a 5 cm, aparecían principalmente en los meses de otoño (septiembre, octubre y noviembre) e invierno (diciembre, enero, y febrero). Sin embargo, durante el invierno, había muchos valores positivos, es decir, que la temperatura a 5 cm era mayor que la temperatura a 10 cm. Motivo por el cual concluyeron manifestando que los datos negaban la hipótesis original de que la temperatura del suelo a 10 cm era más alta en invierno.

A pesar de que el alumnado observó que su hipótesis no era cierta todo el tiempo, la gráfica que realizaron confirmaba la idea de que a 10 cm de profundidad la temperatura del suelo sería más alta que la temperatura del suelo a 5 cm pero sólo en los meses más fríos. Para obtener una visión mejor, los alumnos trazaron una línea que mostraba la diferencia entre las temperaturas a 5 cm y a 10 cm y la temperatura media del aire. Ver Figura SU-TE-11. Hay que tener en cuenta que el eje para la diferencia de temperaturas del suelo está a la izquierda y el eje para la temperatura del aire está a la derecha. A partir de esta gráfica, se pudo concluir que en este lugar, la temperatura del aire debe ser baja ( $< 5^{\circ}\text{C}$ ) si la temperatura del suelo a 10 cm es más alta que la temperatura del suelo a 5 cm. Esta conclusión tenía sentido para el alumnado. Entendieron que cuando la temperatura del aire es elevada, se calienta primero el suelo que está más cercano a la superficie, pero cuando el aire está frío, se enfría primero el suelo más cercano a la superficie, dejando más caliente el suelo más profundo y por tanto más aislado.

### ***Investigación Posterior***

Los alumnos que trabajaron en este proyecto se preguntaron si la relación que observaron sería la misma en otras partes del mundo. Realizaron el mismo análisis de la temperatura del suelo y del aire de otros dos centros escolares, uno en Noruega, (Figura SU-TE-12) un clima mucho más frío, y otro en Tailandia, (Figura SU-TE-13) un clima mucho más cálido.

Se observó con esas gráficas que la relación entre la temperatura del suelo y del aire que encontraron en los datos de Arkansas era similar a los de Noruega, pero no a los de Tailandia. Esto les llevó a concluir que el clima y/o el tipo de suelo de una región influye en esa relación. Especularon que otras muchas regiones cálidas y húmedas no tienen el mismo patrón. Los alumnos se motivaron recogiendo datos suficientes de su propio centro escolar para estudiar los cambios en las temperaturas del aire y del suelo a 5 y 10 cm a lo largo del año.

Figura SU-TE-9

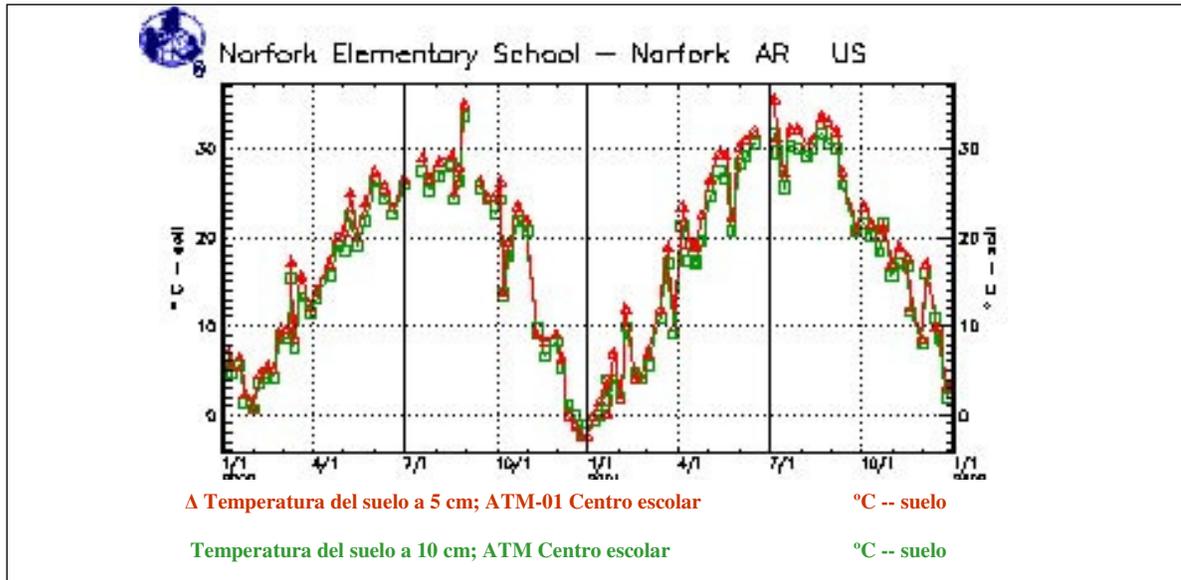


Figura SU-TE-10

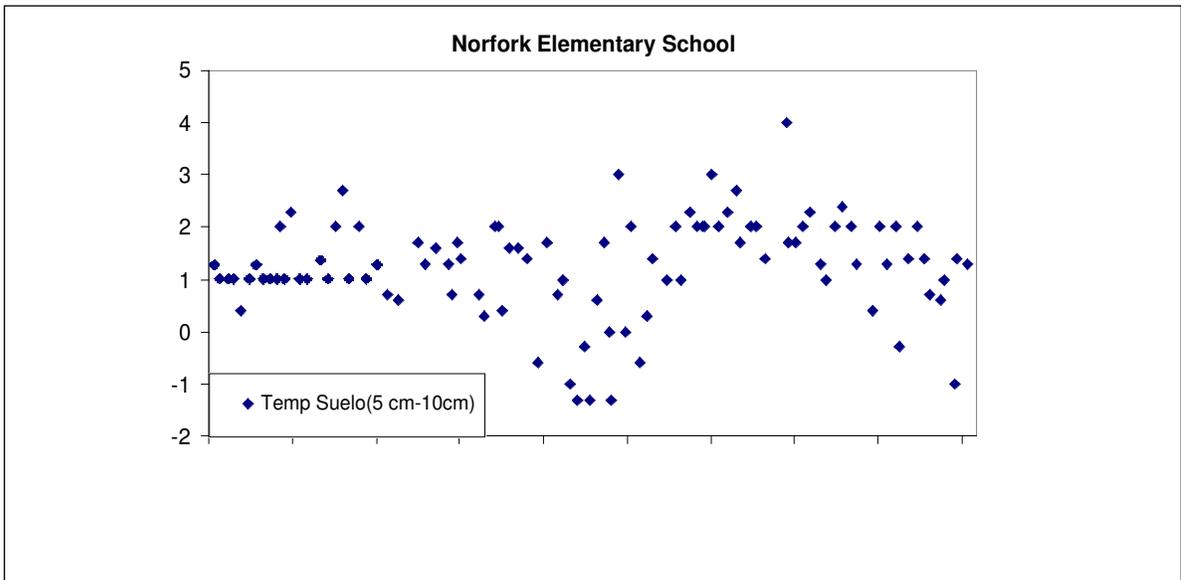


Figura SU-TE-11

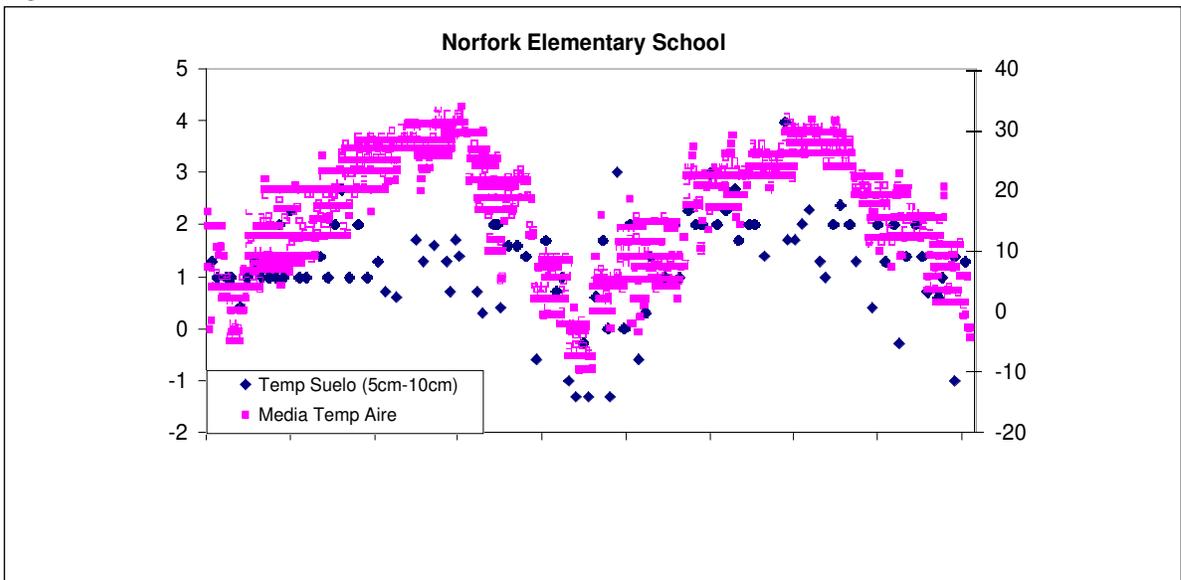


Figura SU-TE-12

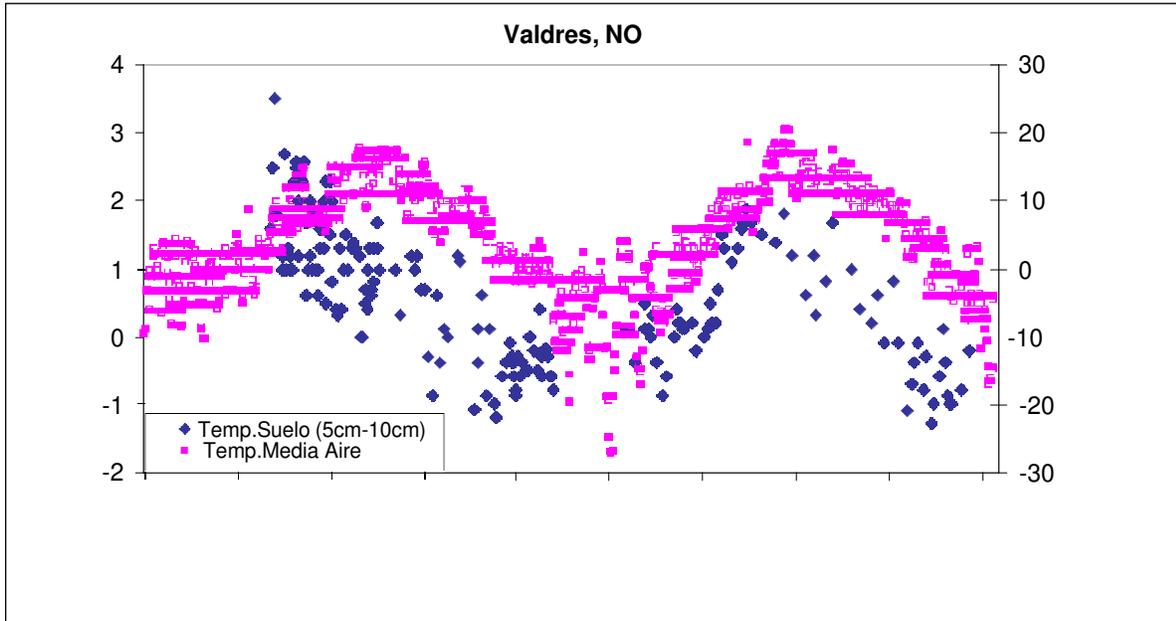
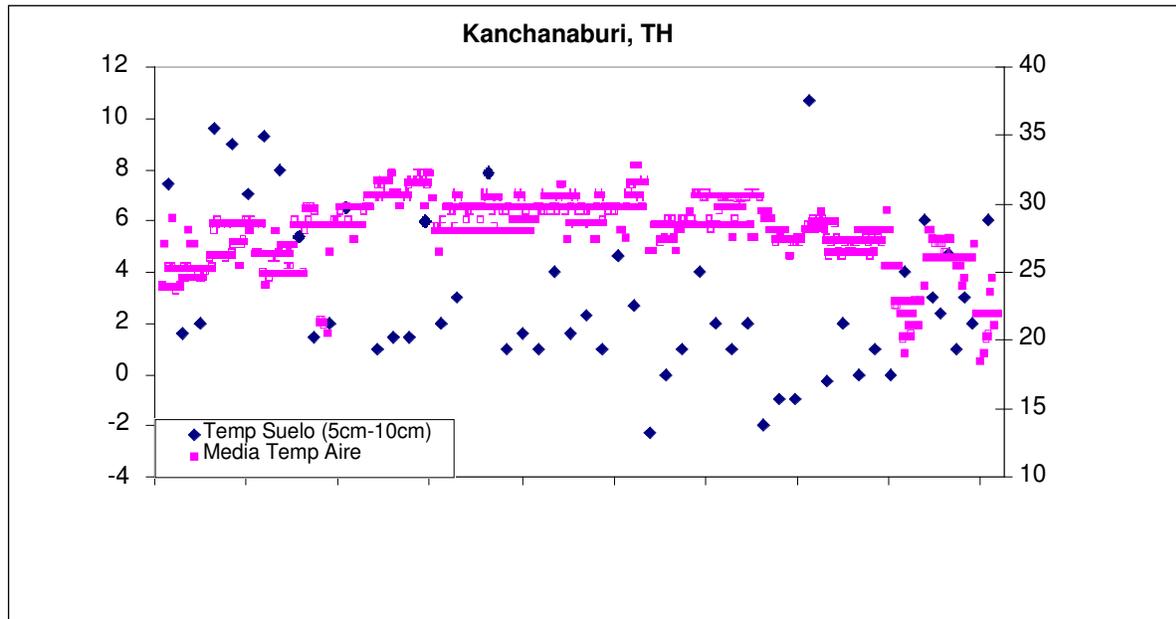


Figura SU-TE-13



# Protocolos de Humedad Gravimétrica

## **Objetivo General**

Medir el contenido de agua del suelo a partir de su masa.

## **Visión General**

El alumnado recoge muestras de suelo con una pala o barrena y las pesa, las seca y las pesa de nuevo. El contenido de agua en el suelo se determina calculando la diferencia entre la masa de la muestra húmeda y la masa de la muestra seca.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado recoge muestras de suelo en el campo para después medir la humedad del suelo, registrar y enviar los datos de humedad.

El alumnado aprende a relacionar las mediciones de humedad del suelo con las propiedades físico-químicas del suelo.

## **Conceptos de Ciencias**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

Los componentes de la Tierra son rocas sólidas, suelo, agua, biota, y los gases de la atmósfera. Los suelos tienen propiedades como el color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad; y son el soporte de muchos tipos de plantas.

La superficie de la Tierra va cambiando.

Los suelos están formados por minerales (menores de 2 mm), materia orgánica, aire y agua.

El agua circula por el suelo modificando las propiedades tanto del suelo como del agua.

### *Ciencias Físicas*

Los objetos tienen propiedades observables.

## **Habilidades de Investigación Científica**

Identificar preguntas y respuestas.

Diseñar y dirigir una investigación.

Utilizar herramientas y técnicas apropiadas incluyendo las matemáticas para recoger, analizar, e interpretar datos.

Describir, explicar, predecir y desarrollar modelos usando la evidencia.

Comunicar procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

20-45 minutos para recoger muestras.

5-15 minutos para pesar las muestras húmedas.

5-15 minutos para pesar las muestras secas.

Las muestras se secan en un horno de secado durante la noche. Otra posibilidad es secarlas en un microondas. En este caso se deben pesar las muestras varias veces durante el proceso de secado. Para este método se requiere más tiempo.

## **Nivel**

Todos.

## **Frecuencia**

Para participar en la campaña de GLOBE de humedad del suelo, hay que realizar las mediciones en tantos lugares como sea posible durante los siguientes periodos:

Primeras dos semanas de octubre, coincidiendo con la Semana Mundial de Ciencias de la Tierra y del Espacio.

Cuarta semana de abril coincidiendo con el Día de la Tierra.

Doce o más veces al año en el mismo lugar, en un intervalo de días, semanas o meses.

## **Materiales y Herramientas**

Horno de secado o microondas

Termómetro (que mida hasta 110° C) si se utiliza horno de secado.

Recipiente para microondas si se utiliza éste para el secado del suelo.

Balanza con precisión de 0,1 g (con capacidad de 600 g recomendada, con capacidad mínima requerida de 400 g)

Manopla para el horno

Metro de madera

<p>Regla milimetrada  Rotuladores permanentes para marcar los recipientes  Brújula  Cuaderno de Ciencias GLOBE  Hoja de Definición del Sitio de Humedad del Suelo</p> <p><b>Patrón Estrella:</b>  <i>Hoja de Datos de Humedad del Suelo - Patrón Estrella</i>  Pala  6 recipientes para recoger muestras de suelo (latas, botes o bolsas de plástico herméticas)</p> <p><b>Patrón Transecto:</b>  <i>Hoja de Datos de Humedad del Suelo - Patrón Transecto</i>  Pala  50 metros de cinta o cuerda marcada cada 5 metros.  13 recipientes para recoger muestras de suelos (latas, botes o bolsas de plástico herméticos).</p>	<p><b>Perfil de Profundidad</b>  <i>Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Perfil de Profundidad</i>  Barrena  Recipientes para recoger muestras de suelo (latas, botes o bolsas de plástico herméticas)</p> <p><b>Preparación</b>  Se decide la frecuencia y método del muestreo.</p> <p>Se pesa cada lata con la muestra de suelo sin tapa y se marca su masa y el número en la propia lata.</p> <p>Se selecciona y se define un sitio de humedad del suelo.</p> <p><b>Requisitos Previos</b>  Ninguno</p>
--	--

# Introducción al Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo

El suelo actúa como una esponja a lo largo de toda la superficie terrestre. Absorbe lluvia y nieve derretida, ralentiza las escorrentías y ayuda a controlar las inundaciones. El agua absorbida se encuentra en la superficie, en las partículas del suelo y en los poros que hay entre las partículas. Esta agua está disponible para las plantas en periodos de pocas precipitaciones. Parte de esta agua se evapora aumentando la humedad del aire, otra parte se drena como aguas subterráneas. Suelos absorbentes, como aquellos que se encuentran en zonas pantanosas, absorben crecidas de agua y la devuelven lentamente, previniendo escorrentías perjudiciales. Suelos que están saturados de agua, no tienen espacios porosos libres para retener más agua por lo que el agua de nuevas lluvias fluye por la superficie hasta las zonas más bajas. Si se mide la cantidad de agua almacenada en el suelo, se puede determinar la capacidad del suelo para regular el ciclo hidrológico. Este indicador ambiental tan valioso también es útil para estimar el balance de suelo-agua – indica cuánta cantidad de agua se almacena en un suelo a lo largo de un año.

Para que las plantas crezcan, necesitan un lugar donde haya agua y nutrientes. Normalmente, los nutrientes provienen de minerales disueltos y de materia orgánica y son transportados hasta las plantas por el agua del suelo. A veces el agua que fluye descendiendo por el suelo, transporta sustancias químicas y nutrientes desde las capas superiores y los va depositando en las capas de suelo más profundas. Este proceso se llama filtración. Sustancias infiltradas suelen depositarse en las capas inferiores del suelo, o bien permanecer en el agua y ser transportadas hasta ríos, lagos y aguas subterráneas.

El agua es un elemento muy importante en los procesos de erosión ya que rompe rocas y va formando el suelo. En climas fríos por ejemplo, el agua en las grietas se congela y se expande rompiendo las rocas. Cuando el agua se derrite, fluye y transporta algunos fragmentos de roca. Este proceso de erosión por efecto del agua al convertirse en hielo es uno de los primeros en actuar para la formación de un suelo.

En climas tropicales, el agua disgrega las rocas y ayuda a que se formen las partículas del suelo y los minerales al disolver la roca.

El agua también ayuda a la incorporación al suelo de la materia orgánica a partir de plantas y animales muertos, pero solamente en presencia de oxígeno atmosférico. En algunos lugares, el suelo está tan inundado de agua que no hay oxígeno, y los restos vegetales y animales se conservan centenares de años debido a la lenta descomposición por falta de oxígeno.

Parte del agua almacenada en el suelo se evapora de nuevo a la atmósfera enfriando el suelo y aumentando la humedad relativa del aire. Esto a veces puede influir en el clima local. La cantidad de agua en el suelo influye también en la temperatura del suelo. Como el agua líquida tiene mayor capacidad calorífica que el aire o el suelo, se necesita más calor para aumentar la temperatura del suelo húmedo. De manera similar, será necesario más “frío” para disminuir la temperatura del suelo húmedo. El efecto final es que el agua del suelo disminuye la velocidad del calentamiento y del enfriamiento del suelo.

# Apoyo al Profesorado

## **Preparación**

Antes de comenzar con el *Protocolo de Humedad del Suelo*, hay que rellenar la *Hoja de Definición del Sitio de Humedad del Suelo*. También se deben pesar los recipientes con las muestras de suelo y escribir la masa en cada uno de ellos con un rotulador permanente. Es recomendable enumerar cada recipiente para identificarlos.

## **Frecuencia de Medición**

La campaña GLOBE de humedad del suelo tiene lugar dos veces al año durante las dos primeras semanas de octubre, coincidiendo con las Semanas de Ciencias de la Tierra y del Espacio, y durante la cuarta semana de abril coincidiendo con el Día de la Tierra. Esta es también una oportunidad para recoger datos de cobertura terrestre en cualquiera de los sitios de humedad del suelo que sea homogéneo en toda un área de 90 m por 90 m.

Otra alternativa es tomar datos de humedad del suelo en un solo lugar suficientemente cercano al centro escolar, de tal manera que los datos de humedad se puedan tomar por lo menos 12 veces espaciadas de forma regular. Simultáneamente al muestreo de humedad del suelo, se pueden realizar otras mediciones GLOBE que afecten a la humedad del suelo, como por ejemplo, la precipitación. Una vez que el alumnado identifica la precipitación anual en su zona, le interesará recoger muestras para determinar la humedad cuando el suelo cambie de condiciones húmedas a secas, dependiendo de la precipitación. Por ejemplo, si en los alrededores del centro escolar llueve menos a principios de marzo que en mayo, el alumnado podría desarrollar un estudio de 12 semanas de marzo a mayo. Si la temporada de precipitaciones se extiende, el alumnado podría hacer el muestreo cada dos semanas durante 24 semanas, o incluso un muestreo al mes a lo largo del año.

La cantidad de muestreos puede aumentarse. Lo importante es tratar de elegir siempre un tiempo húmedo, intermedio y seco alrededor de los periodos de mayor humedad. Recogiendo muestras una o dos veces por semana todo el año ofrece por supuesto resultados muy fiables para observar el comportamiento de la humedad del suelo.

## **Procedimiento para las Mediciones**

Es importante colocar las muestras de suelo en recipientes bien herméticos y pesarlos sin tapa lo

antes posible. Si las muestras se secan un poco antes de que se pesen, los datos de humedad serán erróneos.

Las muestras se secan hasta que toda el agua se haya eliminado y se pesan una segunda vez. La diferencia de la masa antes y después del secado corresponde a la masa de agua que estaba presente en el suelo. Los científicos llaman a este método, técnica gravimétrica, porque se trata de una medición pesando muestras.

La relación de la masa de agua con la masa de suelo seco nos define el contenido de agua. La masa de agua se divide entre la masa de suelo seco para obtener un valor normalizado para el contenido de agua en el suelo. Este valor se puede comparar con otros resultados obtenidos otros días incluso aunque el tamaño de la muestra varíe de un día a otro. También son válidas las comparaciones de muestras de diferentes lugares.

El *Protocolo de Humedad del Suelo* ofrece tres maneras de hacer muestreos: El Patrón Estrella, el Perfil de Transecto, y el Perfil de Profundidad. El objetivo de los patrones es evitar que se cave en el mismo lugar dos veces. Se selecciona un modelo de muestreo que mejor complemente las otras mediciones de GLOBE que se realicen, o bien que cumplan los objetivos educativos que interesen. Existe una cuarta opción de muestreo disponible sólo en Internet para la campaña de humedad de suelo semi-anual, pero es muy similar al protocolo de Patrón Estrella que se describe a continuación:

1. El Patrón Estrella se trata de 12 de muestreos en 12 ubicaciones diferentes dentro de un área de 2 x 2 en forma de estrella y en 12 periodos diferentes.  
En cada una de las 12 ubicaciones, se eligen tres puntos a 25 cm uno de otro. En cada uno de los tres puntos se toma una muestra a 5 cm y otra a 10 cm, por lo que en total se recogen 6 muestras por cada ubicación en la estrella. Este muestreo se puede desarrollar paralelamente al Protocolo de Temperatura del Suelo, de tal manera que la medición de temperatura se realiza a la misma profundidad y ubicación que las mediciones de humedad del suelo.

2. Para el Patrón de Transecto se requiere un espacio abierto de por lo menos 50 m de longitud. Se recogen trece muestras de los primeros 5 cm de profundidad del suelo. Este modelo de muestreo permite observar variaciones espaciales en la humedad del suelo superficial. También es útil para poder comparar datos de humedad que han sido recogidos por satélites. Esta técnica de medición por control remoto detecta la humedad contenida en los primeros 5 cm de profundidad a lo largo de áreas de 100 o más metros cuadrados.
3. El Perfil de Profundidad se basa en un muestreo a 5 cm y, con ayuda de una barrena, a 10 cm, 30 cm, 60 cm y a 90 cm. El uso de la barrena requiere un poco más de tiempo, pero se obtienen datos buenos y además complementan al *Protocolo de Caracterización del Suelo* y al *Protocolo de Medición Automatizada de Temperatura del Aire y del Suelo*.

Para reducir el uso del microondas para secar las muestras, se recomienda dejar unos días las muestras destapadas para que se sequen al aire, una vez pesada la masa húmeda de suelo, y después ya secarlas en el microondas.

El muestreo de humedad gravimétrica del suelo, perturba el estado natural del suelo, por lo que nunca se deben coger muestras de un mismo punto a lo largo de unos cuantos años. Se compensa el transecto o se desplaza el centro de la estrella dentro de un área de 10 metros de diámetro.

### **Manejando Materiales**

Hay que asegurarse de que los recipientes de las muestras se pueden cerrar herméticamente para prevenir que se evapore la humedad. Las latas pueden oxidarse si no se secan bien después de su uso.

Si se etiquetan o se marcan las latas, hay que asegurarse de que no se borre la marca en el proceso de secado.

Para secar las muestras y para pesarlas se deben quitar las tapas.

Las balanzas se colocan en superficies planas y se deben calibrar antes de su uso.

### **Organizando al Alumnado**

Es más eficiente si se forman grupos pequeños para recoger muestras: uno o dos estudiantes para cada par de 5 y 10 cm en el Patrón Estrella, uno o dos estudiantes por punto a lo largo del Transecto, y de dos a cuatro estudiantes para las muestras del perfil de profundidad. Al mismo tiempo, los mismos alumnos/as u otro grupo pueden desarrollar el *Protocolo de Temperatura del Suelo*.

### **Actividades de Apoyo**

Para explicar conceptos como que el suelo almacena agua, que hay muchas variables que afectan a la cantidad de agua contenida en el suelo, o que la cualidad del agua se ve influida al pasar a través del suelo, se recomienda realizar la *Actividad de Aprendizaje Un Simple Repaso*.

Para que el alumnado comprenda mejor el contenido de agua en el suelo, se puede realizar la *Actividad de Aprendizaje de Suelos como Esponjas*.

### **Preguntas Para Investigaciones Posteriores**

¿Qué otros centros escolares de GLOBE tienen patrones de humedad de suelo similares al suyo?

¿Cuántas semanas al año está su suelo seco o mojado?

¿Cambia la humedad del suelo durante el invierno?

¿Qué zonas alrededor del centro escolar están normalmente secas, y cuáles húmedas? ¿Por qué?

¿Qué suelo puede almacenar más agua: arcilla, arena o limo? ¿Por qué? ¿Cuál aporta más agua a las plantas?

¿Afecta el tipo de cobertura terrestre a la cantidad de agua que entra en el suelo? ¿Afecta a la velocidad a la que el suelo se seca después de una tormenta?

¿Cómo se relaciona la porosidad de un suelo con la cantidad de agua que puede almacenar ese horizonte?

¿Cómo cambia el contenido de agua de un horizonte a otro en el mismo perfil?

¿Qué ocurre con el flujo de agua descendente si el horizonte tiene una textura gruesa tipo arenosa sobre un horizonte con alto contenido en arcilla?

¿Qué ocurre con el flujo de agua si un horizonte arcilloso está sobre uno arenoso?

¿Cómo se relaciona la humedad del suelo con la humedad relativa del aire?

# Protocolo de Humedad del Suelo – Patrón Estrella

## Guía de Campo

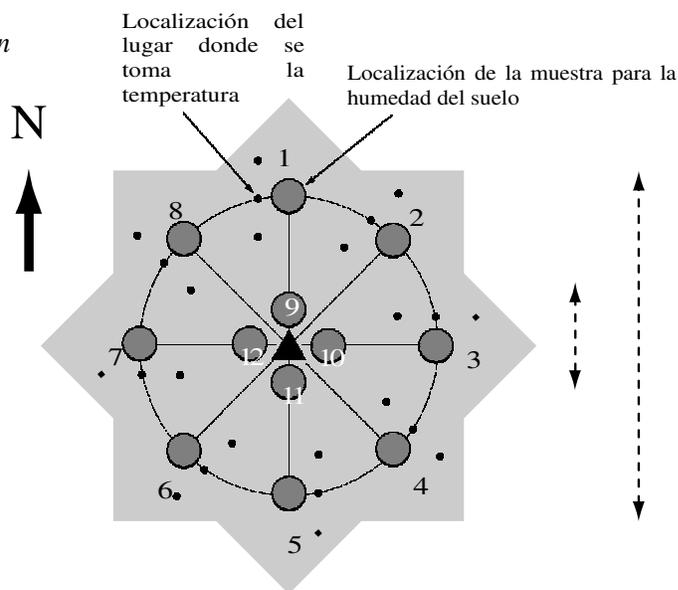
### Actividad

Tomar muestras a 0-5 cm y a 10 cm de profundidad para medir la humedad del suelo.

### Qué se Necesita

- Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Patrón Estrella

- Brújula (para ubicar el lugar de muestreo)
- Pala
- 6 recipientes para cada muestra de suelo marcados con su masa y un número de recipiente.
- Metro de madera
- Regla para medir en milímetros.
- Cuaderno de Ciencias GLOBE
- Bolígrafo o lápiz



### En el Campo

1. Completar la parte superior de la *Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Patrón Estrella*.
2. Localizar el punto de muestreo en la estrella y retirar la hierba o cobertura que haya.
3. Hacer un agujero de 10-15 cm de diámetro de 5 cm de profundidad. Dejar la tierra suelta en el agujero.
4. Retirar de la tierra suelta cualquier roca más grande que un guisante (alrededor de 5 mm), raíces largas, lombrices, larvas y otros organismos.
5. Rellenar, con ayuda de una pala, un recipiente con al menos 100 g de tierra suelta.
6. Inmediatamente cerrar el recipiente herméticamente para que no se pierda la humedad.
7. Apuntar la masa y el número del recipiente, en la Hoja de Datos en el espacio contiguo a Muestra 1, 0-5 cm.
8. Sacar toda la tierra del agujero hasta una profundidad de 8 cm.
9. En un recipiente limpio, colocar una muestra del suelo obtenida de entre 8 y 12 cm de profundidad. Recordar retirar cualquier roca, raíces largas, y organismos. Cerrar el recipiente herméticamente.
10. Apuntar la masa y el número del recipiente en la Hoja de Datos en el espacio contiguo a la Muestra 1, 10cm.
11. Tapar el agujero con el resto de tierra que quede.
12. Repetir los pasos del 3 al 11 dos veces en nuevos agujeros a 25 cm del punto de muestreo original, llenando los otros cuatro recipientes y apuntando las masas y números de los recipientes para las muestras 2 y 3 de ambas profundidades. Al final hay que tener seis recipientes llenos de tierra tomada de tres agujeros.

# Protocolo de Humedad del Suelo - Transecto

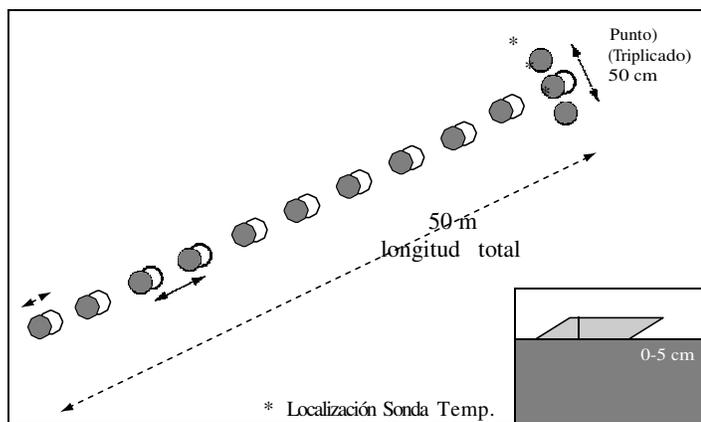
## Guía de Campo

### Actividad

Recoger muestras de humedad del suelo a profundidades de 0-5 cm a lo largo de una línea de 50 metros.

### Qué se Necesita

- Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Patrón Transecto
- Palas (1 por grupo)
- 13 recipientes de muestras de suelo pesadas y etiquetadas con el valor de su masa y número de recipiente
- 50 metros de cuerda marcada cada 5 metros
- Reglas marcadas en milímetros (1 por grupo)
- Cuaderno de ciencias GLOBE
- Bolígrafo o lápiz
- Brújula



### En el Campo

1. Completar la parte superior de la *Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Patrón Transecto* incluyendo la lectura de la brújula a lo largo de la línea del transecto.
2. Alargar la cuerda a lo largo del transecto que se quiere medir.
3. Localizar el punto de muestreo a lo largo del transecto. Los puntos de muestreo deben estar cada 5 metros a lo largo de la línea. Además se seleccionan 2 puntos extras al final del transecto a 25 cm como máximo del punto final. Los puntos de muestreo deben marcarse comenzando con la Muestra 1 al principio del transecto.
4. Se corta o se retira la hierba o cualquier cobertura que haya sobre el punto de muestreo.
5. Se cava un agujero de 10 a 15 cm de diámetro y 5 cm de profundidad. Se deja el suelo suelto en el agujero.
6. Se retiran del suelo suelto las rocas de tamaño superior a un guisante (unos 5 mm), las raíces largas, lombrices y otros organismos.
7. Se usa la pala para rellenar el recipiente al menos con 100g de suelo suelto.
8. Inmediatamente se cierra el recipiente herméticamente para conservar la humedad.
9. Se registra en la *Hoja de Datos* en el lugar correspondiente, el número de recipiente, masa, y distancia al punto de inicio del transecto.
10. Se continúa recogiendo una muestra en cada punto de muestreo a lo largo del transecto. Se recuerda retirar rocas, raíces largas y animales. Se cierra herméticamente cada recipiente y se registra en la *Hoja de Datos* el número de muestra y la distancia al punto de inicio del transecto. Incluyendo las 2 muestras extra que se cogen cerca del punto final, se deben tener en total 13 recipientes de muestras recogidas a lo largo del transecto.

# Protocolo de Humedad del Suelo – Perfil de Profundidad

## Guía de Campo

### Actividad

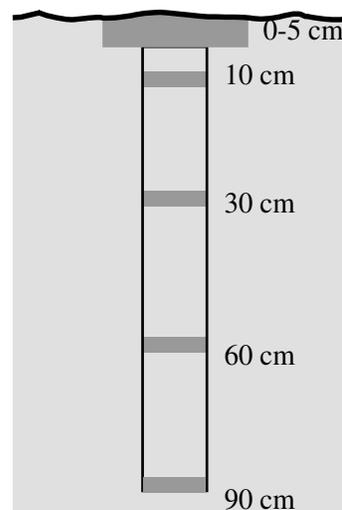
Recoger muestras de humedad del suelo a profundidades de 0-5 cm, 10 cm, 30 cm, 60 cm y 90 cm.

### Qué se Necesita

- Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Perfil de Profundidad
- 5 recipientes pesados y etiquetados con la masa y número de recipiente
- Pala
- Barrena
- Metro de madera
- Brújula (para localizar el punto de muestreo)
- Cuaderno de ciencias GLOBE
- Bolígrafo o lápiz

### En el Campo

1. Completar la parte superior de la *Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Perfil de Profundidad*.
2. Localizar el punto de muestreo en la estrella y retirar la hierba o cobertura que haya. Ver *Protocolo de Humedad del Suelo – Patrón Estrella*
3. Se cava con la pala un agujero de 10-15 cm de diámetro y 5 cm de profundidad. Se deja el suelo suelto en el agujero.
4. Se retiran del suelo suelto las rocas de tamaño superior a un guisante (unos 5 mm), las raíces largas, lombrices y otros organismos.
5. Se usa la pala para rellenar el recipiente con al menos 100 g de suelo suelto.
6. Inmediatamente se cierra el recipiente herméticamente para conservar la humedad.
7. Se registra el número de recipiente y la masa en la *Hoja de Datos* en el espacio Muestra 0-5 cm.
8. Se usa la barrena o pala para retirar la tierra del agujero hasta una profundidad de 8 cm.
9. En un recipiente limpio se recoge una muestra de suelo a una profundidad entre 8 y 12 cm. Se retiran las rocas, raíces largas y animales. Se cierra el recipiente herméticamente.
10. Se anota el número del recipiente y el valor de la masa en la *Hoja de Datos* en el espacio Muestra Profundidad 10 cm.
11. Se continúa cogiendo muestras a 30, 60, y 90 cm. Se anotan los números de recipientes y el valor de las masas en la *Hoja de Datos*.
12. En total se deben tener 5 recipientes de muestras recogidas de un agujero. Se devuelve el suelo sobrante al agujero – la última muestra de suelo que se saca es la primera que se mete.



# Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo

## Guía de Laboratorio

### **Actividad**

Pesar las muestras de humedad del suelo, secarlas y pesarlas de nuevo.

### **Qué se Necesita**

- Horno de secado (horno convencional o microondas)
- Termómetro que mida hasta 110° C (si se usa el horno convencional)
- Muestras de suelo en recipientes apropiados para el horno de secado
- Balanza de 0,1 g de sensibilidad y que pese al menos hasta 400 g (recomendado hasta 600 g)
- Manoplas para el horno
- *Hoja de Datos de Humedad del Suelo* conteniendo la información de campo.
- Cuaderno de Ciencias
- Bolígrafo o lápiz

### **En el Laboratorio**

1. Calibrar la balanza siguiendo las instrucciones del fabricante. Apuntar en el cuaderno de ciencias la masa estándar utilizada para calibrar la balanza. Si se usa una balanza electrónica, hay que comprobar que mida en gramos y que está puesta a cero correctamente.
2. Quitar las tapas de cada muestra.
3. Pesar la muestra de suelo sin tapa. Registrar la masa como Masa Húmeda en el espacio correspondiente según el número de recipiente en la *Hoja de Datos de Humedad del Suelo*. (Hay que asegurarse de seleccionar la hoja de datos que corresponda al método de muestreo utilizado – Patrón Estrella, Patrón Transepto o Perfil de Profundidad.)
4. Repetir el paso 3 con el resto de muestras de suelo.
5. Secar las muestras en el horno de secado.
6. Una vez que las muestras están secas, apuntar el tiempo y método de secado en la *Hoja de Datos*.
7. Retirar con cuidado las muestras del horno utilizando las manoplas.
8. Pesar una de las muestras secas. Registrar el peso como Masa Seca en el espacio correspondiente según el número de recipiente en la *Hoja de Datos de Humedad del Suelo*.
9. Repetir el paso 8 con cada muestra de suelo.
10. Vaciar los recipientes. Limpiar y secar cada uno de ellos. (Las muestras de suelo se guardan en otros recipientes o bolsas selladas herméticamente para estudios posteriores, o bien, se devuelven de nuevo a la tierra en el sitio de estudio.)

Nota: Para poder utilizar el mismo sitio de estudio en un futuro, se deberán devolver las muestras de suelo seco a la tierra y rellenar así los agujeros que se hicieron.



### ***Preguntas Frecuentes***

1. ¿Qué debería hacer el alumnado si se le olvida pesar los recipientes vacíos antes de rellenarlos en el campo con las muestras de suelo?

Los recipientes se pueden pesar al final de los protocolos de humedad del suelo después de vaciar y limpiar los recipientes. Se recuerda que cualquier resto de suelo seco en el recipiente daría lugar a una masa de recipiente incorrecta.

2. ¿Qué debería hacer el alumnado si el suelo está helado?

Hay que realizar las mediciones de humedad durante períodos en los que el suelo no esté helado.

3. El sitio elegido para la humedad del suelo se ha mojado accidentalmente. ¿Debe continuar el alumnado recogiendo muestras?

Sí, pero se indicará en el apartados de los metadatos lo que ha ocurrido y cuando ha ocurrido.

# Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo – Interpretando los Datos

## ¿Son razonables los datos?

El primer paso que realiza un científico al examinar los datos de humedad es calcular el Contenido de Agua en el Suelo (SWC) en cada muestra, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido Agua en Suelo} = \frac{(\text{masa húmeda} - \text{masa seca})}{(\text{masa seca} - \text{masa recipiente})}$$

El contenido de agua en el suelo oscila normalmente entre 0,50 g/g (gramos de agua por gramo de suelo seco). Incluso suelos de regiones muy secas (desiertos) retienen una pequeña cantidad de agua, pero que puede ser inferior a 0,05 g/g. Suelos ricos en materia orgánica o en arcillas pueden almacenar grandes cantidades de agua, por lo que es posible medir valores sobre 0,50 g/g.

La cantidad de agua que un horizonte de suelo puede almacenar depende del número de poros que contenga. La porosidad se puede calcular utilizando el ejemplo indicado en el apartado de Observando los Datos del *Protocolo de Densidad de Partículas del Suelo*.

La porosidad total de un suelo puede ser tan baja como 25% en suelos compactos, o de 60% en suelos bien aireados y ricos en materia orgánica.

Observando ejemplos se puede comprender mejor la interpretación de los diferentes valores del contenido de agua en el suelo.

## *Contenido de Agua en el Suelo y Densidad de Partículas de Suelo*

Si un horizonte de suelo tiene 50% de espacios porosos entre las partículas con la mitad de estos poros llenos de agua, una muestra de 100 cm<sup>3</sup> contendrá 50 cm<sup>3</sup> de suelo, 25 cm<sup>3</sup> de agua, y 25 cm<sup>3</sup> de aire. Densidades típicas de dos suelos diferentes y la densidad del agua se pueden utilizar para ilustrar el valor de la densidad de partículas de suelo. La masa de aire es insignificante y estará presente tanto en las muestras de suelo húmedo como en las de suelo seco.

$$50 \text{ cm}^3 \text{ de suelo} \times 1,0 \text{ g/cm}^3 \text{ de densidad de partículas de suelo} = 50 \text{ g suelo}$$

$$25 \text{ cm}^3 \text{ de agua} \times 1,0 \text{ g/cm}^3 \text{ de densidad de agua} = 25 \text{ g agua}$$

En este caso el Contenido de Agua en el Suelo sería 25 g de agua dividido por 50 g de suelo ó 0,5 g/g.

Ahora se considera una muestra de suelo mineral de 100 cm<sup>3</sup> con una densidad de partículas de 2,5 g/cm<sup>3</sup>. De nuevo la muestra contiene 50 cm<sup>3</sup> de suelo, 25 cm<sup>3</sup> de agua, y 25 cm<sup>3</sup> de aire.

$$50 \text{ cm}^3 \text{ de suelo} \times 2,5 \text{ g/cm}^3 \text{ de densidad de partículas} = 125 \text{ g suelo}$$

$$25 \text{ cm}^3 \text{ de agua} \times 1,0 \text{ g/cm}^3 \text{ de densidad de agua} = 25 \text{ g agua}$$

En este caso el Contenido de Agua en el Suelo sería 25 g de agua dividido por 125 g de suelo o 0,2 g/g.

Suelos diferentes con la misma porosidad y la misma cantidad de agua presente pueden diferir de manera significativa en sus valores de Contenido de Agua en el Suelo. Es más fácil comprender si los valores medidos son razonables o no, si se han realizado anteriormente los protocolos de caracterización de cada horizonte.

Si el suelo no está congelado ni saturado suele mostrar un incremento en el contenido del agua después de las lluvias o durante el deshielo. Los suelos se van secando gradualmente durante los periodos de pocas o ningunas precipitaciones. Cómo se seca el suelo a diferentes profundidades depende de las propiedades del suelo de cada horizonte. En algunos casos, el agua se introduce en el suelo desde abajo, cuando el agua del subsuelo asciende. El contenido de agua de estos suelos suele ser más variable en los horizontes más profundos que en la superficie del suelo.

Si llueve, se espera que el agua de lluvia se infiltre en el suelo y que incremente la humedad del suelo. Esta infiltración comienza inmediatamente y puede continuar durante algunas horas mientras la lluvia sea constante o bien haya agua disponible de los charcos. Si la infiltración continua hasta que todos los poros se llenan, entonces el suelo se satura. Casi todos los suelos drenan rápido, normalmente en unas cuantas horas o días. La capacidad de campo de un suelo es la cantidad de agua que un suelo puede retener sin que drene hacia abajo ni se distribuya.

Al secarse el suelo por evaporación y transpiración, la humedad del suelo desciende lentamente, secándose antes los horizontes más cercanos a la superficie que los horizontes más profundos. La humedad del suelo desciende desde la capacidad de campo hasta un contenido de agua conocido como *Punto de marchitez*, (el punto en el que el agua del suelo es demasiado poca para que las plantas lo puedan captar). Dependiendo de las propiedades del suelo, su temperatura, la del aire y la humedad relativa, tardarán días o semanas en alcanzar el punto de marchitez. En la Figura SU-GR-1 aparece una curva típica que muestra los cambios del contenido de agua en un único horizonte en función del tiempo. Aún así, hay veces que los datos no siguen este patrón.

La variación en las precipitaciones y las propiedades del suelo influyen en el contenido de humedad. En un perfil de suelo algunos horizontes

retienen más agua y tienen mayor porosidad que otros, de tal forma que el flujo de agua de un horizonte a otro se ve afectado.

Por ejemplo, si hay un horizonte de arena sobre otro de arcilla, el agua que pasa por el horizonte de arena, se introducirá lentamente a través de la arcilla debido a la diferencia de tamaño de los poros (grandes del horizonte de arena, muy pequeños en la arcilla). Los poros pequeños crean una capa muy unida que sólo deja pasar agua gradualmente, de tal manera que el suelo arenoso será en un momento dado mucho más húmedo que la arcilla.

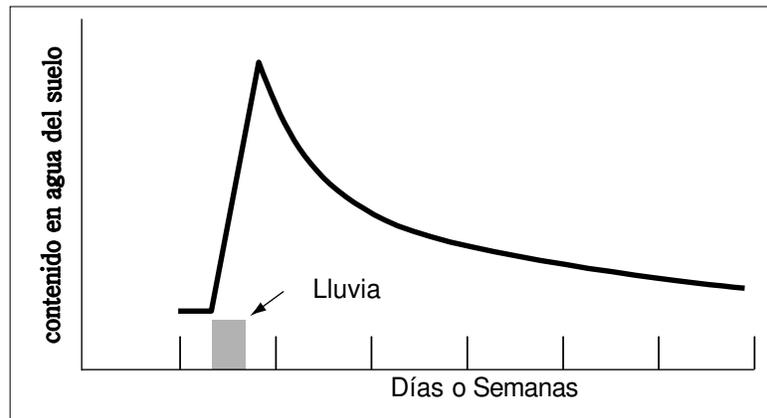
Con la ayuda de gráficas de los datos recogidos en tres lugares se puede demostrar el proceso para determinar si los datos son válidos o no. Las siguientes gráficas son un ejemplo: Valdres, Noruega (61.13 N, 8.59 E): Figura SU-GR-2, Stowe, Vermont, EEUU (44.48 N, 72.708 W): Figura SU-GR-3 y Herrenberg, Alemania (48.59 N, 8.88 E): Figura SU-GR-4. Cada bloque de datos incluye precipitación, equivalente en lluvia de nueva nieve, y humedad del suelo.

En el ejemplo de los dos primeros centros escolares, el alumnado eligió realizar mediciones semanalmente durante tres meses. En este caso, las mediciones se realizan en los periodos en los que la humedad del suelo está cambiando. El alumnado de Valdres, Noruega sabía por experiencia que inicialmente la fusión de la nieve de invierno es la causa de la humedad de los suelos, y se van secando gradualmente con la llegada del verano. Por supuesto que la humedad del suelo puede también aumentar con las lluvias en primavera.

El alumnado en Stowe, VT decidió controlar la humedad del suelo que difería en el verano seco de los periodos de precipitación. De nuevo, la humedad en la capa más superficial resultaba ser más variable, secándose de manera significativa en un periodo corto a primeros de octubre del 2001. Por el contrario, la humedad de suelo más profundo (a 10cm) mostraba cambios más extremos.

La clase en Herrenberg, Alemania decidió realizar mediciones mensuales durante 12 meses, para estudiar el ciclo estacional de la humedad del suelo. A pesar del clima relativamente húmedo, la humedad del suelo indicaba que el suelo se secaba gradualmente, principalmente en la superficie. La humedad del suelo a 10 cm era menos variable a lo largo de casi todo el año.

Figura SU-GR-1



Todos estos datos son interesantes. La variabilidad de la humedad del suelo se explica al relacionarla con las precipitaciones, mientras que el comportamiento a lo largo de periodos largos se explica mediante los conocimientos básicos sobre el clima. Conocer las propiedades de la caracterización del suelo ayuda a los científicos y alumnos a comprender mejor cómo el agua se mueve o se acumula en el suelo.

### **¿Qué buscan los científicos en los datos?**

Generalmente a los científicos les interesa comprender el ciclo del agua a nivel local o regional. Por ejemplo, les interesa entender de qué manera la precipitación y el deshielo influyen en el nivel de agua de los arroyos, ríos y lagos, aumentándolo. Las mediciones de humedad del suelo ayudan a comprender estos procesos. Si se conoce la humedad de todo un perfil, se pueden predecir inundaciones, sequías o el momento óptimo para el riego de la cosecha. Los científicos también utilizan los datos de humedad y de temperatura del suelo, de humedad relativa y de cobertura terrestre para calcular la velocidad a la que el agua vuelve a la atmósfera por evaporación o transpiración.

Los científicos expertos en fenología observan los efectos de la humedad del suelo en los ciclos anuales de las plantas, como los árboles y la hierba

anual. En algunas regiones arboladas, el crecimiento de los árboles comienza en primavera cuando el suelo se vuelve más húmedo y termina durante el verano, cuando el suelo se vuelve más seco.

Los científicos están interesados en los cambios en la humedad de los suelos a lo largo del tiempo. También están interesados en examinar las pautas regionales y espaciales de los cambios en la humedad del suelo. Los científicos se concentran en las pautas más que en los valores absolutos de las medidas porque la humedad del suelo depende de la precipitación, la textura del suelo, la velocidad de infiltración y las condiciones locales del tiempo.

A los científicos les gustará conocer el contenido de agua del suelo en grandes áreas y esperan poder utilizar datos detectados por los satélites para medirlo. Los datos de humedad del suelo basados en el terreno, se requieren para desarrollar y evaluar los métodos para la estimación de la humedad del suelo por parte de los satélites. Mediante la contribución a la campaña GLOBE semianual de humedad de suelo, el alumnado está apoyando este interesante avance científico.

Figura SU-GR-2

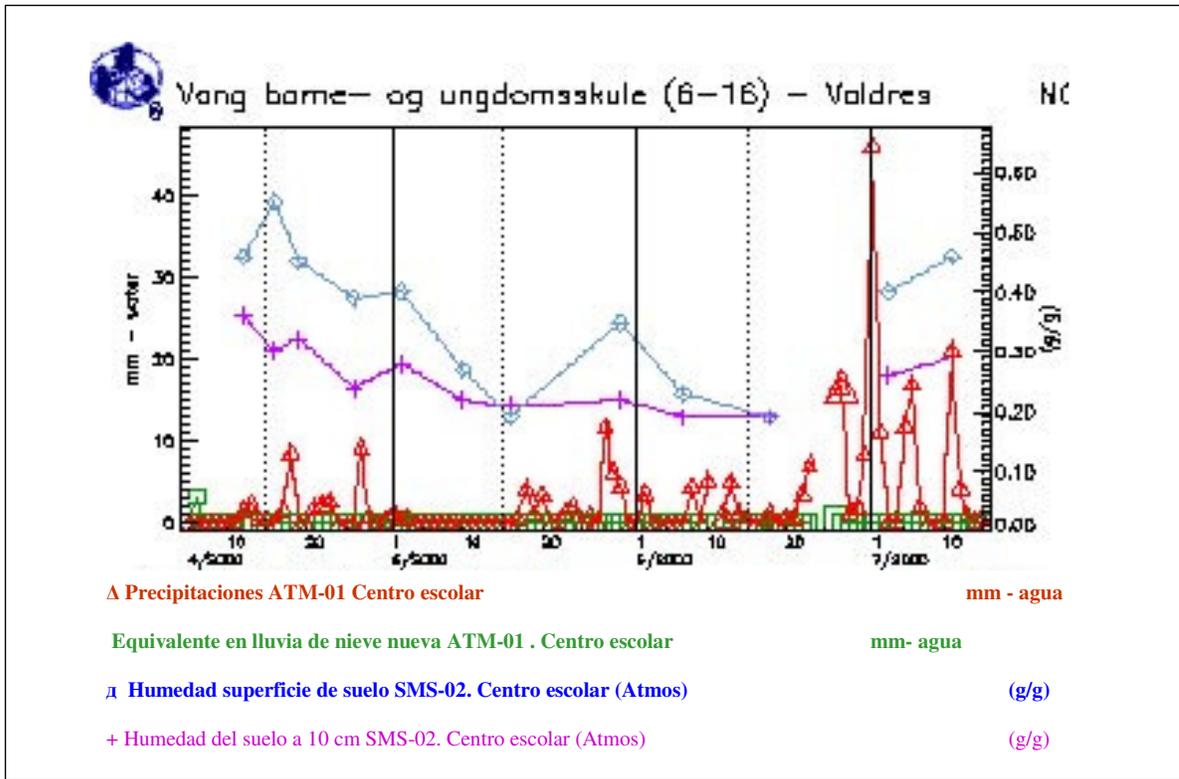


Figura SU-GR-3

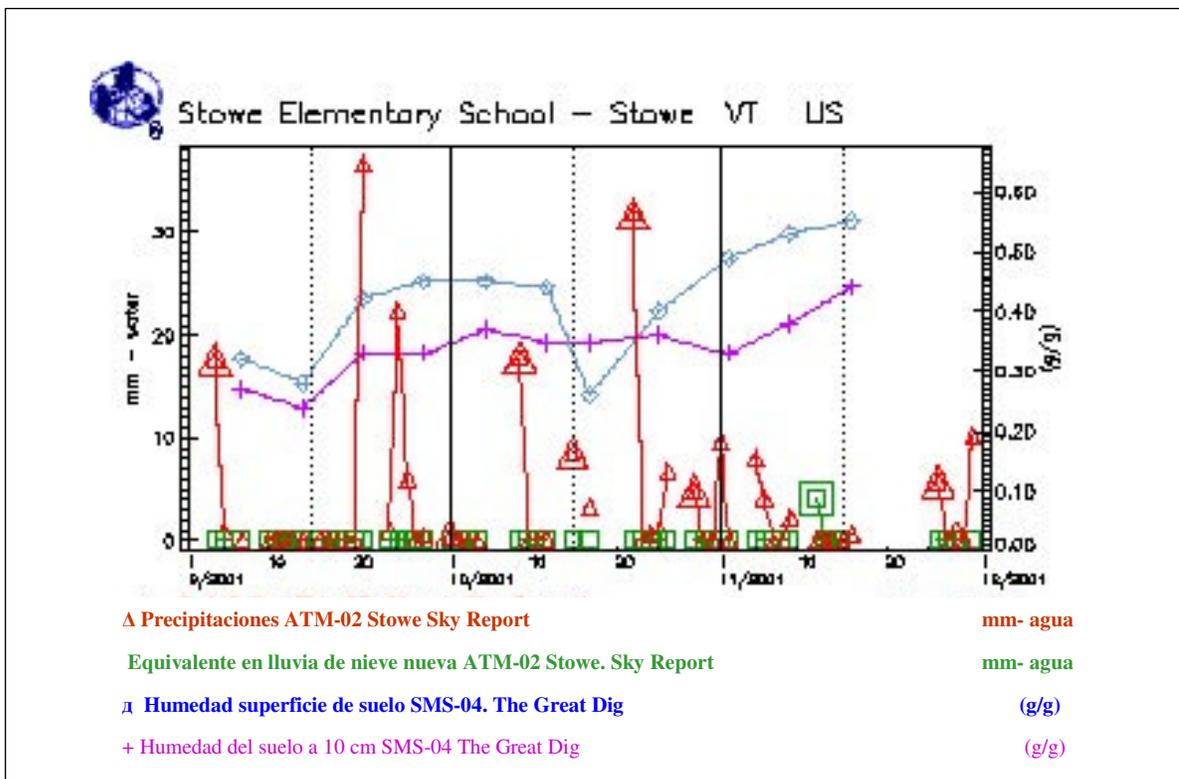
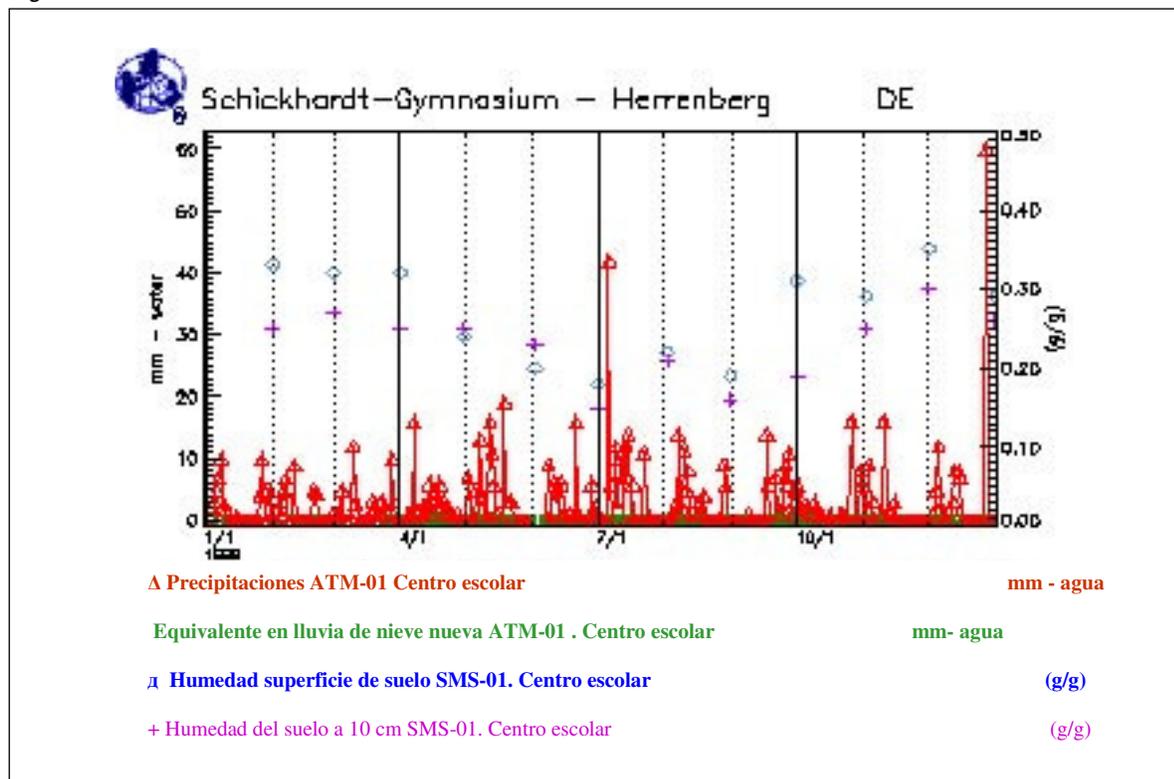


Figura SU-GR-4



## Ejemplo de un Proyecto de Investigación del Alumnado

### Observaciones

Estudiantes del Stowe Elementary School en Vermont, EEUU recogieron durante los meses de otoño, diez muestras de humedad gravimétrica del suelo (Septiembre-Noviembre). La Figura SU-GR-3 muestra la gráfica de sus datos de precipitación y humedad del suelo.

### Formulando una Hipótesis

Normalmente se supone que la humedad del suelo aumenta después de la lluvia. Aunque esto era lo que ocurría en casi todos los datos de humedad de la superficie terrestre, el alumnado observó que había también excepciones.

Lo que se predecía era que, si no recogían las muestras inmediatamente después de que cayera la lluvia, se producían algunas excepciones. El alumnado notó que a una profundidad de 10 cm el suelo requería más tiempo y más lluvia para secarse y para humedecerse que el suelo superficial. Después de observar los datos, el alumnado decidió comprobar la siguiente hipótesis: *La humedad del suelo aumentará si ha caído más de 10 mm de precipitación en los últimos cinco días, y la humedad del suelo a 10 cm de profundidad incrementará si han caído más de 20 mm en los últimos 10 días.*

### Recogiendo Datos

El alumnado analizó primero sus datos, y después observaron los datos de otros centros escolares que hubiesen realizado mediciones de la humedad del suelo superficial semanalmente, para ver si encontraban similitudes en los datos. Se dividieron en dos grupos, uno para analizar sus datos, y otro para buscar centros escolares que tuvieran al menos 24 mediciones de humedad del suelo y más de 100 mediciones de precipitación en el mismo año. Después de imprimir la gráfica con sus datos, el alumnado colocó sus datos en una tabla.

### Analizando Datos

Un grupo marcó con colores los periodos de cinco y diez días que precedían a la medición de humedad y añadieron la cantidad de lluvia de estos periodos obteniendo así la cantidad total de lluvia en cada periodo. Colocaron sus datos en una nueva tabla que se muestra abajo (Tabla SU-GR-1). Otro grupo calculó el cambio en la humedad de una lectura a otra y añadió esta información a la tabla. Finalmente la clase decidió si los datos obtenidos sostenían la hipótesis o no. En algunos casos no había ningún cambio en la humedad, así que modificaron la hipótesis original de la siguiente manera: *“...la humedad del suelo debería incrementar o permanecer igual...”*

Tabla SU-GR-1: Stowe, VT 2001 Datos de Humedad del Suelo y Precipitación

Fecha	Precip. de 5 días (cm)	Humedad A 5 cm (g/g)	Cambio de humedad del suelo	¿conforme?	precip. de 10 días. (cm)	Humedad A 10 cm (g/g)	Cambio de humedad del suelo	¿conforme?	
9/7/01	1,0	0,32			18,6	0,27			
9/14/01	0,2	0,28	-0,04	Sí	1,2	0,24	-0,03	Sí	
9/21/01	36,8	0,42	0,14	Sí	37,0	0,33	0,09	Sí	
9/28/01	30,0	0,45	0,03	Sí	66,8	0,33	0	Sí	
10/5/01	0,5	0,45	0	Sí	30,5	0,37	0,04	Sí	
10/12/01	17,8	0,44	-0,01	No	17,8	0,35	-0,02	Sí	
10/17/01	11,8	0,26	-0,18	No	29,6	0,35	0	Sí	
10/25/01	33,5	0,4	0,14	Sí	36,7	0,36	0,01	Sí	
11/2/01	14,5	0,49	0,09	Sí	22,3	0,33	-0,03	No	
11/9/01	14,4	0,53	0,04	Sí	24,0	0,38	0,05	Sí	
11/16/01	4,8	0,55	0,02	No	7,0	0,44	0,06	No	
								70%	80%

El 70-80% de las observaciones confirmaba su hipótesis. Considerando los resultados formularon una hipótesis mejor. Por ejemplo, tomaron en cuenta un umbral de precipitación hasta 12 mm, o calcularon la profundidad a la que el suelo estaría húmedo, basándose en el contenido de humedad en el suelo originalmente y en la cantidad de lluvia que había caído. Examinando detalladamente los casos en los que la hipótesis no es válida, se aprende mucho sobre la humedad del suelo. Los datos de la superficie el día 12 de octubre de 2001 indican, por ejemplo, que los 17,8 mm de lluvia habían caído en el primer día del periodo de cinco días, así que hubo tiempo suficiente para que se evaporara o infiltrara en el suelo. La hipótesis del alumnado carecía de sentido en el caso del 16 de noviembre de 2001 porque hacía más frío y el suelo estaba casi saturado.

### Investigaciones Posteriores

Un análisis similar se puede realizar con datos de otros centros escolares. En la Tabla SU-GR-2 aparecen los datos recogidos en primavera en Valdres, Noruega. El alumnado puede utilizarlos para encontrar similitudes o diferencias con los datos de Stowe, VT, o bien puede encontrar otros lugares en el mundo que se rijan según este patrón de datos. A pesar de que el alumnado sólo observó datos de dos años, ya tenía confianza y seguridad como para prever la relación entre precipitación y humedad.

Tabla SU-GR-2: Valdres, NO 2000 Datos de Humedad de suelo y Precipitaciones

Fecha	Precip. de 5 días. (cm)	Humedad a 5 cm (g/g)	Cambio de humedad del suelo	¿Conforme	Precip. de 10 días (cm)	Humedad a 10 cm (g/g)	Cambio de humedad del suelo	¿Conforme	
4/12/00	1,9	0,46			5	0,36			
4/16/00	5,5	0,55	0,09	No	5,6	0,3	-0,06	Sí	
4/19/00	11,2	0,45	-0,1	No	16,2	0,32	0,02	No	
4/26/00	5,5	0,39	-0,06	Sí	18,1	0,24	-0,08	Sí	
5/2/00	3	0,4	0,01	No	15,3	0,28	0,04	No	
5/10/00	0	0,27	-0,13	Sí	2,6	0,22	-0,06	Sí	
5/16/00	0	0,19	-0,08	Sí	0	0,21	-0,01	Sí	
5/30/00	24,1	0,35	0,16	Sí	28	0,22	0,01	Sí	
6/7/00	0	0,23	-0,12	Sí	15	0,19	-0,03	Sí	
6/18/00	3,4	0,19	-0,04	Sí	19	0,19	0	Sí	
7/3/00	68,5	0,4	0,21	Sí	98,4	0,26	0,07	Sí	
7/11/00	24	0,46	0,06	Sí	64,9	0,29	0,03	Sí	
				70%					80%

# Protocolo de Densidad Absoluta



## **Objetivo General**

Medir la densidad absoluta de cada horizonte de un perfil de suelo.

## **Visión General**

Estando en el campo, el alumnado toma tres muestras de suelo de cada horizonte de un perfil de suelo utilizando un recipiente de volumen ya medido. En el aula, se determina la masa de las muestras, se secan y se pesan de nuevo para determinar la masa seca y el contenido de agua. Las muestras de suelo seco se tamizan y se mide la masa y el volumen de las rocas y otros materiales que tengan más de 2 mm de diámetro. Para calcular la densidad absoluta de cada muestra se utiliza la *Hoja de Datos de Densidad Absoluta*.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado recogerá muestras de suelo en el campo y medirá la densidad absoluta. Aprenderá a aplicar fórmulas matemáticas para calcular la densidad y a relacionar las mediciones de densidad absoluta con las de densidad de partículas y porosidad. El alumnado será capaz de comprender que una solución de materia sólida, líquida y gaseosa forma un volumen determinado.

## **Objetivos de Ciencias**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

Los componentes de la Tierra son rocas sólidas, suelo, agua, biota y los gases de la atmósfera. Los suelos tienen propiedades como el color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad; y son el soporte de muchos tipos de plantas.

La superficie de la Tierra va cambiando.

Los suelos suelen formar capas, con una composición química y una textura diferente en cada una de ellas.

Los suelos están formados por minerales (menores de 2 mm), materia orgánica, aire y agua.

El agua circula por el suelo modificando las propiedades tanto del suelo como del agua.

### *Ciencias Físicas*

Los objetos tienen propiedades observables.

La energía se conserva.

El calor fluye de los objetos calientes a los fríos.

Las reacciones químicas tienen lugar en todo el medio ambiente.

### *Habilidades de Investigación Científica*

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir una investigación.

Utilizar herramientas y técnicas apropiadas incluyendo las matemáticas para recoger, analizar, e interpretar datos.

Describir y explicar, predecir y desarrollar modelos usando la evidencia.

Comunicar procedimientos y explicaciones.

### **Tiempo**

2 ó 3 horas de clase (de 50 minutos)

### **Nivel**

Medio y Secundario

### **Frecuencia**

Una vez para un perfil de suelo

Las muestras ya recogidas y preparadas se pueden guardar para estudios y análisis a lo largo del curso escolar.

### **Materiales y Herramientas**

Balanza

Latas de metal u otros recipientes

Rotulador permanente

Bloque de madera

Martillo

Clavo

Lápiz o bolígrafo

Pala u otra herramienta para cavar

Horno de secado

Probeta graduada

Agua (o alcohol si la muestra contiene ramitas)

Cedazo/Tamiz

<p>Guantes de látex Papel o plato para colocar el suelo que cae del cedazo Bolsas de plástico herméticas Hoja de Datos de Densidad Absoluta</p> <p><b>Preparación</b> Obtener el equipo necesario. Calibrar la balanza hasta 0,1 g</p>	<p><b>Requisitos Previos</b> <i>Protocolo de Caracterización del Suelo</i></p>
--	--

## Protocolo de Densidad Absoluta – Introducción

La densidad absoluta es una medición que describe cómo es de densa y compactada una muestra de suelo. Se determina calculando la masa de suelo seco por unidad de volumen (g/ml o g/cm<sup>3</sup>). La densidad absoluta depende de la estructura de los terrones de suelo, de si están más o menos compactados, de la cantidad de poros y de la composición de las partículas de suelo. Los suelos que contienen minerales tendrán una densidad absoluta diferente a la de suelos que contienen mucha materia orgánica. En general, la densidad absoluta tiene valores entre 0,5 g/ml (o menores) para suelos orgánicos con muchos poros, y 2,0 g/ml (o mayores) para horizontes minerales muy compactados.

La densidad absoluta se utiliza para convertir la masa de una muestra de suelo en volumen y viceversa. El volumen de una muestra se calcula dividiendo la masa de la muestra de suelo por la densidad absoluta del suelo. Asimismo, la masa de una muestra se calcula multiplicando su volumen por su densidad absoluta. La cantidad de poros en un suelo, porosidad, se calcula como 1 menos la fracción de densidad absoluta y densidad de partículas:

$$\text{Porosidad} = 1 - (\text{densidad absoluta} / \text{densidad de partículas}).$$

Para determinar la densidad absoluta de una muestra de suelo, no se contemplan las rocas ni otros componentes gruesos que se encuentren en él. La medición de densidad absoluta es una herramienta muy útil para comprender los procesos que ocurren en el suelo, como el intercambio de calor, de agua y de nutrientes, pero si se toman en cuenta únicamente las partículas de suelo con un diámetro inferior a 2 mm. La siguiente ecuación corrige el error que darían las rocas:

$$\frac{\text{Masa de suelo seco (g)} - \text{Masa de rocas (g)}}{\text{Volumen de suelo seco (ml)} - \text{Volumen de rocas (ml)}} = \text{Densidad de masa (g/ml ó g/cm}^3\text{)}$$

# Apoyo al Profesorado

## **Preparación**

El alumnado debe repasar el *Protocolo de Campo y Laboratorio de Densidad Absoluta* antes de recoger las muestras en el campo.

El alumnado debe comprender bien los conceptos de volumen y masa y el cálculo de densidad absoluta antes de que comience a desarrollar este protocolo.

El profesorado describirá los diferentes métodos que hay para determinar el volumen antes de que el alumnado mida el volumen del recipiente donde está la muestra.

Es necesario hacer un agujero en la base de la lata para recoger la muestra antes de utilizarla en el campo. Esto permite que se escape el aire y que la lata se llene por completo sólo con suelo. Al recoger la muestra el alumnado se dará cuenta de que el volumen del recipiente está completamente lleno, cuando comience a aparecer el suelo por el agujero de la base

Como método alternativo, se pueden utilizar tubos en vez de latas.

## **Procedimiento para las Mediciones**

Para obtener las muestras de suelo con un volumen específico, se introduce la lata en el suelo clavándola en cada uno de los horizontes.

Una vez recogidas las muestras en el campo, se mide la masa de suelo antes de secarlo. Aunque no se necesita esta información para calcular la densidad absoluta, es interesante para el alumnado para poder relacionarlo con el contenido de agua en el suelo.

La densidad absoluta se calcula con la masa de un volumen dado de suelo seco, incluyendo también los poros llenos de aire, pero excluyendo las rocas y otros materiales que tienen un diámetro mayor de 2 mm.

Las muestras de suelo se secan en el laboratorio para obtener la masa de suelo seco. Una vez que ésta se determina, se tamiza la muestra para separar las rocas y otro material mayor de 2 mm. Se determina la masa de rocas y su volumen. Éste se obtiene midiendo el agua que es desplazada al añadir esa masa de rocas en un volumen de agua dado.

Se deben pesar las latas o tubos utilizados para recoger las muestras y determinar su volumen. En el caso de una lata, se llena la lata por completo de agua y se vierte ésta en una probeta graduada y se mide el volumen en ml. En el caso de un tubo, el volumen se determina utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Volumen de tubo} = \Pi \times r^2 \times h \times 1 \text{ ml/1 cm}^3$$

Donde:

$\Pi$  es la constante matemática con un valor aproximado de 3,141592654,

r es radio de la base del tubo (cm)

h es la altura del tubo (cm)

Hay muchas fuentes de error para las mediciones descritas en este protocolo. Para minimizar este error, se cogen tres muestras de cada horizonte. Los errores aparecen si los recipientes o latas no se llenan completamente de suelo, si las paredes del recipiente son muy gruesas y comprimen el suelo, si el recipiente se deforma al introducirlo en el suelo, si el suelo no se ha secado totalmente, o si no se han retirado todas las rocas.

A veces, además de rocas, hay algunas ramitas de grosor superior a 2 mm. Una vez que se tamiza la muestra y se separan rocas y ramitas, al querer determinar su volumen, estas ramitas flotan en el agua por lo que en estos casos es conveniente utilizar un líquido de densidad inferior a la del agua, como por ejemplo, alcohol.

## **Manejando los Materiales**

Para el muestreo de densidad absoluta, se pueden utilizar las latas de metal que se usan en el *Protocolo de Humedad del Suelo*. También se puede utilizar otros recipientes diferentes para recoger las muestras. Deben tener las paredes finas de tal manera que no compriman el suelo, y un volumen conocido. Pero otros materiales son también posibles, como por ejemplo tubos de paredes de PVC, u otras latas con paredes gruesas. No utilizar cristal u otro material que pueda romperse o deformarse fácilmente. Se pueden usar recipientes que tengan abiertos ambos extremos siempre y cuando se pueda calcular el volumen (como ocurre en caso del tubo de PVC).

En este caso se utiliza la formula  $\Pi \times \text{radio}^2 \times \text{altura}$  para calcular el volumen del tubo (véase más arriba).

### **Actividades de apoyo**

La densidad de partículas es similar a la densidad absoluta, pero sólo incluye la porción de masa sólida del suelo (la mineral y la orgánica), y el volumen no incluye los espacios porosos llenos el agua y de aire. Los datos de densidad absoluta y de densidad de partículas se utilizan para calcular la porosidad de un suelo. Por lo tanto si interesa conocer la porosidad, se debe medir la densidad de partículas.

(Ver el *Protocolo de Densidad de Partículas*).

El alumnado elimina las rocas de las muestras de suelo para realizar las mediciones según se indica en el *Protocolo de Densidad Absoluta*. Para comprender mejor la distribución de las diferentes partículas del suelo en cada horizonte del perfil desarrollar el *Protocolo de Distribución de Partículas por Tamaño*.

Se comparará la densidad absoluta con los datos de caracterización del suelo para determinar la relación que hay entre las propiedades físico-químicas de cada horizonte y su densidad absoluta.

Se utilizan guantes de látex para no contaminar la muestra de suelo con los ácidos de la piel.

### **Preguntas para Investigaciones Posteriores**

¿Qué actividades del ser humano podrían alterar la densidad absoluta del suelo?

¿Qué procesos naturales podrían alterar la densidad absoluta de un horizonte?

¿Cómo influye la densidad absoluta en los tipos de vegetación que crecen en un suelo?

¿Cómo influye la densidad absoluta en el crecimiento y distribución de las raíces?

¿Cómo están relacionadas la textura y la densidad absoluta del suelo?

¿Cómo están relacionadas la estructura y la densidad absoluta del suelo?

¿Cómo influye la densidad absoluta en el flujo de agua o en el calentamiento del suelo?

# Densidad Absoluta del Suelo

## Guía de Campo y de Laboratorio

### **Actividad**

Obtener tres mediciones de densidad absoluta de un horizonte dado de un perfil de suelo.

### **Qué se Necesita**

- Balanza
- Latas para las muestras u otros recipientes (suficientes para coger tres muestras por horizonte y alguna más extra por si se deforman)
- Rotulador permanente
- Bloque de madera
- Martillo
- Clavo
- Lápiz o bolígrafo
- Bolsas de plástico, o botes u otros recipientes herméticos, para guardar muestras de suelo
- Horno de secado
- Probeta
- Agua (o alcohol si las muestras de suelo contienen ramitas)
- Cedazo N°10 (malla con agujeros de 2 mm)
- Guantes de látex
- Papel para recoger el suelo que salga del tamiz
- Martillo u otro utensilio para romper los terrones y separar las partículas
- Pala, u otra herramienta para cavar
- Una copia por cada horizonte de la *Hoja de Datos de Densidad Absoluta*
- Papel o toalla húmeda

### **En el Aula Antes del Muestreo**

1. Organizar el equipo necesario. Se necesitan 3 latas o tubos para cada horizonte identificado en el Sitio de Caracterización del Suelo. Si es posible que las latas se deformen al usar el martillo para introducirlas en el suelo, se recomienda llevar al campo algunas latas de más.

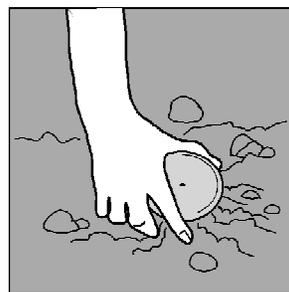
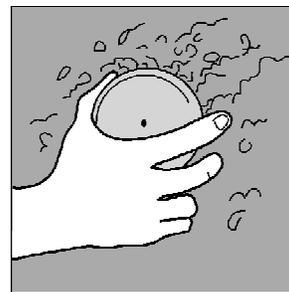
2. Hacer un agujero en la base de cada recipiente utilizando un clavo y un martillo. (Nota: esto no es necesario si se usa un tubo que tenga los dos extremos abiertos).

### En el Campo

1. Ir al *Sitio de Estudio de Caracterización del Suelo*. En cada horizonte del perfil se introduce una de las latas (o tubo).

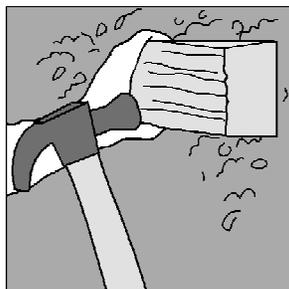
Si es necesario, se humedece el suelo primero para que la lata entre más fácilmente. Cuando la tierra se asoma por el agujero de la base (o por el extremo del tubo), la lata se ha llenado por completo.

Si resulta difícil clavar la lata en el suelo, se prueba con un martillo siempre utilizando un bloque de madera entre lata y martillo para que la fuerza del martillo golpee por igual toda la base minimizando la deformación de la lata. Si la lata se deformara, el volumen cambiaría y la muestra de suelo se haría más compacta, de tal manera que los resultados de las mediciones se alterarían. Si la lata se deforma mucho, se deshecha y se coge una nueva.



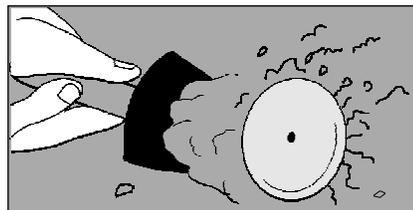
Nota: Si no hay ningún hoyo ni ningún perfil expuesto, se puede medir la densidad absoluta del suelo de la siguiente manera:

- a. Se seleccionan tres lugares cerca del sitio donde se ha desarrollado el *Protocolo de Caracterización del Suelo*. Se retira la vegetación y otra materia de la superficie de la tierra.



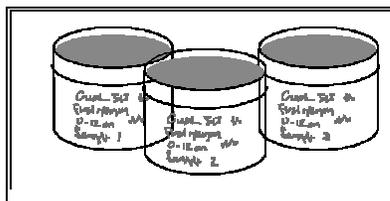
- b. En cada uno de los tres lugares, se introduce una lata o tubo en el suelo. Si es necesario se humedece el suelo primero para facilitar que entre la lata. Cuando la tierra se asoma por el agujero de la base (o por el extremo del tubo), la lata se ha llenado por completo.

2. Se utiliza una pala para cavar alrededor de la lata y sacarla del suelo. Se quita el suelo que sobresale de los bordes de la lata de tal manera que el volumen de suelo es el mismo que el volumen de la lata.



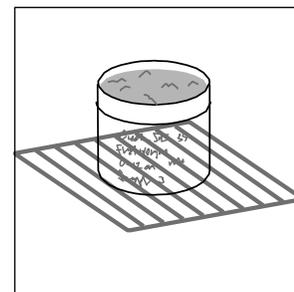
3. Se tapa la lata, se designa un número a la lata y se registra este número en la *Hoja de Datos*. Si se utiliza un tubo, se le asigna un número que se registra, y se guarda en una bolsa de plástico.

4. Se repite el proceso hasta tener tres muestras de cada horizonte del perfil para medir la densidad absoluta.



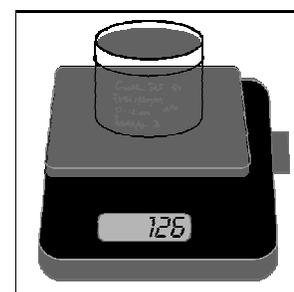
### En el Aula después del Muestreo

1. Se calibra la balanza a 0,1 g.
2. Se retira la tapa de la lata. Se mide la masa de cada muestra en su lata, y se registra este valor en la *Hoja de Datos de Densidad Absoluta* como masa húmeda. Si se utiliza un tubo en vez de una lata, se saca el tubo lleno de tierra de la bolsa de plástico y se pesa para determinar la masa húmeda, que debe registrarse en la *Hoja de Datos de Densidad Absoluta*.

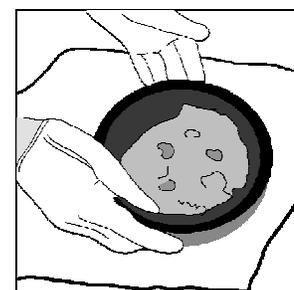


3. Las muestras de suelo se secan en un horno de secado. Ver las instrucciones de hornos de secado en el *Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo*.

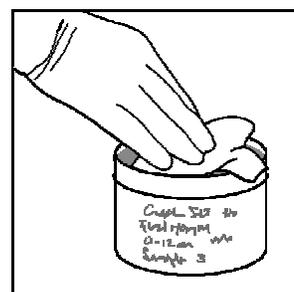
4. Una vez que las muestras se han secado, se determina la masa de cada muestra y su lata, y se registra en la *Hoja de Datos de Densidad Absoluta* como masa seca.



5. Se coloca un tamiz (Nº10, malla de 2 mm) sobre papel y se pone una de las muestras en el tamiz.



6. Se limpia el interior de la lata o del tubo con un paño húmedo. Se mide la masa de la lata o tubo sin tapa y se registra el valor en la *Hoja de Datos*.



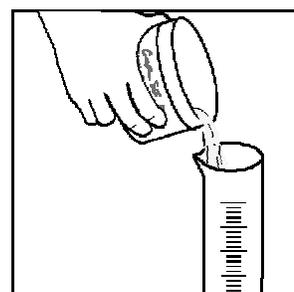
7. Se mide el volumen de cada lata o tubo y se registra en la *Hoja de Datos*. En el caso de una lata, se llena de agua, se vierte el agua en una probeta graduada. El volumen de agua en la probeta será igual al volumen de la lata. En el caso de un tubo, se mide la masa y se calcula el volumen usando la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen del tubo} = \Pi \times r^2 \times h \times 1 \text{ ml/1 cm}^3$$

donde  $\Pi$  es la constante matemática que tiene un valor aproximado de 3,141592654

$r$  es el radio de la base del tubo (cm)

$h$  es la altura del tubo (cm)



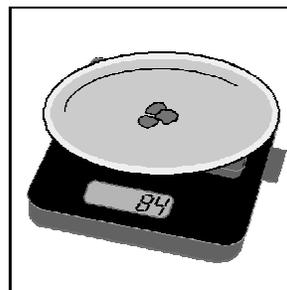
8. Para no contaminar la muestra con los ácidos de la piel, se usan guantes de látex cuando se toca la tierra.



9. Se presiona muy levemente empujando el suelo seco por la malla. Hay que tener cuidado de no forzar los agujeros de la malla al presionar. Las rocas no podrán pasar por la malla. Si no hubiese un tamiz, se quitan las rocas con la mano. Guarda el suelo tamizado de cada muestra para otros análisis de laboratorio.

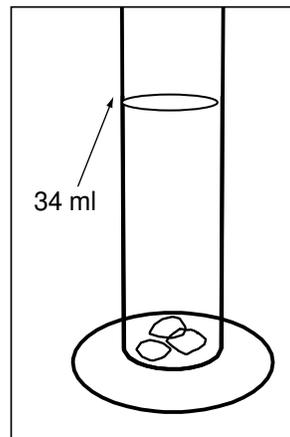
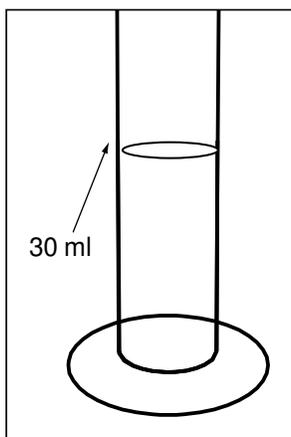
10. Si el suelo contiene rocas, se determina la masa y volumen de éstas de la siguiente manera:

- Medir la masa de las rocas y anotarlo en la *Hoja de Datos de Densidad Absoluta*.
- Se añaden 30 ml de agua en una probeta de 100 ml. Se registra este volumen de agua en la *Hoja de Datos de Densidad Absoluta*. Cuidadosamente se echan las rocas al agua. Se lee el nivel de agua después de haber metido todas las rocas. Se registra este nuevo volumen en la *Hoja de Datos*.



Nota: al estar añadiendo las rocas en los 30ml de agua, si el volumen asciende a un nivel cercano a los 100ml, se registra este volumen, se vacía la probeta y se repite el proceso con las rocas que faltan. En este caso, hay que registrar la suma de los volúmenes de agua sin rocas.

Si la muestra contiene ramitas y otros restos orgánicos, se sustituye el agua por el alcohol y se realiza el mismo proceso.



11. Se coge el suelo libre de rocas del papel que había bajo el tamiz y se mete en bolsas de plástico u otros recipientes limpios, secos y herméticos. Se marcan con el número de horizonte, con el límite superior e inferior del horizonte, con la fecha, nombre del sitio de estudio y con la ubicación del lugar. Este suelo ya está preparado para otros análisis de laboratorio. Se deben guardar en un lugar seguro y seco hasta que se utilice.

# Protocolo de Densidad Absoluta – Interpretando los datos

## **¿Son razonables los datos?**

1,3 g/ml o ( $\text{g/cm}^3$ ) es un valor típico de densidad absoluta de un suelo compuesto principalmente por minerales. Sin embargo se pueden obtener valores altos de 2,0 g/ml ( $\text{g/cm}^3$ ) para horizontes muy densos o valores de 0,5 g/ml ( $\text{g/cm}^3$ ) o menores para suelos orgánicos.

Para calcular la densidad absoluta de una muestra de suelo, hay que completar los cálculos de la *Hoja de Datos de Densidad Absoluta*

## **¿Qué resultados se han obtenido?**

Si la densidad absoluta de un suelo es  $<1,0$ , significa que tiene una densidad muy baja y seguramente tenga un contenido elevado de materia orgánica. La materia orgánica se identifica en el color oscuro y en la presencia de raíces. Muchas veces los horizontes más superficiales son ricos en materia orgánica.

Si la densidad absoluta de un suelo tiene un valor cercano a 2,0 o mayor, significa que es un suelo muy denso. Los suelos son densos si se han comprimido y si no tienen un alto contenido de materia orgánica.

Suelos densos suelen ser suelos superficiales por donde camina la gente o por donde ha pasado mucha maquinaria comprimiendo el suelo. Suelos que tienen una estructura suelta o masiva tienen densidades más elevadas que suelos con estructura granular o en bloque. Por lo tanto, la estructura de un suelo influye en la densidad absoluta. En general, los suelos arenosos tienen una densidad absoluta mayor que los suelos arcillosos o limosos, debido a que su porosidad es más baja aunque el tamaño de los poros es mayor.

Si la densidad absoluta no es coherente con las demás propiedades del mismo horizonte (color, estructura, textura, profundidad en el perfil, presencia de raíces), entonces es que ha habido algún error en las mediciones. En ese caso se debe comprobar la metodología y los cálculos realizados.

## **¿Qué buscan los científicos con estos datos?**

Muchos científicos usan información acerca de densidad absoluta, densidad de partículas, y porosidad. Con la densidad absoluta estiman cómo están de compactadas las partículas de suelo en cada horizonte.

# Protocolo de Densidad de Partículas del Suelo



## **Objetivo General**

Medir la densidad de partículas de suelo de cada horizonte de un perfil de suelo.

## **Visión General**

Se pesa una muestra de suelo seco y cernido de un horizonte, se mezcla con agua destilada y después se hierve la mezcla para que se vaya todo el aire que haya. Se deja enfriar la muestra durante un día, y después se añade agua hasta que el volumen de la mezcla llegue a 100 mL. Los alumnos miden la temperatura y la masa de la mezcla final y utilizan la *Hoja de Datos Densidad de Partículas del Suelo* para calcular la densidad de partículas del suelo. Se deben medir tres muestras por cada horizonte.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado aprenderá a aplicar las pruebas de laboratorio para la densidad de partículas con las muestras de suelo. Calculará la densidad de partículas del suelo y la porosidad utilizando fórmulas matemáticas. Aprenderán además a relacionar la densidad de partículas con la densidad relativa y porosidad.

## **Conceptos de Ciencias**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

La materia de la Tierra son rocas sólidas, suelo, agua, biota, y los gases de la atmósfera. Los suelos tienen propiedades como el color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad, son el soporte de muchos tipos de plantas. Los suelos constan de minerales (menores que 2mm), materia orgánica, aire, y agua.

### *Ciencias Físicas*

Los objetos tienen propiedades observables.

## **Habilidades de Investigación Científica**

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir una investigación.

Utilizar las herramientas y técnicas apropiadas, incluyendo las matemáticas, para recoger, analizar e interpretar datos.

Describir y explicar, predecir y desarrollar modelos usando la evidencia.

Comunicar procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

Dos periodos de clase de 45 minutos.

## **Nivel**

Medio y secundaria

## **Frecuencia**

Tres veces por cada horizonte de un perfil.

Muestras de suelo que se hayan recogido y preparado pueden guardarse para cualquier análisis a lo largo del año escolar.

## **Materiales y Herramientas**

Horno de secado, suelo tamizado

Matraces Erlenmeyer de 100 ml con tapón

Agua destilada

Lápiz o bolígrafo

Embudo pequeño

Termómetro

Balanza con una precisión de 0,1 g

Frasco lavador de agua

Placa caliente o quemador de Bunsen u otra fuente de calor

Guantes para el horno o pinzas

*Hoja de Datos de Densidad de Partículas del Suelo*

## **Preparación**

Secar y tamizar las muestras de suelo, y guardarlas en contenedores precintados.

Conseguir el equipo necesario.

Calibrar la balanza a 0,1g.

## **Requisitos Previos**

*Protocolo de Caracterización del Suelo*

# Densidad de Partículas del Suelo

## Protocolo – Introducción

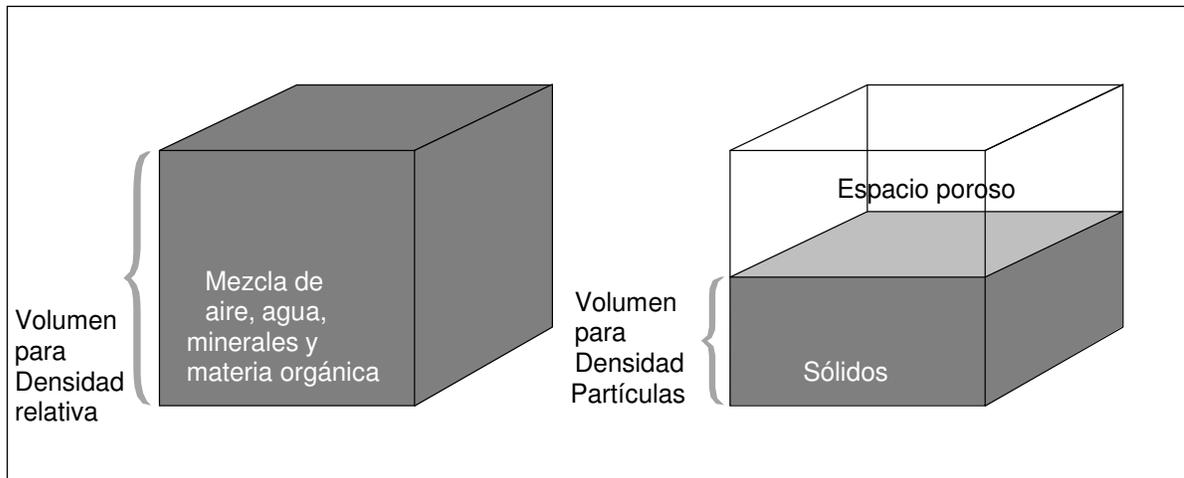
La densidad de partículas de un suelo mide la masa de una muestra de suelo en volumen dado de partículas (masa dividida entre volumen). La densidad de partículas se centra sólo en las partículas del suelo y no en el volumen total que ocupan las partículas y los poros en el suelo. La densidad de partículas difiere de la densidad relativa en que la densidad relativa incluye el volumen de la parte sólida del suelo (mineral y orgánica) y los espacios donde se encuentra el aire y el agua. La densidad de partículas del suelo es el resultado de la estructura y la composición química de los minerales del suelo. Ver Figura SU-DE-1.

Los datos de la densidad de partículas se utilizan para comprender mejor las propiedades físico-químicas del suelo. La densidad de partículas indica, por ejemplo, la cantidad relativa de materia orgánica y de minerales en una muestra de suelo.

La composición química y la estructura de los minerales en una muestra de suelo se pueden deducir al comparar la densidad de partículas del suelo con las densidades conocidas de minerales, tales como el cuarzo, feldespato, mica, magnetita, granate o circón.

Los datos de densidad de partículas junto con los datos de densidad relativa se utilizan también para calcular el espacio poroso (porosidad) que ocupan el aire y el agua en una muestra de suelo. Con este conocimiento de las propiedades del suelo, el alumnado y los científicos consiguen una mayor comprensión de la función del suelo dentro del ecosistema de un área y pueden interpretar mejor las mediciones de humedad del suelo.

Figura SU-DE-1



# Apoyo al Profesorado

## **Preparación**

El alumnado debe desarrollar el *Protocolo de Densidad Relativa* para obtener una mayor comprensión de la densidad como la medición de la cantidad de masa que hay en un volumen determinado. Es además necesario medir la densidad relativa para poder calcular la porosidad del suelo.

## **Procedimiento de las Mediciones**

Para calcular la densidad de partículas del suelo, el alumnado mide solamente la masa y el volumen de las partículas sólidas de una muestra, sin tener en cuenta el aire y el agua que se encuentran en los espacios porosos entre las partículas.

El alumnado realiza la medición metiendo una muestra de suelo en un matraz con agua destilada. La mezcla de suelo y agua se hierve para eliminar el aire de la muestra. Una vez que la muestra se haya enfriado, se añade agua hasta obtener un volumen específico. Se mide la masa de esta mezcla. Se resta la masa de agua de la masa de la mezcla. La densidad de partículas se calcula de la masa de las partículas sólidas en un determinado volumen.

## **Precauciones de Seguridad**

El alumnado debe saber cómo utilizar el quemador Bunsen u otros aparatos de calor que sirvan para hervir las mezclas de agua y suelo.

El alumnado debe practicar cómo sujetar con pinzas o guantes los frascos Erlenmeyer que contienen las mezclas de suelo/agua.

El alumnado puede practicar hirviendo las mezclas de agua y suelo para asegurarse de que no van a dejar hervir demasiado las muestras de suelo reales.

## **Actividades de Apoyo**

El alumnado puede comparar los datos de caracterización del suelo con los datos de densidad de partículas del suelo para ver si pueden relacionar las propiedades físico-químicas de los horizontes con las densidades de partículas del suelo.

## **Cuestiones para Investigaciones Posteriores**

¿Qué cambios naturales podrían alterar la densidad de partículas de un horizonte?

¿Cómo afecta el material original a la densidad de partículas de un horizonte?

¿Cómo afecta la densidad de partículas a la temperatura del suelo?

¿Cuál es la relación entre la densidad de partículas y el crecimiento de las plantas?

¿Cómo puede influir la densidad de partículas en la manera que tiene el agua para introducirse por el suelo?

¿Está relacionada la densidad de partículas con el color del suelo?

¿Está relacionada la densidad de partículas con la presencia de carbonatos? Si es así, ¿cómo?

¿Cómo se relaciona la densidad de partículas con los usos del suelo?

¿Está relacionada la densidad de partículas con la distribución de partículas por su tamaño? Si es así, ¿cómo?

# Densidad de Partículas del Suelo

## Guía de Laboratorio

### Actividad

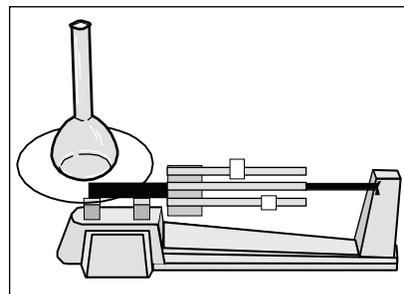
Medir la densidad de partículas de una muestra de suelo

### Qué se Necesita

- Horno de secado, suelo tamizado
- Agua destilada
- Embudo pequeño
- Balanza con una precisión de 0,1 g
- Bote pulverizador
- Guantes para horno o pinzas
- Tres matraces Erlenmeyer de 100 ml con tapón
- Lápiz o bolígrafo
- Termómetro
- Frasco lavador de agua
- Placa caliente o calentador Bunsen u otra fuente de calor
- *Hoja de Datos de Densidad de Partículas del Suelo*

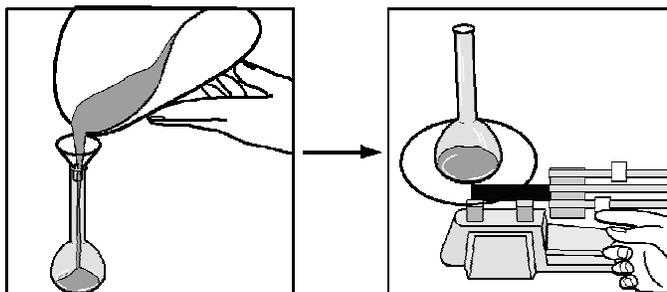
### En el Laboratorio

1. Poner agua destilada en el frasco lavador.
2. En la parte superior de la *Hoja de Datos*, anotar el tiempo en el que el suelo estuvo secándose en un horno, y anotar cómo se ha guardado la muestra (por ejemplo, en una bolsa de plástico, en un recipiente hermético, otros).



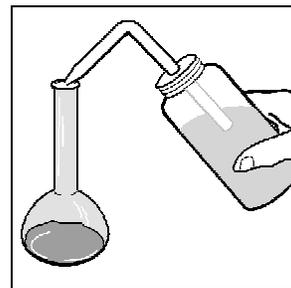
3. Medir la masa del frasco vacío sin tapón. Registrar la masa en la *Hoja de Datos de Densidad de Partículas del Suelo*.

4. Medir 25 g de suelo seco y cernido. Meter la muestra de suelo en el frasco con ayuda de un embudo. Como es importante tener los 25 g de suelo en el frasco, hay que tener cuidado de meter toda la muestra en el frasco sin desperdiciar nada. (Nota: si se desperdicia algo, repetir este paso con otra muestra de 25 g).

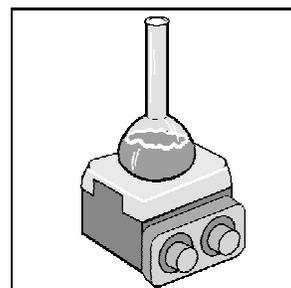


5. Medir la masa del frasco que contiene el suelo (sin tapón). Registrar la masa en la *Hoja de Datos de Densidad de Partículas del Suelo*.

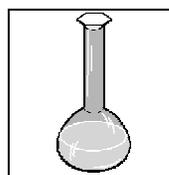
6. Utilizar el frasco lavador para empujar el resto de suelo que se quede pegado en el cuello del matraz hacia abajo. Añadir unos 50 ml de agua destilada al frasco que tiene la muestra de suelo.



7. Hervir ligeramente la mezcla de suelo/agua colocándola en una placa caliente o en un mechero Bunsen. Remover ligeramente el matraz durante 10 segundos cada minuto para evitar que la mezcla de suelo/agua no haga espuma. Hervir durante 10 minutos para eliminar las burbujas de agua.

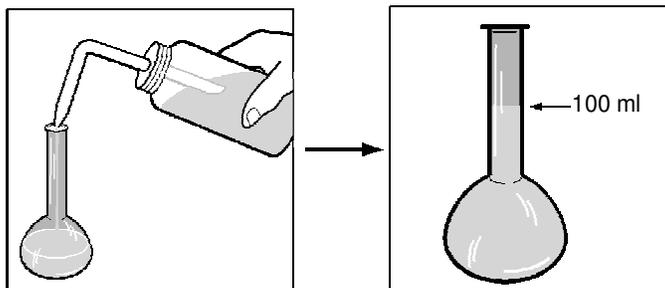


8. Retirar el frasco del calor y dejar que se enfríe.

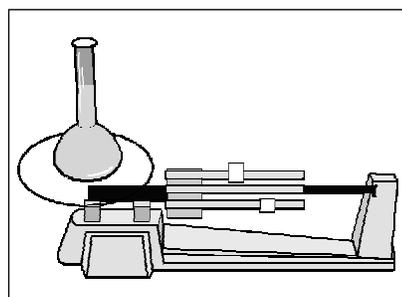


9. Una vez que el matraz se ha enfriado, taponarlo y dejarlo reposar durante 24 horas.

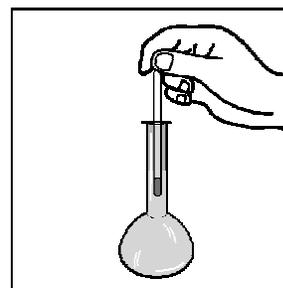
10. Después de 24 horas, quitar la tapa y llenar el matraz con agua destilada de tal manera que la base del menisco esté en la línea de los 100 ml.



11. Pesar la mezcla de 100 ml de suelo/agua en el frasco (sin tapón). Registrar la masa de la mezcla en la *Hoja de Datos de Densidad de Partículas del Suelo*.



12. Colocar el bulbo del termómetro en el matraz durante 2-3 minutos. Cuando se estabilice la temperatura, registrar la temperatura de la mezcla en la Hoja de Datos de Densidad de Partículas del Suelo.



# Protocolo de Densidad de Partículas–Interpretación de los datos

## ¿Son razonables los datos?

Densidades de partículas típicas para suelos oscilan entre 2,60 g/cm<sup>3</sup> y 2,75 g/cm<sup>3</sup> para partículas minerales. Sin embargo, pueden ascender hasta 3,0 g/cm<sup>3</sup> para partículas muy densas, y hasta 0,9 g/cm<sup>3</sup> para partículas orgánicas. Para calcular la densidad de partículas de una muestra, hay que trabajar con la *Hoja de Datos de Densidad de Partículas del Suelo* y seguir los pasos que se dan en la *Hoja de Trabajo de Cálculo*.

## ¿Qué buscan los científicos con estos datos?

Las mediciones de densidad de partículas informan acerca de los tipos de materiales.

Si la densidad de partículas es elevada, el material original del suelo constará de minerales de densidad alta. Esta información permite comprender la historia geológica del suelo. Una densidad de partículas baja (<1,0 g/cm<sup>3</sup>) indica un contenido alto de materia orgánica, y por tanto, una liberación de carbono del suelo a la atmósfera a medida que la materia orgánica se va descomponiendo con el tiempo.

Los científicos están también interesados en la cantidad de espacios porosos (porosidad) que se encuentran en el suelo. Esta información les es útil para saber cuánto aire y agua se puede almacenar en un perfil de suelo. Con ello pueden conocer también la velocidad a la que el aire, el agua y el calor se pueden desplazar por el suelo. De esta manera se comprende mejor el comportamiento del suelo, y se pueden predecir inundaciones, verificar el tipo de seres vivos que pueden sobrevivir en ese suelo, identificar los posibles cambios, y determinar cuál es el mejor uso que le puede dar el ser humano.

## Calculando la Porosidad del Suelo

La cantidad de espacios porosos o porosidad del suelo se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Porosidad} = 1 - (\text{densidad relativa/densidad partículas}) \times 100\%$$

**Densidad relativa** = masa de suelo seco / volumen total de suelo y aire (g/cm<sup>3</sup>)

**Densidad de partículas** = masa de suelo seco / volumen de partículas de suelo (una vez eliminado el aire) (g/cm<sup>3</sup>)

Densidad relativa/densidad partículas = volumen suelo seco/volumen suelo seco+poros

$$\frac{\text{Densidad relativa}}{\text{Densidad de partículas}} = \frac{\text{Volumen de suelo seco}}{\text{Volumen de suelo seco y espacio poroso}}$$

Este valor siempre será igual o menor que 1. Por lo tanto el valor (1 – densidad relativa/densidad de partículas) estará entre 0 y 1. Este valor se multiplica por 100 para calcular el porcentaje de porosidad.

El alumnado coge por ejemplo, tres muestras de suelo para determinar la densidad relativa y la densidad de partículas en cada horizonte del hoyo cavado en el *Sitio de Muestreo de Cobertura Terrestre*. Después de desarrollar los *Protocolos de Densidad Relativa* y de *Densidad de Partículas*, determinaron lo siguiente:

### Densidad relativa:

Masa de suelo seco = 395 g

Volumen total de suelo = 300 cm<sup>3</sup>

Para calcular la densidad relativa (masa de suelo seco /volumen total de suelo):

$$395 \text{ g}/300 \text{ cm}^3 = 1,32 \text{ g}/\text{cm}^3$$

### Densidad de partículas:

Masa de suelo seco = 25,1 g

Volumen de suelo seco = 9,5 ml (cm<sup>3</sup>)

Para calcular la densidad de partículas (masa de suelo seco /volumen de sólo partículas):

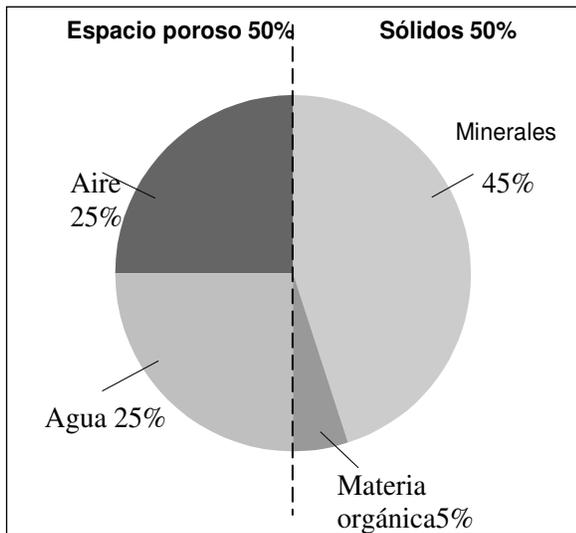
$$25,1 \text{ g}/9,5 \text{ cm}^3 = 2,64 \text{ g}/\text{cm}^3$$

### Porosidad:

Utilizando estos valores en la ecuación de la porosidad:

$$\text{Porosidad: } 1 - (1,32/2,64) \times 100 = 50\%$$

Figura SU-DE-2: Un buen suelo para la mayor parte de las plantas



De este modo, el 50% del suelo total es espacio poroso. Estos poros están llenos de aire o agua o una combinación de ambos.

Un buen suelo en el que crecen la mayoría de las plantas contiene alrededor de 50% de espacio poroso y 50% de sólidos. Los poros se llenan con agua y con aire, y los sólidos son una mezcla de minerales con algo de materia orgánica. Ver Figura SU-DE-2.

En algunos casos, ciertas plantas, como el arroz o especies de lugares pantanosos, requieren, para un buen crecimiento, que los poros contengan mucha más agua que aire. Para otros usos de suelo, como la construcción de carreteras o edificios, el suelo debe contener poros con mucho más aire que agua.

La porosidad revela la cantidad total de poros que tiene el suelo, sin embargo no se puede determinar a través de ella, la cantidad exacta de aire o agua en el suelo en un momento dado. La cantidad de agua en el suelo se determina desarrollando el *Protocolo de Humedad del Suelo*. En él se determina la cantidad total de poros y la cantidad del espacio poroso que está ocupado por agua y aire. Esta información indica si las plantas crecerán bien o no, si el suelo está seco o saturado, y qué es lo mejor para el suelo.

### ¿Grado de saturación del suelo?

El *Protocolo de Humedad del Suelo* mide el contenido de agua en el suelo (Soil Water Content SWC) como la relación proporcional de la masa de agua con la masa de suelo seco en una muestra. Conociendo la densidad de partículas, la densidad relativa, y la densidad del agua, se puede calcular la relación proporcional (el ratio) del volumen de agua respecto al volumen de suelo, sólo con el porcentaje de poros que contienen agua.

$$\frac{\text{Volumen de Agua (ml)}}{\text{Volumen de Suelo (ml)}} = \text{Contenido de agua en suelo (g/g)} \times \frac{\text{Densidad relativa (g/cm}^3\text{)}}{\text{Densidad de agua (g/cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Volumen de Poros (mL)} = \text{Porosidad} \times \text{Volumen de suelo (mL)}$$

$$\frac{\text{Volumen de Agua (ml)}}{\text{Volumen de Poros (ml)}} = \frac{\text{Contenido agua en suelo (g/g)}}{\text{Porosidad}} \times \frac{\text{Densidad relativa (g/cm}^3\text{)}}{\text{Densidad de Agua (g/cm}^3\text{)}}$$

Por tanto, si SWC = 0,20 g/g, densidad relativa = 1,32 g/cm<sup>3</sup>, densidad de agua = 1,00 g/cm<sup>3</sup>, y Porosidad = 0,50 (50%), entonces

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de poros llenos de agua} &= \frac{\text{Volumen de Agua}}{\text{Volumen de poros}} \\ &= \frac{0,20 \text{ g/g}}{0,50} \times \frac{1,32 \text{ (g/cm}^3\text{)}}{1,00 \text{ (g/cm}^3\text{)}} \times 100 = 52,8\% \end{aligned}$$

### Ejemplos de investigaciones del alumnado

El alumnado de Grassland School en Illinois, EE.UU., quería determinar la cantidad de agua que su suelo contenía. Les preocupaban las inundaciones durante la época de lluvias que ya estaba próxima. Realizaron la caracterización del suelo del centro escolar y cogieron muestras de cuatro horizontes hasta una profundidad de 100 cm. Sabían que si calculaban la densidad relativa y la densidad de partículas de cada horizonte, podrían determinar la porosidad del suelo.

Conociendo la porosidad, podían saber cuánto espacio de cada horizonte almacenaría agua. Determinaron las densidades de cada uno de los horizontes siguiendo los protocolos de GLOBE. Los Datos de Caracterización del Suelo se detallan en la Tabla SU-DE-1. La Tabla SU-DE-2 muestra como se determinó la densidad de partículas en el Horizonte 1.

Tabla SU-DE-1

Horizonte	Límite (cm)	Límite inferior (cm)	Anchura (cm) (límite sup-inf)	Textura (por tacto)	Color principal
1	0	10	10	Franco limoso	10YR 2/2
2	10	35	25	Franco arcillo limoso	10YR 6/4
3	35	70	35	Arcilla limosa	7.5YR 5/6
4	70	100	30	Arcilla	7.5YR 6/8

					(media)
1	granular	Frágil	Muchas	Ninguna	0,8
2	en bloque	Frágil	Pocas	Ninguna	1,3
3	en bloque	Firme	Pocas	Pocas	1,2
4	en bloque	Firme	Ninguna	Pocas	1,1

Tabla SU-DE-2

	Horizonte 1	Número muestra		
		1	2	3
A	Masa de suelo + frasco vacío (g)	82,0	83,0	81,0
B	Masa de frasco vacío (g)	57,0	58,0	56,0
C	Masa de suelo (g) (A – B)	25,0	25,0	25,0
D	Masa de agua + suelo +frasco (g)	169,5	169,9	169,0
E	Masa de agua (D – A)	87,5	86,9	88,0
F	Temperatura de agua (° C)	20	20	2
G	Densidad de agua (g/ml) (aproximadamente 1.0)	1,0	1,0	1,0
H	Volumen de agua (ml) (E/G)	87,5	86,9	88,0
I	Volumen de suelo (ml) (100 mL – H)	12,5	13,1	12,0
J	densidad de partículas de suelo (g/ml) (C/I)	2,0	1,9	2,1
	<b>Media de densidad de partículas</b>			
	<b>(de 3 muestras)</b>	<b>2,0 g/ml</b>		

El alumnado utilizó el mismo método para calcular la densidad de partículas de los otros tres horizontes. Los resultados fueron los siguientes (basados en la media de las tres muestras por cada horizonte):

Horizonte 1: 2,0 g/ml  
 Horizonte 2: 2,6 g/ml  
 Horizonte 3: 2,5 g/ml  
 Horizonte 4: 2,5 g/ml

El alumnado observó que había diferencias de densidad en los cuatro horizontes. La diferencia más grande la tenía el horizonte 1 con la densidad de partículas más pequeña. Observaron bien los datos de caracterización del suelo por si eso era la razón de que la densidad de partículas del horizonte fuera la más baja. El color de ese horizonte era mucho más oscuro que los otros, tenía mayor contenido de materia orgánica. La estructura del suelo en ese horizonte era granular mientras que en los otros, era en bloque.

Estructuras granulares son comunes en suelos donde haya muchas raíces. El alumnado observó también muchas raíces. Tenía una consistencia frágil y la densidad relativa era también menor que en los demás horizontes. Estas propiedades permiten que las raíces se extiendan fácilmente por todo el horizonte.

El alumnado hizo la hipótesis de que el valor más bajo en la densidad del Horizonte 1 era consecuencia de la presencia de raíces a esa profundidad. Con esta información, calcularon la porosidad de cada horizonte. Utilizando los valores medios de la densidad relativa y de la densidad de partículas, calcularon la porosidad con la siguiente ecuación:

$$\text{Porosidad} = 1 - \frac{\text{densidad relativa}}{\text{densidad de part}} \times 100\%$$

Los resultados de la porosidad en cada horizonte se muestran en la Tabla SU-DE-3.

Tabla SU-DE-3

Horizonte	Densidad relativa(BD)	Densidad partículas (PD)	BD/PD	1- BD/PD	Porosidad
1	0,8	2,0	0,40	0,60	60%
2	1,3	2,6	0,50	0,50	50%
3	1,2	2,5	0,48	0,52	52%
4	1,1	2,5	0,44	0,56	56%

Después de examinar estos datos, se observó que el horizonte 1, con su alto contenido en materia orgánica, era más poroso que los horizontes más profundos, que principalmente contenían minerales. El horizonte más profundo, que no contenía raíces, también tenía un valor de porosidad relativamente alto. La hipótesis del alumnado fue que este horizonte tenía pequeños poros entre cada una de las partículas. Dedujeron esto de la textura de este horizonte, arcilla.

El alumnado encontró también explicación de estos resultados, en que había más poros en el horizonte 1 y 4, y por tanto estos horizontes tenían la capacidad de almacenar más agua de lluvia que los horizontes 2 y 3. Para comprobar esta hipótesis, decidieron determinar el contenido de agua en el suelo según el *Protocolo de Humedad del Suelo*. Después determinarían la densidad relativa y la anchura de cada horizonte para poder convertir la masa a volumen, y calcular la cantidad de lluvia que sería necesaria para saturar el perfil de suelo.

# Protocolo de Distribución de Partículas del Suelo por Tamaño



## **Objetivo General**

Medir la distribución de las partículas de suelo de diferente tamaño que hay en cada horizonte de un perfil de suelo.

## **Visión General**

El alumnado mezcla agua con suelo seco tamizado de un horizonte y con una solución dispersante que separa las partículas de suelo unas de otras. Se agita la mezcla hasta que el suelo quede suspendido por completo en la solución. Las partículas de suelo van decantando, y se va midiendo la gravedad específica y la temperatura de la suspensión utilizando un hidrómetro y un termómetro. Se realiza una medición a los 2 minutos y otra a las 24 horas.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado aprenderá a realizar experimentos de laboratorio para determinar la distribución de partículas por tamaño. Aprenderá también fórmulas matemáticas para calcular el porcentaje presente de arena, limo y arcilla. Será capaz de relacionar el tamaño de las partículas con la suspensión en una solución, con la gravedad específica y con la velocidad de decantación.

## **Conceptos de Ciencias**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

Los componentes de la Tierra son rocas sólidas, suelo, agua, biota, y los gases de la atmósfera. Los suelos tienen propiedades como el color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad; y son el soporte de muchos tipos de plantas.

Los suelos están formados por minerales (menores de 2 mm), materia orgánica, aire y agua.

### *Ciencias Físicas*

Los objetos tienen propiedades observables.

## **Habilidades de Investigación Científica**

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir una investigación.

Utilizar herramientas y técnicas apropiadas incluyendo las matemáticas para recoger, analizar e interpretar datos.

Describir y explicar, predecir y desarrollar modelos usando evidencias.

Comunicar procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

3 clases

## **Nivel**

Medio y Secundario

## **Frecuencia**

Tres veces por cada horizonte de un perfil de suelo

## **Materiales y Herramientas**

Suelo seco y cernido (el cedazo debe ser del Número 10 con una malla con agujeros de 2 mm de tamaño)

Probetas graduadas de 500 ml (mínimo recomendado: tres)

Agua destilada

1 botella de plástico vacía de 2 litros con tapón.

Reactivo dispersante de suelo (Hexametáfosfato de sodio o un detergente lavaplatos que no haga espuma como el que se usa en un lavaplatos)

Cuchara o varilla de cristal para remover

Recipientes de 250 ml o más grandes (mínimo recomendado: tres)

Termómetro

Hidrómetro

Probeta graduada de 100 ml

Lápiz o bolígrafo

Frasco lavador

Metro de madera

Envoltura de plástico (u otro material para tapar la probeta)

Balanza con una precisión de 0,1 g

*Hoja de Datos de Distribución de Partículas por Tamaño*

## **Preparación**

Secar y tamizar las muestras de suelo y guardarlas en recipientes herméticos.

Conseguir el equipo necesario.

Calibrar la balanza a 0,1g.

## **Requisitos previos**

*Protocolo de Caracterización del Suelo*

# Distribución de Partículas del Suelo por Tamaño – Introducción

La cantidad de cada partícula de suelo (arena, limo o arcilla) presente en el suelo se conoce como distribución de partículas de suelo por tamaño. La medición de la textura en la caracterización del suelo indica sólo aproximadamente la cantidad de cada grupo de partículas que hay en una muestra de suelo. Estas aproximaciones se pueden comprobar desarrollando el *Protocolo de Distribución de Partículas por Tamaño* al medir cuantitativamente la cantidad de cada una de las partículas de diferente tamaño.

La arena es la partícula de suelo más grande (2,0 mm – 0,05 mm), el limo tiene un tamaño intermedio (0,05 mm – 0,002 mm), y la arcilla es la partícula más pequeña (menor que 0,002 mm). Las partículas con tamaño mayor de 2 mm se denominan rocas, piedras o grava y no se consideran material del suelo.

	2,0 mm	0,05 mm	0,002 mm	
Rocas		Arena	Limo	Arcilla

En una mezcla de partículas de diferentes tamaños que está suspendida en una columna de agua, las partículas más pesadas son las que decantan primero. Al agitar una muestra de suelo en solución, las partículas de arena se asientan en la base del recipiente después de 2 minutos, y las partículas de limo y arcilla se quedan suspendidas. Después de 24 horas, el limo decanta, dejando sólo la arcilla en suspensión.

Utilizando tablas de conversión, se puede calcular los porcentajes de arena, limo y arcilla y el tipo de textura de la muestra.

# Apoyo al Profesorado

## Preparación

Antes de comenzar a desarrollar el *Protocolo de Distribución de Partículas por Tamaño*, el alumnado deberá realizar las siguientes actividades:

1. Mezclar arena, limo y arcilla en un recipiente de cristal hasta llenarlo 1/3 de su capacidad.
2. Llenar el recipiente con agua.
3. Taparlo y agitar.
4. Observar qué les ocurre a las partículas del suelo.

El profesorado puede relacionar las observaciones del alumnado con el *Protocolo de Distribución de Partículas por Tamaño* discutiendo cómo difieren los resultados antes y después de añadir a la solución el reactivo dispersante.

El alumnado determinará la textura del suelo con el tacto al frotar la tierra con los dedos, para luego comparar los resultados al desarrollar el protocolo.

Se explicará al alumnado cómo utilizar el hidrómetro y se harán mediciones de prueba para practicar.

Se puede practicar mezclando una muestra de suelo con agua en una probeta graduada de 500 ml y un plástico para taparla.

El alumnado debe tener claro el concepto de gravedad específica. (Ver definición en el siguiente apartado.)

## Procedimientos de Medición

Rara vez se encuentran separadas las partículas de arena, limo y arcilla en el suelo. Normalmente se encuentran juntas en agregados denominados “terrones”. Se utiliza una solución “dispersante” para separar las partículas de estos agregados.

Se mide la cantidad de arena, limo y arcilla según la velocidad de decantación en el agua de cada una de las partículas. Si las partículas no se separan bien unas de otras, los resultados serán incorrectos, porque los agregados de las partículas pequeñas decantarán a la misma velocidad que las partículas grandes.

Un hidrómetro mide la gravedad específica de un líquido o suspensión. La gravedad específica se define como la masa de un líquido en relación a la masa de un volumen igual de agua. En agua destilada a 20° C el hidrómetro marcará 1,000.

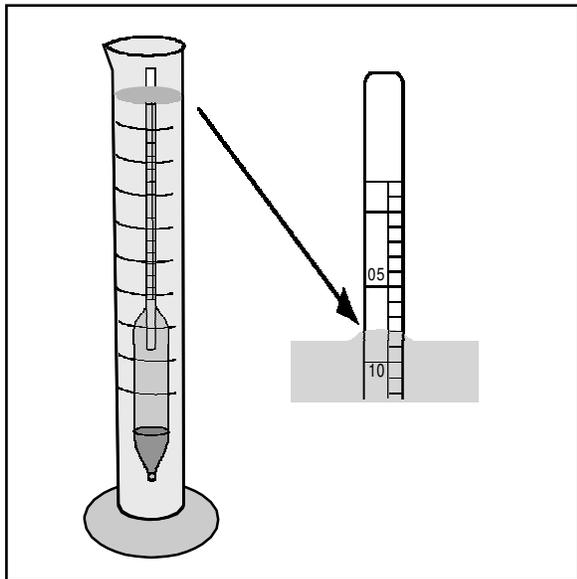


Figura-SU-PA-1

Si el suelo está suspendido en el agua, la gravedad específica aumenta y por tanto el hidrómetro marca un valor mayor.

Para medir la gravedad específica de la suspensión del suelo en el agua según este protocolo, se coloca el hidrómetro en la suspensión.

El hidrómetro se coloca 30 segundos antes del momento en el que se quiere hacer la medición, para que se estabilice en el agua. En el momento indicado (a los 2 minutos y otra vez a las 24 horas), se lee el hidrómetro donde la escala de números está al nivel de la superficie del agua.

Para leer el valor que marca, se añade siempre a 1,0 los 2 números que marca el hidrómetro al nivel de la superficie del agua. La Figura SU-PA-1 y la Figura SU-PA-2 muestran un ejemplo de lectura de hidrómetro.

La preparación inicial de la muestra para este protocolo se hará previamente. El protocolo en sí se puede desarrollar en dos clases en días sucesivos.

### **Manejo de Materiales**

El hexametáfosfato de sodio es ideal para dispersar el suelo. En las empresas distribuidoras del equipo de GLOBE o en otras este compuesto se compra como “Material Dispersante de Suelo”. Otra alternativa para dispersar las partículas de suelo es jabón para lavar platos que no haga espuma, como el detergente corriente para el lavaplatos automático.

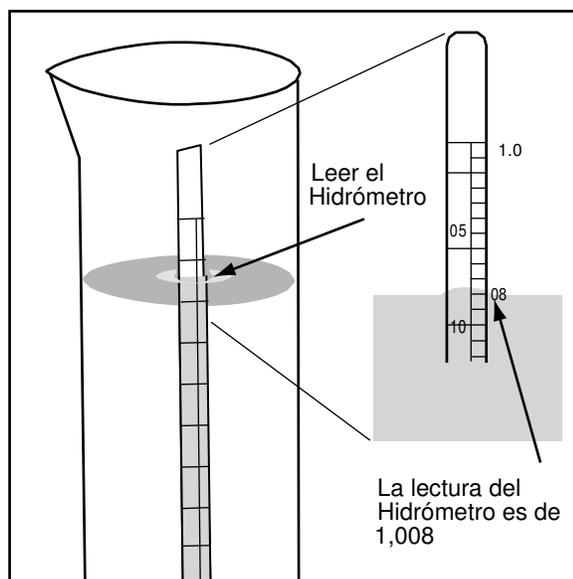


Figura-SU-PA-2

Es importante que el jabón contenga sodio y fosfato y que no produzca espuma porque complicaría la lectura del hidrómetro al realizar la medición.

Según GLOBE, hay que desarrollar este protocolo tres veces por cada horizonte. Si hay tres probetas de 50 ml y tres vasos de precipitados de 250 ml, entonces se pueden analizar tres muestras a la vez. Si se dispone de más equipo de laboratorio, se pueden medir varios horizontes a la vez.

### **Preguntas para Investigaciones Posteriores**

¿Qué cambios naturales pueden alterar la distribución de partículas por tamaño de un horizonte?

¿Cómo puede afectar la distribución de partículas de suelo al tipo de vegetación que crece en ese suelo?

¿Cómo influye el clima en la distribución de partículas por tamaño?

¿Cómo influye el material original en la distribución de partículas por tamaño de un horizonte?

¿Cómo afecta la distribución de partículas por tamaño a la temperatura del suelo?

¿Cómo influye la distribución de partículas del suelo a la fertilidad del suelo?

¿Cómo influye la distribución de partículas del suelo a la humedad del suelo?

¿Cómo influyen las escorrentías de agua y ríos a la textura del suelo en los deltas de los ríos?

# Distribución de Partículas del Suelo por Tamaño

## Guía de Laboratorio

### Actividad

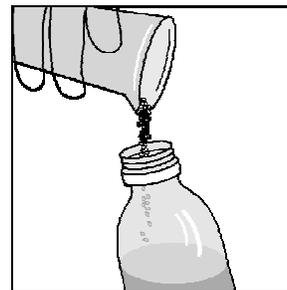
Determinar la distribución de las partículas de suelo por su tamaño en cada horizonte de un perfil de suelo.

### Qué se Necesita

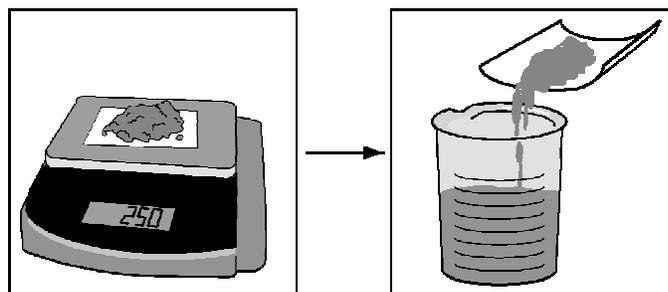
- Suelo seco y tamizado
- 2 litros de agua destilada
- Tres vasos de precipitación de 250 ml o más
- 1 botella de plástico vacía de 2 litros
- Hidrómetro
- Termómetro
- Envoltura de plástico (o algo para cubrir la probeta)
- Hoja de Datos de Distribución de Partículas de Suelo por su Tamaño
- Probeta de 100 ml
- Bolígrafo o lápiz
- Solución dispersante del Suelo
- Probetas de 500 ml
- Frasco lavador
- Metro de madera
- Balanza de precisión 0,1 g

### En el laboratorio

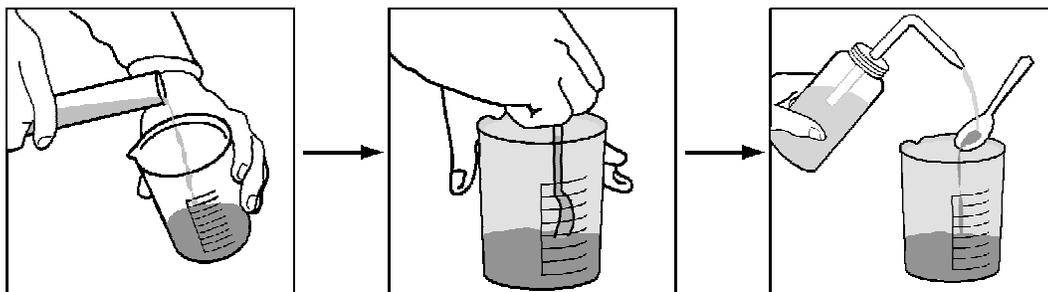
1. Preparar la solución dispersante mezclando 50 g de hexametáfosfato de Sodio (u otro agente dispersante) en 1l de agua destilada. Agitar bien hasta que el agente dispersante se haya disuelto completamente



2. Pesar 25 g de suelo seco y tamizado y echarlo en un vaso de precipitados de 250 ml o más grande.

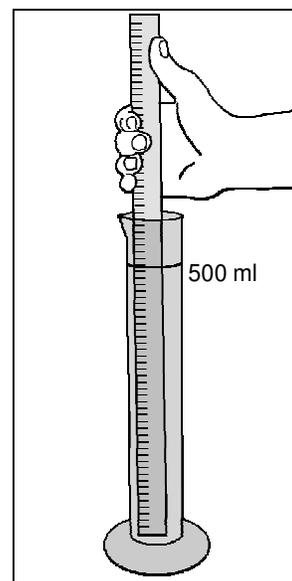


3. Añadir 100 ml de la solución dispersante y 50 ml de agua destilada al vaso de precipitados. Agitar vigorosamente con una cuchara al menos durante un minuto. Asegurarse de que el suelo se ha mezclado bien y no se ha quedado pegado ningún resto en el fondo del vaso de precipitados. Tratar de no derramar nada. Añadir los restos de tierra que se queden en la cuchara con la ayuda del agua destilada del frasco lavador.



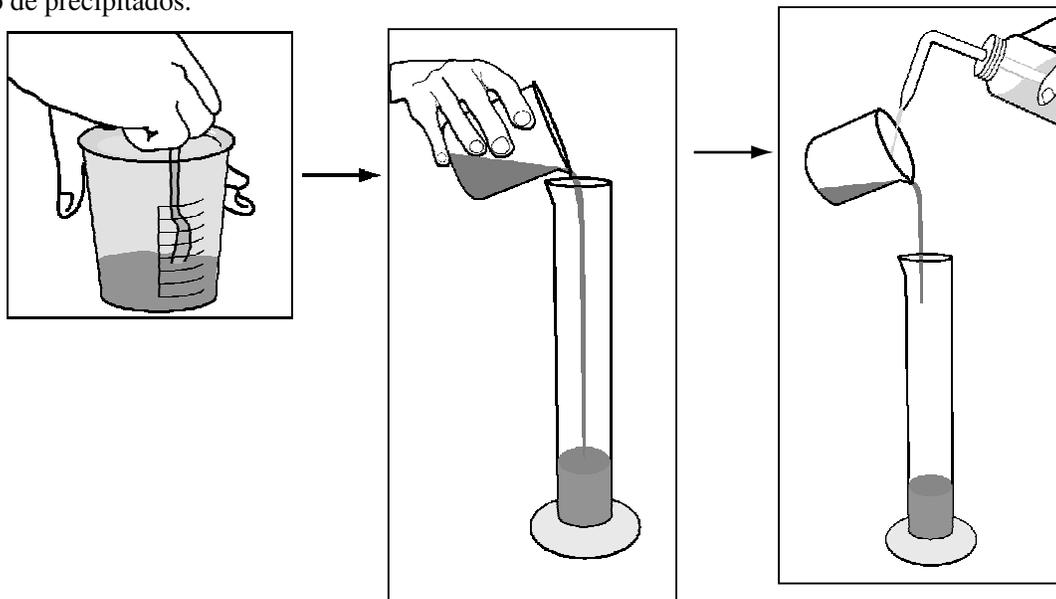
4. Mientras va decantando el suelo, se mide la distancia entre la base de la probeta y la marca de 500ml. Utilizar el metro de madera para realiza esta medición.

Leer la temperatura a la que el hidrómetro ha sido calibrado (normalmente 15,6° C [60° F] o 20° C). Esta temperatura aparece reflejada en el hidrómetro.

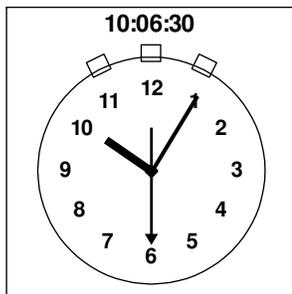
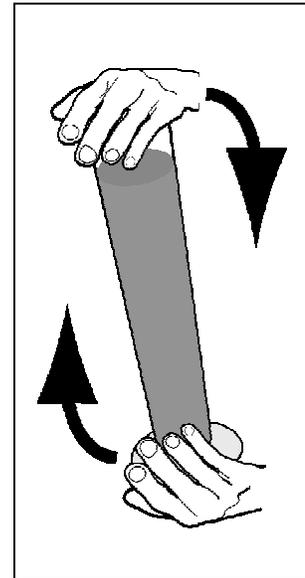
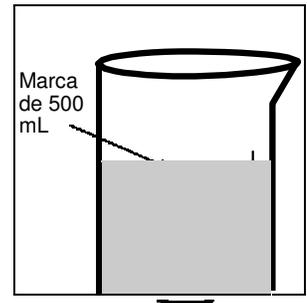


5. Completar la parte superior de la Hoja de Datos de Distribución de Partículas del Suelo por Tamaño.

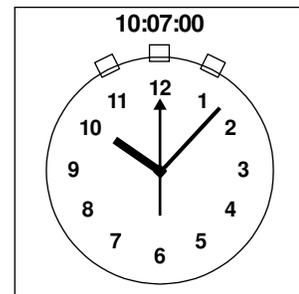
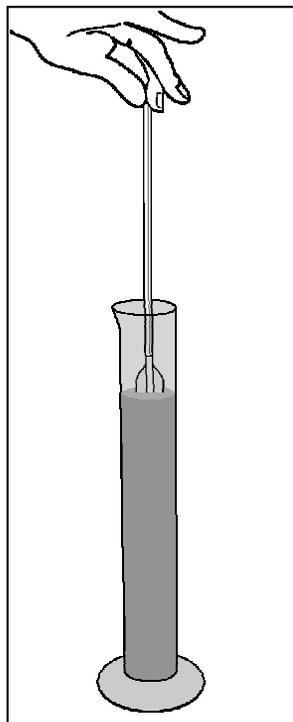
6. Después de al menos 24 horas, se remueve la solución en el vaso de precipitados y se vierte en la probeta de 500 ml. Se utiliza un frasco lavador para añadir los restos de suelo que quedan en las paredes del vaso de precipitados.



7. Añadir agua destilada hasta alcanzar la marca de 500 ml.
8. Tapar la probeta con plástico u otra cubierta. Colocar la mano en la boca de la probeta y mezclar la suspensión del suelo vigorosamente rotando la probeta al menos 10 veces. Asegurarse de que el suelo se ha mezclado bien y ya no hay restos de suelo pegados en la base de la probeta. Hay que tener cuidado de no derramar nada de la solución.
9. Dejar reposar la solución e inmediatamente tomar el tiempo con un reloj o cronómetro que marque los segundos.
10. Registrar la hora a la que se deja reposar la solución (hora de inicio). (En el ejemplo de la derecha, la hora de inicio es: 10:05 y 0 segundos.)
11. Después de 1 minuto y 30 segundos, se introduce el hidrómetro con cuidado y se le deja flotando en la solución. Tratar de que el hidrómetro se estabilice y cese su movimiento.



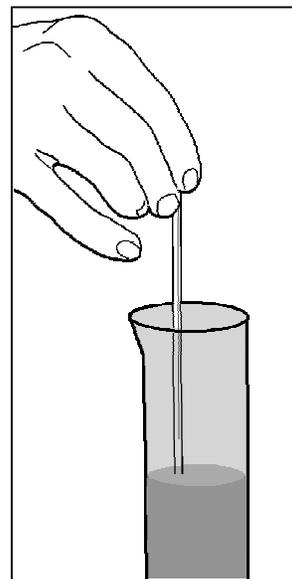
Hora a la que se introduce el hidrómetro



Hora a la que se lee el hidrómetro

12. Exactamente después de **2 minutos** de la hora de inicio, se lee la línea del hidrómetro que coincide con la superficie de la solución, y se registra ese número en la *Hoja de Datos de Distribución de Partículas del Suelo por Tamaño*.

13. Retirar el hidrómetro, secarlo y colocarlo en un lugar seguro.
14. Suspender el termómetro en la solución durante un minuto aproximadamente.
15. Leer el termómetro y registrar la temperatura en la *Hoja de Datos de Distribución de Partículas del Suelo por Tamaño*.
16. Secar el termómetro y guardarlo.
17. No mover la probeta durante 24 horas. Después de 24 horas, realizar otra medición con el hidrómetro y con el termómetro. Registrar los resultados en la *Hoja de Datos de Distribución de Partículas del Suelo por Tamaño*. (24 horas desde que se comenzó a medir el tiempo.)
18. Desechar la solución fuera en algún lugar especial para material de suelo para desechar.



# Protocolo de Distribución de Partículas del Suelo Por Tamaño – Interpretando los Datos

Nota: El siguiente ejemplo sirve de ayuda.

## **A. Calcular el Porcentaje de Arena, Limo y Arcilla en la Muestra de Suelo Utilizando la Siguiete Hoja de Trabajo:**

1. En A se introduce lo que marca el hidrómetro a los 2 minutos.  
A. Lectura del hidrómetro a los 2 minutos \_\_\_\_\_
2. En B se introduce la temperatura a los 2 minutos.  
B. Lectura del termómetro a los 2 minutos \_\_\_\_\_ °C
3. En C se introducen los gramos de suelo/l en suspensión usando el valor del hidrómetro en A y la tabla de conversión Tabla SU-PA-1 siguiendo el paso 18.  
C. Gramos de suelo/l (limo+arcilla) según tabla \_\_\_\_\_ g
4. En D se multiplica la diferencia entre la temperatura medida (en B) y 20° C por 0,36 para corregir temperaturas sobre o por debajo de 20°C  
D. Corrección de temperatura  $[0,36 \times (B - 20^\circ \text{C})]$   
 $[0,36 \times (B \text{ _____} - 20)] = \text{_____ g}$
5. En E se introduce la suma de gramos de suelo/l (de C) y la corrección de la temperatura (de D).  
E. Cantidad corregida de limo y arcilla en suspensión (C+D)  
 $C \text{ _____} + D \text{ _____} = \text{_____ g}$
6. En F se multiplica el valor en g de suelo /l de E por 0,5 para corregir el hecho de haber utilizado una probeta de 500ml.  
F. Gramos de suelo (limo + arcilla) en 500 ml  
 $(E \text{ _____} \times 0,5) = \text{_____ g}$
7. G indica los gramos de arena en la muestra al restar los gramos de limo y los de arcilla en suspensión (F) al total de suelo inicial en la muestra (25 g).  
G. Gramos de arena en la muestra  
 $(25 \text{ g} - F \text{ _____}) = \text{_____ g}$
8. En H se determina el porcentaje exacto de arena dividiendo los gramos de arena por la cantidad total de suelo (25 g) y multiplicándolo por 100.  
**H. Porcentaje de arena**  
 $[(G \text{ _____} / 25) \times 100] = \text{_____ \%}$
9. In I se introduce la medida del hidrómetro a las 24 horas.  
I. Lectura del hidrómetro a las 24-horas \_\_\_\_\_
10. En J se introduce la temperatura a las 24 horas.  
J. Lectura del termómetro a las 24-horas \_\_\_\_\_ °C
11. En K se introduce los gramos de suelo/l en suspensión a las 24 horas (arcilla) utilizando el valor del hidrómetro en I y la tabla de conversión Tabla SU- PA-1 siguiendo el paso 18.  
K. Gramos de suelo /l (arcilla) según tabla \_\_\_\_\_ g

12. En L se multiplica por 0,36 la diferencia entre la temperatura a las 24 horas (de J) y 20° C.

L. Corrección de la temperatura  $[0,36 \times (B - 20^\circ \text{C})]$   
 $[0,36 \times (J \text{ ---} - 20^\circ \text{C})] = \text{---} \text{ g}$

13. En M se introduce la suma de los gramos de suelo/l (de K) y la corrección de la temperatura (de L).

M. Cantidad corregida de arcilla en suspensión (C+D)  
 $K \text{ ---} + L \text{ ---} = \text{---} \text{ g}$

14. En N se multiplica el valor en M por 0,5 para corregir el hecho de haber utilizado una probeta de 500ml.

N. Gramos de suelo (arcilla) en 500 ml  
 $(M \text{ ---} \times 0,5) = \text{---} \text{ g}$

15. En O se determina el porcentaje exacto de arcilla, dividiendo gramos de arcilla en suspensión (de N) por la cantidad total de suelo (25 g) y multiplicándolo por 100.

**O. Porcentaje de arcilla**  
 $[(N \text{ ---} / 25) \times 100] = \text{---} \%$

16. En P se determinan los gramos de limo sumando los gramos de arena (de G) y los gramos de arcilla (de N) y restando el resultado a los 25 g de suelo totales.

P. Gramos de limo  
 $[25 - (G \text{ ---} + N \text{ ---})] = \text{---} \text{ g}$

17. En Q se determina el porcentaje exacto de limo, dividiendo los gramos de limo por el total de suelo (25 g) y multiplicándolo por 100.

**Q. Porcentaje de Limo**  
 $[(P \text{ ---} / 25) \times 100] = \text{---} \%$

18. Ver el Triángulo de Textura en la Figura SU-PA-3 para determinar la textura el suelo.

**Muestra Número 1:**

Arena: \_\_\_\_\_% Limo: \_\_\_\_\_% Arcilla \_\_\_\_\_%

Textura del suelo: \_\_\_\_\_

**Muestra Número 2:**

Arena: \_\_\_\_\_% Limo: \_\_\_\_\_% Arcilla \_\_\_\_\_%

Textura del suelo: \_\_\_\_\_

**Muestra Número 3:**

Arena: \_\_\_\_\_% Limo: \_\_\_\_\_% Arcilla \_\_\_\_\_%

Textura del suelo: \_\_\_\_\_

Tabla SU-PA-1: Tabla de Conversión (Gravedad Específica en Gramos de Suelo /l)

<b>Gravedad Específica</b>	<b>Gramos Suelo/l</b>	<b>Gravedad Específica</b>	<b>Gramos Suelo/l</b>	<b>Gravedad Específica</b>	<b>Gramos Suelo/l</b>
1,0024	0,0	1,0136	18,0	1,0247	36,0
1,0027	0,5	1,0139	18,5	1,0250	36,5
1,0030	1,0	1,0142	19,0	1,0253	37,0
1,0033	1,5	1,0145	19,5	1,0257	37,5
1,0036	2,0	1,0148	20,0	1,0260	38,0
1,0040	2,5	1,0151	20,5	1,0263	38,5
1,0043	3,0	1,0154	21,0	1,0266	39,0
1,0046	3,5	1,0157	21,5	1,0269	39,5
1,0049	4,0	1,0160	22,0	1,0272	40,0
1,0052	4,5	1,0164	22,5	1,0275	40,5
1,0055	5,0	1,0167	23,0	1,0278	41,0
1,0058	5,5	1,0170	23,5	1,0281	41,5
1,0061	6,0	1,0173	24,0	1,0284	42,0
1,0064	6,5	1,0176	24,5	1,0288	42,5
1,0067	7,0	1,0179	25,0	1,0291	43,0
1,0071	7,5	1,0182	25,5	1,0294	43,5
1,0074	8,0	1,0185	26,0	1,0297	44,0
1,0077	8,5	1,0188	26,5	1,0300	44,5
1,0080	9,0	1,0191	27,0	1,0303	45,0
1,0083	9,5	1,0195	27,5	1,0306	45,5
1,0086	10,0	1,0198	28,0	1,0309	46,0
1,0089	10,5	1,0201	28,5	1,0312	46,5
1,0092	11,0	1,0204	29,0	1,0315	47,0
1,0095	11,5	1,0207	29,5	1,0319	47,5
1,0098	12,0	1,0210	30,0	1,0322	48,0
1,0102	12,5	1,0213	30,5	1,0325	48,5
1,0105	13,0	1,0216	31,0	1,0328	49,0
1,0108	13,5	1,0219	31,5	1,0331	49,5
1,0111	14,0	1,0222	32,0	1,0334	50,0
1,0114	14,5	1,0226	32,5	1,0337	50,5
1,0117	15,0	1,0229	33,0	1,0340	51,0
1,0120	15,5	1,0232	33,5	1,0343	51,5
1,0123	16,0	1,0235	34,0	1,0346	52,0
1,0126	16,5	1,0238	34,5	1,0350	52,5
1,0129	17,0	1,0241	35,0	1,0353	53,0
1,0133	17,5	1,0244	35,5	1,0356	53,5
				1,0359	54,0
				1,0362	54,5
				1,0365	55,0

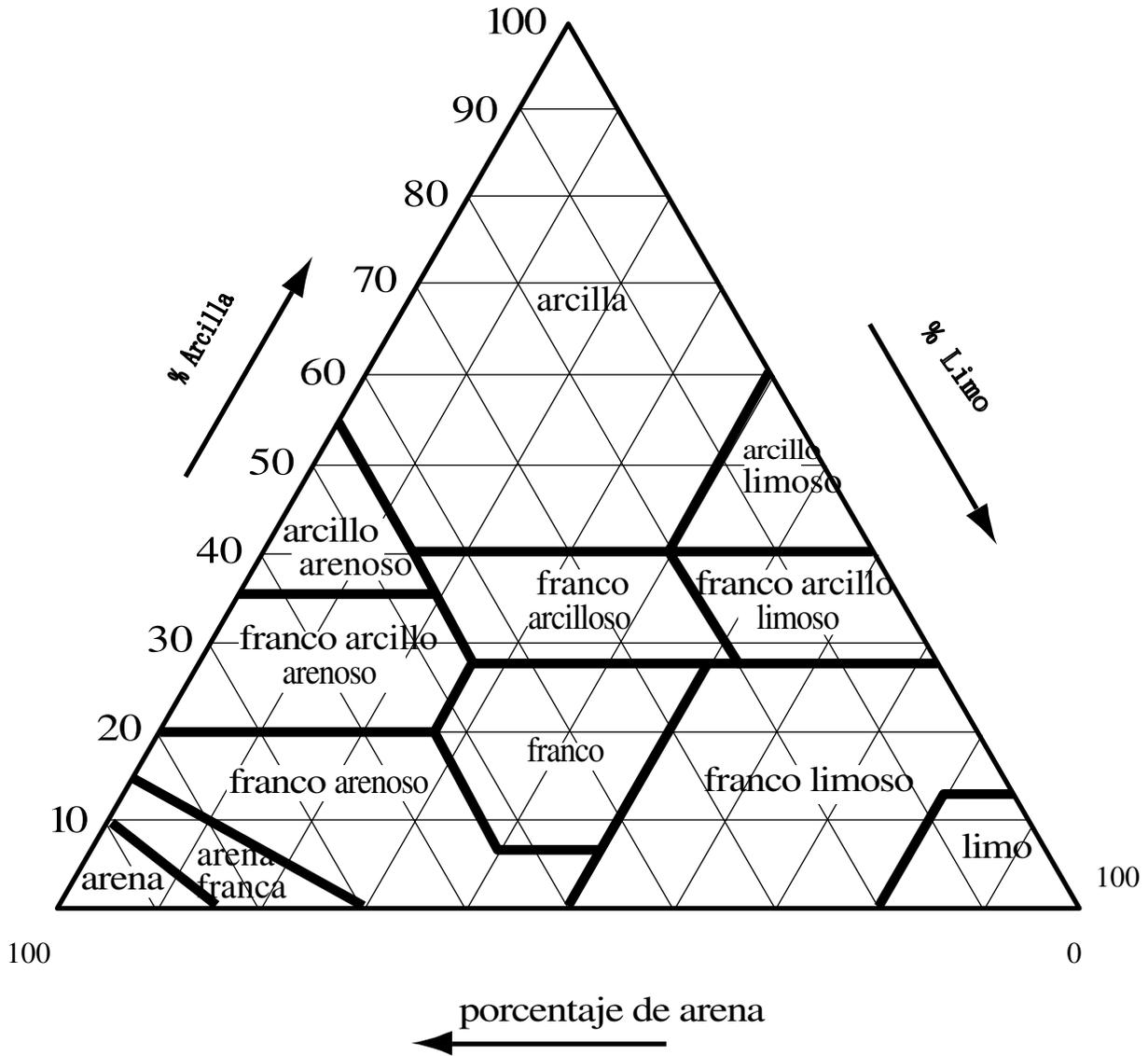
### ***B. Determinar la Textura de la Muestra de Suelo Utilizando el Triángulo de Textura:***

Los edafólogos han clasificado las texturas del suelo en 12 categorías. El triángulo de textura (Figura SU-PA-3) es una de las herramientas que los científicos utilizan para visualizar y comprender el significado de los diferentes nombres de textura. Este triángulo es un diagrama que muestra cómo se clasifican cada uno de los 12 tipos diferentes de textura basándose en el porcentaje de arena, limo y arcilla que hay en cada tipo.

Se determina la textura de la muestra siguiendo estos pasos:

1. Se coloca una hoja transparente u hoja de calco sobre el triángulo de textura.
2. Se coloca el borde de una regla en el punto (sobre la línea de base del triángulo) que representa el porcentaje de arena en la muestra. La regla se sitúa en la línea que se inclina en la dirección en la que están inclinados los números por porcentaje de arena y se traza la línea a lo largo de la regla.
3. Se coloca el borde de la regla en el punto a lo largo del lado derecho del triángulo que representa el porcentaje de limo en la muestra. Se coloca la regla en la línea que se inclina en la dirección en la que están inclinados los números por porcentaje de limo.
4. Se marca el punto donde se cruzan las dos líneas. Se coloca el borde superior de una de las reglas paralela a las líneas horizontales y pasando por el punto de cruce. El número a la izquierda debería ser el porcentaje de arcilla en la muestra. La suma del porcentaje de arena, limo y arcilla debe ser 100%.
5. El nombre de la textura de la muestra de suelo está indicado en el área sombreada donde está la marca. Si la marca cae justamente en una línea entre dos áreas, se registran los dos nombres.

Figura SU-PA-3: Triángulo de Textura



## Ejemplo de Investigaciones de los Estudiantes **A. Calculando el Porcentaje de Arena, Limo y Arcilla en la Muestra.**

El alumnado registró los siguientes valores del hidrómetro a los 2 minutos y a las 24 horas:

	Gravedad Específica	Temperatura
2 minutos:	1,0125	21,0
24 horas	1,0089	19,5

Para cada valor que marcaba el hidrómetro utilizaron la tabla de conversión para obtener gramos/litro de suelo e hicieron la corrección de la temperatura.

### *Lectura a los 2 minutos*

La gravedad específica medida era 1,0126, que corresponde a 16,5 gramos de limo y arcilla por litro en la suspensión. Este valor se corrige debido a la temperatura. La temperatura tomada era 1 grado superior a 20° C, por lo que se añadió 0,36 a los 16,5 gramos/litro:

$$16,5 + 0,36 = 16,86 \text{ g/l}$$

Después se multiplicó 16,86 g/l por 0,5 l (que era el volumen de agua que se utilizó en el protocolo) para cambiar de gramos/litros a gramos:

$$16,86 \times 0,5 = 8,43 \text{ ( 8,4 g)}$$

Esta es la cantidad de limo y arcilla en suspensión

Para determinar la cantidad de arena, el alumnado restó 8,4 g a la cantidad de suelo inicial que se utilizó en el protocolo (25,0 g):

$$25,0 \text{ g} - 8,4 \text{ g} = 16,6 \text{ g de arena}$$

Calcularon el porcentaje de arena en la muestra dividiendo 16,6 g entre la cantidad de suelo inicial (25,0 g) y multiplicándolo por 100 para obtener el porcentaje:

$$(16,6 \text{ g}/25,0 \text{ g}) \times 100 = 66,4\% \text{ arena}$$

### *Lectura a las 24 horas*

La gravedad específica medida era 1,0089, que corresponde a 10,5 g/l. Este valor representa la cantidad de arcilla por litro en suspensión. Después el alumnado corrigió los 10,5 g/l en base a la temperatura. Como la temperatura tomada era 0,5 grados por debajo de 20° C, restaron 0,36 x 0,5 a los 10,5 gramos/litro:

$$0,36 \times 0,5 = 0,18$$

$$10,5 - 0,18 = 10,32 \text{ g/l}$$

Después multiplicaron 10,32 g/l por 0,5 l (que correspondía al volumen de agua utilizado en el protocolo) para convertir gramos/litro en gramos:

$$10,32 \times 0,5 = 5,16 \text{ (se redondeó a 5,2 g)}$$

5,2 g es la cantidad de arcilla que había en los 25 g de suelo iniciales utilizados en el protocolo.

Se calculó el porcentaje de arcilla en la muestra dividiendo 5,2 g por la cantidad de suelo inicial (25,0 g):

$$(5,2 \text{ g}/25,0 \text{ g}) \times 100 = 20,8\% \text{ arcilla}$$

Se calculó el porcentaje de limo sumando los gramos de arena a los gramos de arcilla y restando esta suma a la cantidad de suelo inicial (25 g):

$$16,6 \text{ g (arena)} + 5,2 \text{ g (arcilla)} = 21,8$$

$$25 \text{ g} - 21,8 \text{ g} = 3,2 \text{ g limo}$$

los cuales se convirtieron en porcentaje dividiendo entre 25:

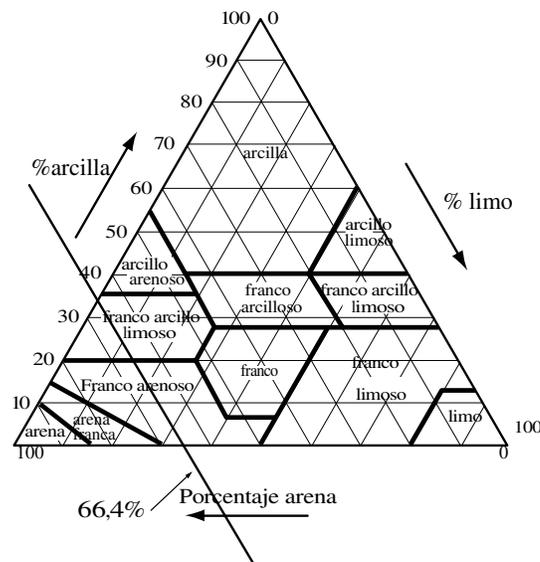
Para esta muestra el resultado final fue:

%Arena	%Limo	%Arcilla
66,4	12,8	20,8

### B. Determinando el tipo de Textura de la Muestra de Suelo

El alumnado determinó el tipo de textura de la muestra de suelo utilizando el Triángulo de Textura.

1. Primero colocó papel de calcar sobre el Triángulo de Textura.
2. En segundo lugar, colocó el borde de una regla a lo largo de la base del Triángulo de Textura a la altura de 66,4% de arena y dibujó una línea.





## Hoja de Prácticas para la Textura de Suelo

Utilizar los siguientes números para determinar la textura de suelo utilizando el triángulo de textura. Rellenar los espacios en blanco. Nota: la suma del porcentaje de arena, de limo y de arcilla debe alcanzar siempre el 100%:

	% Arena	% Limo	% Arcilla	TipodeTextura
a.	75	10	15	Franco arenoso
b.	10	83	7	
c.	42		37	
d.		52	21	
e.		35	50	
f.	30		55	
g.	37		21	
h.	5	70		
i.	55		40	
j.		45	10	

Respuestas: b. franco limoso; c. 21, franco arcilloso; d. 27, franco limoso; e. 15, arcilla; f. 15, arcilla; g. 42, franco; h. 25, Franco limoso; i. 5, arcillo arenoso; j. 45, franco.

### **Para el Alumnado Avanzado**

#### *La Ley de Stoke: Para calcular el tiempo de decantación de las partículas del suelo*

En el Protocolo de Distribución de Partículas del Suelo por Tamaño las lecturas del hidrómetro se realizan en momentos muy específicos de tal manera que la arena y después el limo, hayan decantado en la probeta. Para determinar el tiempo de decantación necesario para cada partícula se utiliza una ecuación derivada de la Ley de Stoke. Esta ley describe la velocidad de una partícula para decantarse en función de su diámetro y de las propiedades del líquido donde está decantando. Cuando se conoce esta velocidad, ya se puede calcular el tiempo que requiere una partícula de un diámetro específico en decantar recorriendo una distancia dada.

Esta actividad puede ser muy interesante para el alumnado por diversas razones. Por un lado, el alumnado querrá investigar cómo la velocidad de decantación de partículas de diferentes tamaños, difiere al utilizar otras condiciones a las que se especifican en el protocolo de GLOBE. Por ejemplo, si se utiliza una probeta más grande, o la temperatura es mucho mayor, ¿cuánto tiempo tardaría la partícula de arena, de limo y de arcilla en decantar? En la naturaleza las partículas de arcilla desplazadas por el movimiento del agua decantan cuando el agua deja de fluir y permanece quieta. Utilizando la ecuación según la Ley de Stoke, el alumnado puede comprender la relación entre las partículas de arena, de limo y de arcilla desplazadas por el agua, el grado de turbidez, y lo que tardarían las partículas (especialmente la arcilla) en decantar hasta la base dejando el agua clara.

La Ley de Stoke se describe con la siguiente ecuación:

$$v = kd^2$$

siendo:

$v$  = velocidad de decantación (en cm/segundo)

$d$  = diámetro de la partícula en cm (0,2 cm – 0,005 cm para la arena, 0,005 cm- 0,0002 cm para el limo y <0,0002 cm para la arcilla)

$k$  = una constante que depende del líquido en el que la partícula está decantando, de la densidad de partículas, de la fuerza de la gravedad y de la temperatura ( $8,9 \times 10^3 \text{ cm}^{-1} \text{ seg}^{-1}$  para suelo en agua a 20° C).

#### Ejemplo

Se quiere calcular lo que tardaría una particular de arena fina (0,1 mm) en decantar. La distancia entre la marca de 500 ml de la probeta graduada y la base de la probeta es 27 cm.

1. Primero se pasa de cm a mm (del diámetro)

$$0,1 \text{ mm} \times 1 \text{ cm}/10 \text{ mm} = 0,01 \text{ cm}$$

2. Se utiliza la ecuación de Stoke para calcular la velocidad.

$$\begin{aligned} v &= 8900 \times (0,01)^2 \\ &= 0,89 \text{ cm/segundo} \end{aligned}$$

3. Después se divide la distancia que hay entre la marca de los 500ml y la base de la probeta, entre la velocidad calculada en el paso 2.

$$27 \text{ cm}/0,89 \text{ cm.segundo}^{-1} = 30,33 \text{ segundos}$$

Por lo tanto, la arena fina de un diámetro de 0,1 mm tardará unos 30 segundos en decantar hasta la base de la probeta de 500ml.

# Protocolo del pH del Suelo



## **Objetivo General**

Medir el pH de un horizonte de suelo

## **Visión General**

El alumnado debe mezclar muestras de suelo seco y tamizado con agua destilada. La mezcla va decantando hasta que se forma una capa relativamente clara, llamada sobrenadante. Se utiliza un pH-metro o tiras de papel pH para determinar el pH de la muestra. El procedimiento se hace tres veces para cada horizonte.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado será capaz de realizar análisis de pH a muestras de suelo, en el laboratorio. Aprenderán a relacionar el pH con las propiedades físico-químicas de una muestra de suelo.

## **Objetivos de Ciencias**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

Los suelos tienen propiedades como el color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad; y son el soporte de muchos tipos de plantas.

La superficie de la Tierra va cambiando.

El agua circula por el suelo modificando las propiedades tanto del suelo como del agua.

### *Ciencias Físicas*

Los objetos tienen propiedades observables.

Las reacciones químicas tienen lugar en todo el medio.

## **Habilidades de Investigación Científica**

Identificar preguntas y respuestas.

Diseñar y dirigir una investigación.

Utilizar herramientas y técnicas apropiadas incluyendo las matemáticas para recoger, analizar, e interpretar datos.

Describir, explicar, predecir y desarrollar modelos usando la evidencia.

Comunicar procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

Una clase de 45 minutos

## **Nivel**

Todos

## **Frecuencia**

Una vez en cada horizonte

## **Materiales y Herramientas**

Horno para secar, suelo tamizado

Agua destilada

Lápiz o bolígrafo

Cilindro graduado de 100 ml

Varilla de cristal u otro utensilio para remover

Vaso de precipitados de 100 ml

pH metro, tiras de pH

Balanza (precisión de 0,1 g)

*Hoja de Datos de pH del Suelo*

## **Preparación**

Recoger las muestras de suelo que se requieren.

Revisar el *Protocolo de pH del Área de Hidrología*

Secar y tamizar las muestras de suelo y guardarlas en un recipiente hermético.

Calibrar la balanza a 0,1 g.

Calibrar el pH-metro (ver procedimiento para la calibración en el *Protocolo de pH del Área de Hidrología*.)

## **Requisitos Previos**

*Protocolo de Caracterización del Suelo*

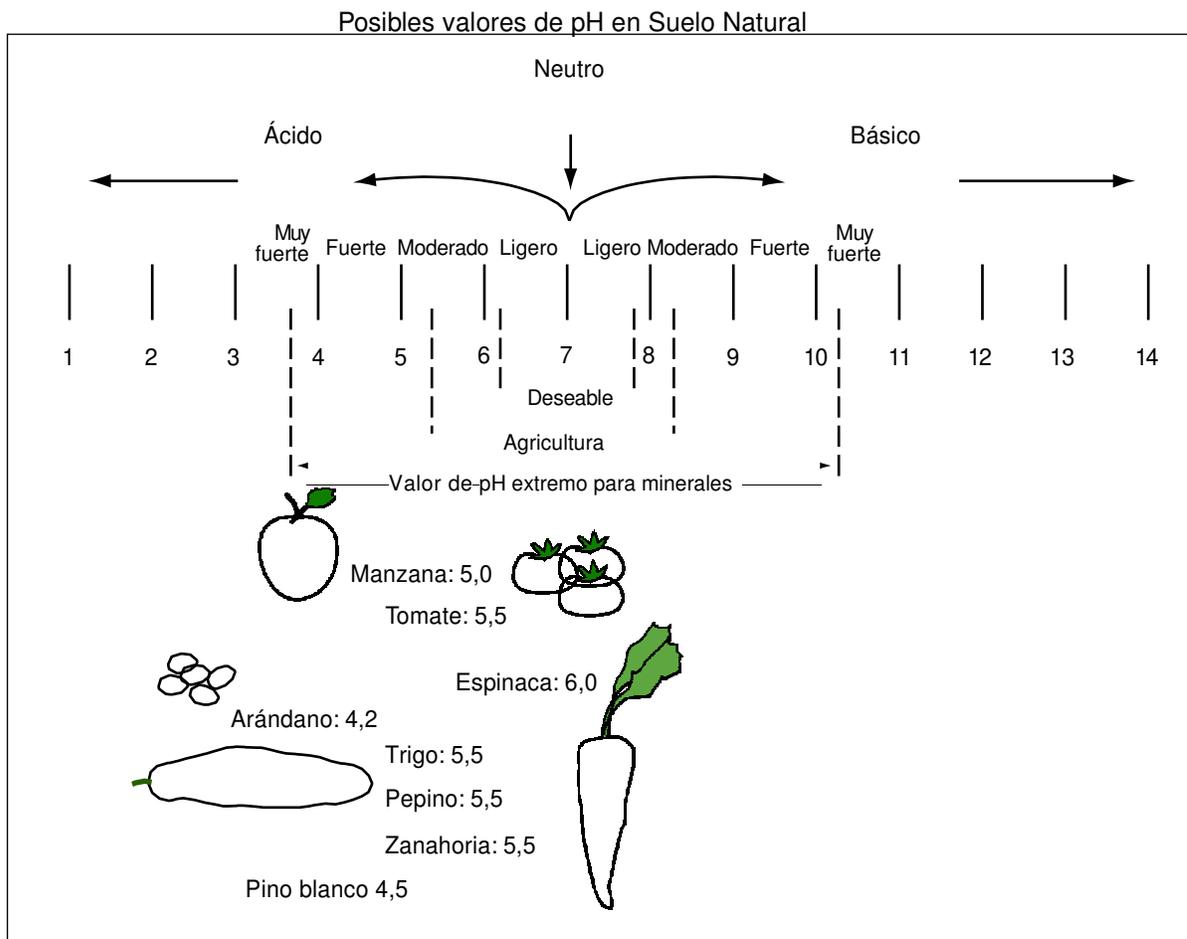
# Protocolo del pH del Suelo – Introducción

El pH, o la cantidad de iones de hidrógeno en una muestra, es un parámetro que hay que considerar si se estudia el suelo. Como en el ámbito de hidrología, la escala del pH se utiliza como un indicador de la concentración de iones de hidrógeno en el suelo. Se disuelve suelo seco tamizado en un volumen específico de agua de pH conocido. La amplitud con la que el suelo disuelto cambia el pH del agua es un indicador del número de iones que contiene el suelo. El pH se mide en una escala logarítmica y representa el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno en moles/l. Por ejemplo, un pH de 2 representa una concentración de  $1 \times 10^{-2}$  moles/l (0,01) iones de hidrógeno y un pH de 8 representa una concentración de  $1 \times 10^{-8}$  moles/l (0,00000001) iones de hidrógeno.

Si el suelo contiene una concentración elevada de iones de hidrógeno, se considera un suelo ácido. Si contiene pocos iones de hidrógeno será básico. Un pH=7 indica un suelo neutro (ni ácido ni básico). La escala de pH va del 1 al 14, indicando un pH 1 acidez extrema ( $1 \times 10^{-1}$  ó 0,1 moles de iones de hidrógeno por litro), y un pH=14 un valor básico extremo ( $1 \times 10^{-14}$  moles de iones de hidrógeno por litro ó 0,00000000000001 moles/l).

El pH del suelo es un indicador de la química y fertilidad del suelo. El pH afecta a la actividad química de los elementos del suelo, y a muchas de las propiedades del suelo. Las plantas, diferentes entre sí, también tienen un crecimiento óptimo a diferentes valores de pH. Ver Figura SU-pH-1. Agricultores y jardineros pueden modificar el pH del suelo, de manera que a veces incorporan materiales que modifican el pH según las plantas que quieren que crezcan. El pH del suelo afecta también a las aguas subterráneas y a los lagos y ríos.

Figura SU-pH-1



El pH del suelo controla muchas de las actividades químicas y biológicas que tienen lugar en el suelo, y da información sobre el clima, la vegetación, y las condiciones hidrológicas bajo las que se formó el suelo. El pH de un horizonte de suelo (como es de ácido o básico) está influido por el material original, la naturaleza química de la lluvia y de otras aguas que se introduzcan en el suelo, el uso de la tierra, y por las actividades de los organismos (plantas, animales, y microorganismos) que viven en el suelo. Por ejemplo las agujas de los pinos son ricas en ácidos y al descomponerse a lo largo del tiempo, puede disminuir el pH del suelo.

## Apoyo al Profesorado

### **Preparación**

El alumnado deberá revisar el protocolo de pH del área de investigación de Hidrología y practicar con el equipo de pH midiendo el de diferentes líquidos.

### **Procedimiento para las Mediciones**

Para medir el pH, se mezclan muestras de suelo seco con agua destilada hasta que el suelo y el líquido estén en equilibrio para poder medir el pH con precisión. Para este protocolo se utiliza una solución de suelo/agua en relación 1:1, porque esto sería lo más similar a un método estándar para mediciones profesionales de pH.

### **Manejando Materiales**

Si se utiliza un pH-metro para medir el pH, hay que asegurarse de que el aparato está funcionando correctamente. El alumnado debe calibrarlo siguiendo los pasos del *Protocolo de pH en el Área de Investigación de Hidrología*. En caso de que las pilas no tengan carga, habrá que reemplazarlas por unas nuevas o recargadas de batería.

En algunas muestras de suelo, especialmente en aquellas ricas en arcilla, el suelo en el agua no se decantará después de mezclarlo y no se formará un sobrenadante. En estos casos, después de mezclarlo rigurosamente siguiendo el protocolo, hay que colocar el pH-metro o tiras de pH en la parte superior de la suspensión suelo/líquido y tomar la lectura de la medición.

### **Organizando al Alumnado**

Si un sólo equipo está realizando las mediciones de las tres muestras de un horizonte, es conveniente que trabaje con las tres muestras paralelamente y no secuencialmente. Esto permitirá desarrollar todo el protocolo en menos de 45 minutos

### **Cuestiones para Investigaciones Posteriores**

¿Qué cambios naturales podrían alterar el pH de un horizonte?

¿Cómo afecta el pH de la lluvia al pH de un horizonte de suelo?

¿Cómo afecta el pH de suelo al pH de lagos y ríos en un lugar determinado?

¿Cómo influye el clima en el pH de un horizonte?

¿Cómo afecta la pendiente y la dirección al pH de un horizonte?

¿Cómo afecta el tipo de vegetación que crece en un suelo al pH del suelo?

# Protocolo del pH del Suelo

## Guía de Laboratorio

### Actividad

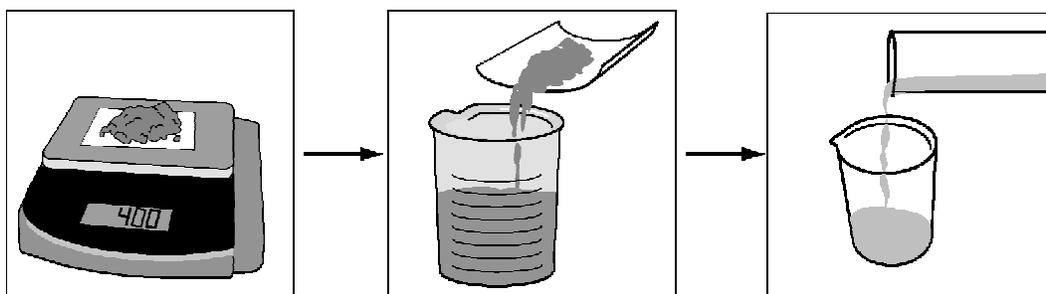
Obtener tres lecturas de pH de un horizonte de suelo.

### Qué se necesita

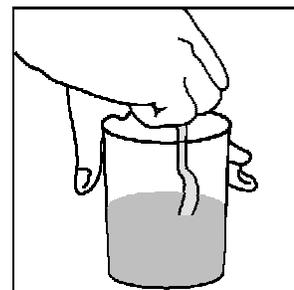
- |                                   |   |  |
|-----------------------------------|---|--|
| - Suelo seco tamizado             | - | Hoja de Datos de pH                              |
| - Agua destilada                  | - | Lápiz o bolígrafo                                |
| - Cilindro graduado de 100 ml     | - | Varilla de cristal u otro utensilio para remover |
| - Cuatro recipientes de 100 ml    | - | pH-metro o tiras de pH                           |
| - Balanza (de precisión de 0,1 g) | - |  |

### En el Laboratorio

1. Mezclar en un vaso de precipitados 40 g de suelo seco tamizado, con 40 ml de agua destilada (u otra cantidad en proporción de suelo y agua 1:1). Para manipular el suelo utilizar una cuchara u otro utensilio.

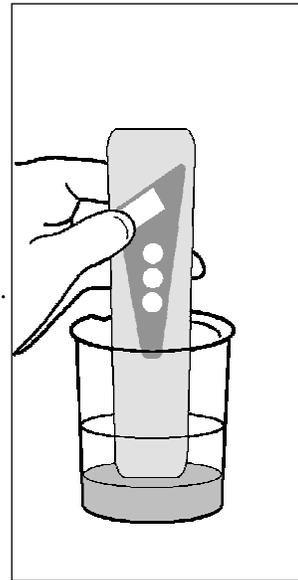


2. Remover bien la mezcla suelo/agua con una cuchara u otro utensilio. Remover la mezcla durante 30 segundos y dejar reposar tres minutos. Repetir este proceso cinco veces. Después dejar que la muestra vaya decantando hasta que se forme un sobrenadante (líquido claro sobre el suelo depositado), alrededor de cinco minutos.



3. Medir el pH del sobrenadante utilizando un pH-metro o tiras de pH. Introducir el pH-metro calibrado o la tira de pH en el sobrenadante. Registrar el valor de pH en la *Hoja de Datos de pH del Suelo*. Para calibrar el pH-metro se deberán utilizar guantes.

4. Repetir los pasos del 1 al 3 para dos muestras más del mismo horizonte.



# Protocolo de pH del Suelo– Interpretando los Datos

## **¿Son razonables los datos?**

El pH está determinado por el material original del suelo, por el clima con el que se formó el suelo, por la vegetación que crece en él y por el tiempo que ha pasado para desarrollarse. En general los valores de pH oscilan entre el 4,0, para suelos ácidos y ricos en materia orgánica, hasta 8,5 para suelos con gran cantidad de carbonatos. Ocasionalmente el pH podría tener un valor de 3,5 o de 10.

Generalmente, el pH no varía mucho de un horizonte a otro en un perfil de suelo. Esto es porque la escala del pH es una escala logarítmica en base a 10, por lo que las diferencias de 1 unidad en el pH significan que hay 10 veces más iones de hidrógeno, o 10 veces más de acidez. En algún caso, puede haber un cambio drástico en el material original causando pH diferentes entre los horizontes. Por ejemplo, se podrían depositar materiales en un horizonte de forma natural o por intervención del ser humano, por ejemplo añadiendo roca caliza. Los cambios drásticos en el pH de los horizontes del suelo dan al alumnado alguna pista sobre la historia del suelo en ese lugar. El alumnado debería esperar un cambio de pH a lo largo del perfil, dependiendo de la cantidad de materia orgánica, carbonatos libres y de la erosión del suelo. Si hay mucha materia orgánica en el suelo, y no se ha añadido caliza, el pH en los horizontes superiores será más bajo que los que están más profundos. Donde hay carbonatos, el pH tiende a tener valores altos.

## **¿Qué buscan los científicos en los datos?**

Muchos científicos diferentes se interesan por los datos de pH del suelo. Las mediciones de pH junto con la caracterización del suelo y otras mediciones de GLOBE ofrecen a los científicos mucha información sobre el ambiente. Por ejemplo, el pH del suelo ayuda a los científicos a comprender las propiedades químicas del suelo y el potencial para almacenar o liberar ciertos nutrientes. Con esta información, los científicos determinan el suelo más adecuado para el crecimiento de las plantas.

Los científicos pueden evaluar también la aportación de materiales al sistema hidrológico. Consideran las propiedades de las precipitaciones cuando predicen cambios en la química y en el pH del suelo a lo largo del tiempo.

El pH del suelo ayuda a los científicos a reconstruir el desarrollo de un suelo y predecir la naturaleza del suelo en el futuro.

## **Ejemplo de Proyectos de Investigación de los Estudiantes.**

El alumnado de Middle School, de Keflavik, Islandia, realizó la caracterización del suelo en un hoyo, recogiendo algunas muestras. Secaron y tamizaron tres muestras para cada horizonte, y llevaron a cabo el *Protocolo de pH del Suelo* con cada muestra.

Para analizar los datos, decidieron hacer una gráfica con las mediciones de pH que habían recogido. Las mediciones de pH correspondían al punto medio de profundidad en cada horizonte. El alumnado calculó el punto medio de profundidad según la siguiente ecuación:

$$\frac{(\text{Profundidad base} - \text{Profundidad superior})}{2} + \text{Profundidad superior}$$

---

$$\text{Horizonte 1: } (10-0)/2 + 0 = 5,0 \text{ cm}$$

---

$$\text{Horizonte 2: } (23-10)/2 + 10 = 16,5 \text{ cm}$$

---

$$\text{Horizonte 3: } (44-23)/2 + 23 = 33,5 \text{ cm}$$

---

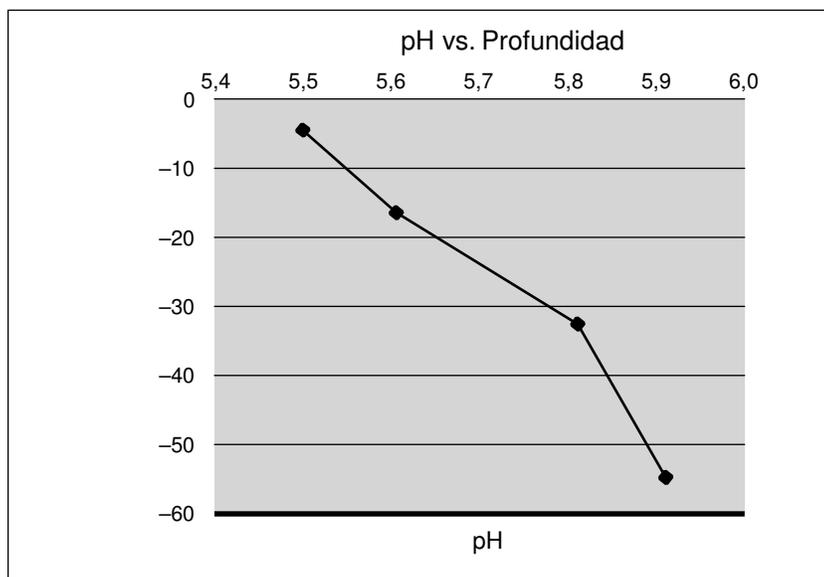
$$\text{Horizonte 4: } (65-44)/2 + 44 = 54,5 \text{ cm}$$

---

Los resultados de sus mediciones aparecen en la tabla inferior:

Horizonte	Límite superior	Límite inferior	Profundidad media	pH (media de 3 réplicas)
1	0,0	10,0	5,0	5,5
2	10,0	23,0	16,5	5,6
3	23,0	44,0	33,5	5,8
4	44,0	65,0	54,5	5,9

Utilizando los datos de la tabla, el alumnado trazó el pH medio a profundidad media de cada horizonte, tal y como se representa a continuación:



El alumnado observó que en la parte más superficial del perfil del suelo, el pH era el más bajo e iba aumentando con la profundidad.

Tomaron como hipótesis que la erosión del suelo en la superficie y el aporte de lluvia o material orgánico causaban el pH bajo en la parte superior del perfil.

El alumnado estaba interesado por saber si la tendencia que observaron en el pH era típica en suelos de otros lugares del mundo con climas y vegetación diferentes. Según la guía de clasificación MUC, el tipo de cobertura terrestre en el sitio de estudio era arbustos enanos /musgo tundra. Buscaron en los datos del archivo de GLOBE otros centros escolares que habían hecho mediciones de pH del suelo, y encontraron dos centros en zonas diferentes a la suya.

Uno de los centros escolares era un centro de educación secundaria en Deir Allah, Jordania. El alumnado de este centro registró el tipo de vegetación en su zona como cosecha o pastos. Los datos de pH que registró este centro escolar son los siguientes:

Deir Allah, Jordania

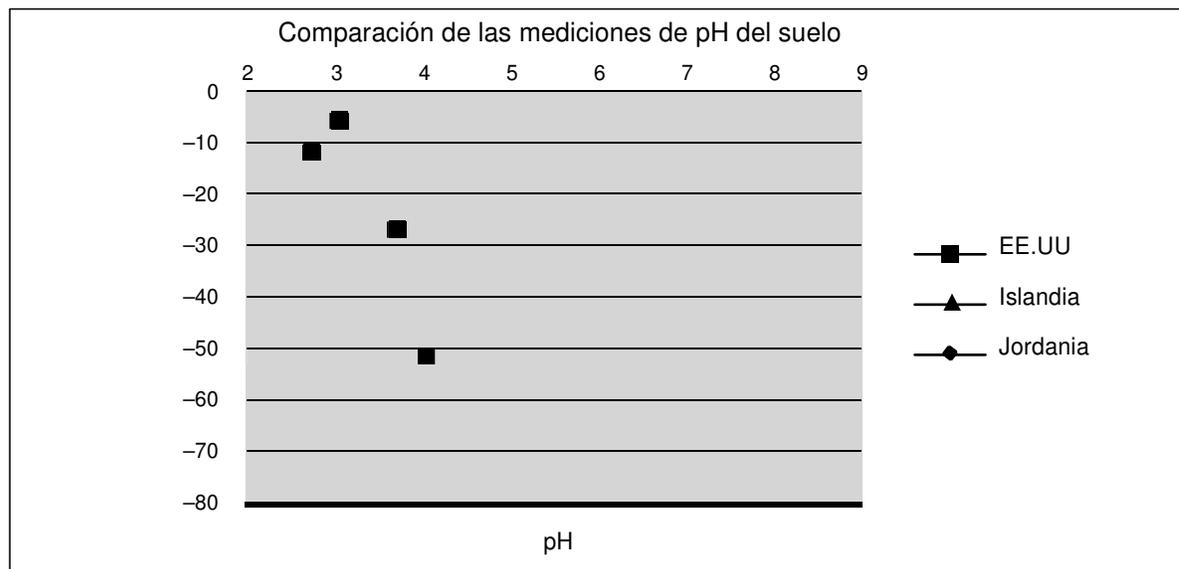
Horizonte	Límite superior	Límite inferior	Profundidad media	pH (media de 3 réplicas)
1	0,0	20,0	10,0	8,0
2	20,0	33,0	26,5	8,2
3	33,0	44,0	38,5	8,5
4	44,0	100,0	72,0	8,5

El otro centro escolar que eligieron era un centro de educación media en Nueva York, EE.UU. El alumnado de este centro tenía registrado árboles de aguja perennes como tipo de vegetación. En la tabla de abajo se detallan los datos de pH del centro:

Nueva York, EE.UU

Horizonte	Límite superior	Límite inferior	Profundidad media	pH (media de 3 réplicas)
1	0,0	13,0	6,5	2,9
2	13,0	23,0	18,0	3,4
3	23,0	35,0	29,0	3,4
4	44,0	60,0	52,0	4,0

El alumnado representó en una gráfica los valores de pH en los puntos medios de cada uno de los tres centros escolares:



El alumnado observó diferencias considerables en los valores de pH en cada uno de los centros escolares. El suelo en Jordania tenía valores de pH mucho mayores que el suelo de Islandia, mientras que el suelo del centro escolar de Nueva York tenía un pH mucho más bajo. Observaron que el pH aumentaba con la profundidad en los tres casos. Concluyeron que en muchos tipos de suelos diferentes, el pH aumentaba con la profundidad del suelo.

Los alumnos se dieron cuenta de que cuanto más información tuvieran de cada lugar, mejor entenderían las diferencias de pH en cada sitio. Decidieron que en el futuro, a través del correo electrónico de GLOBE, contactarían con alumnos de cada uno de los centros escolares para tener más información acerca de los lugares. También planearon bajarse datos de precipitación y temperatura del archivo de GLOBE, para observar si en estos centros escolares la diferencia de la cantidad de lluvia anual y su pH podrían indicar por qué los valores de pH de los suelos eran tan diferentes.

# Protocolo de Fertilidad del Suelo



## **Objetivo General**

Medir la cantidad de nitrógeno (N), fósforo (P), y potasio (K) en cada horizonte de un perfil.

## **Visión General**

Siguiendo el kit NPK, el alumnado extrae el N, P y K en forma de nitrato, fosfato y potasio de una solución que contiene la muestra de suelo seco y tamizado. Las cantidades de N, P y K en la muestra se determinan comparando el color de la solución con los colores de la tarjeta que incluye el kit. Se determina si la cantidad es elevada, baja, media o nada. Estas mediciones se realizan tres veces por cada horizonte.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado logrará medir el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos.

El alumnado relacionará la fertilidad con las propiedades físico-químicas del suelo.

## **Objetivos de Ciencias**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

Los suelos almacenan nutrientes en diferentes cantidades dependiendo del tipo de nutrientes y de las propiedades del suelo.

Los suelos tienen propiedades como el color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad, son el soporte de muchos tipos de plantas.

La superficie de la Tierra va cambiando.

Frecuentemente los suelos están dispuestos en capas, cada una con una composición química y una textura diferente.

Los suelos están compuestos por minerales (de diámetro inferior a 2 mm), materia orgánica, aire y agua.

El agua circula por el suelo modificando las propiedades tanto del suelo como del agua.

### *Ciencias Físicas*

Los objetos tienen propiedades observables.

Las reacciones químicas tienen lugar en todo el medio.

## *Ciencias de la Vida*

Los átomos y moléculas circulan entre los seres vivos e inertes del ecosistema.

## *Habilidades de Investigación Científica*

Identificar preguntas y respuestas.

Diseñar y dirigir una investigación.

Utilizar herramientas y técnicas apropiadas incluyendo las matemáticas para recoger, analizar e interpretar datos.

Describir y explicar, predecir y desarrollar modelos usando la evidencia.

Comunicar procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

Una clase de 45 minutos con tres grupos de alumnos para analizar un horizonte.

## **Nivel**

Medio y Secundario.

## **Frecuencia**

Una vez por cada perfil de suelo.

## **Materiales y herramientas**

Suelo seco y cernido (con un tamiz del Nº 10 con una malla de 2 mm)

Kit NPK de GLOBE (o uno equivalente)

Agua destilada

Vaso de precipitados

Cucharilla

Reloj o cronómetro

*Hoja de Datos de Fertilidad* (se necesita una *Hoja de Datos* para cada perfil)

Guantes de látex

Gafas protectoras

## **Preparación**

Se preparan muestras de suelo seco y tamizado.

Se consigue todo el material

Se cubren las mesas de trabajo con periódicos para mantenerlas limpias.

## **Requisitos Previos**

*Protocolo de Caracterización del Suelo*

# Protocolo de Fertilidad del Suelo –

## Introducción

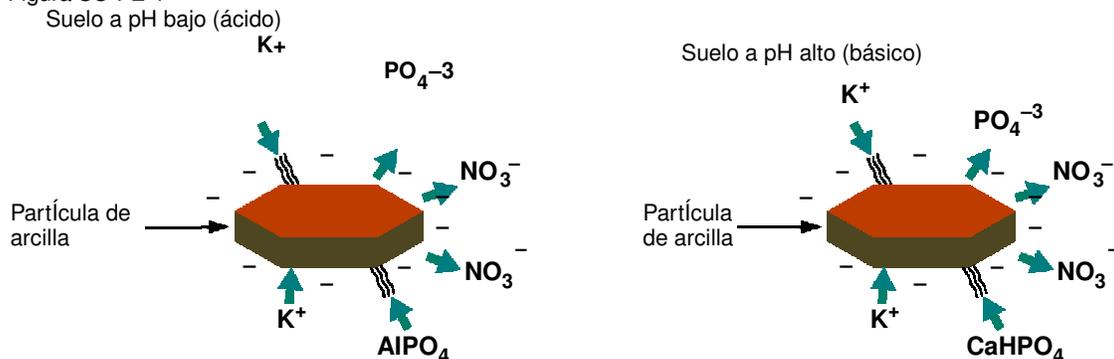
Las plantas necesitan para su crecimiento la luz solar, agua, aire, y nutrientes. En la Tabla SU-FE-1 aparece el listado de macronutrientes (nutrientes que se necesitan en grandes cantidades) y micronutrientes (nutrientes que se necesitan en cantidades más pequeñas) necesarios para el crecimiento de las plantas. La fertilidad de un suelo indica la disponibilidad de estos nutrientes para las plantas.

Tabla SU-FE-1

Macronutrientes	Micronutrientes
Nitrógeno (N)	Hierro (Fe)
Fósforo (P)	Zinc (Zn)
Potasio (K)	Manganeso (Mn)
Azufre (S)	Cobre (Cu)
Calcio (Ca)	Boro (B)
Magnesio (Mg)	Molibdeno (Mo)
Cloro (Cl)	

Algunos nutrientes del suelo tienen carga positiva, mientras que otros tienen carga negativa. Los nutrientes con carga positiva como el potasio, calcio, y magnesio son atraídos por las partículas de suelo que tienen carga negativa. La pérdida de estos nutrientes se debe a los procesos de erosión o bien porque son utilizados por las plantas. Nutrientes con carga negativa, como el nitrógeno (en forma de nitrato), fósforo (en forma de fosfato) y azufre (en forma de sulfato) no son atraídos por las partículas negativas del suelo. Estos nutrientes son lavados y desplazados del suelo más fácilmente. Agricultores y jardineros añaden al suelo fertilizantes, si el suelo pierde sus nutrientes o carece de los nutrientes necesarios para las plantas.

Figura SU-FE-1



El *Protocolo de Fertilidad del Suelo* mide en cada horizonte la abundancia de estos tres nutrientes: nitrato (nitrógeno), fosfato (fósforo), y potasio, para determinar si el suelo es fértil para el crecimiento de plantas.

En la atmósfera el nitrógeno (N) se encuentra en elevadas concentraciones a diferencia de lo que ocurre en el suelo, que aparece en concentraciones relativamente bajas. Para que la mayoría de los seres vivos utilicen el nitrógeno, las moléculas de  $N_2$  deben romperse. En el suelo y en el agua este nitrógeno útil se encuentra en forma de nitrato ( $NO_3^-$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ) y amonio ( $NH_4^+$ ), siendo nitrato la forma más común.

En general estas formas de nitrógeno son captadas rápidamente por las plantas y son componentes importantes de las proteínas de las plantas. El nitrato ( $NO_3^-$ ), debido a su carga negativa, no es atraído por las partículas negativas del suelo y es lavado fácilmente por el agua que fluye por el suelo. El nitrato puede convertirse en gas nitrógeno ( $N_2$ ) o amonio ( $NH_3$ ) y volatilizarse (evaporarse como gas). Por eso es importante que los agricultores y jardineros añadan fertilizantes de nitrógeno si las plantas lo necesitan y que lo puedan absorber antes de que se pierda por lavado. Si se añade nitrógeno al suelo en su forma orgánica ligada a la materia orgánica, aguanta más en el suelo porque la planta puede ir absorbiéndolo lentamente a medida que se va descomponiendo.

El fósforo (P) se usa como parte de la ruta energética en la planta. Las plantas absorben fósforo en forma de fosfato ( $PO_4^{-3}$ ). Por su carga negativa, el fosfato es lavado rápidamente del suelo. Las plantas sólo pueden captar el fosfato si el suelo tiene valores de pH neutrales (entre 5,0 y 8,0). A pH bajos (<5,0) el fosfato forma compuestos con hierro (Fe) y aluminio (Al) que no son solubles y no están disponibles para las plantas. A pH altos (>8,0), el fosfato se une al calcio (Ca) formando fosfato de calcio, que

ni es soluble ni está disponible para que las plantas lo absorban del suelo. El fosfato en una de estas formas indisolubles puede ser desplazado fácilmente del suelo al erosionarse las partículas del suelo. Al igual que el nitrógeno, si se añade fósforo en forma de materia orgánica estará más disponible para las plantas y lo podrán absorber lentamente al descomponerse.

El Potasio (K) es muy importante para activar las enzimas de las plantas. Las plantas lo utilizan en su estado elemental (K<sup>+</sup>), y por su carga positiva, es atraído por las partículas negativas del suelo. La mayor fuente de potasio es la descomposición de minerales ricos en potasio como la mica.

## Apoyo al Profesorado

### **Preparación**

Hay que asegurarse de que el alumnado comprende la importancia que tiene cada nutriente antes de desarrollar el *Protocolo de Fertilidad*.

El alumnado deberá revisar las instrucciones del kit NPK antes de comenzar con el *Protocolo de Fertilidad*.

### **Manejando los Materiales**

Para medir la fertilidad, se utiliza un kit de GLOBE u otro equivalente que mida valores relativos de nitrato, fosfato y potasio.

### **Procedimientos para las Mediciones**

El método básico para medir la fertilidad del suelo consiste en mezclar una muestra de suelo con agua y extraer químicamente el N, P y K como nitrato, fosfato y potasio. Las cantidades de N, P y K de la muestra se determinan comparando el color de la solución del extracto con los colores que aparecen en la tarjeta de colores del kit. Si se utiliza el kit de GLOBE, el nitrógeno (N) se determina comparando la solución con el color rosa de la tarjeta. Para determinar el fósforo (P), se compara la solución con el color azul de la tarjeta. Y el potasio (K), se determina colocando el tubo de la solución de extracto sobre una columna de cuadros negros pintados, y la cantidad de negro que se observa a través de la solución se compara con la columna de colores negros que aparece al lado.

El alumnado no debe esperar más de 10 minutos en observar el color de la solución del tubo. Si se espera más inducirá a resultados erróneos.

Basándose en la experiencia con el kit de GLOBE, la cantidad de nitrato que resulta suele ser nula o baja. Esto es debido a que el nitrato se pierde rápidamente del suelo (bien porque es absorbido por las plantas, o bien porque se lava con el agua), o es debido a la poca sensibilidad del kit para medir el nitrato.

Con ciertas muestras de suelo, especialmente aquellas ricas en arcilla, el alumnado deberá repetir el proceso de extracción más de una vez para obtener suficiente solución para el análisis de N, P y K.

### **Organizando al Alumnado**

Para poder completar el análisis en una clase, diferentes grupos de alumnos se dividen para realizar los análisis de N, P y K simultáneamente, una vez ya obtenida la solución del extracto.

### **Precauciones de Seguridad**

1. El alumnado debe utilizar guantes de látex al trabajar con químicos y con la muestra de suelo.
2. El alumnado debe utilizar gafas protectoras al trabajar con químicos. También es conveniente el uso de mascarillas quirúrgicas al abrir reactivos en polvo.
3. Se debe consultar a las autoridades del centro escolar cómo desechar de manera apropiada los reactivos químicos utilizados.

### **Preguntas para Investigaciones Posteriores**

- ¿Cómo afectarían los cambios naturales a la fertilidad de un horizonte?
- ¿Qué diferencias en un lugar y en otro podría afectar la fertilidad de un horizonte?
- ¿Cómo influye la fertilidad del suelo en el tipo de vegetación que crece en ese suelo?
- ¿Cómo afecta la distribución de las partículas del suelo, según su tamaño, al contenido de nutrientes de un horizonte?
- ¿Cómo influye el clima en el contenido de nutrientes de un horizonte?
- ¿Cómo influye el tipo de vegetación que crece en un suelo, en el contenido de nutrientes de ese suelo?

# Protocolo de Fertilidad del Suelo

## Guía de Laboratorio

### Actividad

Obtener tres mediciones de fertilidad por cada horizonte de un perfil.

### Qué se Necesita

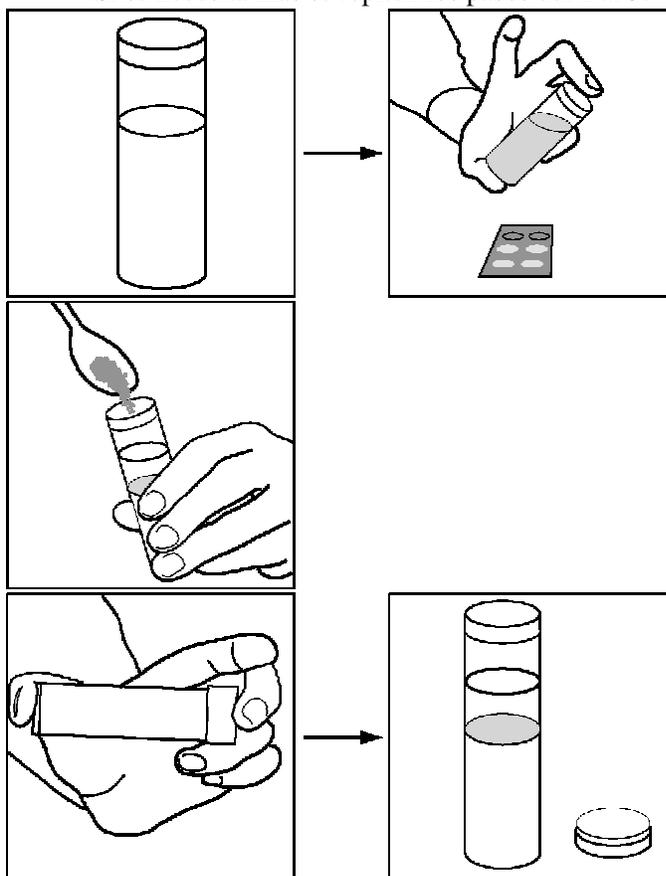
- Suelo seco y tamizado
- Hoja de Datos de Fertilidad del Suelo
- Cucharilla de plástico
- Kit NPK de GLOBE o un kit equivalente (que mida la cantidad relativa de nitratos, fosfatos, y potasio en una muestra de suelo)
- Agua destilada
- Lápiz o bolígrafo
- Guantes de látex
- Gafas protectoras

### 1ª Parte. Extracción de Nutrientes:

1. Rellenar el tubo de extracción del Kit con agua destilada hasta la línea de 30 ml.
2. Añadir 2 pastillas Floc-Ex. Tapar el tubo y mezclarlo bien hasta que las dos pastillas se hayan disueltas.
3. Quitar la tapa y añadir una cucharada de suelo seco y tamizado.
4. Tapar el tubo y agitarlo durante un minuto.
5. Dejar el tubo en reposo hasta que el suelo decante (normalmente unos 5 minutos). La solución clara que se forma sobre el suelo se utilizará para los test del nitrógeno (nitratos) (N), fósforo (fosfatos) (P) y potasio (K).

Nota: Para algunos suelos, sobre todo aquellos ricos en arcillas, no se extraerá suficiente sobrenadante claro.

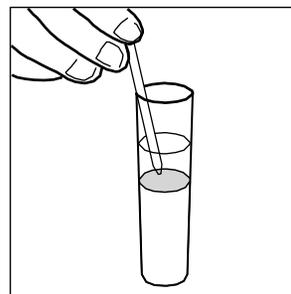
Si se necesita más se repiten los pasos del 1 al 5.



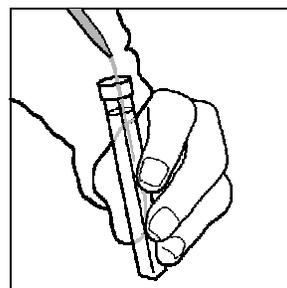
## 2ª Parte. Midiendo el Nitrógeno en forma de Nitrato:

Usar una pipeta para pasar el sobrenadante del tubo a uno de los tubos de ensayo del Kit hasta llenarlo por completo.

(Si se necesita más solución, repetir la 1ª Parte).

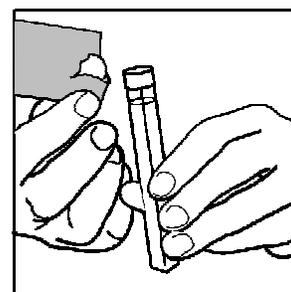


1. Añadir una pastilla “Nitrate WR CTA”. Asegurarse de que se ha añadido la pastilla entera. Tratar de no tocar las pastillas con los dedos.



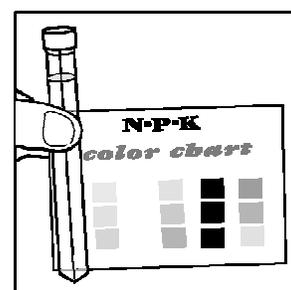
2. Tapar y mezclar hasta que la pastilla se haya disuelto.

3. Colocar el tubo de ensayo en un vaso. Esperar 5 minutos a que se forme el color. (No esperar más de 10 minutos).



4. Comparar el color rosa de la solución con la tabla de colores del nitrógeno del Kit.

5. Registrar el resultado (Alto, Medio, Bajo, o Ninguno) en la *Hoja de Datos de Fertilidad del Suelo*.

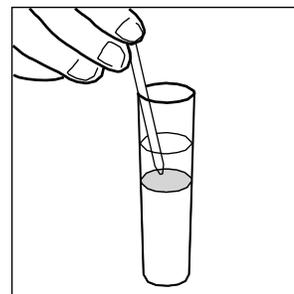


6. Desechar la solución y lavar el tubo y la pipeta con agua destilada.

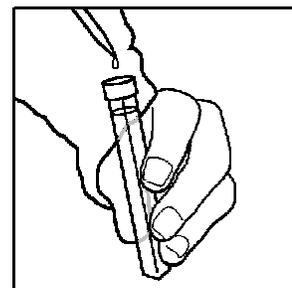
7. Repetir el procedimiento con el sobrenadante de cada muestra de suelo. Enjuagar la pipeta y el tubo con agua destilada después de utilizarlos.

### 3ª Parte. Midiendo el Fósforo en forma de Fosfato:

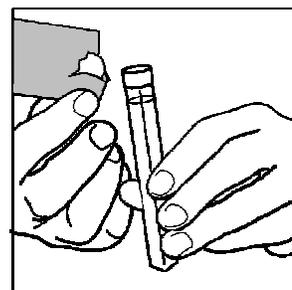
1. Utilizar la pipeta limpia para añadir 25 gotas del sobrenadante formado a un tubo de ensayo limpio. (Si se necesita más solución, repetir la 1ª Parte).



2. Rellenar por completo el tubo de ensayo con agua destilada



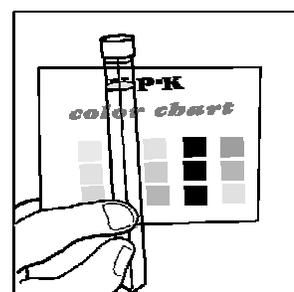
3. Añadir una pastilla de Fósforo al tubo y tapanlo. Asegurarse de que se ha añadido la pastilla entera.



4. Mezclar hasta que la pastilla se disuelva.

5. Colocar el tubo de ensayo en un vaso. Esperar unos 5 minutos (pero no más de 10 minutos) a que se forme el color.

6. Comparar el color azul de la solución con la carta de colores del fósforo del Kit.



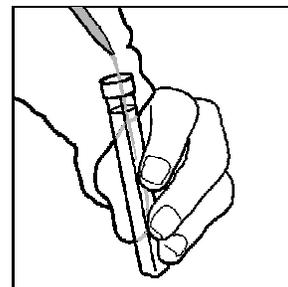
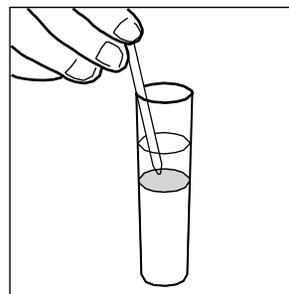
7. Registrar los resultados (Alto, Medio, Bajo o Ninguno) en la Hoja de Datos de Fertilidad del Suelo.

8. Desechar la solución y lavar el tubo y la pipeta con agua destilada.

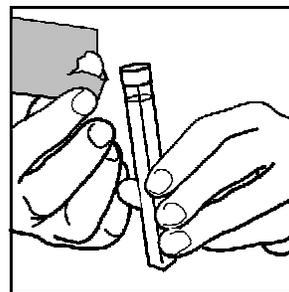
9. Repetir el procedimiento con el sobrenadante de cada muestra de suelo. Enjuagar la pipeta y el tubo con agua destilada después de utilizarlos.

4ª Parte. Midiendo el potasio:

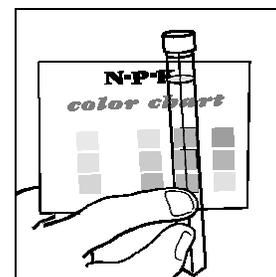
1. Utilizar la pipeta limpia para pasar el sobrenadante formado a un tubo de ensayo limpio, hasta llenarlo por completo. (Si se necesita más solución, repetir la 1ª Parte).



2. Añadir una pastilla para el potasio. Asegurarse de que se ha añadido la pastilla entera. Tapar y mezclar hasta que se haya disuelto la pastilla.



3. Colocar el tubo de ensayo sobre los cuadros negros de la columna de la izquierda que aparece en la carta de colores del potasio del Kit. Observar a través de la “turbidez” de la solución en el tubo de ensayo y compararlo con los cuadros sombreados de la columna de la derecha. Registrar los resultados (Alto, Medio, Bajo o Ninguno) en la *Hoja de Datos de Fertilidad del Suelo*.



4. Desechar la solución y lavar el tubo y la pipeta con agua destilada.

5. Repetir el procedimiento con el sobrenadante de cada muestra de suelo. Enjuagar la pipeta y el tubo con agua destilada después de utilizarlos.

# Protocolo de Fertilidad del Suelo – Interpretando los Datos

## ***¿Son razonables los datos?***

### **Nitrógeno (N):**

El kit utilizado en GLOBE mide el nitrógeno en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Como el nitrato tiene carga negativa, no es atraído por la superficie negativa del suelo. Como resultado, cualquier nitrato que se añada al suelo es absorbido rápidamente por las plantas, se lava por el agua que fluye por el suelo o se volatiliza como gas. Por eso, los valores de nitrato son bajos o nulos para la mayoría de las muestras de suelo. Si el suelo se ha abonado recientemente, o hay una fuente constante de nitrógeno, como por ejemplo el aporte periódico de compost o abono, los niveles de nitrógeno serán mayores.

### **Fósforo (P):**

El kit de GLOBE mide fosfato ( $\text{PO}_4^{-3}$ ), que es la forma más fácil de absorberlo para las plantas. Los valores resultantes para fosfato suelen ser bajos si el pH del suelo es menor que 5,0 o mayor que 8,0. Esto se debe a que a pH bajo, el fosfato forma compuestos con otros elementos del suelo dificultando a las plantas su absorción. Por ejemplo, si el pH del suelo es bajo y hay hierro presente (dando al suelo un color rojizo), se forma fosfato de hierro, siendo el enlace tan fuerte que no se puede liberar el fosfato para las plantas. A pH neutro (alrededor de 7), las plantas pueden captar más fácilmente el fosfato, y normalmente los resultados del kit de fertilidad para fosfato es alto o medio.

### **Potasio (K):**

La cantidad de potasio presente en el suelo depende de la disponibilidad de minerales de potasio en el material original del suelo. La mayor fuente natural de potasio son los minerales ricos en potasio, como las micas, que liberan el potasio por procesos de erosión. El potasio también se puede añadir al suelo como fertilizante. Como el potasio tiene carga positiva, es atraído por la carga negativa de la superficie terrestre. El kit de fertilidad muestra en muchos suelos, valores para potasio medios o altos. Valores bajos de potasio es un indicador de un suelo muy erosionado.

## ***¿Qué buscan los científicos en los datos?***

Conocer las cantidades relativas de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo ayuda a los científicos a que recomienden el tipo y la cantidad de fertilizante que los agricultores y jardineros deberían utilizar para el crecimiento de las plantas. Para hacer un suelo fértil recomendarían añadir fertilizantes, compost o abono. Las mediciones de N, P, K también ayudan a comprender mejor las propiedades del suelo, como el número de superficies terrestres con cargas negativas, la cantidad de hierro y materia orgánica en el suelo y el grado de erosión del suelo. Las mediciones de N, P, K ayudan a los científicos además a determinar el tipo de material original del que está formado el suelo.

# Protocolo de Temperatura Digital Multi-Día Máx/Mín/y Actual del Aire y del Suelo



## **Objetivo General**

Realizar mediciones diarias de la temperatura máxima, mínima y actual del aire y del suelo en el mismo sitio.

## **Visión General**

Se coloca una sonda de temperatura dentro de la caseta meteorológica, mientras que la otra se coloca a 10 cm de profundidad en el suelo. Se utiliza un termómetro digital para medir temperaturas actuales así como temperaturas máximas y mínimas diarias. Las temperaturas mínimas y máximas diarias las almacena el instrumento durante un período de seis días, y es necesario leerlas y registrarlas en este período de tiempo.

## **Objetivos Didácticos**

Aprender la relación entre temperatura del aire y del suelo a lo largo del tiempo, y aprender a usar el termómetro digital.

## **Conceptos Científicos**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

El tiempo se puede describir mediante medidas cuantitativas.

El tiempo cambia de un día para otro y de una estación a otra.

El tiempo varía a escala local, regional y global.

### *Geografía*

La variabilidad de la temperatura de un lugar influye en las características del sistema físico y geográfico de la Tierra.

### *Enriquecimiento*

La temperatura del suelo varía con la temperatura del aire.

La temperatura del suelo varía menos que la temperatura del aire.

## **Habilidades de Investigación Científica**

Utilizar un termómetro digital máx/mín.

Identificar preguntas y respuestas.

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Usar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones a partir de la experiencia.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Compartir procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

10 minutos por grupo de mediciones.

## **Nivel**

Todos los niveles

## **Frecuencia**

Al menos una vez cada seis días

## **Materiales y Herramientas**

Termómetro digital multi-día máx/mín.

Caseta meteorológica en un poste.

Herramientas para excavación

Termómetro de calibración

Termómetro de sonda del suelo.

## **Preparación**

Montar la caseta meteorológica.

Calibrar e instalar el termómetro digital máx/mín.

Poner a cero el termómetro digital máx/mín.

Repasar el *Protocolo de Temperatura del Suelo*.

## **Requisitos Previos**

Ninguno

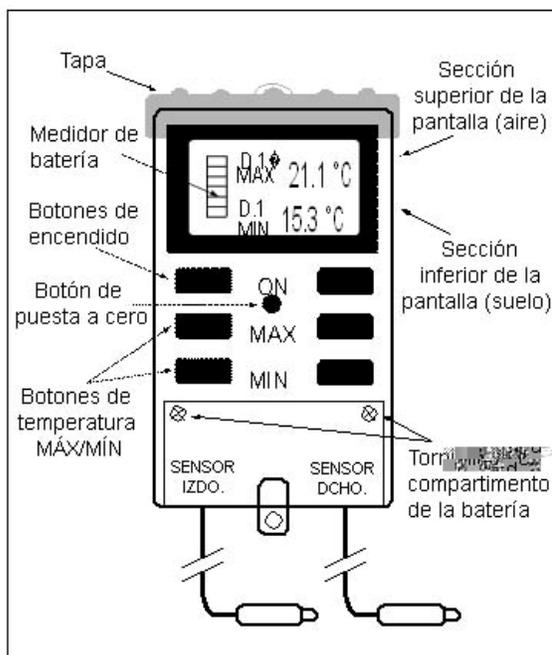
# Termómetro Digital Multi-Día Máx/Mín

## Introducción

El termómetro digital multi-día máx/mín es un aparato electrónico que se utiliza para medir la temperatura actual y registrar las temperaturas máximas y mínimas alcanzadas durante múltiples períodos de 24 horas. Tiene dos sondas de temperatura idénticas. Una se utiliza para medir la temperatura del aire y la otra para medir la temperatura del suelo.

El aparato registra y almacena las temperaturas máximas y mínimas alcanzadas durante seis períodos sucesivos de 24 horas. La hora de inicio y finalización de estos períodos corresponden a la hora del día a la que el instrumento se puso inicialmente a cero (la hora de puesta a cero). El aparato se pone a cero cuando se monta por primera vez y de nuevo cada vez que se cambia la pila. Para su uso en GLOBE, la hora de puesta a cero debe ser lo más cercana posible al mediodía solar local, haciendo que cada período de 24 horas abarque desde el mediodía solar local hasta el mediodía solar local del día siguiente. El termómetro muestra la temperatura

Figura AT-MU-1: Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín



máxima y mínima para el día actual, así como las de los cinco días anteriores siempre que se lea a una hora anterior a la hora a la que el termómetro fue inicialmente puesto a cero (*hora de puesta a cero*). Si el termómetro se lee después de la *hora de puesta a cero*, mostrará la temperatura máxima y mínima de los seis días anteriores.

El termómetro digital multi-día puede medir temperaturas de hasta  $-20^{\circ}\text{C}$  cuando utiliza pilas alcalinas estándares tipo AA. Si se utilizan pilas de litio, puede medir temperaturas inferiores. También, a bajas temperaturas la pantalla digital puede estar demasiado tenue para poderse leer, aunque el aparato está aún registrando temperaturas.

### Sondas de Temperatura

El termómetro digital multi-día máx/mín tiene dos sondas sensor. Generalmente, una sonda se utiliza para medir la temperatura del aire, mientras la otra se utiliza para medir la temperatura del suelo. Para ganar en seguridad, las sondas se deben colocar de la siguiente manera:

Sensor izquierdo – temperatura del aire,

Sensor derecho – a 10 cm de profundidad en el suelo.

Las áreas de la pantalla para los dos sensores aparecen indicadas en la parte derecha de la pantalla digital del aparato. La parte superior (que es para el sensor izquierdo) aparece indicada como 'LF', mientras que la parte inferior (que es para el sensor derecho) aparece como 'RT'.

**Consejo:** Para evitar confusiones, marque estas áreas de la pantalla como 'aire' y 'suelo' respectivamente. Esto se puede hacer escribiendo sobre un trocito de cinta pegado en la parte izquierda de la pantalla.

### Mantenimiento del Aparato

La caseta meteorológica se debe mantener limpia por dentro y por fuera. Se debe quitar el polvo, la suciedad y las telas de araña del interior de la caseta con un paño limpio y seco. La parte exterior de la caseta se puede lavar con cuidado para quitar la suciedad, pero se debe tratar de que no entre agua en el interior de la caseta. Si la parte exterior se ensucia demasiado, se debe volver a pintar de blanco.

Cuando queda poca pila en el termómetro se encenderá un indicador de poca batería. Este símbolo está en la parte izquierda de la pantalla y tiene la forma de una pila tipo AA. Cuando se enciende este indicador se debe cambiar la pila. Para ello, siga la *Guía de Campo Cambio de Pila del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín.*

## Apoyo al Profesorado

Las instrucciones que se dan en este protocolo son específicas para una marca de termómetro digital. Se pueden adaptar a otros equipos que tengan las mismas características. Si tiene dudas o necesita ayuda para adaptar estas instrucciones a otros instrumentos, contacte con el equipo de ayuda de GLOBE. Los elementos esenciales de este protocolo, que deben mantenerse independientemente del modelo del aparato, son la colocación de las sondas de temperatura y la precisión y exactitud de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  de los sensores de temperatura.

En el *Protocolo de Temperatura Máxima, Mínima y Actual de Un-día* se dan instrucciones para utilizar otros tipos de termómetros de máx/mín. Los termómetros que se utilizan en este protocolo no almacenan los datos, por lo que se deben leer y poner a cero cada día.

Si la caseta meteorológica está en un lugar en el que resulta difícil medir la temperatura del suelo, o si sólo interesa realizar mediciones de la temperatura del aire, es posible realizar sólo las mediciones de aire. Para ello, salta las partes de la guía de campo que pertenecen al sensor del suelo.

### **Logística de las Mediciones**

1. Revisar los antecedentes de los capítulos de *Atmósfera y Suelo*.
2. Comprobar el termómetro de calibración siguiendo la *Guía de Laboratorio de Calibración del Termómetro*.
3. Calcular los errores de corrección del sensor siguiendo la *Guía de Campo de Calibración del Sensor del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín*.
4. Instalar el termómetro digital multi-día máx/mín siguiendo la *Guía de Campo de Instalación del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín*.
5. Establecer la hora de *puesta a cero* poniendo a cero el termómetro en el intervalo de una hora del mediodía solar local siguiendo la *Guía de Campo de Puesta a Cero del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín*.
6. Registrar la temperatura actual, máxima y mínima siguiendo la *Guía de Campo del*

*Protocolo de Temperatura Digital Multi-día*  
al menos una vez cada seis días.

7. Anotar las temperaturas actuales siguiendo la *Guía de campo del Protocolo del Termómetro de Temperatura Digital Multi-día Actual* según se desee.
8. Cada seis meses, o cuando se cambie la pila, comprobar la precisión de la sonda del suelo siguiendo la *Guía de Campo de Comprobación del Error del Sensor del Termómetro Digital Multi-día de Máx/Mín*. Si la magnitud del error del sensor del suelo calculado es de dos grados Celsius o más, se debe desenterrar el sensor del suelo y recalibrar tanto el sensor de suelo como el de aire siguiendo la *Guía de Campo de Calibración del Sensor del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín*. Si la magnitud del error calculado es inferior a dos grados Celsius, dejar el sensor del suelo enterrado y recalibrar únicamente el sensor de aire.
9. Implicar al alumnado en la observación de los datos.

### **Calibración**

El termómetro digital se debe calibrar antes de usarlo por primera vez. Cada seis meses después de la instalación, y siempre que se cambien las pilas, el sensor del aire deberá ser recalibrado y las lecturas del sensor del suelo deberán ser comprobadas para ver si es necesario desenterrar el sensor del suelo para recalibrarlo. Estas calibraciones y comprobaciones se realizan comparando las temperaturas tomadas por las dos sondas con las lecturas de un termómetro de calibración y el termómetro de sonda de suelo. Ver el *Protocolo de Temperatura del Suelo*.

### **Consejos Útiles**

El objetivo de las calibraciones es obtener la corrección del error del sensor del aire y del suelo que corresponde a las diferencias entre las temperaturas medidas y las temperaturas reales. Cuando se envían los datos de calibración a la base de datos GLOBE, la base de datos automáticamente calcula los valores y se los envía. Después de haber completado la calibración y comenzar a enviar los datos de temperatura a GLOBE, la base de datos calculará automáticamente los errores de corrección según se introducen las mediciones en la base de datos. De esta manera, todos los datos de la base de datos GLOBE quedan eficazmente calibrados. Sin embargo, se deben tener en cuenta los errores de corrección cuando se analizan datos que no han sido obtenidos de la base de datos GLOBE (incluyendo los datos que usted ha tomado). **NO APLIQUE LAS CORRECCIONES A LOS DATOS ENVIADOS A GLOBE.**

Hay un indicador de batería baja en la parte izquierda de la pantalla. Tiene la forma de una pila dividida en porciones (ver la figura del termómetro) Cuando se enciende este indicador, se debe cambiar la pila siguiendo la *Guía de Campo de Cambio de la Pila del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín*.

### **Preguntas para Investigaciones Posteriores**

- ¿En que estación es mayor el rango de temperaturas? ¿Por qué?
- ¿Cómo se relacionan el rango de temperatura del suelo y el de temperatura del aire?
- ¿Cuáles son las latitudes y altitudes de otros centros GLOBE con temperaturas de atmósfera y suelo similares a las suyas ?
- ¿Qué temperaturas del suelo indican el paso a una nueva estación en su región, como se evidencia esto con las plantas anuales, las malas hierbas, la germinación o la aparición de brotes?
- ¿Su ambiente local se ve más influido por las temperaturas medias o por las temperaturas extremas?
- ¿Cómo influye la textura del suelo en la temperatura?

# Calibración del Termómetro

## Guía de Laboratorio

### Actividad

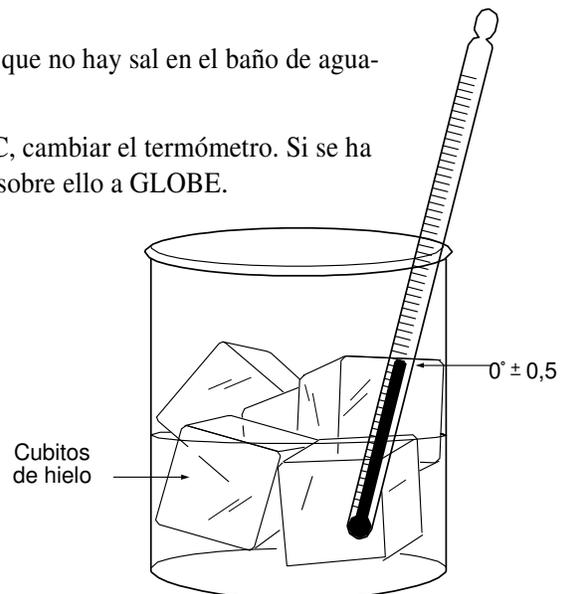
Comprobar la calibración del termómetro de calibración.

### Qué se Necesita

- Termómetro de calibración
- Hielo picado
- Un recipiente limpio de al menos 250ml.
- Agua (lo ideal es que sea destilada, pero lo importante es que no sea salada).

### En el Laboratorio

1. Preparar una mezcla de agua del grifo (caño) y hielo, con más hielo que agua en el recipiente.
2. Poner el termómetro de calibración en el baño de agua-hielo. El bulbo del termómetro tiene que estar dentro del agua.
3. Dejar el termómetro en el baño de agua-hielo durante 10 a 15 minutos.
4. Mover con cuidado el termómetro alrededor del baño de agua-hielo de forma que esté perfectamente enfriado.
5. Leer el termómetro. Si marca entre  $-0,5^{\circ}\text{C}$  y  $+0,5^{\circ}\text{C}$ , el termómetro está bien.
6. Si el termómetro marca más de  $+0,5^{\circ}\text{C}$ , comprobar que hay más hielo que agua en el baño de agua-hielo.
7. Si el termómetro marca menos de  $-0,5^{\circ}\text{C}$ , comprobar que no hay sal en el baño de agua-hielo.
8. Si el termómetro aún no marca entre  $-0,5^{\circ}\text{C}$  y  $+0,5^{\circ}\text{C}$ , cambiar el termómetro. Si se ha utilizado este termómetro para mediciones, informa sobre ello a GLOBE.



# Calibración del Sensor del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín

## Guía de Campo

### **Actividad**

Calcular los errores de corrección del sensor de aire y de suelo, necesarios para ajustar los errores de precisión del aparato.

### **Qué se Necesita**

- Termómetro de calibración que haya sido calibrado siguiendo la *Guía de Laboratorio de Calibración del Termómetro*
- *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín*

**Nota:** Si se va a recalibrar únicamente el sensor del aire, salte los puntos de esta guía de campo que corresponden al sensor del suelo.

### **En el Campo**

1. Abrir la puerta de la caseta meteorológica y colocar el termómetro de calibración y las dos sondas, de aire y de suelo, en la caseta meteorológica, de manera que el aire corra a su alrededor y que no contacte los laterales de la caseta meteorológica. Cerrar la puerta de la caseta meteorológica.
2. Esperar al menos una hora y después abrir la puerta de la caseta meteorológica. Encender el indicador de temperatura de aire del termómetro digital multi-día máx/mín pulsando el botón de encendido del sensor del aire (en la parte superior izquierda de la sección de botones).
3. Leer la temperatura del termómetro de calibración y anotarla redondeando al 0,5°C más cercano en la *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín*.
4. Encender el indicador de temperatura del suelo del termómetro digital multi-día máx/mín pulsando el botón de encendido del sensor del suelo (en la parte superior derecha de la sección de botones).
5. Leer las temperaturas enviadas por el sensor del aire y el del suelo del termómetro digital y anotarlas en la *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín*.
6. Cerrar la tapa del termómetro digital y la puerta de la caseta meteorológica.
7. Repetir los pasos 2 a 6 cuatro veces más, esperando al menos una hora entre cada conjunto de lecturas. Intentar espaciar los cinco grupos de lecturas tanto como sea posible a lo largo del día.
8. Enviar los datos de calibración a GLOBE.

# Instalación del Termómetro Digital Multi-Día Máx/Mín

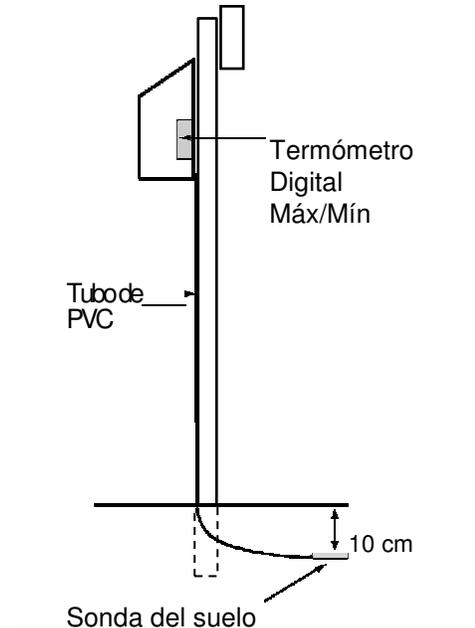
## Guía de Campo

### Actividad

Instalar el termómetro digital en el sitio de estudio de atmósfera.

### Qué se Necesita

- Taladro con broca de 12 mm (si se hacen mediciones de suelo)
- Herramientas de excavación (si se hacen mediciones de suelo)
- Cuerdas o cables
- Caseta meteorológica GLOBE (los requisitos se dan en la *Lista de Instrumentos GLOBE* de la sección *Juego de Herramientas*)
- Tubo de PVC de 120cm x 2.5cm (opcional)



### En el Campo

1. Monte la caja protectora del termómetro digital en la pared trasera de la caseta meteorológica. La caja protectora se debe colocar de manera que la pantalla digital se pueda leer con facilidad.
2. Coloque la sonda llamada *Sensor Izquierdo* de manera que ninguna parte de ella toque las paredes y que haya flujo de aire alrededor suyo. Esto se puede lograr fácilmente colgando el cable enrollado para este sensor desde lo alto de la estación meteorológica, con la sonda misma colgando hacia abajo.
3. Si no se van a realizar mediciones de suelo, guarde el sensor derecho y su cable convenientemente en una esquina de la estación meteorológica, donde no moleste, y sáltese los siguientes pasos.
4. Si es necesario, haga un taladro con una broca de 12mm en la parte inferior de la caseta meteorológica, cerca de la parte trasera. Introduzca la sonda del sensor derecho por el agujero dejando tanto cable como sea posible en el interior de la caseta. Se puede introducir el sensor y el cable en un tubo de PVC que servirá para proteger el cable.
5. Elija un lugar para colocar la sonda de temperatura del suelo cerca del poste en la parte de solana (parte soleada) de la caseta meteorológica. Son preferibles los datos del suelo recogidos en lugares sin sombras. Los comentarios de la definición del sitio deben incluir la cantidad de sombra que la superficie del suelo sobre la sonda experimentará a lo largo de un año.
6. Haga un hoyo de una profundidad de unos 10cm en la ubicación elegida.
7. Empuje la sonda horizontalmente en la parte lateral del hoyo hasta una profundidad de 10 cm. Utilice un clavo o un alfiler, de diámetro algo inferior a la sonda, para hacer una entrada para la sonda, si es necesario.
8. Rellene el hoyo con el suelo que se retiró.
9. Con cuidado proteja todo el cable sobrante del sensor del suelo utilizando una cuerda o lazos de alambre. Guarde tanto cable sobrante como sea posible en la caseta.

# Puesta a Cero del Termómetro Digital Multi-Día de Max/Min

## Guía de Campo

### Actividad

Poner a cero el termómetro digital multi-día para establecer la *hora de puesta a cero*, que sirve como hora de comienzo y finalización de los intervalos de 24 horas en los que el instrumento registra las temperaturas máximas y mínimas.

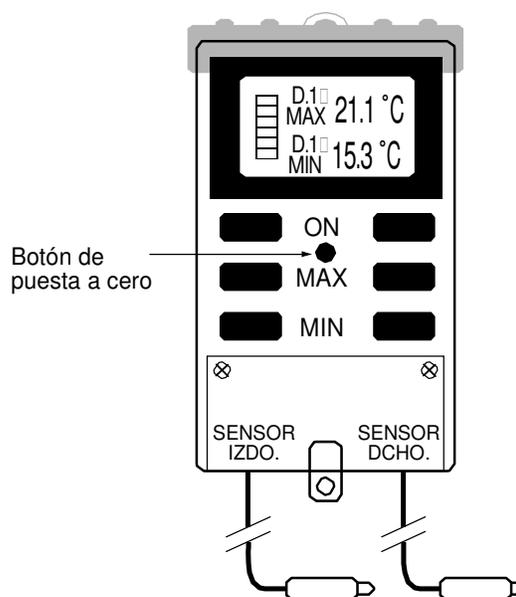
**Nota:** El termómetro deber ser puesto a cero únicamente cuando se configura por primera vez, cuando se cambian las pilas o si la *hora de puesta a cero* supera en más de una hora la hora de mediodía solar local.

### Qué se Necesita

- Bolígrafo o uña.
- Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín.
- Un reloj preciso u otro dispositivo que marque la hora.

### En el Campo

1. Determinar una *hora de puesta a cero* apropiada que corresponda a la hora media del mediodía solar local de su zona. Es importante que la *hora de puesta a cero* esté dentro del intervalo de una hora del mediodía solar local de cada día en el que se realizarán las mediciones. Si resulta que este no es el caso, se deberá elegir una nueva *hora de puesta a cero* para poner a cero el aparato.
2. Ir a la caseta meteorológica un poco antes de la hora de puesta a cero deseada, abrir la caseta meteorológica y la tapa del termómetro digital máx/mín.
3. Lo más cerca posible de la hora de puesta a cero deseada, utilizar una uña o la punta de un bolígrafo para presionar y dejar de presionar el botón de puesta a cero, ubicado donde se muestra arriba.
4. La pantalla digital de visualización se iluminará brevemente y después comenzará a leer la temperatura actual. El aparato se ha puesto a cero. Anotar la hora exacta en la sección *Hora de Puesta a Cero* de la Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín. Esta es tu *hora de puesta a cero*.
5. Enviar la *hora de puesta a cero* y la fecha a GLOBE, tanto en hora local como en UT.



# Protocolo de Temperatura Digital

## Multi-Día Máxima y Mínima

### Guía de Campo

#### **Actividad**

Medir las temperaturas diarias máximas y mínimas del aire de los seis últimos días.

Medir las temperaturas diarias máximas y mínimas del suelo de los seis últimos días.

#### **Qué se Necesita**

- Una caseta meteorológica correctamente ubicada.
- Bolígrafo o lápiz
- Un termómetro digital multidía máx/mín
- Un reloj preciso u otro dispositivo que muestre la hora correctamente calibrado e instalado
- *Hoja de Datos del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín*

#### **En el Campo**

1. Las lecturas máximas y mínimas se deben tomar al menos cinco minutos después de la *hora de puesta a cero*.
2. Abrir la caseta meteorológica y la tapa del termómetro digital máx/mín con cuidado de no respirar sobre o tocar el sensor de temperatura del aire.
3. Anotar la hora y la fecha en la *Hoja de Datos* tanto local como UT.  
Nota: los datos enviados a GLOBE deben ser hora UT.
4. Encender la pantalla de visualización de temperatura del aire del termómetro presionando el botón ON para el aire (botón superior izquierdo indicado como ON).
5. Pulsar el botón del sensor del aire MÁX (botón central izquierdo indicado como MÁX) *dos veces*.  
**Nota:** La lectura que aparece después de apretar el botón MÁX una vez es la temperatura más alta alcanzada desde la última hora de *puesta a cero*, y no es una medición significativa, por lo que no debe ser anotada.
6. Se debe ver el símbolo MÁX en la pantalla de visualización digital a la izquierda de la lectura de la temperatura con el símbolo D.1 encima. Anotar esta temperatura en la *Hoja de Datos*.
7. Pulsar el botón MÁX del sensor del aire de nuevo. Se mostrará ahora el símbolo D.2, en lugar de D.1. Anotar la temperatura que aparece junto a él en la *Hoja de Datos*. Repetir este procedimiento para anotar los datos de los seis últimos días (D.1 – D.6) según se necesite.
8. Para anotar las temperaturas mínimas del aire se deben repetir los pasos 5-7 pulsando el botón MÍN del sensor del aire (botón indicado como MÍN) en lugar del botón MÁX.
9. Para las temperaturas del suelo, repetir los pasos de arriba utilizando los botones de suelo que están en la parte derecha y las lecturas de la parte inferior de la pantalla de visualización.
10. Después de haber realizado todas las mediciones, cerrar la tapa del instrumento. Se cerrará automáticamente después de un corto período de tiempo.

# Protocolo de Temperatura Actual Digital Multi-día

## Guía de Campo

### **Actividad**

Medir la temperatura actual del aire.

Medir la temperatura actual del suelo.

### **Qué se Necesita**

- Una caseta meteorológica correctamente ubicada
- Bolígrafo o lapicero
- Un termómetro digital multi-día correctamente calibrado e instalado
- *Hoja de Datos del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín, Hoja de Datos Integrada 1-Día u Hoja de Datos 7-días*
- Un reloj preciso u otro dispositivo que muestre la hora.

### **En el Campo**

1. Abrir la caseta meteorológica y la tapa del termómetro digital máx/mín teniendo cuidado de no respirar o tocar el sensor de temperatura del aire.
2. Anotar la hora y la fecha en la *Hoja de Datos*.
3. Encender la pantalla de visualización de temperatura del aire presionando en botón ON del sensor del aire (botón superior izquierdo indicado como ON en la parte frontal de la cubierta instrumento).
4. La temperatura actual del aire se mostrará en la parte superior de la pantalla digital. Anotar esta temperatura en la *Hoja de Datos*.
5. Si se están realizando mediciones del suelo, repetir los pasos anteriores encendiendo la visualización de las mediciones del suelo mediante el botón ON (botón superior derecho indicado como ON) y leer el valor que se muestra en la parte inferior de la pantalla.
6. Después de haber realizado todas las mediciones, cerrar la tapa del instrumento. Se cerrará automáticamente después de un corto período de tiempo.

# Comprobación del Error del Sensor del Termómetro de Suelo Digital Multi-Día Máx/Mín

## Guía de Campo

### **Actividad**

Comprobar la precisión del sensor del suelo para verificar si necesita ser desenterrado y recalibrado.

### **Qué se Necesita**

- Termómetro de sonda del suelo del *Protocolo de Temperatura del Suelo*
- *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín*

### **En el Campo**

1. Calibrar un termómetro de sonda del suelo siguiendo la *Guía de Laboratorio para Calibrar el Termómetro del Suelo del Protocolo de Temperatura del Suelo*.
2. Abrir la puerta de la caseta meteorológica.
3. Seleccionar un lugar a unos 15cm de la localización de la sonda del termómetro de suelo.
4. Medir la temperatura del suelo a una profundidad de 10 cm en este punto siguiendo el *Protocolo de Temperatura del Suelo*.
5. Anotar esta temperatura en la sección de comprobación del error del sensor del suelo en la *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín*.
6. Encender la visualización de la temperatura del suelo del termómetro digital multi-día máx/mín pulsando el botón ON del sensor del suelo (botón superior derecho).
7. Leer la temperatura registrada por el sensor del suelo del termómetro digital y anotarla en la *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital Máx/Mín*.
8. Cerrar la tapa del termómetro digital y la puerta de la caseta meteorológica.
9. Repetir los pasos 2 a 8 cuatro veces más, esperando al menos una hora entre las mediciones.
10. Calcular la media de las lecturas del termómetro del suelo.
11. Calcular la media de las lecturas del sensor digital del suelo.
12. Calcular el error del sensor del suelo restando la media de las cinco lecturas del sensor digital del suelo (del paso 10) a la media de las cinco lecturas del sensor del suelo (del paso 11).
13. Si el valor absoluto del error del sensor del suelo es superior o igual a 2°C, se debe desenterrar el sensor y recalibrar tanto el sensor del aire como el del suelo siguiendo *Calibración del Sensor del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín*. Si no es así, dejar el sensor digital del suelo en el suelo y recalibrar únicamente el sensor del aire

# Cambio de Pilas al Termómetro Digital Multi-Día Máx/Mín

## Guía de Campo

### Actividad

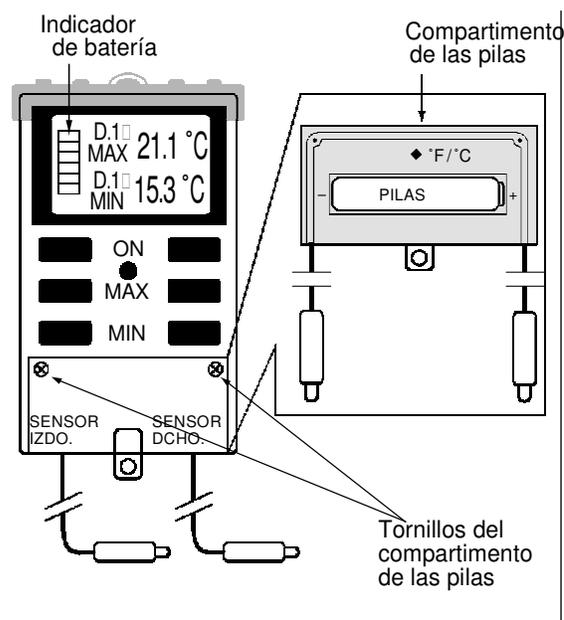
Cambiar la pila al termómetro digital multi-día máx/mín.

### Qué se Necesita

- Una pila nueva modelo AA
- Un destornillador pequeño

### En el Campo

1. La pila está en el compartimento de pilas en la sección inferior de la cubierta del instrumento.
2. Quitar los dos pequeños tornillos localizados en las esquinas superiores de la tapa del compartimento y quitar la tapa.
3. Cambiar la pila, con cuidado de colocar correctamente la polaridad (polo negativo de la pila contactando el muelle).
4. Colocar la tapa del compartimento y los dos tornillos. Después de haber cambiado la pila, hay que asegurarse de recalibrar el aparato.
5. Recalibrar los sensores de aire y suelo siguiendo la *Guía de Campo de Calibración del Sensor del Termómetro Digital Multi-día Máx/Mín*.
6. Poner a cero el aparato utilizando la *Guía de Campo de Puesta a Cero del Termómetro Digital multi-día máx/mín*.

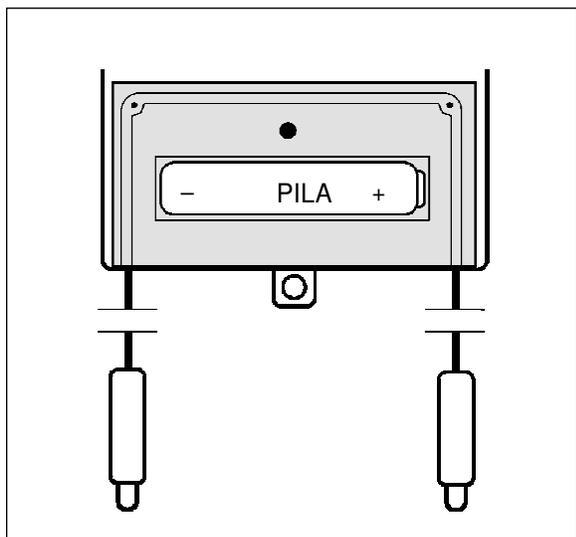


## Preguntas Frecuentes

### 1. ¿Qué debo hacer si mi termómetro digital máx/mín muestra la temperatura en grados Fahrenheit en lugar de en grados Celsius?

Se pueden cambiar las unidades pulsando un pequeño botón situado en el compartimento de la pila. Abrir el compartimento de la pila, siguiendo las instrucciones que se dan en la *Guía de Campo de Cambio de Pila del Termómetro Digital Multi-día Máx/Min*. Hay un pequeño botón redondo indicado °F/°C (ver la figura de abajo). Encienda al menos uno de los sensores y pulse este botón. Se verá el cambio de unidades de medida de Fahrenheit a Celsius. Cierre el compartimento de la pila. ¡Hay que asegurarse de que la toma de mediciones GLOBE se realiza en modo Celsius!.

Figura AT-MU-2: Compartimento de la Pila del Termómetro Digital Multi-día Máx/Min con la Tapa Quitada.



### 2. ¿Qué ocurre si me doy cuenta de que según varía la hora del mediodía solar local a lo largo del año, esta variación no se encuentra en el intervalo de una hora de mi hora de puesta a cero?

Para que las lecturas de temperatura máxima y mínima sean válidas, es necesario que la *hora de puesta a cero* esté en el rango de una hora del mediodía solar local. Ponga a cero su instrumento utilizando la *Guía de Campo de Puesta a Cero del Termómetro Digital Multi-día Máx/Min* tan cerca como sea posible de la hora del mediodía solar local (rango de 15 minutos).

### 3. Si pierdo la lectura de las temperaturas máximas y mínimas, ¿puedo aún tomar las lecturas al día siguiente?



Las temperaturas máx/mín almacenadas en el aparato se actualizan cada 24 horas a la *hora de puesta a cero*. Por ello, estos valores de temperatura pueden ser recogidos a cualquier hora desde 5 minutos después de la *hora de puesta a cero* del día deseado hasta 5 minutos antes de la *hora de puesta a cero* del día siguiente. Si se espera hasta la hora de puesta a cero del séptimo día, se perderán los datos de un día. Sin embargo, si son leídos al día siguiente, se debe tener cuidado de asignar las temperaturas tomadas del aparato con los días a los que corresponden. Las temperaturas máximas y mínimas que se muestran con el símbolo D.1 en la pantalla de visualización del instrumento corresponden al día actual en el que las lecturas están siendo tomadas después de la *hora de puesta a cero* (según se recomienda) y al día anterior cuando las lecturas se están tomando antes de la hora de puesta a cero. Observar las siguientes tablas para mayor clarificación:

#### Lecturas tomadas DESPUÉS de la hora de puesta a cero (según se recomienda)

Visualización digital			
Símbolo:	D.1	D.2	D.3
Las lecturas corresponden a las 24 horas concluyentes	Hoy	Ayer	Hace 2 días

#### Lecturas tomadas ANTES de la hora de puesta a cero

Digital Display			
Símbolo:	D.1	D.2	D.3
Las lecturas corresponden a las 24 horas concluyentes:	Ayer	Hace 2 días	Hace 3 días

### 4. ¿Puedo leer el termómetro por la mañana antes de la hora de puesta a cero?

Si se lee el termómetro por la mañana, al menos 5 minutos antes de la hora de puesta a cero, se pueden leer las temperaturas máx/mín de los seis días anteriores. Sin embargo, las temperaturas máx/mín del día actual no se pueden tomar.

**5. Cuando pulso por primera vez el botón MÁX o MÍN el aparato muestra una lectura que no debo anotar, ¿qué es esta lectura?**

La lectura que se muestra cuando se pulsa el botón MÍN o MÁX por primera vez es la temperatura mínima o máxima del período de 24 horas actual. Dado que este período no ha finalizado, la lectura puede no ser la temperatura máxima o mínima final del período de 24 horas. Aunque no es un dato de medición válido que enviar a GLOBE, puede usarse para sus propios objetivos de investigación.

**6. ¿Cómo funciona el termómetro digital?**

El termómetro funciona midiendo el cambio en la corriente que se produce en un circuito con voltaje constante en el cual la sonda del sensor es una resistencia. Según cambia la temperatura del sensor, su resistencia cambia. El cambio en la corriente en el circuito es inversamente proporcional al cambio en la resistencia del sensor, conforme a lo descrito por la ley de Ohm, que explica que la intensidad de la corriente es igual al voltaje o tensión dividido por la resistencia. Así, midiendo la corriente a través del circuito y conociendo el voltaje, se puede calcular la resistencia del sensor. Esto es lo que hace el aparato, que posteriormente registra la temperatura de la sonda correspondiente a ese nivel de resistencia.

# Protocolo de Temperaturas Digitales Multi-Día del Suelo

## **Objetivo General**

Registrar diariamente medidas de temperatura máxima y mínima en profundidades de 5 cm y 50 cm.

## **Visión General**

Se utiliza un termómetro digital para medir la temperatura actual así como la temperatura máxima y mínima diaria. Se coloca una sonda de temperatura a una profundidad de 5 cm en el suelo mientras que otra se instala a una profundidad de 50 cm. La temperatura máxima y mínima diaria se almacena durante un período de hasta 6 días y es necesario realizar la lectura y el registro en, al menos, estos intervalos para no perder los datos.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado podrá comprender las relaciones entre la temperatura del suelo a dos profundidades y aprender a utilizar un termómetro digital.

## **Conceptos de Ciencias**

### **Geografía**

La variabilidad de la temperatura en una localización afecta a la caracterización del sistema físico-geográfico de la Tierra.

### **Enriquecimiento**

La temperatura del suelo varía con la temperatura del aire.

La temperatura del suelo varía menos que la temperatura del aire.

### **Habilidades de Investigación Científica**

Utilizar un termómetro digital de Max/Min. Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo. Diseñar y dirigir una investigación científica.

Utilizar las herramientas y técnicas apropiadas, incluyendo las matemáticas para recoger, analizar, e interpretar los datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones, predicciones y modelos utilizando las evidencias.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Comunicar los procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

10 minutos para el conjunto de medidas.

## **Nivel**

Todos los niveles

## **Frecuencia**

Como mínimo, una vez cada seis días

## **Materiales y Herramientas**

Termómetro digital Multi-Día de max/min.

Caseta meteorológica instalada en un poste.

Herramientas para cavar (sólo para el montaje del sitio de estudio)

Termómetro de calibración.

Termómetro de sonda de suelo (sólo recalibración).

## **Preparación**

Montaje de la caseta meteorológica

Revisar el material dado en el *Protocolo de Temperatura de Suelos*.

## **Requisitos Previos**

Ninguno

# Protocolo de Temperaturas Digitales Multi-Día del Suelo – Introducción

Hay dos protocolos que utilizan el termómetro digital Multi-Día de max/min. Este protocolo detalla cómo usar el termómetro para medir la temperatura del suelo a profundidades de 5 y 50 cm. El *Protocolo de Temperatura de Suelo digital Multi-Día de max/min* explica cómo utilizar el termómetro para medir temperatura del aire y temperatura del suelo a una profundidad de 10 cm. Si se tienen dos termómetros, ambos protocolos se realizarán en la misma localización, y se podrá medir temperatura del aire junto con la temperatura del suelo a tres profundidades diferentes. Esto permitirá construir y estudiar un perfil de temperatura de suelo.

Este protocolo se hará en el Sitio de Estudio de Humedad de Suelo o en el de Atmósfera. Los datos serán más útiles si este sitio está en la misma localización que el sitio de estudio de atmósfera que muestra las medidas del termómetro de temperatura del aire. Necesitará definir un nuevo sitio de estudio específico para el termómetro de suelos digital Multi-Día.

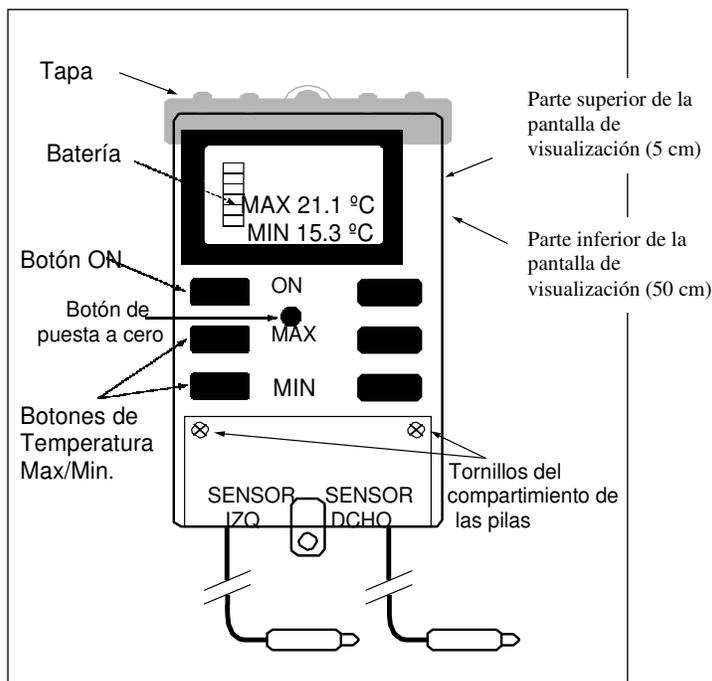
## **Termómetro Digital Multi-Día de Max/Min**

El termómetro digital Multi-Día de máx/min es un aparato electrónico utilizado para medir la temperatura actual y registrar la temperatura máxima y mínima alcanzada durante varios períodos de 24 horas. Tiene dos sondas idénticas de temperatura.

El instrumento registra y almacena las temperaturas más altas y bajas alcanzadas durante más de seis períodos sucesivos de 24 horas. La hora de comienzo y final de estos períodos corresponde a la hora del día en la cual el aparato se puso inicialmente a cero. El instrumento se reinicia cuando se lleva a cabo el primer montaje y de nuevo cada vez que se cambia la batería. Para el uso en GLOBE, la hora de puesta a cero debe estar en el intervalo de una hora del mediodía solar local. Si la hora de Puesta a Cero está dentro de los 15 minutos del mediodía solar local, todos los períodos de 24 horas a lo largo del año comenzarán y terminarán dentro de la hora de intervalo del mediodía solar local aunque varíe la hora solar local.

El termómetro permite visualizar la temperatura máxima y mínima para el día actual, así como la de los 5 días previos, siempre que se lea a una hora que sea posterior a la hora a la que el termómetro fue puesto a cero. Si el termómetro se lee antes de la hora de puesta a cero, mostrará la temperatura máxima y mínima de los seis días anteriores.

*Figura SU-MU-1: Termómetro Digital Multi-Día de Max/Min.*



El termómetro digital Multi-Día de máx/min es capaz de medir temperaturas por debajo de 20°C cuando utiliza pilas alcalinas de tipo AA. La sustitución por una batería de litio de tipo AA permitirá que el aparato alcance temperaturas más bajas. También, a temperaturas menores de 0, la pantalla de visualización digital se oscurecerá demasiado como para poder leer, pero el aparato seguirá todavía registrando la temperatura. Si el alumnado necesita leer el termómetro, deberá sostenerlo en sus manos para que entre en calor, esto no afectará la lectura del termómetro ya que las sondas de temperatura están enterradas en el suelo.

## **Sondas de Temperatura**

En este protocolo se utiliza una sonda del termómetro digital para medir temperatura de suelo a 5 cm de profundidad y otra para medir temperatura del suelo a 50 cm de profundidad. Para asegurar la consistencia, la sonda deberá situarse como se explica a continuación:

Sensor Izquierdo – 5 cm de profundidad,  
Sensor Derecho – 50 cm de profundidad.

Las áreas de visualización de ambos sensores son señaladas en la parte derecha de la pantalla digital del aparato. La parte superior de la pantalla (para el sensor izquierdo) se denomina como “LF”, mientras que la parte inferior de la pantalla (para el sensor derecho) se denomina “RT”.

**Pautas:** Para prevenir posibles confusiones, hay que señalar las áreas de visualización como “5 cm” y “50 cm” respectivamente. Esto puede hacerse escribiendo en una cinta sujeta a la parte izquierda de la pantalla de visualización.

## **Mantenimiento del Instrumental**

La caseta meteorológica debe mantenerse limpia por fuera y por dentro. El polvo, escombros y telas de araña deben retirarse del interior de la caseta con un trapo limpio y seco. La parte de fuera de la caseta debe limpiarse suavemente con agua para retirar los restos, evitando que se meta agua en el interior de la caseta. Si la parte exterior de la caseta se ensucia demasiado, se debe pintar de nuevo en blanco.

Cuando la batería del termómetro esté baja, se encenderá un símbolo de batería baja. Este aviso se encuentra en la parte izquierda de la pantalla de visualización y tiene la forma de batería tipo AA. Una vez que el aviso esté visible hay que reemplazar la batería. Para ello hay que seguir las instrucciones de la *Guía de Campo de Cambio de Batería del Termómetro Digital Multi-Día de Max/Min*.

## **Apoyo al Profesorado**

Las instrucciones dadas en este protocolo son específicas para una marca de termómetro digital. Deben ser adaptadas a otros equipos que tengan las mismas especificaciones. Si surge alguna pregunta o se necesita ayuda para adaptar las instrucciones a otros aparatos, contactar con el Grupo de Ayuda de GLOBE o con el coordinador nacional. Los elementos esenciales de este protocolo, que deben seguir las mismas consideraciones que el equipo modelo son: la colocación de las sondas de temperatura, los períodos de 24 horas, y la precisión y estabilidad de  $\pm 0,5$  °C en la calibración de los sensores de temperatura.

## **Medidas Logísticas**

1. Revisar los antecedentes en el capítulo de Suelos.
2. Comprobar la calibración del termómetro siguiendo la *Guía de Laboratorio de Calibración del Termómetro*.
3. Calcular la corrección del sensor compensada siguiendo la *Guía de Campo de Calibración del Sensor de Temperatura de Suelos Digital Multi-Día*.
4. Instalar el termómetro digital Multi-Día de max/min siguiendo *La Guía de Campo de Instalación del Termómetro de Suelos Digital Multi-Día*.
5. Establecer la hora de Puesta a Cero reestableciendo el termómetro lo más cerca posible del mediodía solar siguiendo las instrucciones de la *Guía de Campo de Puesta a Cero del Termómetro Digital Multi-Día de Max/Min*.
6. Registrar la temperatura máxima y mínima siguiendo la *Guía de Campo de Termómetro Digital de Máx/Min de Temperatura del Suelo*, al menos una vez cada seis días.
7. Registrar la temperatura actual siguiendo la *Guía de Campo de Temperatura Actual con Termómetro Digital de Suelos*.
8. Cada seis meses, o cada vez que se cambia la batería, hay que revisar la precisión de la sonda que se encuentra a 5 cm de profundidad siguiendo la *Guía de Campo de Revisión del Error del Sensor de 5 cm del Termómetro Digital Multi-Día de Max/Min*. GLOBE recomendará cuándo se necesita desenterrar los sensores de suelo para recalibrarlos.
9. Hay que interesar al alumnado en la observación de los datos.

## **Calibración**

El termómetro digital debe calibrarse antes de su primer uso. Cada seis meses después de la instalación y cada vez que se cambia la batería, será necesario revisar las lecturas del sensor de suelos para ver si hay que desenterrar los sensores y recalibrarlos. Estas calibraciones y revisiones se realizan a través de la comparación de temperaturas registradas por dos sondas con lecturas del termómetro de calibración y del termómetro de sonda de suelo (ver *Protocolo de Temperatura de Suelo*).

## **Consejos Útiles**

- El objetivo de las calibraciones es obtener la corrección del sensor que explica las diferencias entre las medidas y la temperatura real. Al informar de los datos de calibración a GLOBE, la base de datos automáticamente calcula esos valores y devuelve la información. Después de haber completado la calibración y comenzar a enviar los datos de temperatura a GLOBE, la base de datos automáticamente realizará un informe de la corrección compensada según las medidas que se van introduciendo en la base de datos. Por lo tanto, todos los datos de la base de datos de GLOBE han sido calibrados. Sin embargo, hay que tener cuidado y tener en cuenta la corrección compensada al analizar los datos que no han sido obtenidos de la base de datos de GLOBE (incluyendo los datos que ha recogido). **NO SE DEBE APLICAR LA COMPENSACIÓN DE LOS DATOS ANTES DE ENVIARLOS A GLOBE.**
- Hay un indicador de batería baja en la parte izquierda de la pantalla de visualización. Tiene forma de una pila dividida en secciones (ver diagrama del termómetro). Cuando el indicador se ilumina es necesario cambiar la batería utilizando la *Guía de Campo de Cambio de Batería del Termómetro Digital Multi-Día de Max/Min*.

## **Preguntas para Investigaciones Posteriores**

¿Qué estación tiene el registro más alto de temperatura? ¿Por qué?

¿Cómo varía el registro de temperatura de suelo según la profundidad del suelo?

¿Cuáles son las latitudes y altitudes de otros centros GLOBE con temperaturas de suelos similares a las suyas?

¿Qué temperatura del suelo indica una nueva estación de crecimiento en su zona, cuál es la evidencia para las plantas anuales, y para las malas hierbas, para la germinación o la aparición de brotes en árboles o arbustos?

¿Cómo afecta la textura del suelo a la temperatura del suelo?

¿Cómo varía la temperatura del suelo entre los días soleados y los días nublados en su Sitio de Estudio y a diferentes profundidades?

# Termómetro de Calibración

## Guía de Laboratorio

### Actividad

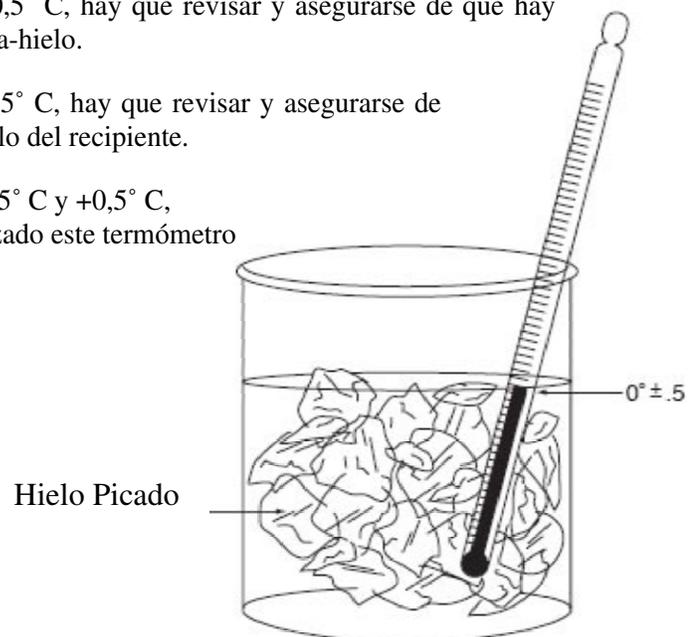
Comprobar la calibración del termómetro de calibración

### Qué se Necesita

- Termómetro de calibración
- Hielo picado
- Recipiente limpio de al menos 250 ml
- Agua (mejor si es destilada, pero lo importante es que no sea salada)

### En el Laboratorio

1. Preparar una mezcla de agua dulce y hielo picado con más hielo que agua en el recipiente.
2. Poner el termómetro de calibración dentro del recipiente con agua helada. El bulbo del termómetro debe estar en el agua.
3. Dejar el termómetro en el recipiente de agua helada de 10 a 15 minutos.
4. Mover cuidadosamente el termómetro en círculos dentro del agua helada para que se enfríe completamente.
5. Leer el termómetro. Si la lectura está entre  $-0,5^{\circ}\text{C}$  y  $+0,5^{\circ}\text{C}$ , el termómetro está bien.
6. Si el termómetro lee por encima de  $+0,5^{\circ}\text{C}$ , hay que revisar y asegurarse de que hay más hielo que agua en la mezcla de agua-hielo.
7. Si el termómetro lee por debajo de  $-0,5^{\circ}\text{C}$ , hay que revisar y asegurarse de que no hay sal en la mezcla de agua-hielo del recipiente.
8. Si el termómetro sigue sin leer entre  $-0,5^{\circ}\text{C}$  y  $+0,5^{\circ}\text{C}$ , reemplazar el termómetro. Si se ha utilizado este termómetro para medir, informar de ello a GLOBE.



# Calibración del Sensor del Termómetro de Suelos Digital Multi-Día.

## Guía de Campo

### **Actividad**

Calcular la corrección compensada del sensor de suelo para ajustar el error de los instrumentos.

### **Qué se Necesita**

- Termómetro de calibración que haya sido revisado siguiendo las instrucciones de la Guía de Laboratorio del Termómetro de Calibración
- Hoja de Datos de Puesta a Cero y calibración del Termómetro Digital de suelos

### **En el Campo**

1. Abrir la puerta de la caseta meteorológica y colgar el termómetro de calibración y las dos sondas, la de 5 cm y la de 50 cm, de modo que no toquen las paredes de la caseta y el aire fluya alrededor. Cerrar la puerta de la caseta meteorológica.
2. Esperar por lo menos una hora y abrir la puerta de la caseta meteorológica.
3. Leer la temperatura del termómetro de calibración y anotar el valor más próximo a los 0,5° C en la *Hoja de Datos de Puesta a Cero y Calibración del Termómetro Digital de Suelos*.
4. Encender el visualizador de temperatura de 5 cm del termómetro digital Multi-Día de max/min presionando el botón de ON del sensor de 5 cm (grupo de botones de la parte superior izquierda).
5. Encender el visualizador de temperatura de 50 cm del termómetro digital Multi-Día de max/min presionando el botón de ON del sensor de 50 cm (grupo de botones de la parte superior derecha).
6. Leer la temperatura que señala el sensor de 5 cm y el sensor de 50 cm del termómetro digital y anotar ambas en la *Hoja de Datos de Puesta a Cero y Calibración del Termómetro Digital de Suelos*.
7. Cerrar la tapa del termómetro digital y la puerta de la caseta meteorológica.
8. Repetir los pasos 2 al 7 cuatro veces más, esperando por lo menos una hora entre cada grupo de lecturas. Hay que intentar espaciar los cinco grupos de lecturas lo máximo posible a lo largo del día.
9. Informar de los datos de calibración a GLOBE.

# Instalación del Termómetro de Suelos Digital Multi-Día.

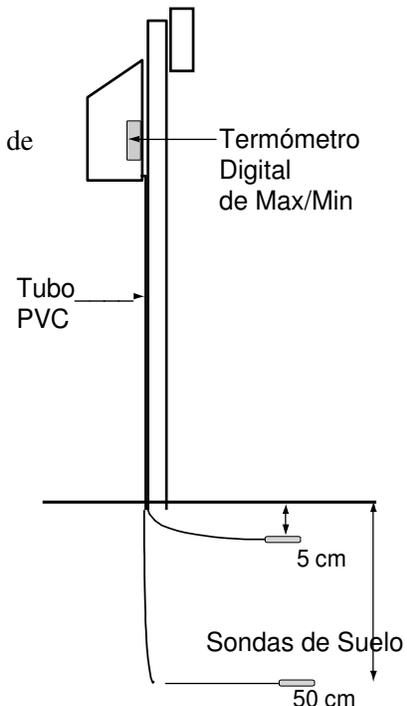
## Guía de Campo

### Actividad

Instalar el termómetro digital de suelo en el sitio de estudio de atmósfera o en el sitio de estudio de humedad de suelo.

### Qué se Necesita

- Taladro con una broca de 12 mm
- Herramientas para cavar
- Cuerdas o alambre
- Caseta Meteorológica GLOBE (las especificaciones están en la *Lista de Instrumentos de Juego de Herramientas*)
- Tubo PVC con un diámetro de 120 cm (opcional)
- Dos trozos de cinta
- Material de escritura



**Nota:** Si se va a utilizar otro termómetro digital Multi-Día para tomar la temperatura del aire y medidas de profundidad de suelo de 10 cm, hay que intentar enterrar las sondas de 5 cm y 50 cm lo más cerca posible de la sonda de 10 cm del otro termómetro. Si no está instalada la sonda de 10 cm, se puede aprovechar para enterrar las sondas en el mismo agujero.

### En el Campo

1. Montar la caja protectora del termómetro digital en la parte trasera de la caseta meteorológica. La caja deberá situarse de tal modo que la pantalla puede leerse fácilmente. Si hay espacio en la pared posterior de la caseta, la caja deberá dejarse sin montar, sobre el fondo de la caseta.
2. Utilizar dos trozos de cinta para etiquetar la sonda izquierda como “5 cm” y la sonda derecha como “50 cm”. Hay que asegurarse de no pegar las cintas en la parte metálica de las sondas.
3. Si es necesario, perforar un agujero de 12 mm, utilizando una taladradora con broca de pala, en la parte de abajo de la caseta, cerca del final. Introducir las sondas de los sensores a través del agujero, dejando la mayor cantidad de cable posible dentro de la caseta. Puede pasar los sensores a través de un tubo PVC para proteger los cables.
4. Enterrar las sondas cerca de la parte soleada del poste donde está montada la caseta (hacia el ecuador) Son preferibles los datos recogidos del suelo en lugares donde no hay sombra. Los comentarios de la definición del sitio de estudio deben incluir la cantidad de sombra que recibirá la superficie de suelo que se encuentra encima de las sondas a lo largo del año.

5. Cavar un hoyo de una profundidad de algo más de 50 cm en la localización elegida.
6. Empujar la sonda etiquetada como “5 cm” horizontalmente dentro del agujero a una profundidad de 5 cm. Si es necesario, utilizar un clavo o una clavija, con un diámetro ligeramente menor que la sonda, para dirigir una entrada para la sonda.
7. Empujar la sonda etiquetada como “50 cm” horizontalmente dentro del agujero a una profundidad de 50 cm. Si es necesario, utilizar un clavo o una clavija, con un diámetro ligeramente menor que la sonda.
8. Rellenar el agujero con la tierra que se ha removido (primero con tierra de profundidades mayores y tierra de la superficie en último lugar).
9. Asegurar cuidadosamente los cables utilizando una cuerda o alambre. Mantener la mayor cantidad de cable posible dentro de la caseta.

# Puesta a Cero del Termómetro Digital Multi-Día de Max/Min

## Guía de Campo

### Actividad

Reiniciar el termómetro digital Multi-Día para establecer la *hora de puesta a cero*, que sirve como hora de comienzo y finalización de los intervalos de 24 horas en los cuales el instrumento registra temperaturas máximas y mínimas.

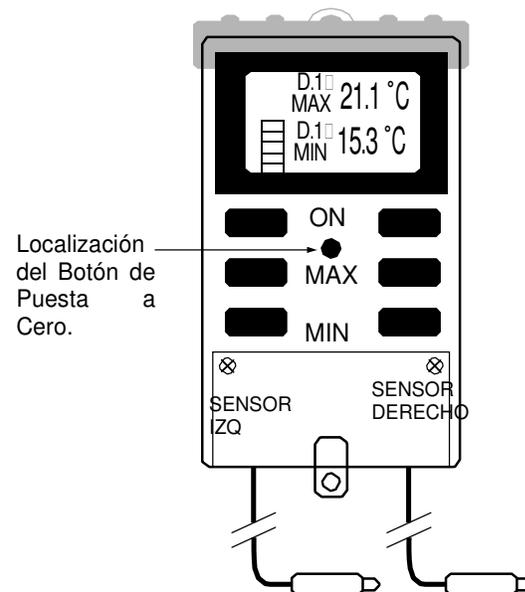
**Nota:** El termómetro sólo debe reiniciarse cuando se monta, cuando se cambia la batería, o si la hora de Puesta a Cero llega a diferenciarse en más de una hora de la hora del mediodía solar local.

### Qué se Necesita

- Un bolígrafo o un clavo
- Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital de Max/Min.
- Un reloj de precisión, receptor GPS, u otro dispositivo que muestre la hora.

### En el Campo

1. Determinar una *hora de puesta a cero* apropiada que corresponda a la media de la hora local del mediodía solar. Es importante que la *hora de puesta a cero* esté dentro del intervalo de una hora del mediodía solar cada día que se tomen medidas. Si éste no es el caso, habrá que elegir una nueva *hora de puesta a cero* y se reiniciará el instrumento.
2. Ir a la caseta meteorológica un poco antes de la hora prevista de Puesta a Cero, abrir la caseta y levantar la tapa del termómetro digital de max/min.
3. A la hora de inicio elegida, utilizar un clavo o la punta de un bolígrafo para presionar y soltar el botón de Puesta a Cero, que se encuentra donde se muestra en el dibujo.
4. La pantalla de visualización digital hará una señal breve y comenzará a leer la temperatura actual. El instrumento en ese momento se reinicia. Hay que registrar la hora exacta del día en la sección de *Hora de Puesta a Cero* de la Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital de Max/Min. Ésta será la Hora de Puesta a Cero.
5. Hay que informar de la *hora de Puesta a Cero* y la fecha a GLOBE tanto en la hora local como en hora UT.



# Temperatura de Suelos Digital Multi-Día de Max/Min

## Guía de Campo

### **Actividad**

Medir diariamente la temperatura de suelo máxima y mínima, a profundidades de 5 cm y 50 cm, de los seis días anteriores.

### **Qué se Necesita**

- Una caseta meteorológica situada adecuadamente.
- Termómetro Digital Multi-Día de Max/Min calibrado e instalado adecuadamente.
- Hoja de Datos de Termómetro de Suelos Digital Multi-Día
- Bolígrafo o lápiz.
- Un reloj preciso u otro dispositivo que de la hora.

### **En el Campo**

1. Las lecturas de máximas y mínimas deben tomarse como mínimo, 5 minutos después de la *hora de Puesta a Cero*.
2. Abrir la caseta meteorológica y la tapa del termómetro digital de max/min.
3. Registrar la hora y la fecha en la hoja de datos tanto en la hora local como en la universal (UT).

**Nota:** Para introducir datos en GLOBE hay que señalar la hora universal (UT)

4. Encender el botón ON del termómetro de visualización de temperatura a 5 cm (parte superior izquierda, 'ON').
5. Presionar el botón MAX del sensor de 5 cm dos veces (botón "MAX" que se encuentra en la parte central izquierda).

**Nota:** La lectura que aparece después de presionar el botón de MAX es la temperatura más alta que ha tenido lugar desde la hora de Puesta a Cero, y no durante un período entero de 24 horas. Por lo tanto, no debe ser registrada.

6. A continuación, aparece un símbolo en la pantalla de visualización digital a la izquierda de la lectura de temperatura con el símbolo 'D.1' debajo. Registrar esta temperatura en la hoja de datos.
7. Presionar el botón de MAX del sensor de 5 cm otra vez. El símbolo "D2" aparecerá en lugar de "D1". Registrar esta temperatura que acompaña en la hoja de datos. Repetir este procedimiento para registrar tantos datos de los pasados 6 días como sean necesarios.
8. Para registrar temperaturas mínimas a 5 cm, repite los pasos 5 al 7 presionando el botón MIN del sensor de 5 cm (parte inferior izquierda, denominado "MIN") en lugar del botón de MAX.
9. Para las temperatura a 50 cm, repetir los pasos que se encuentra arriba utilizando los botones de 50 cm situados en la parte derecha y las lecturas de la parte más baja de la pantalla de visualización.
10. Después de que se han tomado todas las medidas, se cierra la tapa del instrumento. Se apagará automáticamente después de un tiempo. Cerrar la caseta meteorológica.

# Temperatura Actual con el Termómetro Digital de Suelos

## Guía de Campo

### **Actividad**

Medir la temperatura de suelo actual, a profundidades de 5 cm y 50 cm.

### **Qué se Necesita**

- Una caseta meteorológica situada adecuadamente
- Termómetro Digital Multi-Día de Max/Min calibrado e instalado adecuadamente.
- Un reloj preciso u otro dispositivo que de la hora
- *Hoja de Datos de Termómetro de Suelos Digital Multi-Día*
- Bolígrafo o lápiz.

### **En el Campo**

1. Abrir la caseta meteorológica y la tapa del termómetro digital de max/min.
2. Registrar la hora y fecha en la hoja de datos.
3. Encender el botón ON del termómetro de visualización de temperatura a 5 cm (parte superior izquierda, denominada 'ON') en la fachada exterior de la caseta.
4. La temperatura actual a 5 cm se mostrará en la parte superior de la pantalla de visualización. Anotar esta temperatura en la hoja de datos.
5. Para las medidas de 50 cm, repetir los pasos que se señalan más arriba utilizando el botón ON de 50 cm (situado en la parte superior derecho denominado "ON") y leer el valor de la parte inferior de la pantalla de visualización.
6. Después de que se han tomado todas las medidas, se cierra la tapa del instrumento. Se apagará automáticamente después de un tiempo. Cerrar la caseta meteorológica.

# Control de Errores del sensor de 5 cm del Termómetro de Suelos Digital Multi-día

## Guía de Campo

### **Actividad**

Controlar que el sensor de suelo de 5 cm funciona adecuadamente.

### **Qué se Necesita**

- Sonda del Termómetro de Suelos del *Protocolo Temperatura de Suelo*.
- *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital de Suelos Multi-Día*

### **En el Campo**

1. Calibrar la sonda del termómetro de suelos siguiendo la *Guía de Laboratorio de Calibración del Termómetro de Suelos del Protocolo Temperatura de Suelos*.
2. Abrir la puerta de la caseta meteorológica.
3. Seleccionar un lugar a unos 15 cm de la localización de la sonda de temperatura de suelo.
4. Medir la temperatura del suelo a una profundidad de 5 cm siguiendo el *Protocolo de Temperatura de Suelo*.
5. Registrar esta temperatura en la sección de “Control de Errores del Sensor de 5 cm” de la *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro de Suelos Digital Multi-Día*.
6. Encender el visualizador de temperatura del suelo del termómetro Multi-Día de max/min presionando el botón ON del sensor de suelos (Botón superior izquierdo).
7. Leer la temperatura registrada por el sensor de suelo del termómetro digital y grabarla en la sección de “Control de Errores del Sensor de Suelo de 5 cm” de la *Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro Digital de Suelos Multi-Día*.
8. Cerrar la tapa del termómetro digital y la puerta de la caseta meteorológica.
9. Repetir los pasos 2 a 8 cuatro veces, esperando al menos una hora entre cada medida.
10. Enviar los datos a GLOBE. El archivo GLOBE determinará si hace falta desenterrar los sensores de suelo y recalibrarlos siguiendo la *Guía de Campo de Calibración del Termómetro de Suelos Digital Multi-Día*.

# Cambio de Pilas del Termómetro Digital Multi-día de max/min

## Guía de Campo

### Actividad

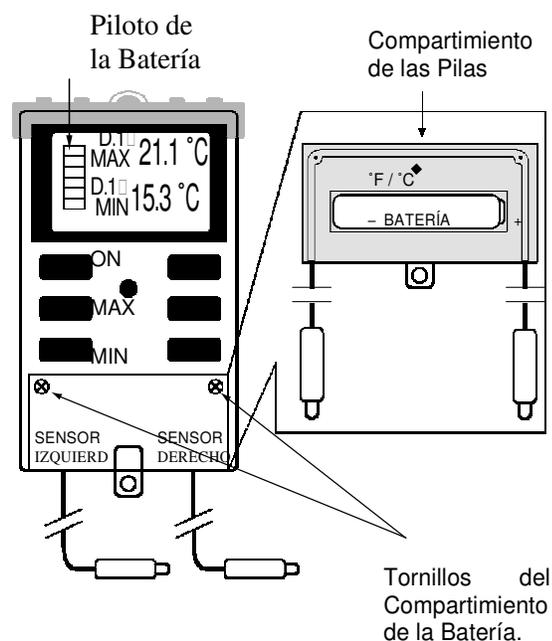
Cambiar la pila del termómetro digital de Max/Min.

### Qué se Necesita

- Una nueva pila, modelo AA
- Un pequeño destornillador Phillips

### En el Campo

1. Las pilas se encuentran en el compartimiento de las pilas en la parte inferior de la cubierta del instrumento.
2. Quitar los dos tornillos pequeños que están en las esquinas superiores de la cubierta del compartimiento y levantar la tapa.
3. Cambiar la batería, teniendo cuidado de colocarlo con la polaridad correcta (el polo negativo contactando con el muelle).
4. Volver a colocar la tapa del compartimiento y colocar los dos tornillos.
5. Recalibrar los sensores siguiendo la *Guía de Campo de Calibración del Termómetro de Suelos Digital Multi-Día*.
6. Poner a cero el aparato utilizando la *Guía de Campo de Puesta a Cero del Termómetro de Suelos Digital Multi-Día*.

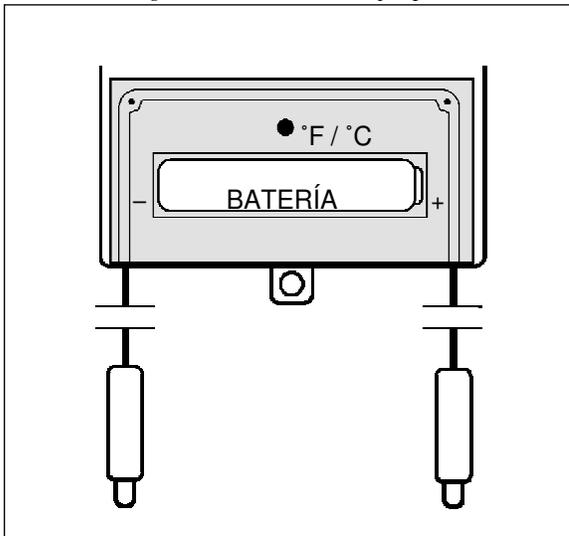


## Preguntas Frecuentes

### 1. ¿Qué se debe hacer si el termómetro digital de max/min lee la temperatura en grados Fahrenheit en lugar de Celsius?

Se pueden cambiar las unidades presionando un pequeño botón que se encuentra en el compartimiento de la batería. Hay que abrirlo siguiendo las instrucciones de la *Guía de Campo de Cambio de Pila del Termómetro Digital Multi-Día de Max/Min*. Hay un pequeño botón redondo que indica °F/°C (ver la figura siguiente). Se enciende al menos uno de los sensores y se presiona este botón. Aparecerá la unidad de medida que cambia de Fahrenheit a Celsius. Cerrar el compartimiento de la batería. ¡Hay que asegurarse siempre de que el modo en el que se encuentra sea Celsius al tomar las medidas en GLOBE!

Figura SU-MU-2: Compartimiento de la pila del Termómetro Digital Multi-Día con la tapa quitada



### 2. ¿Qué hacer si la hora de Puesta a Cero no está dentro del intervalo de una hora del mediodía solar?

Para que las lecturas de temperatura máxima y mínima sean válidas es necesario que la *hora de Puesta a Cero* esté dentro del intervalo. Reiniciar el instrumento lo más cerca posible del mediodía local solar (preferiblemente dentro de un intervalo de 15 mín).

### 3. Si se pierde alguna lectura de la temperatura máxima y mínima, ¿se puede seguir tomando datos al día siguiente?



Las temperaturas max/min almacenadas en el instrumento se actualizan cada 24 horas a la *hora de Puesta a Cero*. Por lo tanto, estos valores de temperatura pueden ser recogidos a cualquier hora, desde 5 min después de la hora de Puesta a Cero del día elegido hasta 5 min antes de la hora de Puesta a Cero del día siguiente. Si se espera hasta después de la Puesta a Cero del 7º día, los datos de un día se perderán. Sin embargo, si se leen al día siguiente, habrá que tener cuidado de que las lecturas de temperatura correspondan con los días. Las temperaturas máximas y mínimas que se muestran con el símbolo “D1” en la pantalla de visualización corresponden al día actual cuando las temperaturas han sido tomadas después de la *hora de Puesta a Cero* (recomendado) y corresponden al día anterior cuando las lecturas han sido tomadas antes de la *hora de Puesta a Cero*. Ver las siguientes tablas como aclaración:

Lecturas tomadas DESPUÉS de la hora de puesta a cero (recomendada)

Visualización digital			
Símbolo	D.1	D.2	D.3
Lecturas correspondientes a las 24 horas concluyentes	Hoy	Ayer	Hace 2 días

Lecturas tomadas ANTES de la hora de puesta a cero

Visualización digital			
Símbolo	D.1	D.2	D.3
Lecturas correspondientes a las 24 horas concluyentes	Ayer	Hace 2 días	Hace 3 días

### 4. ¿Se puede leer el termómetro por la mañana antes de la hora de Puesta a Cero?

Si se lee el termómetro por la mañana al menos 5 mín. antes de la *hora de Puesta a Cero*, es posible leer la temperatura max/min de los seis días anteriores. Sin embargo, las temperaturas max/min del día actual no pueden ser leídas.

**5. Al presionar el botón de MIN ó MAX, el instrumento muestra una lectura que no debería grabar, ¿cuál es ésta lectura?**

Las lecturas mostradas al presionar el botón de MIN ó MAX por primera vez es la temperatura mínima o máxima para el período de 24 horas siguiente. Mientras este período no termine, la lectura no debe ser la temperatura máxima o mínima final de las 24 horas. Los datos que no sean válidos para enviar a GLOBE, pueden ser usados para otras investigaciones del centro.

**6. ¿Cómo funciona el termómetro digital?**

El termómetro funciona midiendo el cambio en la corriente continua a través de un circuito de voltaje constante en el que la sonda del sensor sirve como resistencia. Al cambiar la temperatura del sensor, la resistencia eléctrica del sensor también cambia. El cambio de la corriente en el circuito es inversamente proporcional al cambio en la resistencia del sensor tal y como describe la Ley de Ohm, que explica que la corriente es igual al voltaje partido por la resistencia. Por lo tanto, midiendo la corriente a través del circuito, y conociendo el voltaje, es posible calcular la resistencia del sensor. Esto lo hace el aparato, que informa después de la temperatura de la sonda que corresponde a ese nivel de resistencia.

# Investigación de Suelos

## Hoja de Datos de Calibración y Puesta a Cero del Termómetro de Suelos Digital Multi-día.

Nombre del Centro: \_\_\_\_\_ Sitio de Estudio: \_\_\_\_\_

Nombre de los Observadores: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Calibración

<i>Lecturas del Termómetro</i>						
Número de Lecturas	Fecha (aa/mm/dd)	Hora Local (hora:min)	Hora Universal (hora:min)	Calibración de la Lectura del Termómetro (°C)	Lectura del Sensor Digital de 5 cm (°C)	Lectura del Sensor Digital de 50 cm (°C)
1						
2						
3						
4						
5						

### Hora de Puesta a Cero

**Nota:** El termómetro debe ser reiniciado sólo cuando se realice el primer montaje, después de que se cambia la batería, o si la hora del mediodía solar local difiere en más de una hora de la *hora de Puesta a Cero*.

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora Local (Hora: Min) \_\_\_\_\_ Hora Universal (Hora: Min) \_\_\_\_\_

¿Se debe la puesta a cero a un cambio de pilas? \_\_\_\_\_

### Comprobación del Sensor de 5 cm

#### *Lecturas del Termómetro*

Número de Lectura	Fecha (aa/mm/dd)	Hora Local (hora:min)	Hora Universal (hora:min)	Lecturas del Termómetro de Sonda de Suelos de 5 cm (°C)	Lectura del Sensor Digital de Suelos de 5 cm (°C)
1					
2					
3					
4					
5					

# Investigación de Suelos

## Hoja de Datos del Termómetro Digital de Duelos Multi-día

Nombre del Centro: \_\_\_\_\_ Sitio de Estudio: \_\_\_\_\_

Nombre del Observador: \_\_\_\_\_

Fecha: Año \_\_\_\_\_ Mes \_\_\_\_\_ Día \_\_\_\_\_

Hora Local (Hora: Min) \_\_\_\_\_ Hora Universal (Hora: Min) \_\_\_\_\_

La *Hora de Puesta a Cero* en hora universal (Hora: Min): \_\_

### Temperatura Actual

Temperatura del suelo a 5 cm (°C): \_\_\_\_\_

Temperatura del suelo a 50 cm (°C): \_\_\_\_\_

### Temperatura Máxima y Mínima

No leer el termómetro a menos de 5 minutos de la *Hora de Puesta a Cero*.

	Etiquetas de la Pantalla de Visualización Digital					
	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Máxima Temperatura de 5 cm (°C)						
Mínima Temperatura de 5 cm (°C)						
Máxima Temperatura de 50 cm (°C)						
Mínima Temperatura de 50 cm (°C)						
Si estás leyendo el termómetro DESPUÉS de la <i>Hora de Puesta a Cero</i> : correspondientes al período de 24-horas que finaliza	Hoy	Ayer	Hace 2 días	Hace 3 días	Hace 4 días	Hace 5 días
Si estás leyendo el termómetro ANTES de la <i>hora de Puesta a Cero</i> : correspondientes al período de 24 horas que finaliza.	Ayer	Hace 2 días	Hace 3 días	Hace 4 días	Hace 5 días	Hace 6 días

# Protocolo de Mediciones Automatizadas de Temperatura del Suelo y del Aire.



## **Objetivo General**

La medición continuada de la temperatura del suelo y del aire en el Sitio de Estudio.

## **Visión General**

El alumnado coloca cuatro termómetros, tres de ellos se sitúan en el suelo, a tres profundidades diferentes, y el otro se coloca dentro de la caseta meteorológica para que esté resguardado. Los estudiantes utilizan una hoja de datos para registrar las mediciones cada 15 minutos. Después traspasan los datos al ordenador para analizarlos y enviarlos a la base de datos de GLOBE.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado podrá utilizar el equipo de monitorización automatizada para medir la temperatura del suelo y del aire. Asimismo, podrá manipular un amplio conjunto de datos variables.

Los alumnos podrán crear hojas de cálculo y gráficos de sucesiones temporales y utilizarlos para analizar los datos.

## **Conceptos de Ciencias**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

El tiempo puede definirse a través de medidas cuantitativas.

El tiempo cambia de un día para otro y de una estación a otra.

El tiempo varía a nivel local, regional y global.

La temperatura del suelo varía en función de la profundidad, la humedad del suelo y de la temperatura del aire.

La temperatura del suelo varía menos que la temperatura del aire.

### *Geografía*

La variabilidad de la temperatura en una localización afecta a las características del sistema físico y geográfico de la Tierra.

## **Habilidades de Investigación Científica**

Utilizar un registro de datos para medir temperatura.

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir una investigación científica.

Utilizar los cálculos matemáticos adecuados para analizar los datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones utilizando evidencias.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas

Comunicar procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

La organización lleva aproximadamente 4 horas pero puede alargarse durante varios días.

Transferencia de los datos – 10 minutos

Análisis y envío de los datos a GLOBE – Entre 30 minutos y 2 horas, dependiendo de la cantidad de datos y de las habilidades informáticas del alumnado.

## **Nivel**

Medio y Secundario

## **Frecuencia**

El montaje se realiza una sola vez.

Las pilas hay que cambiarlas cada año.

El transferencia de datos, análisis y el envío a GLOBE es mejor que sea semanal, de lo contrario al menos, una vez al mes.

## **Materiales y Herramientas**

Sistema almacenador de datos de 4 Canales y software.

1 sensor de temperatura del aire.

3 sensores de temperatura de suelos.

Cable interfaz de la computadora del almacenador de datos

Caja de plástico hermética (volumen ~0,5 l)

CaSO<sub>4</sub> u otro secante (100 ml)

4 Conectores de alivio de tensión.

Instalación adecuada de la caseta meteorológica en un poste.

Herramientas para excavar.

## **Preparación**

Revisar el protocolo de temperatura Máxima, Mínima y Actual del Aire y el Protocolo de Temperatura de Suelos.

## **Requisitos Previos**

Ninguno

# Protocolo Opcional de Mediciones Automatizadas de Temperatura del Suelo y del Aire – Introducción.

Un sistema almacenador de datos es un dispositivo electrónico que recoge automáticamente datos a una velocidad predeterminada de muestreo. Estos sistemas permiten a los científicos y al alumnado recoger valiosas medidas ambientales en localizaciones lejanas. También recogen datos continuamente, permitiendo un conjunto de datos compatibles y su análisis. Con un almacenador de datos, los alumnos pueden tomar datos los fines de semana y en los recreos del centro escolar también. Los almacenadores de datos pueden recoger datos durante más de 84 días sin necesidad de lecturas diarias ni de calibraciones del termómetro.

El alumnado que utiliza el almacenador de datos aporta información importante al conjunto de datos mundial de temperaturas de suelo y de aire. La comprensión de los científicos acerca del clima ha sido determinada por el acceso a un gran número de datos sobre temperatura del aire, pero los datos de temperatura del suelo no son tan numerosos. El alumnado, al utilizar el almacenador de datos, aportará contribuciones significativas a este conjunto de datos y a la comprensión del estudio del suelo.

## Apoyo al Profesorado

### **Gestión de los Materiales**

Los procedimientos descritos en este protocolo son específicos para una marca concreta de almacenador de datos y sus sondas de temperatura y software. Puede adaptarse a otros equipos, mientras que corresponda con las especificaciones del almacenador de datos de GLOBE. Si el profesorado y el alumnado van a utilizar un equipo diferente, deben contactar con el Grupo de Ayuda de GLOBE para aprender cómo adaptar este protocolo a sus equipos. Los elementos esenciales de este protocolo, que deben seguir las mismas consideraciones que el equipo modelo, son la colocación de la sonda de temperatura y los sensores de temperatura que han de tener una precisión de  $\pm 0,5$  °C.

Un almacenador externo de datos “Onset Computer HOBO® de 4 canales”, se utiliza para registrar la temperatura del aire y del suelo en el Sitio de Estudio de Atmósfera cada 15 minutos. El tipo de sensores Onset HA tienen un rango que va de  $-40$  a  $100$ °C y una precisión de  $0,5$ °C. Funciona bien para la mayoría de superficies. Este almacenador de datos tiene 4 canales. Para que haya compatibilidad, los almacenadores de datos, deben conectarse como sigue:

- Canal 1 - Temperatura del Aire
- Canal 2 -5 cm de profundidad;
- Canal 3 -10 cm de profundidad
- Canal 4 -50 cm de profundidad.

La condensación puede dañar los almacenadores de datos, por lo que necesita mantenerse en un contenedor hermético libre de humedad alta. Una caja de plástico con una tapa ajustada y precintada que contenga un secante como el  $\text{CaSO}_4$ , que sirve para absorber la humedad y proteger el almacenador.

El alumnado deberá montar su propia caja hermética. Si eligen esta opción, deben adquirir un juego de conectores de alivio de tensión. (Ir al paso 2 de la *Guía de Laboratorio de Preparación del Almacenador de Datos*). El alumnado y profesorado, pueden pedir estos conectores a través del Grupo de Ayuda de GLOBE (centros de EEUU) o a través de sus coordinadores nacionales (centros fuera de EEUU).

### **Elección del Sitio de Estudio**

La caja hermética del almacenador de datos debe mantenerse protegida de los rayos solares directos y de la lluvia. El mejor sitio para instalar el almacenador de datos de suelos es dentro de la caseta de GLOBE instalada en un poste. Los alumnos harán un agujero en el suelo, en la parte más soleada alrededor de la caseta, y situarán las sondas a profundidades de 5 cm, 10 cm y 50 cm en el suelo. Son preferibles los datos recogidos de suelos en lugares sin sombras. En la hoja de definición del Sitio de Estudio, los alumnos deben comentar la cantidad de sombra que recibe el suelo durante el año.

### **Preparación Previa**

El alumnado debe leer las siguientes secciones en el Manual del usuario de la BoxCar Pro® v.3.5+: Instalación, Iniciación de los almacenadores HOBO® H8, Lectura de los datos, Examen de los datos y Exportando los datos.

El alumnado debe completar el montaje e instalación del software antes de comenzar a recoger datos, tal y como se detalla en la *Guía de Laboratorio de Preparación del Almacenador de Datos*.

El alumnado debe completar el Test de Margen de Error del Sensor antes de comenzar a recoger datos, tal y como se detalla en la *Guía de Laboratorio de Calibración y Análisis de Laboratorio*. Siguiendo la Guía, los alumnos realizan una calibración completa y la envían a GLOBE. La calibración y los test de laboratorio verifican que la unidad funciona correctamente y proporcionan a los alumnos la oportunidad de practicar utilizando el almacenador antes de instalarlo en el campo.

El alumnado debe instalar el almacenador de datos y los sensores de acuerdo a las instrucciones de la *Guía de Campo de Instalación del Sensor*.

El contenido científico de este protocolo es el mismo que el de los *Protocolos de Temperatura Máxima, Mínima y Actual del Aire* y que el *Protocolo de Temperatura de Suelo*. Hay que remitir a los estudiantes a estas secciones para obtener una mayor información sobre el tema.

### **Informes de Datos**

El alumnado comienza la recogida de datos siguiendo la *Guía de Laboratorio o de Campo para Iniciar el Almacenador de Datos*.

El alumnado sitúa el almacenador de datos en la caseta meteorológica y lo conecta a la sonda de temperatura siguiendo la *Guía de Campo de Instalación del Almacenador de Datos*.

El alumnado descarga los datos almacenados en el almacenador de datos y los transfiere a la computadora mediante la *Guía de Laboratorio de Recopilación de Datos*.

Tras la recopilación de datos, el alumnado vuelve a reiniciar e instalar el almacenador de datos en la Caseta Meteorológica siguiendo la *Guía de Laboratorio o de Campo de Iniciación del Almacenador de Datos y la Guía de Campo de Instalación del Almacenador de Datos*.

El alumnado prepara sus datos para informar y enviar los datos a GLOBE siguiendo las instrucciones de la *Guía de Laboratorio de Manejo y Presentación de Datos*.

Los datos deben ser transferidos del almacenador de datos en el campo y enviados a la base de datos de GLOBE cada 1-2 semanas. El alumnado debe realizar una copia de seguridad y guardar los archivos con los datos nuevos del almacenador.

El almacenador de datos debe desenchufarse y llevarse dentro para descargar los datos, pero es posible llevar un dispositivo de almacenamiento de datos portátil al campo para evitar desconectar el almacenador.

### **Preguntas para Investigaciones Posteriores.**

¿Cómo varía la temperatura del suelo y del aire a lo largo del día?

¿Cómo se relacionan la temperatura del suelo y la temperatura del aire?

¿Cómo están relacionadas las temperaturas del suelo a distinta profundidad?

¿Cómo afecta la humedad del suelo a los cambios en la temperatura del suelo y del aire?

¿Cómo afecta la textura del suelo a la temperatura del suelo?

Por influencia de la temporada de floración y otros cambios fenológicos en un área, ¿es más importante la media, o los extremos de temperatura,?

# Preparación del Almacenador de Datos

## Guía de Laboratorio

### Actividad

Preparar y montar el almacenador de datos y los cables. Cargar el software del almacenador de datos.

### Qué se Necesita

#### Almacenador de Datos /Ensamblaje de Sensores

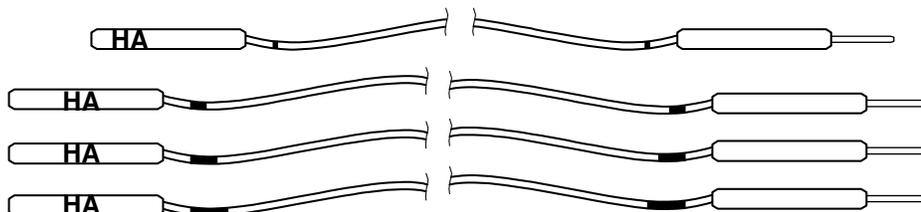
- Almacenador de 4 Canales Externo H08-006-04 HOBO H8
- Caja hermética como la caja cuadrada de sandwiches de Rubbermaid n°1 (~0,5 l volumen)
- Sensor de Temperatura de banda ancha TMC1- HA-e 0,3 m (1 pies) cable (1)
- $\text{CaSO}_4$  u otro agente secante (100 ml)
- Sensor de Temperatura de banda ancha TMC20 HA 6,1 m (20 pies) cable (3)
- 4 conectores de alivio de tensión para evitar daños en la conexión de los cables con el almacenador de datos.

#### Interfaz del ordenador

- BoxCar Pro® y software v.3,5+ o v.4,0
- Cable de Interfaz del PC u ordenador MAC

### En el Laboratorio

1. Hay que utilizar un rotulador permanente para marcar ambas terminaciones de los cuatro cables sensores TMC6-HA. Hay que situar las marcas aproximadamente a 1 cm del refuerzo del enchufe. Hay que poner 1, 2, 3 o 4 líneas totalmente alrededor de cada cable. Hay que etiquetar el cable más corto con el número 1.

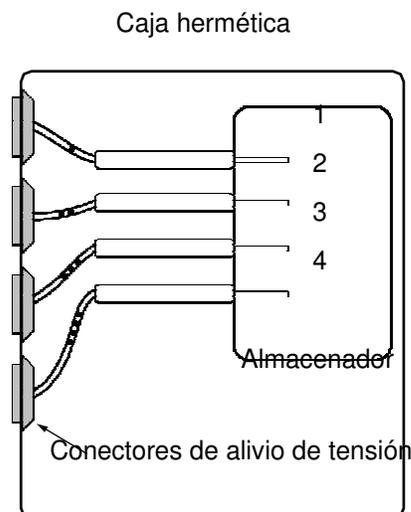


2. cables sellados y un almacenador de datos en una caja hermética.

Opción A) Utilizando conectores de alivio de tensión:

- Taladrar o perforar cuatro agujeros espaciados de igual forma en un lado de la caja. 12 mm (1/2”).
- Instalar los conectores de alivio de tensión utilizando un poco de silicona para sellar alrededor de la zona de inserción.
- Pasar los cables de los sensores a través de los conectores de alivio de tensión y conectarlos en las tomas apropiadas del almacenador de datos.

**Nota:** puede obtenerse un juego de conectores de alivio de tensión enviando un mail al Grupo de Ayuda de GLOBE (centros de EEUU) o al Coordinador Autonómico o Nacional del país (demás centros).



Opción B) Utilizando cordón de alambre y silicona para sellar:

- Taladrar o perforar cuatro agujeros espaciados de igual forma en un lado de la caja. 5 mm (1/4”).
  - Pasar los cables de los sensores a través de esas perforaciones y conectarlos en las tomas apropiadas del almacenador de datos.
- Anudar los cordones de alambre ajustándolos contra la pared interior.
- Anudar los cordones de alambre ajustándolos contra la pared exterior.
- Aplicar silicona para sellar alrededor del alambre y entre los nudos de alambre y agujeros en un lado de la pared.
- Dejar secar durante 24 horas.

3. Cargar el software del BoxCar Pro del ordenador. Si se utiliza un MAC, se debe descargar el software desde: [www.onsetcomp.com/Support/2543\\_MacBCP.html](http://www.onsetcomp.com/Support/2543_MacBCP.html)

- Seguir las instrucciones de instalación del software de la página 1 del Manual del Usuario de BoxCar Pro®.
- Conectar el cable en serie a un puerto de PC (tipo 9-pin, D) COM o a un puerto de MAC (tipo 8-pin, O)
- Comprobar la fecha y hora en la computadora para asegurarse de que son correctas.
- Ir a c:\Bxcrpro3\Bxcrpro.exe (localización por defecto) o hacer doble clic en el ícono de BoxCar Pro®

**Nota:** Las nuevas versiones de ordenadores iMAC/G3 y G4 Apple con puertos USB requieren adaptadores adicionales de los cables.

# Test de Calibración y Laboratorio.

## Guía de Laboratorio

### Actividad

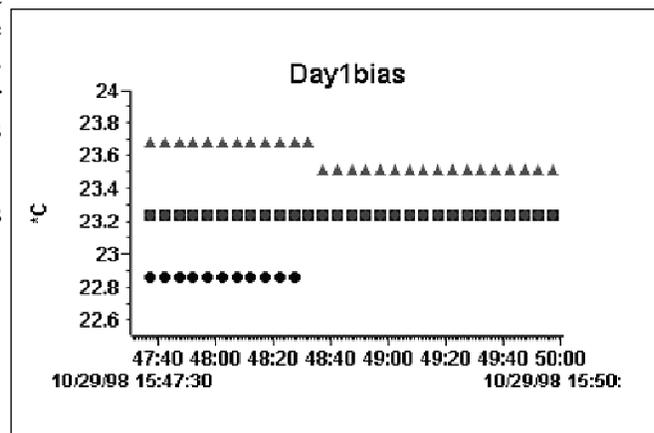
Verificar que el almacenador de datos y los sensores funcionan adecuadamente.

### Qué se Necesita

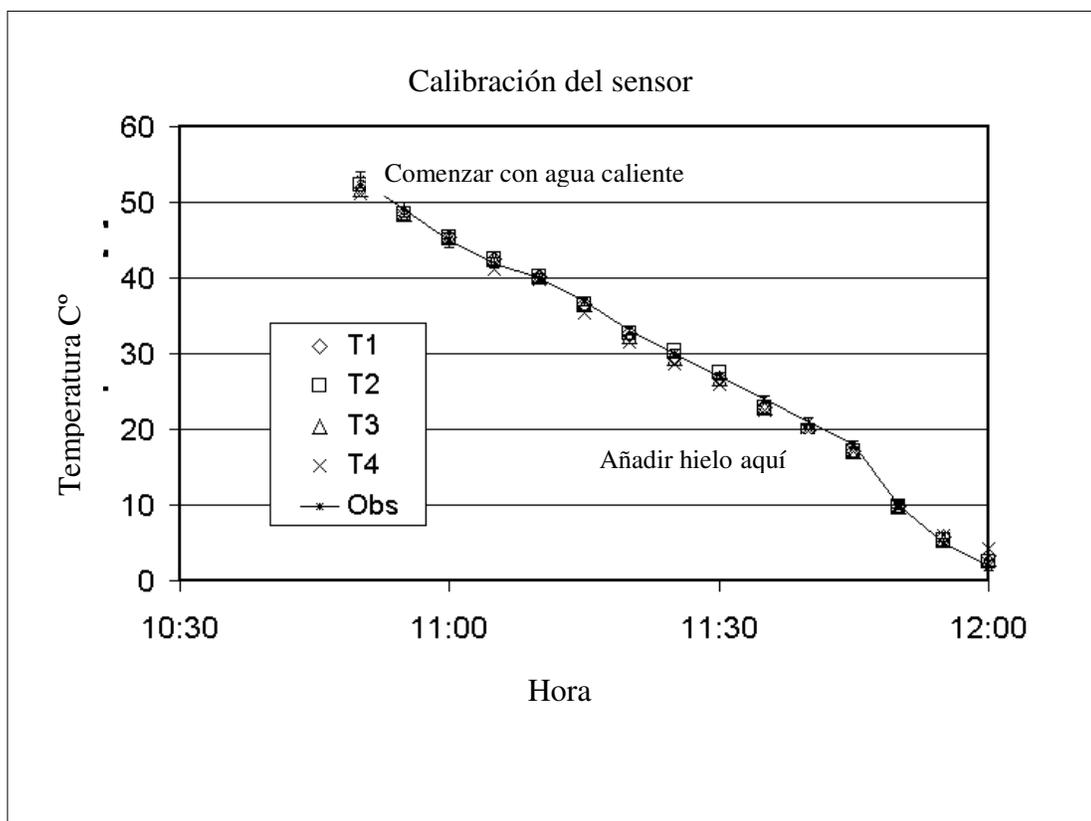
- Montaje del Almacenador de Datos y cables
- Termómetro de calibración
- Agua caliente (~50°C), una taza no aislada, hielo

### En el Laboratorio

1. Anotar el margen de error del sensor. Este test verifica que los cuatro canales están grabando la misma temperatura del aire aproximadamente con la recopilación de datos, durante unos pocos minutos, con los cuatro sensores. El sesgo o diferencia entre cada sensor debe ser menor de 1°C.
  - a. Conectar el cable de cada sensor en la toma apropiada del almacenador de datos y situar las cuatro puntas de los sensores juntas y lejos de cualquier otra fuente de calor (como lugares soleados).
  - b. Conectar el almacenador a los cables en serie.
  - c. Confirmar que el reloj de La computadora muestra la hora local.
  - d. Hacer clic dos veces en el icono de Boxcar® para activar el software.
  - e. Seleccionar “Launch” (Ctrl L) bajo el botón de “Logger” en el menú principal.
  - f. Cambiar el documento “Description de TEST” a “Day1bias”. Cambiar el “Interval” a “6 segundos”.
  - h. Seleccionar el botón de “Start”, el mensaje debe indicar que el programa se está cargando.
  - i. Esperar tres minutos. El almacenador estará en funcionamiento.
  - j. Seleccionar “Readout” (Ctrl R) debajo del botón de “Logger” en el menú principal.
  - k. La pantalla debe indicar que los datos se han descargado, entonces hay que apuntar el nombre del archivo. La opción por defecto debe ser Day1bias.dtf
  - l. Utilizar las opciones desplegadas de “View” para mirar cada canal de temperatura por separado.



- m. Anotar el valor medio de cada canal en el registro de GLOBE, debe haber una diferencia menor de 1 °C entre todos ellos.
  - n. Hay que asegurarse de que se entiende el eje de la escala de tiempo y que muestra la hora y fecha correctas y cómo guardar los datos en un archivo Excel.
2. Calibración de la gama completa
- a. Situar los cuatro sensores de temperatura en una taza medio llena y no aislada de agua caliente (~50° C).
  - b. Conectar el almacenador al cable en serie.
  - c. Confirmar que el reloj de la computadora muestra la hora local actual.
  - d. Seleccionar “Launch” debajo del botón de “Logger” en el menú principal.
  - e. Colocar el archivo “Descripción” en “CAyymmdd”, donde yymmdd es el año, mes y día actual.
  - f. Colocar el “Interval” en “5 min.” e iniciar el almacenador con un comienzo retardado en la siguiente marca de 5 min. (por ejemplo: ahora son las 10:17:00. Entonces se sitúa el retardo en las 10:20:00).
  - g. Grabar la temperatura del termómetro de calibración cada 5 minutos, conjuntamente con la hora de muestreo del almacenador.
  - h. Después de que los cambios de temperatura disminuyan hasta 1° C/5 min., se añaden cubitos de hielo y se continúa hasta que aproximadamente el agua llega a congelarse.



# Instalación del Sensor

## Guía de Campo

### Actividad

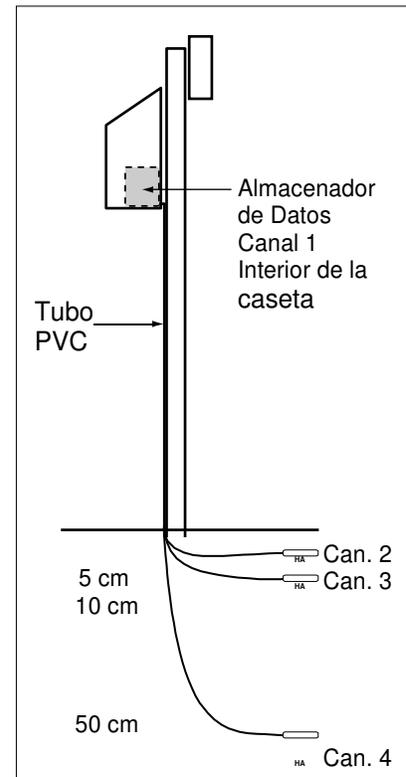
Instalar el almacenador de datos y sensores en el Sitio de Estudio de Atmósfera.

### Qué se Necesita

- Metro
- Herramientas para cavar
- Tubo de PVC de 120 cm x 2,5 cm
- Montaje del almacenador de datos y cables
- Taladradora con una broca de pala para madera de 12 mm
- Alambre o soportes para asegurar el tubo PVC al poste.
- Cordel o cordón de alambre
- Producto secante

### En el Campo

1. Planificar la instalación. Hay que asegurarse de que la distancia entre la caja y el sensor más profundo es menor de 5,5 metros y que es seguro cavar un agujero con una profundidad de 50 metros.
2. Perforar un agujero de 12 mm, si es necesario, a través del fondo de la caseta, cerca de la parte de atrás.
3. Situar el Almacenador de Datos dentro de la Caseta Meteorológica.
4. Utilizar el cordel o el alambre para asegurar el sensor de temperatura del aire (nº 1) dentro de la Caseta Meteorológica.
5. Pasar los tres cables más largos a través del agujero de 12 mm y tirar de ellos a través del tubo PVC (que protege los cables del exceso de rayos ultravioletas y de mordiscos de animales). Hay que tener en cuenta que hay que dejar los restos de alambre dentro de la Caseta.
6. Asegurar el tubo PVC al poste de la Caseta Meteorológica.
7. Cavar un agujero de 50 cm de profundidad en el lado soleado (hacia el Ecuador) del poste de la Caseta.
8. Empujar los sensores horizontalmente en los lados del agujero a 50 cm (nº 4), 10 cm (nº 3) y 5 cm (nº 2) de profundidad respectivamente. Utilizar un clavo o una clavija de un diámetro ligeramente menor para dirigir estos agujeros si el suelo está duro.
9. Verter el secante en una bolsa de tejido transpirable (por ejemplo, gasa de algodón o un calcetín de algodón) y situarlo dentro de la caja hermética para que el aire dentro de la caja se mantenga seco.
10. Precintar la caja hermética que contiene el Almacenador de Datos.



# Activación del Almacenador de Datos

## Guía de Laboratorio o de Campo

### **Actividad**

Activar el almacenador de datos para recopilar medidas diarias de la temperatura del suelo y del aire.

### **Qué se Necesita**

- Almacenador de Datos desconectado de los cuatro cables sensores
- PC-386 ó más avanzado, Windows 3.1 con 4 Mb RAM, o versiones posteriores con puerto COM (serie) disponible
- *Hoja de Datos del Almacenador de Datos*

### **En el Laboratorio o En el Campo**

1. Asegurarse de que el reloj del ordenador lee correctamente la hora local.
2. Accionar el software del BoxCar®
3. Conectar el almacenador externo de 4 Canales HOBO® al cable en serie utilizando el enchufe de más abajo y el más grande.
4. Seleccionar “Launch” (Ctrl L) bajo el botón de “Logger” en la página principal del menú.
5. Se debe ver o seleccionar lo siguiente:
  - a. Intervalo (duración) = 15 minutos (84 Días),
  - b. Medidas: Los Canales 1-4 registran la temperatura (tanto °F como °C). Sin los sensores conectados, los valores serán diferentes pero deben ser relativamente constantes.
  - c. Nivel de la Batería: Lleno (reemplazar la batería cuando el nivel caiga por debajo del 30%)
6. Seleccionar “Opciones Avanzadas”.
7. Se debe ver o seleccionar lo siguiente:
  - a. “Wrap – around when full” (No marcar)
  - b. “Delayed Start” (Marcar). Poner a la hora esperada de comienzo. Utilizar este dato para que comiencen las horas de muestreo cada cuarto de hora, por ejemplo, XX:00:00, XX:15:00, XX:30:00, o XX:45:00. Seleccionar “am” o “pm”.
8. Seleccionar “Enable/Disable Channels”.
9. Para los canales 1-4, se debe ver que se selecciona lo siguiente:
  - a. -40 °F a +212 °F [TMC6-HA]. (Marcar)
  - b. Seleccionar “Aply”
10. Seleccionar “Start”.

# Activación del Almacenador de Datos

## Guía de Campo

### **Actividad**

Instalar el activador del almacenador de datos en la Caseta Meteorológica.

### **Qué se Necesita**

- Activador del almacenador de datos - *Hoja de Datos del Almacenador de Datos*
- Producto secante

### **En el Campo**

1. Abrir la puerta de la caseta y destapar la caja vacía del almacenador de datos.
2. Asegurarse de que el almacenador y los enchufes están secos. Reemplazar el producto secante si es necesario.
3. Enchufar cuidadosamente cada cable en el canal apropiado del almacenador de datos. Asegurarse de que cada enchufe se introduce totalmente.
  - a. Enchufar cable n°1 en el enchufe n°1 (Sensor de temperatura del aire)
  - b. Enchufar cable n°2 en el enchufe n°2 (Sensor de 5 cm)
  - c. Enchufar cable n°3 en el enchufe n°3 (Sensor de 10 cm)
  - d. Enchufar cable n°4 en el enchufe n°4 (Sensor de 50 cm)
4. Cerrar cuidadosamente la caja hermética del almacenador de datos y situarla en un lugar apartado de la caseta meteorológica.
5. El almacenador de datos en ese momento estará recogiendo datos. Recomendamos descargar los datos semanalmente cuando el centro está en pleno curso y por lo menos una vez al mes durante las vacaciones.

# Recopilación de Datos

## Guía de Laboratorio

### **Actividad**

Descargar los datos acumulados en el almacenador de datos en la computadora.

### **Qué se Necesita**

- Almacenador de datos desconectado de los cuatro cables sensores
- Hoja de Datos del Almacenador de Datos
- Q PC-386 o más avanzado, Windows 3.1 con 4 Mb RAM, o posterior, con Puerto COM (serie) disponible.

### **En el Laboratorio**

1. Asegurarse de que el reloj de la computadora lee correctamente la hora local.
2. Accionar el software del BoxCar®
3. Conectar el almacenador externo de 4 Canales HOBO® al cable en serie utilizando el enchufe de más abajo y el más grande.
4. Seleccionar “Readout” (Ctrl L) bajo el botón de “Logger” en la página principal del menú.
5. Se debe ver o seleccionar lo siguiente:
  - a. Una ventana desplegable que indica que el software está buscando los canales HOBO® del almacenador de datos.
  - b. Una ventana desplegable que indica que los datos se están descargando.
  - c. Aparecerá un aviso si el almacenador de datos y los relojes no están sincronizados.
  - d. Nivel de la batería: reemplazar la batería después de guardar los datos si su nivel está por debajo del 30%.
  - e. Una ventana de “Guardar como”
6. Se da un nuevo nombre al archivo de datos (archivo .dtf ) y se guarda. Se recomienda utilizar como nombre del archivo el siguiente “SSYYMMDD”,
  - a. Donde SS es el nombre del centro o del Sitio de Estudio y YYMMDD son los valores del año, mes y día (por ejemplo, 010315) de la fecha en la que se han descargado los datos (READOUT) del almacenador de datos. Nota: el software del BoxCar® limita el número de caracteres del archivo a 8.
  - b. Hay que asegurarse de seleccionar o tomar nota del listado de producción de datos.
7. Hay que dejar un tiempo para realizar una sinopsis de los datos utilizando la capacidad gráfica del BoxCar.

# Manipulación y Presentación de Datos

## Guía de Laboratorio

### **Actividad**

Convertir los datos al formato apropiado para enviarlos a GLOBE.

### **Qué se Necesita**

- Computadora - 386 o más avanzada, Windows con 4 Mb de RAM y con Puerto COM (serie) disponible
- Excel u otra hoja de cálculo.
- BoxCar® software
- *Hoja de Datos del Almacenador de Datos*

### **En el Laboratorio**

Se deben enviar los datos a GLOBE siempre que se descargue el almacenador, lo que debe ser aproximadamente entre una vez a la semana o una vez al mes.

1. Hacer doble clic en el icono de BoxCar® para iniciar el software.
2. Debajo del botón “Archivo” hay que seleccionar “Abrir” y abrir el archivo de BoxCar® (.dtf) que contiene los datos que se están preparando para enviar a GLOBE.
3. Debajo del botón de “Archivo” hay que seleccionar “Export” y después “Excel” o la hoja de cálculo seleccionada (o simplemente seleccionar el icono de “Excel” en el acceso directo de la barra de herramientas)
4. Aparecerá una caja de “Export Set-Up”
5. Seleccionar los cuatro canales que contienen las medidas Celsius tomando cada canal que marca “Temperature [°C]” en la caja de “Units” (hay que asegurarse de no seleccionar el primer valor que aparece por defecto que marca “Temperature [°F]”).
6. Seleccionar “Export”.
7. Mantener el nombre como “SSYYMMDD.txt”
8. Seleccionar “OK”.
9. Iniciar Excel u otra hoja de cálculo.
10. Debajo del botón de “Archivo” seleccionar “Abrir” y elegir el archivo que contenga vuestros datos (SSYYMMDD.txt).
11. Asegurarse de seleccionar “All Files”(\*.\*)” debajo del botón de “Files of Type”.
12. Seleccionar “Open”.
13. El “Text Import Wizard” debe cambiarse a “Delimited”, “Start Import at Row 1”, “File origin Windows (ANSI).
14. Seleccionar “Finish” directamente sin pasar por los pasos intermedios. Se debe ver una columna de los datos del tiempo y cuatro columnas con los datos de temperatura con unidades de [°C].
15. Realizar una gráfica con los datos siguiendo los pasos de *Observando los Datos*.
16. Si hay algunos datos que indudablemente son erróneos, se reemplazan esos valores con la “B”.

17. Si uno de los sensores no está conectado o no funciona, hay que poner una “X” en la celda apropiada de la hoja de cálculo.
18. Seleccionar entera la primera fila que contiene los títulos (seleccionando “1”) y quitarla, seleccionando “Delete” debajo del menú “Edit”.
19. Formatear toda la primera columna que contiene la hora y la fecha (seleccionando “A”) y elegir “Cells” debajo del menú de “Format”.
20. En el menú desplegable que aparece, hay que seleccionar “Custom” debajo de “Category” y debajo de “Type” introduce yyymmddhhmm. Seleccione “OK”. La entrada de la fecha y hora tendrá ahora el formato requerido por GLOBE.
21. Seleccionar las columnas A,B,C e insertar tres nuevas columnas seleccionando “Columns” debajo del menú “Insert”.
22. Desplazarse hacia abajo hasta la última fila de datos.
23. Escribir “DLOG” en la columna A.
24. Introducir el ID del centro GLOBE en la columna B.
25. Introducir el tipo del sitio de estudio GLOBE y numerar dónde está instalado el almacenador de datos (Sitio de estudio de atmósfera = ATM.dd o sitio de estudio de la humedad del suelo = SMS-dd, por ejemplo, ATM-01 o SMS-01) en la columna C.
26. Destacar las tres celdas que contienen “DLOG”, el ID del centro GLOBE y el tipo de sitio y número y seleccionar “Copy” debajo del menú “Edit”.
27. Destacar las primeras tres columnas de la segunda a la última fila y entonces utilizar las dos siguientes teclas para realzar todas las celdas de las columnas A-C que contienen datos: “End”, “Shift Up Arrow”.
28. Seleccionar “Paste” debajo del menú de “Edit” para que esos tres valores sean copiados en el área seleccionada de las columnas A-C.
29. Seleccionar la columna E e insertar una nueva columna seleccionando “Columns” debajo del menú “Insert”.
30. Formatear enteras las cinco columnas (pulsando “E”) y elegir “Cells” debajo del menú de “Format”.
31. En el formato de las celdas “Number” aparece un menú desplegable, hay que seleccionar “Text”. Mover el formato de celdas a “Alignment” y seleccionar “Right” dentro del menú “Horizontal”. Seleccione “OK”.
32. Desplazarse hacia abajo hasta el último registro de datos, si es necesario.
33. En la columna E, se introduce la corrección de UT entre el sitio de estudio y el meridiano principal (Corrección de UT = Hora UT – Hora Local). Será una constante a menos que haya algún cambio en la hora local (por ejemplo, el cambio de hora en verano) durante el período de observación. Introduzca este valor utilizando el formato ±hhmm (por ejemplo: +0400 para una corrección de 4 horas en la costa Este de EEUU o –1030 para una corrección de 10 horas y 30 minutos en el Centro de Australia). Nota, el signo de las correcciones es el opuesto al valor estándar. Desafortunadamente, los cambios en los horarios de verano varían según cada país. Por favor, consultar a las autoridades locales qué hora local se necesita para realizar los ajustes (o visitar [www.worldtimezone.com/daylight.htm](http://www.worldtimezone.com/daylight.htm))
34. Destacar la celda que contiene la corrección y seleccionar “Copy” debajo del menú “Edit”.
35. Destacar la celda vacía en la columna E de la segunda a la última fila y utilizar las siguientes teclas para realzar todas las celdas de la columna E que contienen los datos: “End”, “Shift Up Arrow”.

36. Seleccionar “Paste” debajo del menú “Edit” para que este valor sea copiado en el área seleccionada de la columna E.
37. Guardar el documento seleccionando “Save As” debajo del menú “File”.
48. Cambiar el nombre del formato del documento de GLOBE a “DLYYMMDD.txt” (ignorar el aviso sobre el formato del documento que aparece en Excel) y guardar como un documento de texto separado por tabuladores.
39. Ahora se pueden enviar los datos a GLOBE por correo electrónico.
40. Abra el correo sin salir de Excel.
41. En el apartado “Para:” del mensaje, introduzca “DATA@GLOBE.GOV”.
42. En el “Asunto” introduzca “DATA”.
43. La primera línea del texto del mensaje debe ser “//AA”. Esto informa al servidor de GLOBE de que las líneas que están a continuación contienen datos.
44. Copiar y pegar las 9 columnas del documento de la hoja de datos que contienen los datos:
  - a. Volver a Excel o a la Hoja de datos y seleccionar la parte de las nueve columnas que contiene información.
  - b. Seleccione “Copy” debajo del menú “Edit”.
  - c. Volver al correo, situar el cursor en la línea bajo la entrada “//AA” en la parte del texto del mensaje, y seleccione “Paste” debajo del menú “Edit”. Toda la tabla aparecerá ahora en el cuerpo del correo electrónico.
45. Después de insertar la tabla con los datos, escribir en la última línea del mensaje “//ZZ”. Esto significará que no hay más datos en el mensaje. Ver, en la parte de abajo, un ejemplo de cómo debe ser el correo
46. Enviar el correo a GLOBE

*Ejemplo de un correo electrónico que contiene datos de temperatura de aire y suelo recogidos con el Almacenador de Datos*

Para: DATA@GLOBE.GOV								
De: GLOBE_School@Somewhere.edu								
Asunto: DATA								
//AA								
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141600	+0400	B	B	B	B
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141615	+0400	24,79	24,79	24,79	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141630	+0400	24,79	24,79	24,79	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141645	+0400	24,79	24,79	24,79	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141700	+0400	24,79	24,79	24,79	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141715	+0400	24,79	24,4	24,79	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141730	+0400	24,79	24,4	24,79	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141745	+0400	24,79	24,4	24,79	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141800	+0400	24,79	24,4	24,4	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141815	+0400	24,79	24,4	X	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141830	+0400	24,79	24,79	X	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141845	+0400	24,79	24,79	X	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141900	+0400	24,79	25,17	X	24,79
DLOG	ZZUSTEST	ATM-01	200105141915	+0400	24,79	25,17	X	24,79
//ZZ								

## **Preguntas Frecuentes**

### **1. Al tratar de descargar el almacenador, no hay datos. ¿Qué es lo que ocurre?**

Esto puede ocurrir si no se completó la secuencia de inicio apropiadamente en el campo. Hay que asegurarse de no intentar iniciar un almacenador de datos que no haya sido descargado, porque los datos se perderán.

### **2. ¿Cómo darse cuenta de que uno de los sensores no funciona?**

Los dos problemas más comunes son la rotura de un alambre o que exista un circuito abierto, normalmente debido a la mordedura de algún animal o porque la conexión entre el enchufe y la cavidad no es buena. Un circuito abierto producirá un valor poco realista, que variará ligeramente. Otra señal de aviso es una lectura que no cambia. Habrá que contactar con GLOBE si se necesita ayuda.

### **3. No cogimos nuestro almacenador del sitio de estudio en el campo durante dos días después de que fuera iniciado, ¿debemos borrar los datos tomados durante este período cuando sabemos que el almacenador no estaba enchufado a los sensores?**

Nunca se deben borrar filas de datos, nos interesa saber cuándo intentasteis recoger datos. Sin embargo, si tenéis datos que sin duda, son incorrectos, debéis reemplazar esos valores por una "B". Si falta uno de los sensores o no saca ningún dato, hay que poner una "X" en las celdas de la hoja de datos.

### **4. Hemos dirigido los sensores a los canales incorrectos. ¿Qué debemos hacer?**

Si no tiene problema para transportar las columnas de datos, puede hacerlo en un programa de hoja de cálculo. Si no, envíe los archivos .dtf y .txt a jwash@hwr.arizona.edu con una descripción del problema y lo corregiremos. En general, el rango de datos diario debe disminuir de la temperatura del aire a la temperatura del suelo a 50 cm.

### **5. ¿Cuándo suelen darse los datos erróneos?**

Los datos erróneos suelen tener lugar al principio o al final de la grabación de datos debido al muestreo mientras que los sensores están desconectados.

### **6. Hemos presentado los datos de temperatura del aire desde el almacenador de datos para un día(s) específico pero los valores máximo y mínimo de temperatura del aire para ese día no aparecen en los archivos de datos del centro, ¿Por qué?**



Si hay tres o más datos erróneos o se han perdido datos por un período de 24 horas, el servidor de GLOBE no calcula los valores máximo y mínimo de ese día.

## **Definiciones Clave**

**Atenuación:** reducir en magnitud, atenuar

**Conducción:** Transmisión de calor (o electricidad) a través de una sustancia.

**Almacenador de Datos:** Microcomputadora capaz de grabar y almacenar tanto el tiempo como los datos de medidas en el campo. El único mantenimiento que necesita el sistema es descargar periódicamente los datos almacenados.

**Producto secante:** Sustancia como el sulfato de calcio que absorberá repetidamente el exceso de humedad después del secado del horno.

**Diario:** Variaciones regulares a lo largo del día.

**Balance de Energía:** Un balance equilibrado entre la entrada y salida de energía de los componentes (solar, calor perceptible, calor latente, calor del suelo) en un punto, como la superficie de la Tierra.

**Fase de desplazamiento:** El período en el que un fenómeno de oleaje (ondas del océano, ondas sonoras) determina la distancia entre dos crestas adyacentes (máxima). Una fase de desplazamiento tiene lugar cuando dos ondas tienen el mismo período pero la máxima ocurre en tiempos diferentes.

**Sinusoidal:** Como el seno de una onda, muchos fenómenos de radiación son mayores a mediodía y menores por la noche.

# Protocolo Opcional de Sensores de Humedad de Suelos



## **Objetivo General**

Medir el contenido de agua del suelo, basándose en la resistencia eléctrica medida por los sensores de humedad del suelo.

## **Visión General**

Los estudiantes instalan sensores de humedad de suelos en agujeros de profundidad a 10 cm, 30 cm, 60 cm, y 90 cm. Toman medidas diariamente de datos de humedad, conectando un medidor a los sensores y utilizando curvas de calibración para determinar el contenido de agua del suelo en cada profundidad.

## **Objetivos Didácticos**

Los estudiantes podrán medir la humedad del suelo mediante un sensor y registrarán e informarán los datos de humedad del suelo. También podrán relacionar las mediciones de la humedad con la precipitación, la temperatura del aire y las características físicas y químicas del suelo. Así mismo, entenderán el papel de la humedad del suelo en el ciclo hidrológico y en fenología.

## **Conceptos de Ciencias**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

Los materiales de la Tierra son: rocas sólidas, suelo, agua, biota, y los gases de la atmósfera.

Los suelos poseen propiedades de color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad; soportan el desarrollo de muchos tipos de plantas.

La superficie de la Tierra varía.

Los suelos están compuestos de minerales (menos de 2 mm), materia orgánica, aire y agua.

El agua circula a través del suelo variando las propiedades del suelo y del agua.

### *Ciencias Físicas*

Los objetos poseen propiedades observables

## **Habilidades de Investigación Científica**

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y llevar a cabo una investigación.

Usar herramientas y técnicas apropiadas, incluyendo las matemáticas para reunir, analizar e interpretar datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones, predicciones y modelos, utilizando la evidencia.

Compartir procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

10 minutos al día

## **Nivel**

Medio y Avanzado

## **Frecuencia**

Diaria

Reinstalación y calibrado cada dos años

## **Materiales y Herramientas**

Barrena de Suelos

Metro

Cuatro sensores de humedad de suelos

Cuatro tubos de PVC de 10 cm de largo x 7,6 cm de diámetro, o latas para proteger los cables en la superficie.

Dos cubos de 4L para contener y mezclar tierra.

Agua para hacer bolas de barro (0,5 l)

Un tubo guía de PVC de 1 m x 2 cm

Palo para apisonar la tierra (ej: un palo de escoba vieja)

Lápiz o bolígrafo

Medidor de Humedad de suelos

Papel milimetrado

Calculadora

*Hoja de Datos de Sensor de Humedad de Suelos Diaria*

*Hoja de Datos de Calibración de Sensor de Humedad de Suelos Semi-Anual*

Materiales para el *Protocolo de Gravimetría de Humedad de Suelos*

## **Preparación**

Localizar un sitio de estudio de humedad de suelo y llenar la *Hoja de Definición del Sitio de Humedad de Suelos*. Reunir las herramientas y los materiales. Preparar el tubo guía de PVC. Mojar los sensores durante la noche.

## **Requisitos Previos**

*Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo.*

# Protocolo Opcional de Sensor de Humedad de Suelo - Introducción

El *Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo*, calcula la humedad del suelo midiendo la cantidad de agua por unidad de masa de suelo (véase el *Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo* para más información). La técnica utilizada en este protocolo mide la humedad del suelo por medio de un sensor que calcula la cantidad de agua por unidad de volumen, así como la fuerza con la que se adhiere el agua al suelo. El sensor mide la conductividad eléctrica de la humedad que penetra en una pieza de cerámica del suelo que la rodea. La lectura del sensor es una función de la porosidad de la cerámica, de la textura del suelo y de la cantidad total de sólidos disueltos (TSD) en el agua del suelo.

Para que sean útiles desde el punto de vista científico, las lecturas de humedad del suelo se deben convertir en valores de contenido de agua en el suelo. Debido a que esta conversión es sensible a las características individuales del Sitio de Humedad de Suelo, se deben desarrollar una o más curvas de calibración. Los estudiantes realizan mediciones por lo menos 15 veces siguiendo los pasos apropiados del *Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo-Perfil de Profundidad*, para obtener los datos que determinan estas curvas.

## Apoyo al Profesorado **Procedimientos de Medida**

Los estudiantes utilizan un taladro para hacer agujeros a 10 cm, 30 cm, 60 cm y 90 cm de profundidad. Instalan sensores de cerámica de humedad de suelos, en cada agujero siguiendo la *Guía de Campo de la Instalación de Sensores de Humedad de Suelos*. Los sensores de cerámica de humedad de suelo deben estar en contacto total con el suelo de alrededor. El suelo debe estar separado y ligeramente humedecido antes de apisonarlo alrededor del sensor durante la instalación.

Una vez que se han instalado los sensores, los estudiantes deberían esperar al menos una semana antes de comenzar a enviar los datos a GLOBE. Los estudiantes toman lecturas diarias de la humedad del suelo, de los medidores que conectan a los sensores, siguiendo la *Lectura de la Guía de Campo de Medidores*.

Las curvas de calibración se deben crear para convertir las lecturas de los medidores de humedad de suelos, en contenido de agua. Para realizar esto, los estudiantes llevarán a cabo medidas gravimétricas de humedad, a una o más profundidades, en su Sitio de Humedad de Suelos. Necesitarán tomar medidas al menos 15 veces en un periodo de 6 – 8 semanas, durante las cuales la humedad del suelo cambiará de mojado a seco. Las curvas de calibración no tienen que ser desarrolladas inmediatamente, sino que se deberían completar aproximadamente en los seis meses siguientes a la instalación de los sensores de humedad de suelos. Por lo tanto, prevea la recogida de datos calibrados para una época en la que la humedad de suelos es probable que varíe significativamente. Por lo general, esto significa empezar las medidas cuando el suelo esté mojado y se seque considerablemente en los siguientes dos meses. Es conveniente obtener los datos de calibración de un ciclo de secado completo.

No hay necesidad de realizar medidas de calibración cuando las lecturas del medidor de humedad de suelos se encuentran cerca unas de otras. La clave está en cubrir el mayor campo posible de condiciones de humedad. Los estudiantes pueden comenzar tomando una muestra de calibración y luego esperar a lo largo del día, hasta que la lectura del medidor cambie significativamente antes de recoger otra muestra. Lo que constituye un cambio significativo, varía en todo el ámbito de la lectura del medidor. Si usa un medidor Delmhorst, necesita 5 o más puntos de calibración de lecturas de medidor de un campo de 85 a 100, mientras que

sólo necesita 5 puntos de calibración para un campo de 1 a 40. Para medidores Watermark y similares, deberías obtener al menos 5 puntos de calibración en lecturas de medidor entre 1 y 15 mientras que 5 puntos de calibración entre medidores de lecturas de 100 y 199 deberían ser suficientes. Sin importar el medidor, los límites de los medidores (0 y 100 de Delmhorst y 0 y 200 para Watermark) no se deberían usar para determinar las curvas de calibración. Los datos de humedad gravimétrica del suelo recogidos para el calibrado se deberían enviar a GLOBE.

Si el perfil del suelo es uniforme y los sensores idénticos, el calibrado para los cuatro sensores se puede lograr comparando el sensor y las muestras de humedad gravimétrica de suelo a 30 cm. Para determinar si el suelo es uniforme a diferentes profundidades, los estudiantes deberían llevar a cabo los *Protocolos de Densidad de Partículas del Suelo y de la Distribución del Tamaño de las Partículas*, sobre las muestras de suelo a 10 cm, 30 cm, 60 cm, y a 90 cm. Se comparan la densidad y la textura de las partículas del suelo a 10 cm, 30 cm, 60 cm, y 90 cm. Si:

1. la densidad de las partículas del suelo a dos o más profundidades no difieren en más de un 20%, y

2. las texturas a estas profundidades son las mismas o caen dentro de las mismas áreas del *Triángulo de Textura del Suelo*, entonces se puede usar la misma curva de calibración para estas profundidades. Así, y dependiendo del suelo del sitio, sólo se puede necesitar determinar una curva de calibración (a 30 cm), o se pueden determinar curvas separadas para las cuatro profundidades.

Puede que quiera que los estudiantes determinen la densidad y la textura de partículas de muestras tomadas cuando los sensores de humedad de suelos están instalados, o tomar muestras de la humedad gravimétrica del suelo de las cuatro profundidades, la primera vez que se tomen muestras de calibración, utilizar las muestras de suelo seco para llevar a cabo los *Protocolos de Densidad de Partículas de Suelo y de Distribución del Tamaño de las Partículas*.

Si no desea que los estudiantes realicen los *Protocolos de Densidad de Partículas del Suelo y de la Distribución del Tamaño de las Partículas*, para determinar la uniformidad del suelo, simplemente desarrolle curvas de calibración individuales para las cuatro profundidades.

Mientras que GLOBE creará curvas de calibración para que uses los datos de calibración, los estudiantes pueden crear sus propias curvas de calibración siguiendo la *Guía de Laboratorio para Crear una Curva de Calibración*.

Los estudiantes deberían observar diariamente las variaciones de la humedad del suelo. Ellos informarán tanto de las lecturas en bruto del medidor, como de los valores calibrados. Si no han acabado sus curvas de calibración, deberían informar de los valores brutos e introducir los valores ya calibrados más tarde.

Los estudiantes no deberían emplear los datos de los sensores cuando el suelo esté congelado porque este hecho limita la conductividad del agua en los poros del suelo.

Cada dos años los estudiantes necesitan reinstalar y recalibrar los sensores de humedad de suelos.

### **Conseguir los Materiales**

Los estudiantes pueden utilizar cualquier sensor de cerámica que cumpla con las especificaciones GLOBE. Los sensores manufacturados por Watermark son conocidos porque cumplen con las especificaciones GLOBE, y funcionan bien para estas mediciones. Existen dos medidores de humedad de suelos que se recomiendan para su uso con estos sensores. Uno está manufacturado por Delmhorst y su rango es de 0 a 100 (seco a húmedo). El otro es de Watermark y sus marcas van de 0 a 200 (seco a húmedo) Por favor, contactar con el equipo científico de humedad de suelos GLOBE, si se posee algún tipo diferente de sensor o medidor.

### **Actividades de Ayuda**

Los estudiantes pueden examinar las características del perfil del suelo en su Sitio de Estudio de Humedad del Suelo, y deberían seguir los procedimientos de *Exposición del Sitio de Caracterización del Suelo-Método de la Barrena* para cavar los agujeros del sensor de humedad del suelo. Deberían seguir el *Protocolo de Caracterización de Suelos* cuando cavén el agujero de 90 cm. También deberían recordar colocar el suelo extraído en una hoja de plástico, o lona, o tabla, en el mismo orden en el que se ha quitado para hacer el agujero. Los estudiantes miden la profundidad del agujero después de cada extracción con la barrena y ajustan el área/ longitud de la distribución de la muestra para conservar la relación entre el perfil y la profundidad.

### **Preguntas para Investigaciones Posteriores**

¿Cuál es el ciclo anual de humedad del suelo en su localidad? ¿Sigue un patrón constante de año en año? ¿Puede explicar las principales diferencias entre dos ciclos anuales consecutivos?

¿Cuánta lluvia es necesaria antes de que observe un cambio en la lectura de los 90 cm? ¿Cuánto tiempo se tarda en observar este frente de humedad en cada una de las cuatro profundidades?

¿En que otras partes del mundo existen patrones de humedad de suelos iguales a los suyos?

Intente encontrar datos de humedad de suelo de zonas del mundo que se encuentran en sequía. ¿Cómo evaluaría la magnitud de sequía de los registros de humedad de suelo?

### **Preguntas Frecuentes**

**1. La densidad de partículas del suelo y su textura difiere en las distintas profundidades en nuestro sitio. ¿Cuántas curvas de calibración se deben desarrollar?**

Todas las profundidades con similares densidades de partículas de suelo (alrededor de un 20%) y texturas (las mismas o contiguas según el *Triángulo de Textura de Suelos*) pueden compartir la misma curva de calibración.



La siguiente tabla describe siete situaciones posibles, y expone cómo se deberían desarrollar las curvas de calibración y cómo se deberían utilizar.

<b>Situación</b>	<b>Qué hacer</b>
Cada profundidad difiere de las demás	Desarrollar curvas de calibración individuales para cada profundidad.
30 cm, 60 cm y 90 cm son similares, pero 10 cm es diferente	Desarrollar una curva de calibración para 10 cm y usarla, y desarrollar una curva distinta para 30 cm y usarla para 30 cm, 60 cm y 90 cm.
10 cm, 30 cm, y 60 cm son similares pero 90 cm es diferente	Desarrollar una curva de calibración para 90 cm usarla para 90 cm y desarrollar una distinta para 30 cm y usarla para 10 cm, 30 cm y 60 cm.
10 cm y 30 cm son similares, 60 cm y 90 cm son similares pero diferentes de 30 cm	Desarrollar una curva de calibración para 30 cm y usarla para 10 cm y 30 cm; desarrollar una diferente para 60 cm y usarla para 60 y 90 cm.
30 cm y 60 cm son similares, pero 10 cm y 90 cm difieren uno de otro y de 30 y 60 cm	Desarrollar curvas de calibración para 10 cm, 30 cm y 90 cm, y usar la de 30 cm para 30 y 60 cm
10 cm y 30 cm son similares, pero 60 cm y 90 cm difieren una de otra y de 10 y 30 cm	Desarrollar curvas separadas para 30 cm, 60 cm y 90 cm; usar la de 30 cm para 10 y 30 cm
60 cm y 90 cm son similares, pero 10 cm y 30 cm difieren una de otra y de 60 y 90 cm	Desarrollar curvas separadas para 10 cm, 30 cm, y 60 cm; usar la de 60 para 60 y 90 cm

# Instalación de Sensores de Humedad de Suelos

## Guía de Campo

### **Actividad**

Instalar los sensores de Humedad de Suelos

### **Qué Se Necesita**

- Barrena de Suelo
- Metro de madera
- Cuatro sensores de humedad de suelos
- Cuatro tubos de PVC de 10 cm de largo x 7,6 cm de diámetro o cuatro latas para proteger los cables en la superficie
- Dos cubos de 4 l para contener/ mezclar suelos
- Agua para humedecer el suelo (0,5 l)
- Un tubo guía de PVC de 1 m x 2 cm
- Palo para comprimir la tierra (ej. El mango de una escoba vieja)
- Lápiz o Bolígrafo

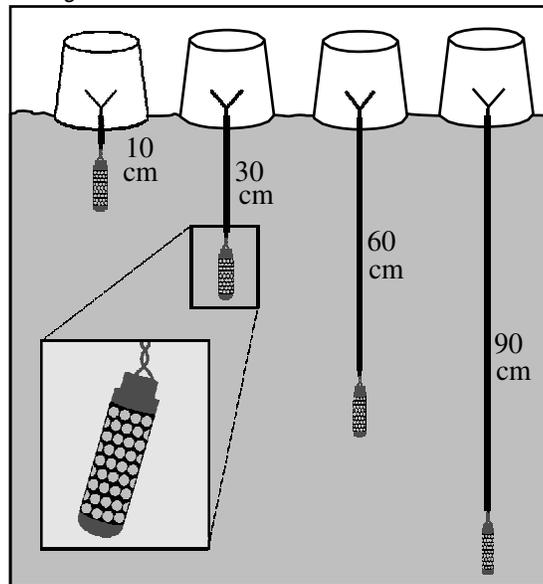
### **En el Campo**

1. Colocar los sensores en un recipiente de agua durante toda noche.
2. Hacer 4 agujeros que estén cerca unos de otros, a una profundidad apropiada para cada sensor de humedad de suelos (10 cm, 30 cm, 60 cm y 90 cm), cada sensor en su correspondiente agujero.
3. Poner dos grandes montones de tierra extraída del fondo del agujero en un cubo pequeño o similar. Quitar las piedras. Añadir una pequeña cantidad de agua y remover para crear una capa de tierra suficientemente húmeda para que permanezca unida cuando se compacte en una bola.
4. Dejar caer la bola de tierra mojada en el fondo del agujero. Asegurarse de que alcanza el fondo.
5. Empujar la punta del cable de uno de los sensores a través del tubo guía de PVC.
6. Tirar del final del cable hasta que el sensor encaje firmemente en el final del otro extremo del tubo guía. Introducir el tubo dentro del agujero con el sensor en primer lugar. Mientras se sujeta el cable en lo alto del tubo, empujar levemente el tubo hacia abajo hasta que el sensor se sitúe en la tierra húmeda en el fondo del agujero.
7. Sujetar el sensor en su sitio con el tubo guía mientras se comienza a rellenar el agujero. A medida que se rellena, se debe ir apretando con un mango de escoba o palo similar. Después de que el sensor se cubra, sacar el tubo guía. Continuar añadiendo puñados de tierra, a la vez que se aprieta y rellena el agujero. Sujetar el extremo del cable mientras se rellena para que resulte fácil traerlo a la superficie.
8. Colocar un tubo corto (de 10 a 20 cm de largo) de PVC, o una lata, o bote de café, (con las tapas quitadas) alrededor de los extremos del cable en la superficie para protegerlos y hacerlos visibles para cualquiera que pase por el lugar. Indicar en el tubo o en la lata, la correspondiente profundidad del sensor.

9. Colocar el cable a través del tubo o de la lata y empujar el tubo o la lata de 2 cm a 5 cm en la tierra para fijarlo en su sitio. No cortar el cable, pero enrollar el sobrante y colocarlo en el tubo o en la lata para mantenerlo apartado de los agujeros donde se toman las medidas. Una lata pequeña y vacía (ejemplo: una lata de sopa) se puede colocar de forma invertida sobre el extremo del tubo de PVC para protegerlos de la lluvia
10. Repetir los pasos anteriores en cada uno de los sensores.

**Nota:** No informar de las mediciones durante una semana después de la instalación. Los sensores necesitan al menos una semana para acostumbrarse a las condiciones naturales. Los cables son frágiles, en especial cuando están conectados a un medidor. Si los extremos de los cables que llegan a los sensores de la humedad del suelo se rompen, quitar el plástico aislante del cable y elaborar nuevos cables. Es importante dejar cable de sobra para estos casos

Configuración de los Sensores de Humedad de Suelo Instalados



# Determinar la Uniformidad del Suelo con la Profundidad

## Guía de Campo y Laboratorio

### Actividad

Determinar si la densidad y la textura de las partículas del suelo son uniformes a 10 cm, 30 cm, 60 cm y 90 cm de profundidad.

### Qué se Necesita

- Barrena de Suelo
- Metro de madera
- Cuatro recipientes con tierra (bolsas o latas de muestras de humedad de suelo)
- Materiales para el *Protocolo de Densidad de Partículas del Suelo*
- Materiales para el *Protocolo de Distribución de Tamaño de Partículas*
- Horno para el secado de suelos

Se debe desarrollar una curva de calibración para el sensor de humedad de suelo a 30 cm, para la conversión de las lecturas del medidor a contenido en agua del suelo. No hay necesidad de desarrollar curvas para otras profundidades, a menos que difieran significativamente en la densidad o en la textura de las partículas del suelo. Los pasos siguientes muestran como determinar este hecho.

### En el Campo

1. Cerca de los agujeros donde se han instalado los sensores de humedad de suelo, se usa la barrena para tomar muestras de suelo a 10 cm, 30 cm, 60 cm y a 90 cm de profundidad, y guardarlas para analizarlas en el laboratorio. Las muestras deberían tener por lo menos 200 gramos cada una. Se deben etiquetar, indicando la fecha y la profundidad.

**Nota:** Si se utilizan estas muestras para el *Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo*, seguir los pasos de ese protocolo para recoger, almacenar, pesar y secar las muestras, y luego, utilizar las muestras secas según los pasos siguientes, empezando con el paso N° 4

2. Volver a colocar la tierra restante en el agujero, con la que procede del fondo en primer lugar y el suelo procedente de la superficie en último lugar.

### En el Laboratorio

3. Secar las muestras de suelo.
4. Determinar la densidad de las partículas del suelo de cada muestra según el *Protocolo de Densidad de Partículas de Suelos*.
5. Determinar la textura de cada muestra según el *Protocolo de Distribución de Tamaño de las Partículas*.
6. Comparar las densidades de las partículas a los 10 cm, 60 cm y 90 cm, con los valores a los 30 cm. Si el valor de alguna profundidad difiere en más de un 20% de la densidad a los 30 cm, se debería realizar una curva de calibración separada para esa profundidad.
7. Localizar las texturas de las cuatro profundidades en el *Triángulo de Texturas de Suelos*. Si la textura a los 10 cm, 60 cm o 90 cm de profundidad no se encuentra en la misma área del triángulo que la textura de los 30 cm, o si no se encuentra en un área limitando con la textura de los 30 cm en el *Triángulo*, se realizará una curva de calibración separada para esa profundidad.
8. Como posibilidad, se puede devolver las muestras a sus correspondientes lugares y profundidades, cuando se recojan muestras para construir la curva de calibración.

# Lectura del Medidor de Humedad de Suelos

## Guía de Campo

### **Actividad**

Realizar mediciones diarias de los sensores de humedad de suelos.

### **Qué se Necesita**

- Sensores de humedad de suelo debidamente instalados.
- Lápiz o bolígrafo.
- Medidor de humedad de suelos.
- *Hoja de Datos Diarios de Sensores de Humedad de Suelos.*

**Nota:** Comprobar el medidor de humedad de suelos, para asegurarse de que todo funciona adecuadamente según las instrucciones del fabricante. Hacer esto antes de cada uso. Cada medidor tiene sus propios procedimientos de funcionamiento. Las siguientes instrucciones se corresponden con los medidores Delmhorst y Watermark.

### **En el Campo**

1. Completar la parte superior de la *Hoja de Datos Diarios de Sensor de Humedad de Suelos*.
2. Localizar el sensor en el agujero de los 10 cm de profundidad.
3. Sacar los extremos de los cables del sensor.
4. Conectar el medidor de humedad de suelos a los extremos de los cables del sensor.
5. Pulsar el botón READ. Esperar a que el medidor alcance una medida constante.
6. Registrar la fecha, tiempo, condiciones de saturación, y lectura del medidor de humedad de suelos en la *Hoja de Datos Diarios del Sensor de Humedad de Suelos* en su columna apropiada. Si el medidor Delmhorst muestra un valor negativo (y el suelo está seco) registrar un valor de cero.
7. Desconectar el medidor y guardar los cables.
8. Volver a colocar la cubierta sobre el tubo de PVC y los cables.
9. Repetir los pasos 3 al 8 para cada sensor (30 cm, 60 cm y 90 cm).
10. Convertir cada lectura del medidor en contenido de agua en el suelo utilizando la curva de calibración.

# Calibración de los Sensores de Humedad de Suelos

## Guía de Campo

### Actividad

Calibrar los sensores de humedad de suelos.

### Qué se Necesita

- Barrena de Suelo
- Metro de madera
- Lápiz o bolígrafo
- Sensores de Humedad de suelos instalados adecuadamente
- Medidor de Humedad de suelos
- Materiales para el *Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo* (ej: latas, horno, paleta, marcador)
- *Hojas de Datos Bianual de Calibración de los Sensores de Humedad de Suelos*

### En el Campo

1. Completar la parte superior de la *Hoja de Datos Bianual del Calibración de los Sensores de Humedad de Suelos*.
2. Tomar lecturas de los sensores según el proceso que se explica en la *Lectura de la Guía de Campo de los Medidores de Humedad de Suelos*. Registrar esta lectura en la columna G, correspondiente a la Lectura de los Medidores de Humedad de Suelos, de la *Hoja de Datos Bianual de Calibración de los Sensores de Humedad de Suelos*
3. Elegir un punto al azar en un radio de 5 m de los agujeros de los sensores.
4. Limpiar cualquier escombros que hubiera en la superficie de la zona.
5. Utilizar la barrena para recoger muestras para el *Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo* de cada profundidad para la que se esta desarrollando una curva de calibración. Colocar cada muestra de suelo en un recipiente y numerar el recipiente.
6. Volver a llenar el agujero, (la tierra sacada la última, la primera) y volver a colocar la cobertura de la superficie como estaba.
7. Registrar la fecha, hora, profundidad, y número de recipiente en el cuaderno de ciencias.
8. Determinar el contenido de agua del suelo de cada muestra siguiendo la *Guía de Laboratorio del Protocolo de Gravimetría de Humedad de Suelos*
9. Registrar la fecha y hora de la medición, la masa húmeda, la seca, y la del recipiente, en la *Hoja de Datos Bianual de Calibración de los Sensores de Humedad de Suelos*. Calcular la masa de agua, la masa del suelo seco, y el contenido en agua del suelo y registrar sus valores en la *Hoja de Datos*.
10. Enviar los datos de humedad gravimétrica de suelos a GLOBE
11. Repetir los pasos 2 al 10 quince veces, a medida que el suelo sufre uno o dos ciclos de secado completo. Esperar a que la lectura de medidor varíe de forma significativa antes de recoger otra muestra de gravimetría.
12. Enviar los datos de calibración a GLOBE, que desarrollará una curva de calibración para convertir las lecturas del medidor en contenido de agua del suelo y volver a enviar la información al centro escolar.

# Crear una Curva de Calibración – Medidor Watermark

## Guía de Laboratorio

### **Actividad**

Crear una curva de calibración.

### **Qué se Necesita**

- Lápiz o bolígrafo
- Papel milimetrado o un software adecuado para hacer gráficos de la hoja de cálculo.
- *Hoja de Datos Bianual de Calibración de Sensores de Humedad de Suelos* con 15 pares de lecturas o más de cada profundidad, de las que estas desarrollando una curva de calibración.
- Calculadora u ordenador

### **En el Laboratorio**

1. Marcar todos los pares de lecturas de una profundidad con el contenido de agua del suelo sobre el eje Y, y su correspondiente lectura de medidor de humedad de suelos sobre el eje X. Esto se puede hacer por medio de un programa de hoja de cálculo.
2. Dibujar o calcular la *curva logarítmica natural que mejor concuerde* con tus datos.

$$\text{Contenido de Agua de Suelos} = a \ln(\text{Lectura de Humedad de Suelos}) + b.$$

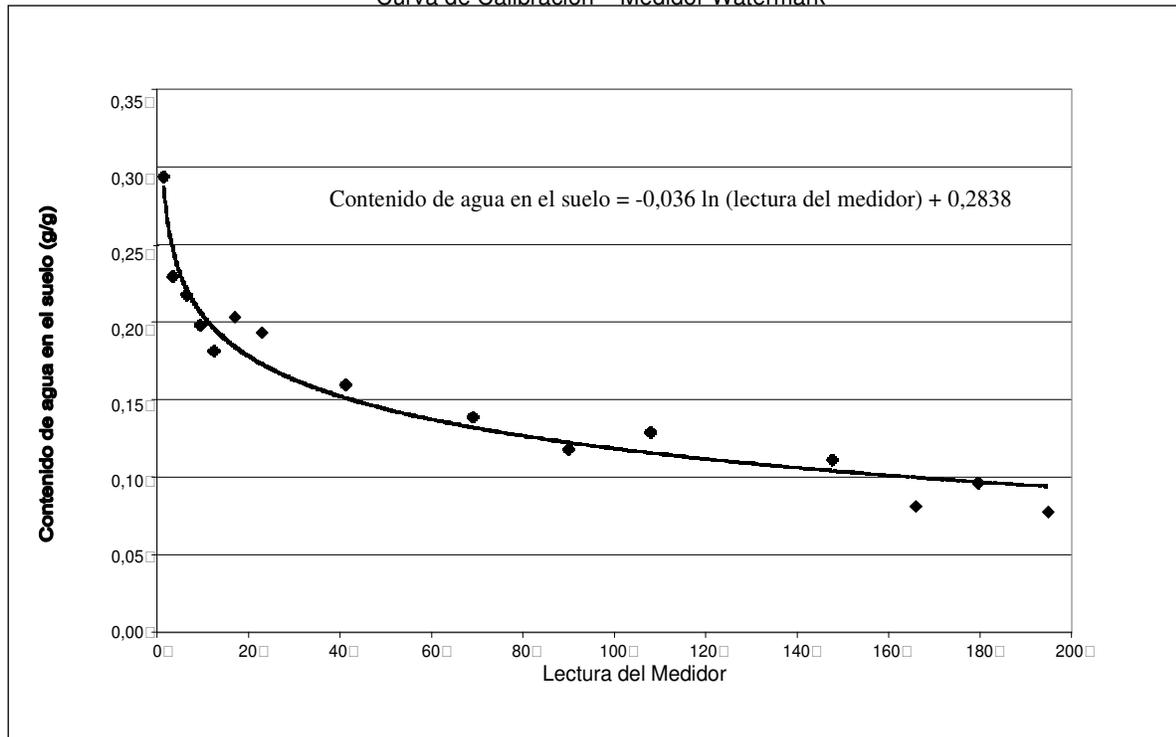
Los datos deberían abarcar un amplio espectro de humedades de suelo. Esta será la curva de calibración que se usará para convertir las lecturas del medidor en valores de contenido de agua del suelo.

**Nota:** Si tiene alguna pregunta sobre cómo realizar la curva de calibración, o si necesita cualquier ayuda con la curva, contactar con la asistencia GLOBE o el coordinador de tu país, y pida ayuda del investigador GLOBE correspondiente.

3. Enviar por correo postal o correo electrónico una copia de la curva y su correspondiente *Hoja de Datos Bianual de Calibración de los Sensores de Humedad de Suelos* a GLOBE siguiendo las instrucciones para envío de mapas y fotos dadas en la sección *Cómo Enviar Fotos y Mapas* del *Apéndice* de la *Guía de Implementación*. Si al realizar las mediciones de humedad de suelos, obtiene medidas más altas o más bajas que cualquiera de las lecturas de su hoja de datos, recoja una muestra gravimétrica y utilice los valores que obtenga de esta muestra para ampliar la curva de calibración. Enviar una copia de la *Hoja de Datos Bianual de Calibración de los Sensores de Humedad de Suelos* y de la curva de calibración revisada y ampliada a GLOBE.

Ejemplo de una Curva de Calibración de los Sensores de Humedad de Suelos para un Medidor Watermark

Curva de Calibración – Medidor Watermark



# Crear una Curva de Calibración – Medidor Delmhorst

## Guía de Laboratorio

### **Actividad**

Crear una curva de calibración.

### **Qué se Necesita**

- Lápiz o Bolígrafo
- Papel milimetrado o software adecuado para hacer gráficos de la hoja de cálculo.
- *Hoja de Datos Bianual de Calibración de Sensores de Humedad de Suelos* con 15 pares de lecturas o más de cada profundidad, de las que estas desarrollando una curva de calibración.
- Calculadora o computadora.

### **En el Laboratorio**

- 1.-Marcar todos los pares de lecturas de una profundidad con el contenido de agua del suelo sobre el eje Y, y su correspondiente lectura de medidor de humedad de suelos sobre el eje X. Esto se puede hacer por medio de un programa de hoja de cálculo.
- 2.-Dibujar o calcular la *curva de polinomio de segundo orden que mejor concuerde* con sus datos.

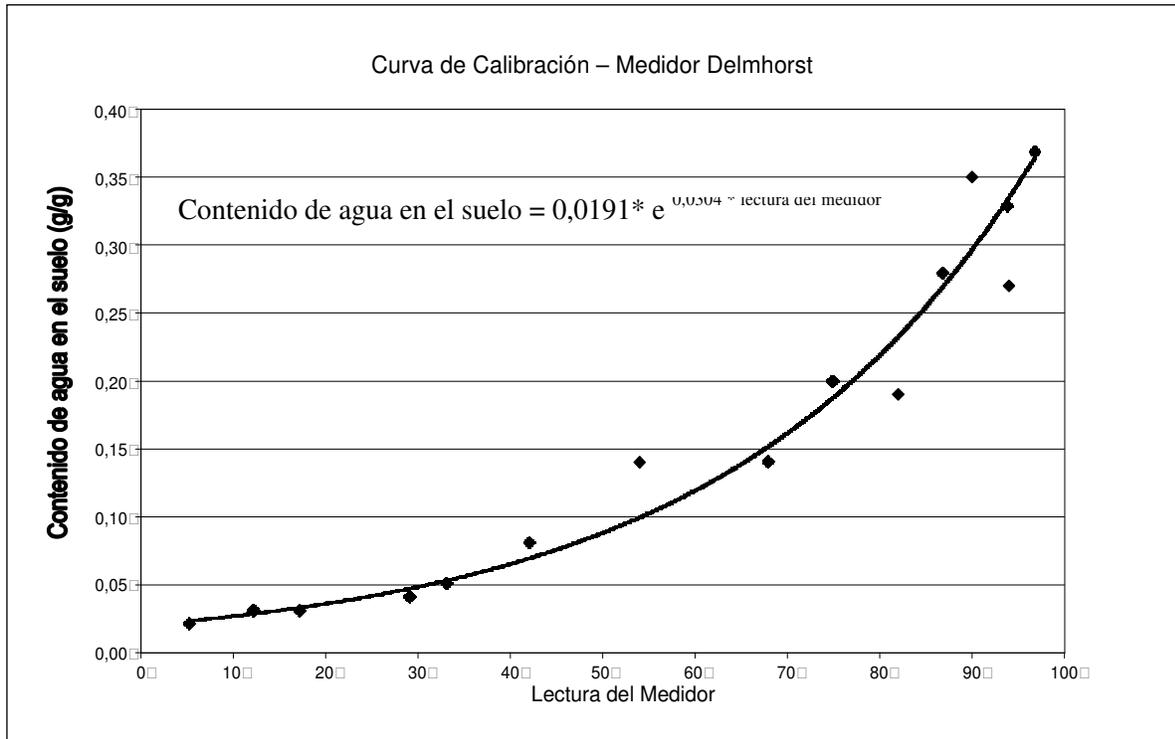
$$\text{Contenido de Agua del Suelo} = a \cdot e^{b \cdot \text{lectura del medidor}}$$

Los datos deberían abarcar un amplio espectro de humedades de suelo. Esta será la curva de calibración, que se usará para convertir las lecturas del medidor en valores de contenido de agua del suelo.

**Nota:** Si tiene alguna pregunta sobre cómo realizar la curva de calibración, o si necesita cualquier ayuda con la curva, contacte con la asistencia GLOBE o con el coordinador de su país, y pida ayuda del investigador GLOBE correspondiente.

3. -Envía por correo postal o correo electrónico una copia de la curva y su correspondiente *Hoja de Datos Bianual de Calibración de los Sensores de Humedad de Suelos* a GLOBE siguiendo las instrucciones para envío de mapas y fotos dadas en la sección *Cómo Enviar Fotos y Mapas del Apéndice* de la *Guía de Implementación*. Si al realizar las mediciones de humedad de suelos, obtiene medidas más altas o más bajas que cualquiera de las lecturas de su hoja de datos, recoja una muestra gravimétrica, y utilice los valores que mida de esta muestra para ampliar la curva de calibración. Envíe una copia de la *Hoja de Datos Bianual de Calibración de los Sensores de Humedad de Suelos* de la curva de calibración revisada y ampliada, a GLOBE

Ejemplo de una Curva de Calibración del Sensor de Humedad de Suelos para un Medidor Delmhorst



# INVESTIGACIÓN DE SUELOS

## Hoja de Datos del sensor de Humedad de Suelos Diaria

Nombre del centro:

Sitio de Estudio:

Fecha en la que se comenzó a utilizar esta curva de calibración SWC: \_\_\_\_\_

### OBSERVACIONES:

N°	Medidas			¿Está el suelo saturado? Sí o No	Nombre de los Observadores	Lecturas de la Humedad de Suelo				SWC de la Curva de Calibración								
	Fecha	Hora Local Horas:Min	Hora (UT)			10 cm	30 cm	60 cm	90 cm	10 cm	30 cm	60 cm	90 cm					
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		

# INVESTIGACIÓN DE SUELOS

## Hoja de Datos de Calibración Bianual del Sensor de Humedad de Suelo

Nombre del centro:

Sitio de Estudio:

Método de secado (marcar uno): Horno 95–105°C \_\_\_; Horno 75–95°C \_\_\_; Microondas \_\_\_

Media de Tiempo de Secado: \_\_\_ (horas o min)

Profundidad (Marcar uno): 10 cm \_\_\_ 30 cm \_\_\_ 60 cm \_\_\_ 90 cm \_\_\_

### OBSERVACIONES:

N°	Medidas			Nombre de los Observadores	Medidas							
	Fecha	Hora Local Horas:Min	Hora (UT)		A. Masa Húmeda	B. Masa seca (g)	Masa del Agua (A-B)	D. Masa de la Lata (g)	E: Masa del suelo Seco (B-D)	F. Contenido de Agua en el Suelo (C/E)	G: Lectura de la Humedad de Suelo	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

# INVESTIGACIÓN DE SUELOS

## Hoja de Datos de Calibración Bianual del Sensor de Humedad de Suelo - Continuación

Nombre del centro:

Sitio de Estudio:

Profundidad (Marcar uno): 10 cm\_\_ 30 cm\_\_ 60 cm\_\_ 90 cm\_\_

### OBSERVACIONES:

N°	Medidas			Nombre de los Observadores	A. Masa Húmeda (g)	B. Masa seca (g)	Masa del Agua (A-B)	D. Masa de la Lata (g)	E: Masa del suelo Seco (B-D)	F. Contenido de Agua en el Suelo (C/E)	G: Lectura de la Humedad de Suelo
	Fecha	Hora Local Horas:Min	Hora (UT)								
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

# Protocolo Opcional de Infiltración



## **Objetivo General**

Determinar la velocidad en la que el agua se infiltra en el suelo como una función del tiempo.

## **Visión General**

Los alumnos colocan dos estructuras cilíndricas en el suelo y echan agua hasta unos 5 cm de altura. Los alumnos miden y anotan el tiempo que el nivel de agua tarda en bajar una distancia fija de 2 - 4cm. Esta medición se repite para determinar la facilidad o dificultad con la que el agua se mueve verticalmente por el suelo.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado será capaz de medir la infiltración del agua en el suelo. Observará que la velocidad de infiltración de agua varía según el nivel de saturación del suelo. Los alumnos comprenderán que el agua que no queda almacenada en el suelo, se evapora o pasa a ser agua de escorrentía que quedará en la superficie por un tiempo. Determinarán también cómo la tendencia de inundación de un área se basa en la velocidad de infiltración del suelo.

## **Objetivos de Ciencias**

### *Ciencias Físicas*

Los objetos tienen propiedades observables.

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

Los materiales de la Tierra son rocas sólidas, suelo, agua, biota, y los gases de la atmósfera. Los suelos tienen propiedades como el color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad;

Los suelos son el sostén de muchos tipos de plantas.

La superficie de la Tierra va cambiando.

Los suelos están formados por minerales (menores de 2 mm), materia orgánica, aire y agua.

El agua circula por el suelo modificando las propiedades tanto del suelo como del agua.

### *Habilidades de Investigación Científica*

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir una investigación.

Utilizar herramientas y técnicas apropiadas incluyendo las matemáticas para recoger, analizar e interpretar datos.

Describir, explicar, predecir y desarrollar modelos usando la evidencia.

Comunicar procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

Una clase para construir y probar el infiltrómetro de doble cilindro.

45 minutos o una clase para la medición.

## **Nivel**

Todos

## **Frecuencia**

Tres o cuatro veces al año en el sitio de estudio de Humedad del Suelo.

Una vez en el Sitio de Caracterización del Suelo

En todos los casos, deben realizarse tres bloques de mediciones dentro de un radio de 5 m.

Este protocolo se puede desarrollar a la vez que se recogen muestras para el *Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo*.

## **Materiales y Herramientas**

Cilindro de metal de 10 - 20 cm de diámetro

Cilindro de metal de 15 - 25 cm de diámetro

Baldes u otro recipiente para transportar un total de 8 L de agua al sitio de estudio

Regla

Rotulador resistente al agua

Cronómetro o reloj con segundero

Bloque de madera

Martillo

Tres recipientes adecuados para recoger muestras de suelo para la medición de humedad.

Tijeras de poda

Embudo

## **Preparación**

Construir un infiltrómetro.

## **Requisitos Previos**

Ninguno

# Protocolo Opcional de Infiltración

## - Introducción

La velocidad de infiltración se determina midiendo el tiempo que tarda el agua depositada en un suelo en recorrer una distancia fija. Esta velocidad va cambiando con el tiempo a medida que los poros del suelo se van llenando de agua. Hay tres velocidades de flujo.

**Flujo insaturado** es la velocidad de flujo inicial que va llenando los espacios porosos del suelo seco.

**Flujo saturado** es la velocidad del flujo constante, que se introduce en el suelo, determinada por la textura y la estructura del suelo.

**Estancamiento** es la velocidad de flujo cuando el suelo está totalmente saturado y el agua no es capaz ya de fluir por los poros.

## Apoyo al Profesorado

### **Selección del Sitio**

El alumnado deberá seleccionar un lugar a una distancia de 2 a 5 m de un Sitio de Humedad del Suelo o un Sitio de Caracterización del Suelo. Hay que tener cuidado que el alumnado no deje el grifo de la manguera abierto porque el agua fluiría a los lugares de muestreo alterando la humedad real del suelo.

### **Preparación Previa**

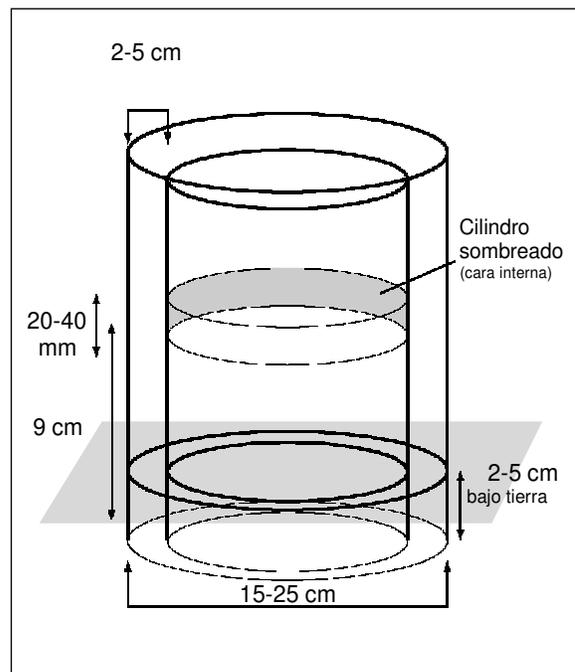
Antes de comenzar con el protocolo de infiltración, se debe construir un infiltrómetro para medir la velocidad de infiltración del suelo. Para la construcción se debe seguir el siguiente procedimiento.

### **Construcción de un Infiltrómetro de Doble Cilindro**

1. Quitar la base de los cilindros de metal.
2. Utilizar un rotulador resistente al agua para hacer una línea que sirva de marca de referencia de tiempo, en el interior del cilindro más pequeño. La anchura de la línea debe ser de 20 a 40 mm y a 9 cm de la base del

cilindro. Muchos cilindros suelen tener estrías o relieves que pueden servir de marcas de referencia pero aún así es conveniente hacer la marca para mayor visibilidad.

Figura SUELO-IN-1: Infiltrómetro de doble cilindro



3. Medir y registrar la anchura de la línea de referencia (en mm).
4. Medir y registrar la anchura del cilindro interno y externo (en cm).

Para que el alumnado realice las mediciones con mayor comodidad es mejor que practique el protocolo, incluyendo la toma de tiempo, en un lugar donde puedan coger agua con facilidad. En un lugar arenoso, los intervalos de tiempo de infiltración serán más cortos por lo que los alumnos tendrán la oportunidad de realizar más mediciones en un periodo de tiempo establecido.

### **Manejando Materiales**

El alumnado puede utilizar un cronómetro o un reloj con segundero para tomar el tiempo del flujo del agua que se introduce en el suelo. Si se utiliza un cronómetro, se comenzará a medir el tiempo cuando se añada el agua en el cilindro interno. Se registrará el tiempo calculado entre el tiempo de inicio y el de finalización del agua recorriendo una distancia establecida.

# Protocolo de Infiltración

## Guía de Campo

### Actividad

Determinar la velocidad como función del tiempo a la que el agua empapa el suelo.

### Qué se Necesita

- Infiltrómetro (ver sección de preparación previa)
- Baldes (cubetas) u otros recipientes para transportar al sitio de estudio un total de, al menos, 8 litros de agua
- Regla
- Rotulador resistente al agua
- Cronómetro o reloj con segundero
- Bloque de madera
- Martillo
- Tres cilindros de muestras de suelo adecuadas para la medición de humedad del suelo.
- Tijeras de poda
- Embudo

### En el Campo

1. Cortar cualquier planta (hierba) de la superficie del terreno y quitar la cobertura orgánica suelta que está sobre un área mayor que lo que ocupa el cilindro más grande. Hay que tratar de no perturbar el suelo.
2. Introducir los cilindros de 2 a 5 cm en el suelo, comenzando con el más pequeño (\*). Se puede utilizar un martillo para golpear el cilindro contra la superficie. Si se usa el martillo es aconsejable colocar un bloque de madera entre el martillo y el cilindro para distribuir homogéneamente la fuerza del martillazo. No golpear muy fuerte con el martillo para no dañar el cilindro.
3. Completar la sección superior de la *Hoja de Datos de Infiltración* del Suelo. Si se está utilizando un cronómetro, ponerlo en marcha.
4. Añadir agua entre los dos cilindros. Mantener aproximadamente igual el nivel del cilindro externo al nivel del cilindro interno. Observar: el nivel de agua en el cilindro de fuera baja más rápidamente que el del cilindro de dentro. Añadir agua al cilindro interno justo por encima de la línea de referencia superior. Observar: que el cilindro de fuera no debe dejar escapar agua por abajo. Si sale agua, se comienza en otro lugar, se clava el cilindro externo más profundamente o se amontona barro alrededor de su base.
5. Cuando el nivel del agua en el cilindro interno alcance la marca superior de referencia, se registra el tiempo que indica el cronómetro o el reloj con segundero en la *Hoja de Datos de Infiltración*. Mientras se está tomando el tiempo hay que mantener el nivel de agua igual en ambos cilindros, teniendo cuidado de no derramar agua en el cilindro interno (el uso de un embudo puede ayudar) no dejar que se seque alguno de los cilindros.
6. Cuando el nivel de agua en el cilindro interno alcanza la marca inferior de referencia, se registra el tiempo. Ese es el tiempo de finalización.
7. Se calcula el intervalo de tiempo haciendo la diferencia del tiempo de inicio y el de finalización. Se registra este intervalo en la *Hoja de Datos de Infiltración*.

(\*) Hay infiltrómetros que tienen los dos cilindros unidos.

8. Se repiten los pasos 4 al 7 durante 45 minutos o hasta que entre dos intervalos de tiempo consecutivos haya 10 segundos. Algunas arcillas y suelos compactos pueden ser impermeables a la infiltración de agua por lo que el nivel de agua bajará muy poco en 45 minutos. En este caso, se registra el cambio de la profundidad del agua, si lo hay, con precisión en mm. Se registra el momento en que se termina de observar, como el tiempo de finalización. La medición de infiltración consistirá en un sólo intervalo.
9. Retirar los cilindros. ESPERAR 5 MINUTOS.
10. Se mide la humedad del suelo cercano a la superficie (0 - 5 cm de profundidad) del lugar de donde se han retirado los cilindros. Se debe seguir el *Protocolo Gravimétrico de Humedad de Suelo*. Sólo es necesario coger una muestra.
11. Se realizan dos mediciones más de infiltración dentro de un área de un diámetro de 5 m. Estas mediciones se pueden realizar a la vez si hay otros grupos, o bien, a lo largo de varios días (si el contenido de agua en el suelo no se ha modificado por la lluvia). No pasa nada si series múltiples tienen el mismo número de lecturas, pero no se puede registrar en la página web series que estén incompletas (por ejemplo una serie que se tuvo que cortar por falta de tiempo). Si se toman más de tres bloques de mediciones, se enviarán los tres mejores.

# Protocolo de Infiltración

## – Observando los Datos

La velocidad de infiltración se determina dividiendo la distancia a la que el nivel de agua decrece, por el tiempo que se requiere para que disminuya este nivel. En el caso de las mediciones de GLOBE, esto es lo mismo que la anchura de la banda de referencia del infiltrómetro dividida por la diferencia entre el tiempo de inicio y el tiempo de finalización de un intervalo.

La *Hoja de Datos de Infiltración* puede utilizarse para registrar los datos y ayuda a calcular los valores que se necesitan para determinar los resultados de las mediciones. La velocidad del flujo para cada intervalo de tiempo es el valor medio durante un intervalo. La velocidad del flujo debe determinarse en el punto medio de los tiempos de intervalo. La infiltración debería disminuir con el tiempo y es importante llevar la cuenta del tiempo acumulado desde cuando se añadió el agua por primera vez en el cilindro interior. La tabla y el gráfico que aparecen a continuación demuestran cómo calcular la velocidad de infiltración y cómo plasmarla en un gráfico.

Figura SUELO-IN-3: Infiltración

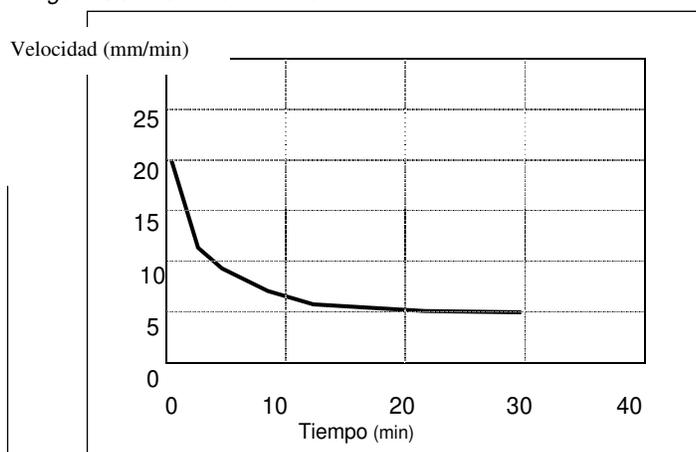


Figura SUELO-IN-2: Infiltración en el Jardín de Jim

Cambio del nivel del agua = 20 mm

Tiempo						Flujo	
Inicio		Finalización		Intervalo	Punto medio	Acumulado	Velocidad
[min]	[sec]	[min]	[sec]	[min]	[min]	[min]	[mm/min]
31	00	32	00	1,00	31,50	0,50	20,0
32	30	34	15	1,75	33,38	2,38	11,43
34	30	36	45	2,25	35,62	4,62	8,89
37	15	40	00	2,75	38,62	7,72	7,27
40	45	44	00	3,25	42,38	11,38	6,15
44	15	47	45	3,50	46,00	15,00	5,71
48	15	52	00	3,75	50,12	19,12	5,33
52	15	56	15	4,00	54,25	23,25	5,00
56	30	00	30	4,00	58,50	27,50	5,00

# Investigación del Suelo

## Hoja de Datos de Infiltración del Suelo

Nombre del Sitio: \_\_\_\_\_

Nombre del investigador: \_\_\_\_\_

Recogida de la muestra:

- Fecha: \_\_\_\_\_
- Hora: \_\_\_\_\_ (horas y minutos) Elija una opción: UT \_\_\_\_ Local \_\_\_\_

Distancia del Sitio de Humedad del Suelo \_\_\_\_\_ m

Número de la muestra: \_\_\_\_\_ Anchura de la banda de referencia: \_\_\_\_\_ mm

Diámetro: Cilindro interno: \_\_\_\_\_ cm Cilindro externo: \_\_\_\_\_ cm

Distancias de la banda de referencia del nivel del suelo: Superior: \_\_\_\_\_ mm Inferior: \_\_\_\_\_ mm

### **Indicaciones:**

Se toman tres bloques de mediciones de velocidad de infiltración dentro de un área de 5 m de diámetro. Se utiliza una hoja de datos diferente para cada bloque. Cada bloque consiste en múltiples tomas de tiempo del cambio del nivel del agua hasta que la velocidad del flujo sea constante o hayan pasado 45 minutos. Se registran los siguientes datos para un bloque de mediciones de infiltración.

La siguiente tabla ayuda a calcular la velocidad del flujo.

Para el análisis de datos, se determina la velocidad del Flujo (F) vs. Tiempo del punto medio (D).

### **Observaciones:**

	<b>A.</b> <b>Inicio</b>	<b>B.</b> <b>Final</b>	<b>C.</b> <b>Intervalo</b> <b>(min)</b>	<b>D.</b> <b>Punto</b> <b>Medio</b> <b>(min)</b>	<b>E.</b> <b>Cambio de</b> <b>Nivel del agua</b> <b>(mm)</b>	<b>F.</b> <b>Velocidad</b> <b>Flujo</b> <b>(mm/min)</b>
	<b>(min) (seg)</b>	<b>(min) (seg)</b>	<b>(B - A)</b>	<b>(A+C/2)</b>		<b>(E/C)</b>
1	_____	_____	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____	_____	_____	_____
4	_____	_____	_____	_____	_____	_____
5	_____	_____	_____	_____	_____	_____
6	_____	_____	_____	_____	_____	_____
7	_____	_____	_____	_____	_____	_____
8	_____	_____	_____	_____	_____	_____
9	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Contenido de Agua Saturada en el Suelo bajo el infiltrómetro después del experimento:

A. Peso mojado: \_\_\_\_\_ g      B. Peso seco: \_\_\_\_\_ g      C. Peso del agua (A-B): \_\_\_\_\_ g

D. Peso del recipiente: \_\_\_\_\_ g      E. Peso de suelo seco (B-D): \_\_\_\_\_ g

F. Contenido de agua del suelo (C/E) \_\_\_\_\_

Comentarios/anotaciones diarias: (opcional) \_\_\_\_\_

# Protocolo de Humedad y Temperatura del Suelo Empleando la Estación Davis



## **Objetivo General**

Registrar los datos de suelos utilizando una estación Davis para medir la humedad del suelo y temperatura.

## **Visión General**

Los sensores de humedad del suelo y temperatura se instalan a varias profundidades y se monta una estación para medir y registrar las medidas en intervalos de 15 minutos. Estas medidas se transfieren a la computadora del centro y después son enviadas a GLOBE a través del correo electrónico. Las medidas gravimétricas de humedad del suelo deben ser tomadas para desarrollar las curvas de calibración de los sensores de humedad del suelo.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado puede ver los datos de los suelos que son continuos y muestran variaciones en el mismo día. Esto permite el estudio detallado de la humedad del suelo y las variaciones de temperatura en el tiempo según la profundidad.

## **Conceptos de Ciencias y Habilidades de Investigación Científica**

Los *Conceptos de Ciencias y Habilidades de Investigación Científica* se consiguen a través del análisis de los datos recogidos con la estación meteorológica. Ver los *Protocolos de Humedad Gravimétrica del Suelo y Temperatura del Suelo* para los Conceptos de Ciencias y Habilidades de Investigación Científica que se especifican en los apartados de fondo gris.

## **Tiempo**

2 horas para la definición del sitio de estudio y montaje.

La calibración inicial requiere realizar el *Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo* a 30 cm de profundidad durante al menos 15 veces durante más de 6 semanas. Esto llevará entre 15 y 45 minutos cada vez. .

Enviar los datos a GLOBE periódicamente llevará 15 minutos.

## **Nivel**

Medio y Secundario

## **Frecuencia**

Informe de los datos aproximadamente una vez a la semana.

Sustitución del sensor de humedad de suelos y calibración cada dos años.

## **Materiales y Herramientas**

Estación de humedad de suelos y temperatura, así como una estación meteorológica con un almacenador de datos. Computadora capaz de funcionar con el software de la estación meteorológica.

Barrena

Metro de madera

4 sensores de humedad de suelo

Cubos de 4-l para almacenar o mezclar agua para hacer bolas de barro (0,5 l)

Un tubo de PVC de 120 cm x 2 cm.

Palo para comprimir el suelo (por ejemplo, un mango viejo de escoba)

Bolígrafo o lápiz

Calculadora y papel milimetrado o la *Hoja de Datos de Calibración del Sensor de Humedad de Suelos Semestral de la computadora*.

Materiales para el *Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo*.

## **Preparación**

Montar la estación de humedad y temperatura del suelo.

## **Requisitos Previos**

*Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo*.

# Estación Automatizada de Humedad de Suelos y Temperatura – Introducción

La utilización de la estación automática de humedad del suelo y temperatura que registra datos permite al alumnado tomar medidas del suelo en intervalos más cortos de tiempo que recogiéndolos manualmente. El gran volumen de datos que puede ser recogido permite el estudio detallado de las condiciones del suelo, incluyendo las variaciones que tienen lugar cada hora, que suelen ser significativas cerca de la superficie.

Las estaciones de humedad del suelo y temperatura utilizadas en este protocolo están fabricadas por Davis (<http://davisnet.com>). Estas se conectan con la estación meteorológica que tiene una pantalla de visualización que muestra las condiciones actuales del suelo. Los sensores atmosféricos deben ser conectados a la estación meteorológica para recoger los datos atmosféricos como se explica en el *Protocolo de Estación Meteorológica Davis*.

Además de la visualización de las lecturas actuales en la pantalla, la estación meteorológica también graba los datos durante un período largo de tiempo utilizando un almacenador de datos. Este almacenador de datos se vende en un kit que también incluye el software que permite descargar los datos en la computadora y visualizarlos, lo que es necesario para este protocolo. El mismo software sirve tanto para las medidas de atmósfera como para las de suelos, por lo tanto si se van a tomar las dos, sólo es necesario un almacenador de datos y un software.

Una vez que los datos se han descargado de la estación meteorológica a la computadora, puede exportarlos a un documento de texto, insertarlo en una hoja de cálculo, manipularlo y convertirlo al formato requerido por GLOBE. El software está disponible para que algunos modelos exporten los documentos en el formato de entrada de datos del correo electrónico de GLOBE.

## Apoyo al Profesorado

Las instrucciones dadas en este protocolo son específicas para una marca de estaciones de humedad de suelos y temperatura. Sin embargo, se pueden adaptar a otro equipo que tenga las mismas especificaciones. Si tiene preguntas o necesita ayuda para la adaptación de estas instrucciones a otros instrumentos, contacte con el Grupo de Ayuda de GLOBE. Los elementos esenciales de este protocolo, que se deben seguir sea cual fuere el modelo de equipo, son la colocación de la estación y los sensores, la precisión de los sensores y el intervalo de muestreo.

La estación de humedad de suelo y temperatura informa de las lecturas de humedad de suelo en unidades que corresponden a centibares de tensión del agua. Para interpretar estas lecturas correctamente en términos de contenido de suelo y agua (gramos de agua/ gramos de suelo seco) es necesario elaborar una curva de calibración. Una vez elaborada, esta curva se utiliza para convertir las lecturas en metros a contenido de agua y suelo, y ambas medidas son enviadas a GLOBE. Los detalles del proceso de creación de esta curva están detalladas en el *Procedimiento para la Calibración de la Humedad del Suelo*, en la siguiente sección.

Seguramente querrá recoger datos con la estación de humedad del suelo y temperatura en el Sitio de Estudio de Atmósfera o un Sitio de Estudio de Humedad conocido. Esto hará que los datos recogidos con la estación de humedad de suelo y temperatura sean más fácilmente comparables con otras medidas de GLOBE tomadas en los mismos sitios de estudio. Sin embargo, también se puede definir un nuevo sitio de estudio específicamente para la estación de humedad del suelo y temperatura. Si es así, es necesario definir un nuevo sitio siguiendo la *Hoja de Datos de Definición de la Humedad de Suelo*. Si la estación no está colocada con un dispositivo para medir la temperatura actual del aire, se debe añadir un sensor de temperatura del aire a los tres sensores de temperatura del suelo siempre que se haya instalado una caseta meteorológica en donde montar el sensor.

### **Grabación de Datos**

La base de datos de GLOBE requiere los datos recogidos en intervalos de 15 minutos, así que hay que asegurarse de que los intervalos de muestreo están fijados en 15 minutos.

También la lectura debe realizarse cada cuarto de hora (por ejemplo, 10:00, 10:15, 10:30, 10:45, etc.) Hay que asegurarse de que las medidas se muestran y envían en grados Celsius. La humedad del suelo debe mostrarse en unidades desde 0 (húmedo) a 200 (seco).

Debido a la gran cantidad de datos de la estación de humedad de suelo y temperatura, estos deben enviarse a GLOBE sólo por correo electrónico (ver *Preguntas Frecuentes* para conseguir información sobre la disponibilidad de este software). Se puede utilizar la opción de “Exportar Datos” (Formato GLOBE) del menú desplegable de opciones en el menú “Browse”. Si está utilizando la estación meteorológica para registrar los datos atmosféricos, estos datos serán exportados al mismo tiempo. Si el software de la estación meteorológica no tiene esta opción, hay que exportar los datos a un documento de texto, e importarlos de este documento a una hoja de cálculo, manipular las columnas para que coincidan los requisitos de la entrada de datos por correo electrónico, cortar y pegar las líneas de datos resultantes en un mensaje electrónico de entrada de datos.

El tiempo asociado con cada dato enviado a GLOBE tiene que corresponder con la hora UT. Si la estación meteorológica está fijada según la hora local, hay que asegurarse de ajustar los tiempos de los datos enviados a GLOBE. Algunos software realizarán este cambio automáticamente al introducir los datos en formato de entrada de datos por correo electrónico.

### **Medidas Logísticas**

1. Revisar la información en los *Protocolos de Introducción de Temperatura del Suelo y Humedad Gravimétrica del Suelo*.
2. Montar la consola de la estación meteorológica y conectar a la computadora de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
3. Instalar el sensor de temperatura de acuerdo con la *Guía de Campo de Instalación de los Sensores de Temperatura*.
4. Instalar los sensores de humedad de suelos de acuerdo con la *Guía de Campo de Instalación de los Sensores de Humedad de Suelos*.
5. Anotar las lecturas en intervalos de 15 minutos y transferir los datos a la computadora de

acuerdo con las instrucciones incluidas en el software.

6. Cuando se esté listo para enviar los datos a GLOBE (es recomendable una vez a la semana) hay que exportar los datos almacenados en la computadora a un documento de texto con el formato para enviar a GLOBE siguiendo la *Guía de Laboratorio de Registro e Informe de Datos de la Estación de Humedad de Suelos y Temperatura*.
7. Pegar el texto de este documento en el cuerpo de un correo electrónico. Enviar a GLOBE siguiendo las instrucciones de entrada de datos por correo electrónico disponible en la sección de “Entrada de Datos” de la web GLOBE.
8. Recoger las lecturas de la humedad gravimétrica del suelo siguiendo la *Guía de Campo de Recogida de Datos del Sensor de Calibrado de Humedad de Suelos*.
9. Al recopilar las lecturas de la humedad gravimétrica del suelo, hay que informar de estos datos a GLOBE, y una vez que hay más o menos 15 puntos de calibrado, GLOBE creará una curva de calibración con los datos. El alumnado debe seguir la *Guía de Laboratorio de Creación de la Curva de Calibración*.
10. Animar al alumnado a la observación e interpretación de los datos.
11. Cada dos años, reemplazar los sensores de humedad del suelo y tomar nuevos datos gravimétricos de la humedad del suelo para crear una nueva curva de calibración.

### **Procedimiento de Calibrado de la Humedad del Suelo.**

La estación de humedad del suelo y temperatura informa de las lecturas de humedad de suelo que corresponden a centibares de tensión del agua en una escala de 0 – 200. Para que sea útil para la comunidad científica de GLOBE, tendrán que ser en términos de contenido de agua en el suelo (gramos de agua/ gramos de suelo seco). Los procedimientos para recoger los datos de calibración y crear la curva de calibración son los mismos que se encuentran en el *Protocolo de Sensores de Humedad del Suelo* para Medidores Watermark. Cada dos años el alumnado necesitará instalar nuevos sensores Watermark de humedad de suelo y calibrarlos.

### ***Consejos Útiles***

- El día anterior al que se ha planificado instalar los sensores, se colocan los sensores de humedad de suelo en un cubo de agua.
- Al buscar un emplazamiento para instalar la estación de humedad de suelo y temperatura, hay que tener en cuenta que ésta debe comunicarse con la estación meteorológica.

### ***Preguntas para Investigaciones Posteriores***

¿Qué estación tiene el mayor registro de temperatura de suelo? ¿Por qué?

¿Cuál es la latitud y la altitud de otros centros GLOBE con patrones de humedad de suelo y temperatura similares a los tuyos?

¿Correlaciona la temperatura del suelo a 5 cm con la temperatura del aire o con la temperatura de la superficie? ¿a 10 cm? ¿y a 50 cm?

¿Hay alguna relación entre la humedad del suelo y la época del florecimiento?

¿Cuánto tiempo tardan las lluvias en afectar las lecturas de humedad de suelo a varias profundidades? ¿Afectan las lluvias a la temperatura del suelo?

# Instalación de los Sensores de Humedad de Suelo

## Guía de Campo

### **Actividad**

Instalar los sensores de humedad de suelo.

### **Qué Se Necesita**

- Barrena
- Metro
- Estación de humedad de suelos y temperatura con 4 sensores de Humedad de Suelos Watermark.
- Cubos de 4 L para almacenar y mezclar suelos.
- Un tubo de PVC de 120 cm x 2 cm u otro tubo para proteger los alambres.
- Agua para humedecer el suelo (0,5 L)
- Un tubo guía PVC de 1 m x 2 cm
- Un palo para apisonar la tierra (por ejemplo, un mango viejo de escoba)
- Rotulador permanente

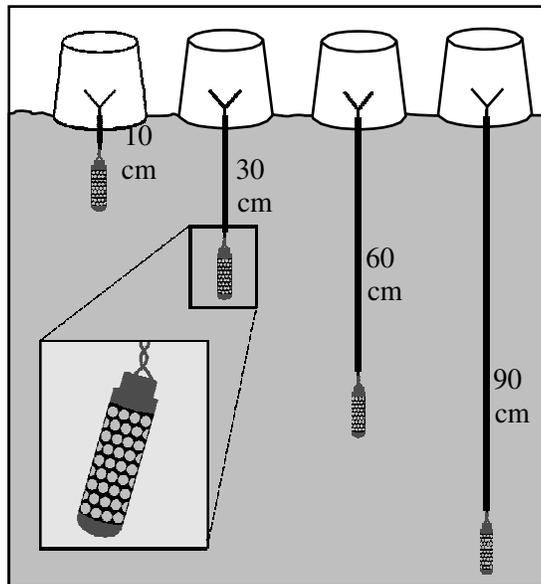
### **En el Campo**

1. Situar los sensores en agua y dejar en remojo toda la noche
2. Utilizar un rotulador permanente para poner marcas en los cables sensores cerca de los contactos. Traza una línea dibujada alrededor de todo el cable para los sensores de 10 cm. Dibuja dos líneas para los de 30 cm, tres líneas para los de 60 cm y cuatro líneas para los de 90 cm.
3. Hacer un agujero a la profundidad adecuada para el sensor de humedad de suelo (10 cm, 30 cm, 60 cm ó 90 cm). Cada sensor irá en su propio agujero. Hay que asegurarse de que el cable alcanza la Estación de Humedad de Suelo y Temperatura sin que esté muy tenso.
4. Poner dos grandes puñados de suelo tomados del fondo de cada agujero en un cubo pequeño o un contenedor similar. Quitar las rocas. Añadir una pequeña cantidad de agua y remover para que el suelo esté lo suficientemente húmedo para que se quede compacto cuando se presione formando una bola.
5. Tirar la bola húmeda de tierra al fondo del agujero. Hay que asegurarse de que alcanza el fondo.
6. Empujar el alambre desde uno de los sensores a través del tubo guía de PVC.
7. Tirar del final del alambre hasta que el sensor encaje perfectamente en el final del tubo. Bajar el tubo en el agujero con el sensor en primer lugar. Mientras se sujeta el alambre en la parte de arriba del tubo, con cuidado se empuja el tubo hacia abajo hasta que el sensor se coloque en el suelo húmedo al fondo del agujero
8. Mantener el sensor colocado en el tubo mientras que se comienza a rellenar el agujero. A medida que se añade lentamente tierra en el agujero, hay que apretarla o apisonarla con cuidado con un mango de escoba o un poste similar. Una vez que el sensor esté cubierto, hay que quitar el tubo guía. Hay que continuar añadiendo algunos puñados de tierra cada vez y aplastarlo firmemente a la vez que se rellena el agujero. Hay que sujetar el alambre a la vez que se rellena para que así llegue recto a la superficie.

9. Pasar el alambre a través del PVC u otro tubo.
10. Repetir los pasos 2-9 para cada sensor.
11. Conectar los cables a la Estación de Humedad de Suelo y Temperatura. El sensor de 10 cm se conecta al canal 1, el de 30 cm, al canal 2, el de 60 cm, al canal 3 y el de 90 cm al canal 4.

**Nota:** No informar de los datos la primera semana después de la instalación. Los sensores requieren por lo menos una semana para lograr el equilibrio en condiciones naturales. Los alambres son frágiles, especialmente cuando están conectados al medidor. Si el final del cable de alambre de humedad del suelo se rompe, se pela el aislante del alambre y se hacen nuevos cables.

*Configuración de la Instalación del Sensor de Humedad de Suelo*



# Instalación de los Sensores de Temperatura

## Guía de Campo

### Actividad

Instalar los sensores de temperatura de la estación de humedad y temperatura de suelo.

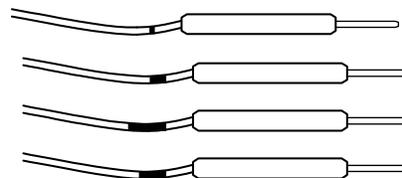
**Nota:** Las siguientes instrucciones están escritas para una instalación que lleva cuatro sensores de temperatura, con un sensor que se utiliza para medir temperatura del aire y tres sensores para medir temperatura del suelo a distintas profundidades. Si la estación de humedad de suelo y temperatura está situada en un sitio en el que existe otro instrumento para tomar medidas de la temperatura del aire, se debe omitir el sensor de temperatura del aire. Si se elige no tomar las lecturas de temperatura del aire, es importante que los sensores de temperatura de suelo se mantengan enchufados en los canales 2 al 4 de la Estación de Humedad de Suelo y Temperatura.

### Qué Se Necesita

- Metro de madera
- Herramientas para cavar
- Caseta meteorológica instalada adecuadamente y 4 sensores de temperatura para medir temperatura del aire (opcional).
- Estación de Humedad de Suelo y Temperatura con tres sensores de temperatura.
- Un tubo PVC de 120 cm x 2 cm u otro tubo para proteger los alambres (debe ser lo mismo para los alambres de humedad de suelo)
- Cordel o alambre
- Rotulador permanente

### En el Campo

1. Elegir un emplazamiento donde la estación de humedad de suelo y temperatura esté protegida. Si se tiene una caseta meteorológica, se debe montar la estación de humedad de suelo y temperatura en el poste. Si se utiliza una estación de humedad de suelo y temperatura inalámbrica, hay que asegurarse de que puede comunicarse con la estación meteorológica desde el emplazamiento elegido.
2. Enchufar el sensor de temperatura en la estación de humedad y temperatura de suelo. Utilizar un rotulador permanente para situar las marcas al final de cada cable, aproximadamente a 1 cm del sensor. Trazar 1,2,3 y 4 líneas alrededor de cada cable, que corresponden al canal de la estación de humedad y temperatura del suelo en el que el cable está enchufado. Pasa los sensores a través del tubo PVC u otro tubo para que estén protegidos.
3. Si se están tomando medidas de temperatura del aire, se utiliza un cordel o un alambre para asegurar el sensor de temperatura del aire (nº 1) dentro de la caseta meteorológica, teniendo cuidado de que no toque los lados de la caseta.
4. Los sensores nº2 al nº4 se utilizarán para medir la temperatura de suelo. Hay que cavar un agujero de 50 cm lo suficientemente cerca de la estación de Humedad y Temperatura del Suelo para que lleguen los sensores. Si se cava cerca de algún obstáculo, hay que asegurarse de localizar el agujero en la parte soleada de los obstáculos.
5. Empujar los sensores de temperatura del suelo horizontalmente dentro del agujero a profundidades de 50 cm (nº4), 10 cm (nº3), y 5 cm (nº2). Utilizar un clavo o una clavija para realizar los agujeros si el suelo es firme.
6. Rellenar el agujero con el suelo removido (primero con tierra de profundidades mayores y tierra de la superficie en último lugar)



# Determinación de la Uniformidad del Suelo Según la Profundidad

## Guía de Campo y Laboratorio

### **Actividad**

Determinar si la densidad de partículas de suelo y la textura son uniformes a profundidades de 10 cm, 30 cm, 60 cm y 90 cm.

### **Qué se Necesita**

- Barrena
- Metro de madera
- Cuatro recipientes para suelos (bolsas o latas para muestras de suelos)
- Materiales para el *Protocolo de Densidad de Partículas*.
- Materiales para el *Protocolo de Distribución del Tamaño de Partículas*
- Horno de secado

Se debe realizar una curva de calibración para el sensor de humedad de suelo a 30 cm de profundidad para convertir las lecturas en metros, a contenido de agua en el suelo. No hace falta desarrollar curvas de calibración para otras profundidades, a menos que difieran significativamente en la densidad de partículas de suelo o textura. Los siguientes pasos son para saber cómo determinar esto.

### **En el Campo**

1. Cerca de los agujeros donde los sensores de humedad de suelo están instalados, se utiliza la barrena para tomar muestras a profundidades de 30 cm, 60 cm, y 90 cm y se guardan para el análisis de laboratorio. Las muestras deben ser, por lo menos de 200 g cada una. Las etiquetas deben llevar la fecha y profundidad.  
**Nota:** Si se están utilizando estas muestras para el *Protocolo de Humedad Gravimétrica de Suelo*, hay que seguir los pasos de ese protocolo para recoger, almacenar, pesar y secar las muestras, y después utilizar las muestras secas en los pasos dados debajo, comenzando con el Paso 4.
2. Reemplazar el suelo que queda en el agujero, primero con tierra de profundidades mayores y tierra de la superficie en último lugar.

### **En el Laboratorio**

3. Secar las muestras de suelos
4. Determinar la densidad de partículas de suelo de cada muestra siguiendo el *Protocolo de Densidad de Partículas*.
5. Determinar la textura de cada muestra siguiendo el *Protocolo de Distribución por Tamaño de Partículas*.
6. Comparar las densidades de partículas a 10 cm, 60 cm y 90 cm, con los valores a 30 cm. Si el valor para una profundidad difiere en más de un 20% de la densidad a 30 cm, se debe realizar una curva distinta de calibrado para esa profundidad
7. Localizar las texturas a las cuatro profundidades en el *Triángulo de Texturas de Suelos*. Si la textura a 10 cm, 60 cm o 90 cm de profundidad no está en la mismo área del triángulo que la textura a una profundidad de 30 cm, se realiza una curva de calibración diferente para esa profundidad.
8. Devolver las muestras utilizadas para realizar la curva de calibración a la profundidad apropiada.

# Calibrado de los Sensores de Humedad de Suelo

## Guía de Campo

### Actividad

Calibrar los sensores de humedad de suelo

### Qué se Necesita

- Barrena
- Metro de madera
- Bolígrafo o lápiz
- Sensores de humedad de suelo instalados adecuadamente
- Contador de humedad de suelo
- Materiales para el *Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo*. (Por ejemplo, latas, horno, paleta, rotulador)
- *Hoja de Datos de Calibrado Semestral de los Sensores de Humedad de Suelo*.

### En el Campo

1. Completar la parte de arriba de la *Hoja de Datos de Calibrado Bianual de los Sensores de Humedad de Suelo*.
2. Registrar las lecturas de humedad de suelo de la computadora en la fecha y hora de la muestra gravimétrica de la columna G, Lectura del Contador de Humedad de Suelo, de la *Hoja de Datos de Calibrado Bianual de los Sensores de Humedad de Suelo*.
3. Seleccionar un emplazamiento al azar dentro de los 5 m de los agujeros de los sensores.
4. Retirar los escombros de la superficie.
5. Utilizar la barrena para recoger muestras para el *Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo* de cada profundidad para la que está realizando una curva de calibración. Situar cada muestra de suelo en un recipiente y numerar el recipiente.
6. Rellenar el agujero (primero con tierra de profundidades mayores y tierra de la superficie en último lugar) y reemplazar la cubierta de la superficie.
7. Registrar la fecha, hora, profundidad y número de recipientes en el cuaderno de ciencias.
8. Determinar el contenido de agua en el suelo de cada muestra siguiendo la *Guía de Laboratorio del Protocolo de Humedad Gravimétrica del Suelo*.
9. Registrar la fecha y hora de las medidas, si están húmedas, secas y el peso de los recipientes en la *Hoja de Datos de Calibración Bianual de los Sensores de Humedad de Suelo*. Calcular la masa de agua, la masa de suelo seco y el contenido de agua en el suelo, registrar los valores en la *Hoja de Datos*.
10. Informar de los datos de humedad gravimétrica del suelo a GLOBE.
11. Repetir los pasos 2 al 10 unas 14 veces mientras se mueve el suelo a través de uno o dos ciclos de secado. Esperar hasta que las lecturas del contador cambien significativamente antes de recoger otra muestra gravimétrica.
12. Al informar de los datos de calibración a GLOBE, se creará una curva de calibración para convertir las lecturas del contador en contenido de agua en el suelo y se enviará al centro.

# Crear una Curva de Calibración – Medidor Watermark

## Guía de Laboratorio

### **Actividad**

Crear una curva de calibración

### **Qué Se Necesita**

- Bolígrafo o lápiz
- Papel milimetrado o software apropiado de la hoja de cálculo para hacer gráficas
- *Hoja de Datos de Calibrado Bianual del Sensor de Humedad de Suelo* con 15 o más pares de lecturas de cada profundidad de la que se está desarrollando una curva de calibración.
- Calculadora o computadora.

### **En el Laboratorio**

1. Señalar todos los pares de lecturas para cada profundidad colocando en el eje de las Y el contenido de agua en el suelo y en el eje de las X las lecturas del contador correspondientes a la humedad de suelo. Esto se puede realizar con el software de la Hoja de Cálculo.

2. Dibujar o calcular la *curva que mejor se ajuste a la curva logarítmica* a través de los puntos de datos.

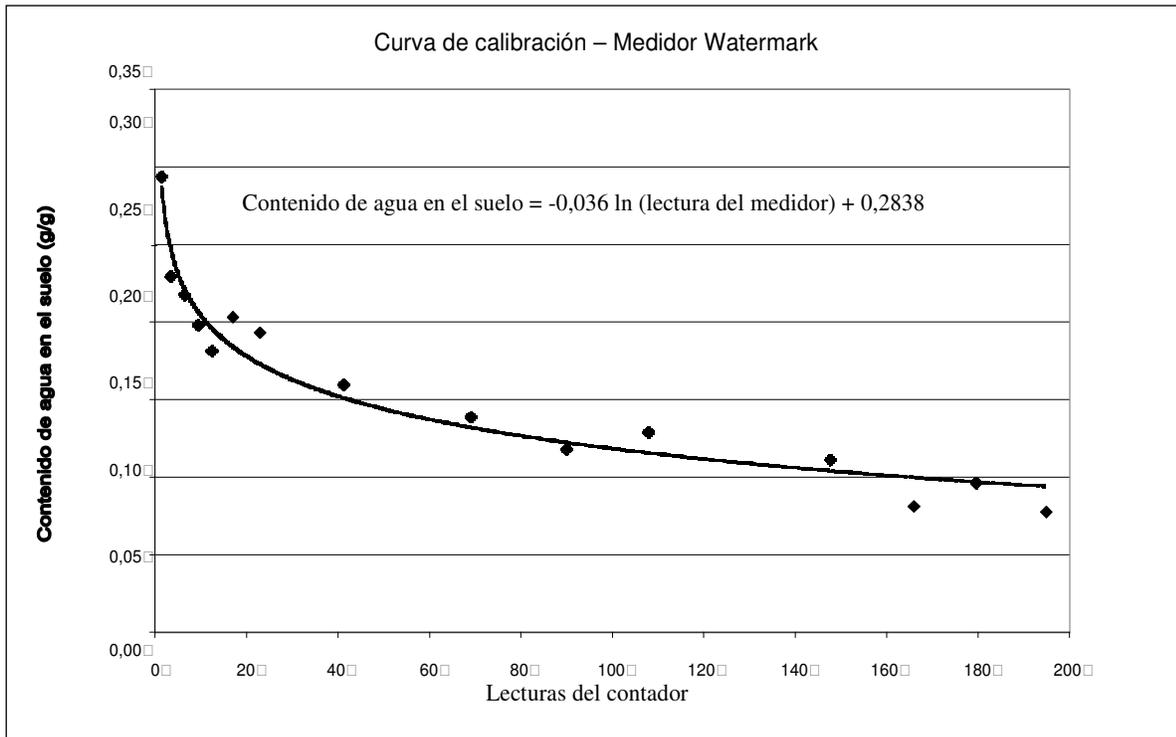
$$\text{Contenido de Agua en el Suelo} = a * \ln(\text{Lectura de Humedad de Suelo}) + b$$

Los datos deben abarcar un ámbito extenso de humedades de suelo. Ésta será la curva de calibración, que se utilizará para convertir las lecturas del contador en valores de contenido de agua en el suelo.

**Nota:** Si tiene alguna duda al realizar la curva de calibración o si necesitas ayuda con la curva, pónganse en contacto con el Grupo de Ayuda de GLOBE o con el coordinador nacional de tu país y pide ayuda a los científicos de GLOBE.

3. Envía por correo ordinario o electrónico una copia de la curva y de la correspondiente *Hoja de Datos de Calibrado Bianual del Sensor de Humedad de Suelo* a GLOBE, siguiendo las instrucciones para el envío de mapas y fotos dadas en la sección de *Cómo enviar Fotos y Mapas* que se encuentra en el *Apéndice* de la *Guía de Implementación*. Si mientras se está tomando la medida de humedad de suelo se obtienen lecturas mayores o menores que las demás lecturas de la hoja de cálculo, hay que tomar una muestra gravimétrica y utilizar los valores de la medida de esta muestra para ampliar la curva de calibración. Enviar una copia de la curva de calibración revisada y ampliada de la *Hoja de Datos de Calibrado Bianual de los Sensores de Humedad de Suelo* a GLOBE.

Ejemplo de Curva de calibración de los Sensores de Humedad con un Medidor Watermark



# Registro e Informe de Datos de la Estación de Humedad/ Temperatura de Suelo.

## Guía de Laboratorio

### **Actividad**

Registrar e informar de los datos recogidos con la Estación de Humedad/ Temperatura de Suelo.

### **Qué se Necesita**

- Un sistema y estación operativa de humedad de suelo y temperatura conectada a una estación meteorológica.
- Una computadora adecuada con acceso al correo electrónico.

### **En el Campo**

1. Colocar la estación meteorológica para que registre datos en intervalos de 15 minutos a las horas y cuarto (por ejemplo, 15:15).
2. Descargar los datos de la estación de humedad de suelo y temperatura (y cualquier dato atmosférico que se tome siguiendo el *Protocolo de Estación Meteorológica Davis*) en la computadora siguiendo las instrucciones de la estación meteorológica.

**Nota:** algunas estaciones meteorológicas pueden programarse para que transfieran datos automáticamente.

3. Exportar un documento de texto con los datos. Guardar este documento en la computadora . (Si el software tiene la capacidad de exportar un documento de texto con el formato de entrada de datos del correo electrónico de GLOBE, ir al paso 5).
4. Utilizar la hoja de datos u otro software para editar el documento exportado en el formato de entrada de datos de GLOBE. Guardar la hoja de datos en la computadora.
5. Copiar y pegar los datos con el formato de entrada de datos de GLOBE en el cuerpo de un mensaje.

## Preguntas Frecuentes

**1. La densidad de partículas de suelo y la textura difiere según la profundidad en nuestro sitio de estudio ¿cuántas curvas de calibración se deben realizar?**



Todas las profundidades con similar densidad de partículas (dentro del 20%) y textura (la misma o adyacente en el *Triángulo de Texturas de Suelo*) deben compartir la misma curva de calibración.

La siguiente tabla describe siete posibles situaciones y estados en los que pueden desarrollarse las curvas de calibración y cómo deben ser utilizadas.

Situación	Qué hacer
Cada profundidad es diferente a las otras	Desarrollar curvas de calibración individuales para cada profundidad.
30 cm, 60 cm, y 90 cm son parecidas pero 10 cm es diferente	Desarrollar una curva de calibración para 10 cm y utilizarla para esa profundidad y desarrollar otra curva para 30 cm y utilizarla para 30, 60 y 90 cm.
10 cm, 30 cm, y 60 cm son parecidas 90 cm es diferente	Desarrollar una curva de calibración para 90 cm y utilizarla para 90 cm y desarrollar otra curva de 30 cm y utilizarla para 10 cm, 30 cm, y 60 cm.
10 cm y 30 cm son similares, 60 cm y 90 cm son similares pero diferentes a las de 10 cm y 30 cm	Desarrollar una curva de calibración para 30 cm y utilizarla para 10 cm y 30 cm; desarrollar otra curva de 60 cm y utilizarla para 60 cm y 90 cm.
30 cm y 60 cm son similares, pero la de 10 cm y 90 cm difieren la una de la otra y de las curvas de 30 cm y 60 cm	Desarrollar curvas de calibración diferentes para 10 cm, 30 cm, y 90 cm; utilizar la curva de 30 cm para 30 cm y 60 cm.
10 cm y 30 cm son similares, pero la de 60 cm y 90 cm difieren una de la otra y de las curvas de 10 cm y 30 cm	Desarrollar curvas de calibración diferentes para 30 cm, 60 cm, y 90 cm; utilizar la curva de 30 cm para 10 cm y 30 cm.
60 cm y 90 cm son similares, pero la de 10 cm y 30 cm difieren una de la otra y de las curvas de 60 cm y 90 cm	Desarrollar curvas de calibración diferentes para 10 cm, 30 cm, y 60 cm; utilizar la curva de 60 cm para 60 cm y 90 cm.

# INVESTIGACIÓN DE SUELOS

Hoja de Datos de Calibración Bianual del Sensor de Humedad de Suelo

Nombre del centro:

Sitio de Estudio:

Método de secado (marcar uno): Horno 95–105°C \_\_\_; Horno 75–95°C \_\_\_; Microondas \_\_\_

Medida de Tiempo de Secado: \_\_\_ (horas o min)

Profundidad (Marcar uno): 10 cm \_\_\_ 30 cm \_\_\_ 60 cm \_\_\_ 90 cm \_\_\_

## OBSERVACIONES:

N°	Medidas			Nombre de los observadores	A. Masa Húmeda (g)	B. Masa seca (g)	Masa del Agua (A-B)	D. Masa de la Lata (g)	E. Masa del suelo Seco (B-D)	F. Contenido de Agua en el Suelo (C/E)	G. Lectura de la Humedad de Suelo
	Fecha	Hora Local Horas:Min	Hora (UT)								
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

# INVESTIGACIÓN DE SUELOS

## Hoja de Datos de Calibración Bianual del Sensor de Humedad de Suelo - Continuación

Nombre del centro:

Sitio de Estudio:

Profundidad (Marcar uno): 10 cm\_\_ 30 cm\_\_ 60 cm\_\_ 90 cm\_\_

### OBSERVACIONES:

N°	Medidas			Nombre de los observadores	Muestras						
	Fecha	Hora Local Horas:Min	Hora (UT)		A. Masa Húmeda	B. Masa seca (g)	Masa del Agua (A-B)	D. Masa de la Lata (g)	E: Masa del suelo Seco (B-D)	F. Conten- ido de Agua en el Suelo (C/E)	G: Lectura de la Humed ad de Suelo
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

# ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE



## ***¿Por Qué Estudiar el Suelo?\****

Esta es una actividad que destaca la importancia que tiene el estudio de los suelos en la Tierra. A través de esta actividad el alumnado explora algunos de los usos del suelo, aprende los cinco factores que forman el suelo y se hace una mejor idea de lo pequeña que es la superficie terrestre que ocupa el suelo.

## ***Un Simple Repaso***

Se introduce al alumnado principiante en los conceptos básicos de cómo el agua pasa a través del suelo, en una actividad que demuestra el método científico. El alumnado más avanzado investiga los efectos que tienen las características del suelo sobre la infiltración y la química del agua que ha pasado a través del suelo.

## ***De Barro a Ladrillo***

## ***El Suelo y mi Patio\****

El alumnado recoge, describe y compara los suelos de sus patios.

## ***Una Visión de Campo del Suelo: Cavar en los Alrededores\****

El alumnado descubre que las propiedades del suelo como la humedad y la temperatura pueden variar considerablemente en un mismo punto del paisaje.

## ***Suelos como Esponjas: ¿Cuánta Agua Retiene el Suelo?\****

El alumnado estudia la humedad del suelo pesando y secando esponjas y después estudian sus propias muestras de suelo de la misma manera.

***Suelo: El Gran Descomponedor\****

El alumnado simula condiciones ambientales que los pueden ayudar a determinar los factores clave que afectan a la descomposición de la materia orgánica del suelo.

***El Juego de los Datos\****

En este juego, por equipos, se recogen datos que luego se cambian y tergiversan . A continuación calculan los valores de las mediciones tomadas por los otros equipos y tratan de detectar sus errores.

\* Ver la versión completa de la Guía del Profesor que está disponible en la página web de GLOBE y en CD-ROM.

# ¿Por Qué Estudiar el Suelo?



## **Objetivo General**

Hacer comprender a los estudiantes la importancia del suelo y por qué éste debe ser estudiado

## **Visión General**

En la primera actividad, los estudiantes crean una lista de las razones por las que los suelos son importantes. En la segunda actividad se les pide que describan cinco factores que forman un único perfil de suelo y que examinen esos conceptos. En la tercera actividad se les demuestra la cantidad de suelo existente en la Tierra que está disponible para el uso humano.

## **Objetivos Didácticos**

Los estudiantes entenderán la importancia de la ciencia de los suelos.

Serán capaces de dar razones para estudiar los suelos.

Comprenderán de qué forma las propiedades del suelo están determinadas por los cinco factores que influyen en la formación del suelo.

Apreciarán las cantidades relativas de suelo utilizable que existen en la Tierra.

## **Conceptos de Ciencias**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

Los materiales de la Tierra son rocas sólidas, suelo, agua, biota, y los gases de la atmósfera. Los suelos poseen propiedades de color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad; y soportan el desarrollo de muchos tipos de plantas.

La superficie de la Tierra cambia.

Los suelos se encuentran a menudo en capas, cada una de ellas con una textura y composición química diferentes.

Los suelos están compuestos de minerales (menos de 2 mm), materia orgánica, aire y agua.

El agua circula a través del suelo cambiando las propiedades suyas y las del suelo.

### *Ciencias Físicas*

Los objetos poseen propiedades observables.

### *Ciencias de la Vida*

Los organismos sólo pueden sobrevivir en aquellos entornos en los que pueden satisfacer sus necesidades.

La Tierra posee muchos y diferentes entornos que mantienen distintas combinaciones de organismos.

Todas las poblaciones y los factores físicos con los que interactúan constituyen un ecosistema.

## **Habilidades de Investigación Científica**

Identificar preguntas y respuestas.

Diseñar y llevar a cabo una investigación. Uso de herramientas y técnicas apropiadas incluyendo las matemáticas para reunir, analizar e interpretar datos.

Desarrollar descripciones, explicaciones, predicciones y modelos utilizando la evidencia.

Compartir procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

Uno o dos periodos de clase (dependiendo del nivel de estudios para la segunda actividad)

## **Nivel**

Todos

## **Materiales y Herramientas**

Una manzana y una navaja ( esquemas o materiales relativos a actividades con la manzana). Ejemplos de medicamentos elaborados con tierras (contra la diarrea, crema o gel antibacteriano, máscaras faciales).

Ejemplos de arte elaborados con productos del suelo (trapos de adobe, cuadros de arena, cerámica).

Ejemplos de materiales de construcción (ladrillos, fotografías de casas de adobe y en la tierra).

Maquillajes (ej: crema base, colorete).

Muestras de suelos (si es posible, especialmente suelos que concuerden con los colores o texturas de las muestras de los medicamentos, del arte, del material de construcción, o del maquillaje).

Una Planta.

Una historia sobre suelos (ejemplo: La inundación de los suelos de la llanura de Maryland).

## **Requisitos Previos**

Ninguno

## ¿Por Qué es Importante el Suelo?

Los suelos existen como ecosistemas naturales sobre la superficie de la tierra, compuesta de macro y microorganismos, minerales, materia orgánica, aire, y agua. Los suelos son sistemas vivos que proporcionan muchas de las funciones necesarias fundamentales para la vida. Estas funciones importantes del suelo incluyen:

- Proporcionar el medio fértil en el que se desarrollan nuestros alimentos y nuestras fibras
- Producir y almacenar gases como el CO<sub>2</sub>
- Almacenar calor y agua
- Proporcionar hogar para billones de plantas, animales y microorganismos
- Filtrar el agua y los vertidos
- Proporcionar el material primario para la construcción, medicamentos, arte, maquillaje, etc.
- Descomponer los residuos
- Proporcionar una instantánea de la historia geológica, climática, biológica y humana

El suelo se forma muy lentamente y sólo conforma el 10 u 11% de la superficie terrestre. Por ello es importante estudiar este recurso natural tan esencial, y comprender la manera adecuada en la que debería ser utilizado y conservado.

### Qué Hacer y Cómo Hacerlo

**Actividad Uno:** ¿Por qué son importantes los suelos?

1. Recoger tantos materiales como se pueda de la lista de Materiales y Herramientas, expuestos en la sección inicial de fondo gris.
2. Preguntar a la clase “¿Por qué es importante el suelo?” y “¿Por qué creen que es importante estudiar el suelo?”
3. Anotar sus respuestas en una pizarra o en alguna parte en la que todos puedan leerlas.
4. Mientras los estudiantes dan contestaciones relativas a los materiales recogidos, se irán mostrando a la clase. Por ejemplo, si uno de ellos dice que usamos el suelo como arte, se mostrará un bote de arcilla. Si ya no tienen más ideas, se les preguntará sobre el suelo como arte (y se mostrará un vestido de adobe africano [Bogolanfini] o una foto de uno, o del suelo como medicamento (para la diarrea, gel antibacteriano, ejemplos de personas comiendo productos de suelo por problemas digestivos, etc.) También enseñarles muestras que se asemejen a estos materiales por comparación.

5. Dirigir el debate hacia las diversas razones posibles del por qué es importante el estudio del suelo (véase párrafos anteriores).

**Actividad Dos:** ¿Son iguales todos los suelos?

1. Mostrar a los estudiantes fotografías de la sección *Introducción a Investigación de Suelos* titulada *Suelos de Todo el Mundo*. Que los estudiantes comprueben la World Wide Web (ej: [soils.usda.gov](http://soils.usda.gov) o [soils.gsfc.nasa.gov](http://soils.gsfc.nasa.gov)), bibliotecas, y otras fuentes para obtener otras fotografías de perfiles de suelos. También, buscar cuadros en color o fotografías de propiedades del suelo hechas por estudiantes de GLOBE en el sitio web de GLOBE (intentar acceder a la página de datos, luego a los *Sitios GLOBE*, y después a *Perfiles de Suelos*).
2. Preguntar a los estudiantes por qué un perfil de suelo parece diferente a otro, y cuáles son los factores que hacen que un suelo aparezca como es. Ayudarles en sus respuestas leyendo los *Cinco Factores de Formación de los Suelos* (roca madre, clima, topografía, seres vivos y tiempo) en la *Introducción a la Investigación de Suelos GLOBE*.
3. Que los estudiantes identifiquen los 5 factores que forman el suelo en su centro escolar, y preguntarles en qué serían diferentes en otros lugares, en su vecindario, o en otras partes del mundo.
4. Discutir el concepto de que cada suelo nos cuenta una historia diferente basada en las propiedades que lo han formado, debido a los 5 factores que lo componen. Como ejemplo, utilizar la historia y la fotografía de la inundación del suelo de la llanura de Maryland.

Este perfil de suelo pertenece al lecho de un arroyo en College Park, Maryland, USA en la cuenca de la Bahía Chesapeake. Cuando los científicos del suelo estaban estudiando el perfil, se dieron cuenta de que había una capa negra justo en el medio del perfil. Cuando observaron esta capa más de cerca con lupas (pequeñas lentes de aumento) pudieron ver que el color negro era debido a muchos trocitos pequeños de carbón vegetal y cenizas. Por medio de distintos tipos de análisis, lograron saber que este material se había depositado hacía aproximadamente 300 años.

Figura-SU-ES-1: College Park, Maryland



¿De dónde procedían el carbón y las cenizas hace 300-350 años? ¿Qué estaba ocurriendo en la región de la Bahía Chesapeake en esa época?

Los colonos que llegaron a esta región por primera vez quemaron bosques para dejar lugar a sus granjas. El residuo de aquellos incendios se posó en los ríos y en los arroyos, y al final, algo de ello se depositó en el lecho de este arroyo y formó parte de este perfil del suelo. El suelo por encima de esta capa se originó después de que se depositaran la ceniza y el carbón, mediante las siguientes inundaciones y la adición de sedimentos erosionados de la misma área sobre la capa de carbón. En los suelos, el material más joven se encuentra en la superficie del perfil. Después de que los sedimentos se depositaron por la inundación del río, el suelo sufrió procesos que formaron su estructura, color, y otras propiedades que se pueden observar y medir.

Los científicos también observaron que en el horizonte, por debajo de la capa de carbón y cenizas, existían conchas de ostras y almejas (así como algunos guijarros redondeados producidos por la erosión de la inundación del río). Con un análisis cuidadoso, consiguieron averiguar que esos restos de este horizonte se habían depositado hacía aproximadamente 400 - 450 años.

¿Qué estaba ocurriendo en la Chesapeake Bay hace aproximadamente 400 - 450 años?

Los indígenas que habitaban en este lugar antes de que aparecieran los colonos, venían a la Bahía para celebrar festines, e ingerían una abundante cantidad de ostras y almejas. Lo que aquí podemos ver eran sus restos. Estas conchas al final han formado parte del lecho del arroyo y del perfil de su suelo.

La última parte de la historia nos lleva al principio. Los dos horizontes más bajos de este perfil son de un suelo anterior que fue sepultado bajo los sedimentos de un suelo posterior del río. El suelo sepultado muestra, estructura, color y otras características que indican que es muchos miles de años más viejo, y que estaba en una zona cenagosa antes de que el río cambiara su curso y comenzara a sepultarlo.

Este es un ejemplo de cómo un suelo puede ser un registro de la historia del área que lo rodea, y nos puede contar su historia. Otras historias están disponibles en la página Soil Science Education Web ([soils.gsfc.nasa.gov](http://soils.gsfc.nasa.gov)) con el indicativo "Every Soil Tells a Story"

5. Pedir a los estudiantes que intenten conocer historias de cómo otros suelos se pueden haber formado y las propiedades que tienen
6. Introducir el concepto de diversidad en el suelo que plantea que a causa de que todos son diferentes, cada uno sólo se puede utilizar en cierta forma. Por ejemplo, ¿qué clase de suelos serían los mejores para el crecimiento de las cosechas? (liso, fértil, húmedo, profundo etc.) ¿Qué suelos serían los mejores para construir un estanque o una presa (arcilla con grandes estructuras, de alta densidad, porosidad baja, en un área de terreno liso o en una depresión)? ¿Cuál sería el mejor para filtrar los residuos (área de gran superficie, con muchos organismos, no demasiado frío o húmedo)? Que los estudiantes piensen en otros usos de la tierra y qué clases de propiedades del suelo serían las mejores para esos usos.

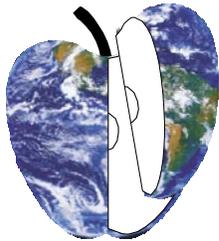
**Actividad Tres: ¿Cuánto suelo existe en la Tierra?\***

1. Coger una manzana y una navaja, o utilizar los gráficos que vienen a continuación para llevar a cabo la siguiente demostración:



2. El profesor dice: “Imaginar que esta manzana es la Tierra, redonda, bella, y repleta de cosas bonitas. Fijaros bien en su piel, que abraza y protege la superficie.”

3. El profesor pregunta y debate:
  - a. “¿Cuanta superficie de la Tierra esta cubierta por el agua?”
  - b. Respuesta: El agua cubre aproximadamente el 75% de la superficie.  
*Acción: Cortar la manzana en cuartos. Retire los tres cuartos (75%) fuera.*



4. El profesor dice: “Los tres cuartos que no tengo en cuenta (75%) representan la parte de la Tierra que esta cubierta de agua, océanos, lagos, ríos, arroyos. La parte que resta (25%) representa la tierra firme. El cincuenta por ciento de esta tierra firme, lo forman el desierto, los polos o regiones montañosas, donde hace demasiado calor, demasiado frío o con demasiada altitud para que sean productivas. *Acción: Partir la tierra firme por la mitad y tirar la otra mitad.*”



5. El profesor dice: “Cuando se elimina el 50% de la tierra firme, lo que queda corresponde a un 12,5% del original. De ése 12,5%, el 40% está rigurosamente limitado por territorio fértil o por lluvias excesivas. También es demasiado rocoso, abrupto, superficial, pobre o demasiado húmedo para mantener una producción de alimentos.” *Acción: Desprenderos de ese 40% .*”



6. El profesor dice: “Lo que queda es aproximadamente un 10% de la manzana. *Acción: Pelar la piel del pequeño trozo restante.*”

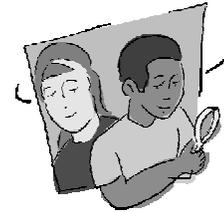


7. El profesor dice: “El restante 10% (aproximadamente), un pequeño fragmento de tierra, representa el suelo del que depende el suministro de alimentos para todo el mundo. Este fragmento compite con todas las demás necesidades, vivienda, ciudades, escuelas, hospitales, centros comerciales, otros usos de la tierra, etc., y algunas veces, no gana”  
*Acción: Debatir con los estudiantes algunas maneras en las que se pudiera ser más conscientes de los suelos y de las formas en las que los suelos son usados en sus casas o en sus ciudades. Por ejemplo, debatir la idea de convertir en abono los residuos y hacer que el suelo sea más rico en materia orgánica, y sobre almacenar suelo cubierto con vegetación, para que no resulte erosionado y se compacte.*”

*\*Actividad de Aprendizaje de ¿Cuánto suelo hay? Cortesía de: The Natural Resources Conservation Service, U.S. Department of Agriculture*

(Este material se puede descargar de [soils.gsfc.nasa.gov](http://soils.gsfc.nasa.gov).)

# Un Simple Repaso- Para principiantes



## **Objetivo General**

Llegar a comprender cómo fluye el agua a través de los distintos tipos de suelos y cómo se transforma cuando pasa a través de ellos.

## **Visión General**

Los estudiantes miden el flujo del agua a través de distintos suelos y observan la cantidad de agua que es retenida por estos suelos. También observarán la capacidad de filtrado de los suelos estudiando la claridad del agua antes y después de que pase a través del suelo.

## **Objetivos Didácticos**

Los estudiantes podrán identificar los cambios físicos y químicos que ocurren a medida que el agua fluye a través del suelo.

## **Conceptos de Ciencias**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

Los materiales de la Tierra son rocas sólidas, suelos, agua, biota, y los gases de la atmósfera. Los suelos poseen propiedades de color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad; soportan el desarrollo de muchos tipos de plantas.

La superficie de la Tierra cambia.

Los suelos están compuestos de minerales (menos de 2 mm), materia orgánica, aire y agua.

El agua circula a través del suelo cambiando las propiedades del agua y del suelo.

### *Habilidades de Investigación Científica*

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y llevar a cabo una investigación.

Uso de herramientas y técnicas adecuadas incluyendo las matemáticas para reunir, analizar e interpretar datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones, predicciones y modelos utilizando la evidencia.

Compartir procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

Un periodo de clase

## **Nivel**

Principiante

## **Materiales y Herramientas**

*(para grupos de 3-4 estudiantes)*

Botella transparente de 2 litros

Tres vasos de precipitación de 500 ml o recipientes transparentes similares marcados en cm para verter y coger agua.

Muestra de suelos (traer 1,2 L de muestras de distintos tipos de suelo del centro escolar o del lugar de residencia. Las posibilidades incluyen suelo de superficie (horizontes A) subsuelos (horizontes B), tierra de abono, arena, suelos compactos, suelos con hierba, suelos con texturas, colores y estructuras diferentes.

Tela metálica delgada u otro tipo de malla que no absorba o reaccione con el agua (con un tamaño de 1mm o menos de malla)

Agua

Reloj o temporizador

**Nota:** Son más convenientes los recipientes más pequeños siempre y cuando se asiente firmemente sobre el recipiente de recogida de agua. Reducir las cantidades de suelo y agua, pero recordar que es importante que todos los estudiantes comiencen con las mismas cantidades.

*Para los estudiantes avanzados :*

Papel de pH, o pHmetro.

## **Requisitos Previos**

Ninguno

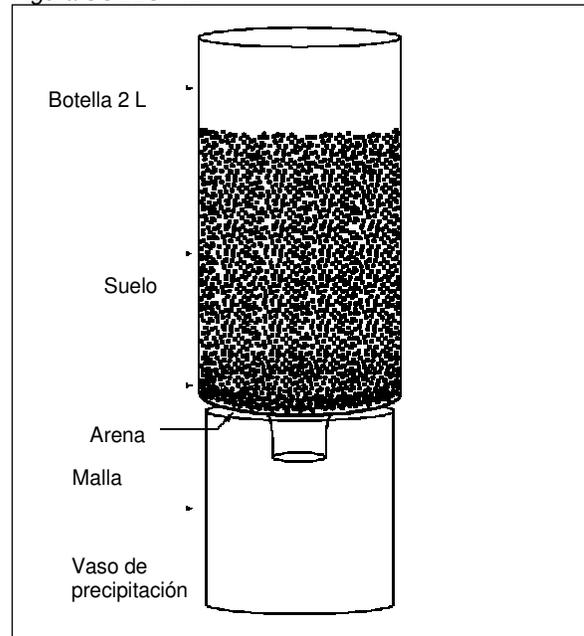
## Información Previa

Lo que le ocurre al agua cuando atraviesa el suelo depende de muchas cosas, tales como el tamaño de las partículas del suelo (textura y distribución del tamaño de las partículas), la disposición de las partículas (estructura), cuál es su nivel de adherencia (densidad), y la atracción entre las partículas del suelo y el agua. Algunos tipos de suelo permiten que el agua fluya por él rápidamente, y luego la absorben como una esponja. Esto da a las plantas una oportunidad mayor de utilización de esa agua. Otros tipos de agua permiten que el agua le atraviese en sólo unos segundos; incluso hay algunos que le impiden atravesarlo. Ninguno de estos tipos de suelos son mejores que los demás, simplemente son buenos según para qué propósitos. ¿Qué propiedad buscaría en un suelo, si quisiera plantar un jardín, construir un camino o un parque? ¿Qué ocurriría si el suelo se cubre de agua y le cae encima una lluvia torrencial? ¿Cómo puede cambiar la forma en la que los suelos retienen el agua? ¿Qué le ocurre al suelo cuando se le añade materia orgánica, cuando crecen plantas en él, o cuando se compacta, o cuando se ara?

## Preparación

- Debater alguna de las características generales de los suelos o realizar los *Protocolos de Por qué Estudiamos el Suelo* o *Actividades de Aprendizaje del Suelo en Mi Jardín o Caracterización del Suelo*.
- Traer muestras de distintos tipos de suelo del centro escolar o de tu lugar de residencia.
- Quitar las etiquetas, las tapas, y cortar los fondos de las botellas transparentes de 2 l.
- Colocar un círculo de malla dentro de la botella para que cubra la parte de la tapa.
- Verter 3-4 cm de arena sobre la malla. La arena evitará que la malla se obstruya.
- Colocar la botella, con la malla boca abajo, sobre un vaso de precipitados o un recipiente transparente.
- Verter 1,2 l de suelo en la botella sobre la arena
- Copiar las *Hojas de Trabajo* para cada estudiante

Figura SUELO-RB-1



## Que Hacer y Cómo Hacerlo

### Investigación de Clase

1. Elegir un suelo (lo mejor sería un suelo arenoso) para utilizarlo como demostración y poner 1,2 l de suelo en una botella de 2 litros.
2. Que los estudiantes estudien atentamente el suelo. Qué observan ellos acerca de: ¿Color? ¿Alguna material vegetal? ¿Parece ligero o pesado? ¿Es granulado (como migas de pastel)? ¿O en bloques (aterronado). Escribir las observaciones del suelo en la pizarra.
3. Verter 300 ml de agua en un vaso de precipitados u otro recipiente transparente de 500 ml. Que los estudiantes observen la claridad del agua.
4. Usar un marcador negro para trazar una línea que muestre la altura del agua en el recipiente, y que cuenten los cm hasta donde llega el agua. Registrar este número en la pizarra.
5. Preguntar a los estudiantes “*Que ocurrirá cuando se vierta agua en este suelo*”. Pedir a los estudiantes que expliquen por qué creen que el suelo y el agua se comportan de esa forma cuando se vierte agua sobre el suelo. Algunas posibles preguntas serían:
  - ¿Fluirá el agua hasta el fondo de la botella?

- *¿Fluirá todo? ¿Cuánto fluirá?* Realizar una marca sobre el recipiente con un bolígrafo rojo para mostrar cuanta agua creen los estudiantes que fluirá.
  - *Con qué rapidez pasará el agua a través del suelo? Los estudiantes mayores pueden cronometrar el tiempo con un reloj o un cronómetro. Los más jóvenes pueden hacerlo marcando los minutos en un temporizador (como en las hojas de trabajo,).*
  - *¿Qué aspecto tendrá el agua cuando llegue al fondo? ¿Clara? ¿Turbia? ¿Muy sucia?*
6. Registrar las “hipótesis” en la pizarra
  7. Verter el agua sobre el suelo y empezar a cronometrar. Pedir a los estudiantes que describan qué ocurre a medida que se vierte el agua:
    - *¿Se queda toda el agua arriba?*
    - *¿A dónde se va?*
    - *¿Se ven burbujas de aire en la superficie del agua?*
    - *¿Tiene el mismo aspecto el agua que sale del suelo que la que ha entrado?*
    - *¿Presenta el suelo un aspecto diferente por donde ha pasado el agua?*
  8. Registrar las observaciones de clase en la pizarra. También registrar el tiempo que tarda el agua en pasar a través del suelo.
  9. Pedir a los estudiantes que comparen sus hipótesis y los resultados del experimento.
  10. Una vez que el agua ha parado de gotear del fondo de la botella, quitar el recipiente del suelo y sostener el vaso de precipitados con el agua que ha pasado a través del suelo. Preguntar a los estudiantes:
    - *¿Es la misma cantidad de agua que con la que empezamos? ¿Cómo podemos decir si es la misma cantidad?*
    - *Verter el agua en el recipiente original. Comparar la cantidad que existe con la línea negra del recipiente. ¿Cuánta agua falta? ¿Cómo se puede medir cuánta agua falta?*
    - *Comparar el nivel de agua con la línea roja del recipiente ¿Hay más agua o menos que la que creíamos que habría?*

- *¿Cómo podríamos medir la diferencia? ¿por qué creen que habría más o menos?*
  - *¿Qué ha ocurrido con el agua que falta?*
  - *¿Es más clara el agua antes o después de atravesar el suelo? ¿Por qué?*
11. Guardar el agua resultante para compararla.
  12. Utilizando la botella de suelo saturado, preguntar a los estudiantes que ocurrirá si vierten otros 300 ml de agua en la muestra de suelo. Escribir las hipótesis de la clase en la pizarra.
    - *Esta vez, ¿será absorbida por la muestra de suelo la misma cantidad de agua, menos, o más?*
    - *¿Pasará a través de la muestra de suelo más rápido, más lento o a la misma velocidad?*
    - *¿Que claridad tendrá el agua, igual, mayor o menor que la vez anterior?*
  13. Verter el agua en el suelo saturado, medir el tiempo, observar los resultados, y comparar con las hipótesis. Preguntar a los estudiantes:
    - *¿Ha fluido el agua más rápidamente que antes? ¿Cómo lo saben?* Comparar las dos veces.
    - *¿Ha pasado más agua a través de la muestra de suelo que antes? ¿Cómo se puede averiguar?* Comparar las cantidades en los vasos de precipitación.
    - *¿Es el agua más clara que la primera vez?* Comparar el color del agua en los dos vasos de precipitación.

## *Investigación de Grupo*

### **Experimentos con Suelos Diferentes**

#### **Debate**

1. Analizar las propiedades de las diversas muestras de suelo que se han traído.
2. Preguntar a los estudiantes si creen que al agua pasaría a través de todos los tipos de suelos, en el mismo tiempo y si se absorbería la misma cantidad de agua.
3. Discutir qué tipos de suelos creen que podrían ser diferentes.
4. Proporcionar a cada grupo de estudiantes un tipo de variedad de suelo.

#### **Observación e Hipótesis**

1. Dar a cada estudiante la *Hoja de Trabajo de Observa y Averigua*.
2. Pedirles que rellenen el **Color** de su tipo de suelo (en palabras o con lápices de colores)
3. Pedirles que tracen con un círculo la **Estructura** que parezca más probable de su muestra de suelo.
4. Pedirles que busquen hojas o **material orgánico** en su muestra. Escribir SÍ, o NO.
5. **Tiempo:** Recordarles las observaciones que hicieron durante la demostración. Pedirles que averigüen el tiempo que tardará el agua para pasar a través del suelo. Señalar el tiempo en el cronómetro, y luego escribirlo en su espacio correspondiente.
6. **Cantidad:** Pedirles que tracen una línea ROJA en el recipiente, mostrando la cantidad de agua que creen que pasará a través de su muestra de suelo.
7. **Claridad:** Pedirles que marquen una X en el recipiente que crean que se parecerá más al agua que pase a través de la muestra.

#### **Experimentar e Informar**

1. Explicar que cuando diga “ADELANTE” todo el mundo verterá el agua a la vez.
2. Comenzar a cronometrar cuando el agua se vierta.
3. Que los estudiantes rellenen la Hoja de Trabajo del Experimento e Informe de su muestra de suelo.

Que cada grupo informe de los resultados de su experimento a la clase. Los informes incluyen **Preguntas, Hipótesis, Observaciones y Conclusiones** sobre el experimento. Los estudiantes pueden usar sus Hojas de Trabajo para preparar sus informes.

#### **Investigaciones Posteriores**

1. Usando agua destilada, que los estudiantes midan el pH del agua.
2. Predecir si el pH será diferente después de que el agua pase a través del suelo.
3. Verter el agua, y comprobar el pH otra vez.
4. Que los estudiantes saquen conclusiones sobre los efectos del suelo en el pH del agua.

**Nota:** 1. Usar este procedimiento para experimentar con la conductividad midiendo la conductividad del agua destilada antes de que pase a través del suelo, y luego usando agua salada y haciendo que pase a través de la muestra de suelo. 2. Experimentar con filtros, usando agua muy turbia y pasándola a través de arena limpia.

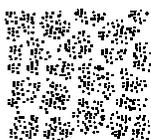
Pedir a los estudiantes que lleven a cabo la versión avanzada de *Actividad de Aprendizaje de Un Simple Repaso*.

# Un Simple Repaso – Principiantes

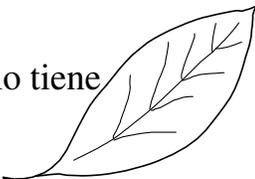
Hoja de Trabajo

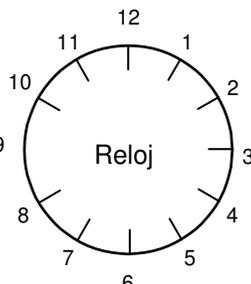
Observa y Averigua

Mi suelo es de color \_\_\_\_\_

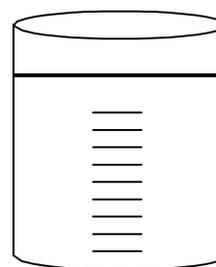


Mi suelo es granular prismático

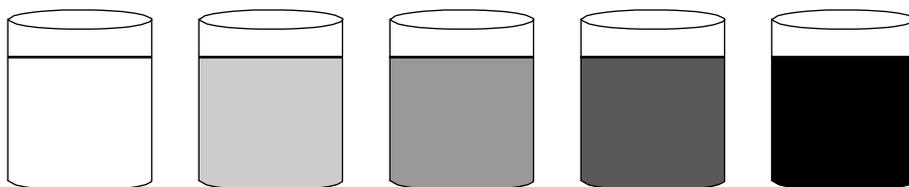
Mi suelo tiene  Hojas. SI NO

Hora \_\_\_\_\_  Reloj

¿Qué cantidad de agua pasará a través? Marcar en ROJO.

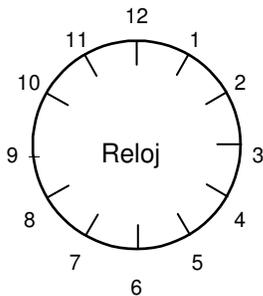


¿Qué aspecto tendrá el agua? (RODEAR CON UN CÍRCULO)

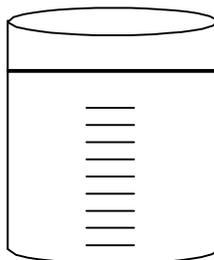


## Experimentar e Informar

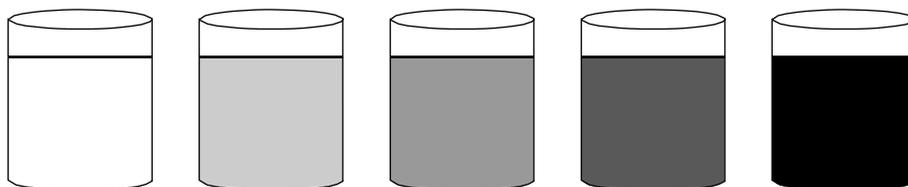
Hora \_\_\_\_\_



¿Qué cantidad de agua pasará?



¿Qué aspecto tendrá?



### Mi informe

---

---

---

---

# Un Simple Repaso



## **Objetivo General**

Ayudar a entender algunas de las relaciones entre los suelos y los diferentes tipos de agua.

## **Visión General**

Los estudiantes medirán el flujo de agua a través de los suelos con propiedades diferentes, y calcularán la cantidad de agua que los suelos pueden contener. También experimentarán con la capacidad de filtrado de los suelos, analizando el pH del agua antes y después de que atraviese los suelos, observando los cambios en la claridad del agua y en las características del suelo.

## **Objetivos Didácticos**

Los estudiantes podrán identificar los cambios físicos y químicos que tienen lugar en el paso del agua a través del suelo. Los estudiantes podrán estudiar el concepto de Tierra como un sistema y serán capaces de aplicar el Método Científico.

## **Conceptos de Ciencia**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

Los materiales de la Tierra son rocas sólidas, suelo, agua, biota, y los gases de la atmósfera.

Los suelos poseen propiedades de color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad; mantienen el desarrollo de muchos tipos de plantas.

La superficie de la Tierra varía.

Los suelos están formados de minerales (menos de 2mm), material orgánico, aire y agua.

El agua circula a través del suelo cambiando las propiedades tanto del agua como del suelo.

## **Habilidades de Investigación Científica**

Identificar preguntas y respuestas.

Diseñar y llevar a cabo una investigación.

Uso de herramientas y técnicas apropiadas, incluyendo las matemáticas para reunir, analizar e interpretar datos.

Desarrollar descripciones, explicaciones, predicciones y modelos basados en la evidencia

Compartir procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

El periodo de una clase para la actividad inicial  
2-3 periodos para *Investigaciones Posteriores*

## **Nivel**

Todos

## **Materiales y Herramientas**

*(Para cada grupo de 3 - 4 estudiantes)*

2 - 3 botellas limpias de 2 litros (como las que traen soda o agua) (\*)

4 - 6 vasos de precipitación de 500 ml (\*) o recipientes similares limpios, para verter y coger agua para la demostración, y más si se necesitaran para las actividades de la clase. El número de vasos dependerá del número de grupos de estudiantes (también sirven botellas limpias de plástico)

Muestras de suelo (se traerán 1-2 muestras de tipos distintos de suelo existente en las cercanías del centro escolar o de la propia casa de los estudiantes, basándose la cantidad en el tamaño de la clase). Una bolsa grande de plástico con cierre, es una buena forma de transportar muestras de suelo. Las posibilidades incluyen la parte superior del suelo, (horizontes A), subsuelos (horizontes B), suelos plantados, arena, suelos comprimidos, suelos con hierbas o con otras plantas creciendo en su superficie, suelos de diferentes colores, texturas o estructuras, o serrín (sin aditivos)

Telas metálicas finas u otro tipo de malla, como medias, que no absorban o reaccionen con el agua, (1 mm o menos de agujero)

Cinta adhesiva fuerte o gomas elásticas

Tijeras

Agua

Soportes de laboratorio con brazos, si es posible (en número suficiente para las botellas que se vayan a utilizar). Otra opción es apoyar las botellas en la parte superior de los vasos de precipitados, o en botellas ligeramente más pequeñas con la parte superior cortada para que parezcan un vaso de precipitados (estos métodos no precisan de soportes de laboratorio) (usar marcadores impermeables o lápices de cera para marcar los niveles de agua en la botella. Utilizar recipientes graduados para determinar los incrementos). Con el peso de la tierra, las botellas serán relativamente estables al colocarse sobre los vasos de precipitados o en sus propias bases.

Marcadores impermeables o lápices de cera (si se usan botellas en lugar de vasos de precipitados)

Recipientes graduados (botellas de plástico en vez de vasos)

Papel pH, lápiz, o metro

*Hoja de Trabajo*

Cuadernos de Ciencia GLOBE

*Para Investigaciones Posteriores:*

Agua destilada, sal, vinagre, bicarbonato sódico.

Envoltorios de plástico para cubrir las botellas.

Medidor de conductividad

NPK kit

Mantillo o abono

Kit de alcalinidad

(\*)Se pueden usar botellas de 1 litro y vasos de precipitados de 400 o 250 ml. El tamaño de los vasos de precipitados dependerá del diámetro de las botellas. La botella con la malla no debería bajar mucho en el vaso, y así no influiría en la lectura del volumen de agua. Las botellas pequeñas tienen la ventaja de que precisan menos tierra. Sin importar qué tamaño de botella utilizar, lo importante es que la cantidad de tierra, agua, y tamaño de los vasos de precipitados y botellas utilizadas en los experimentos equiparables sean las mismas.

O pueden construir sus propios vasos de precipitación utilizando botellas de pequeño diámetro para las bases. Esto requiere que se corte la parte superior, y que se utilicen marcadores impermeables o lápices de cera para marcar centímetros en los lados de las botellas. Utilizar un recipiente graduado para determinar los incrementos

### **Requisitos Previos**

Ninguno

### **Antecedentes**

Lo que ocurre con el agua cuando atraviesa la tierra depende de muchas cosas, como el tamaño de las partículas del suelo (textura y distribución de las partículas, la disposición de las partículas (estructura), su fuerza de cohesión (densidad), y la atracción entre las partículas del suelo y el agua. Algunos tipos de suelo permiten que el agua fluya rápidamente (infiltración), y mantienen el agua dentro de sí (capacidad de absorción del agua) Esto podría dar a las plantas más ocasión de usar algo de esa agua. Otros tipos de suelo pueden permitir que el agua fluya completamente a través en pocos segundos. Hay suelos que no permiten que el agua pase a través de ellos. Ningún tipo de suelo es mejor que otro, son simplemente buenos por razones diferentes. ¿Qué características del suelo buscaría si quisiera plantar un jardín, construir un camino o un área de juegos? ¿Qué pasa si el suelo está lleno de agua y cae sobre él una gran tormenta de agua? ¿Cómo se puede cambiar la forma en la que el suelo absorbe el agua?

¿Qué le ocurre al suelo cuando se le añade materia orgánica, o cuando crecen plantas en la superficie, o cuando es un suelo compacto, o cuando se ara?

El agua en el suelo es también una clave para el trasvase de nutrientes desde el suelo a las plantas. La mayoría de las plantas no se nutren de alimento sólido (aunque algunas digieran insectos). En su lugar, toman agua por medio de sus raíces y utilizan los nutrientes que el agua ha obtenido del suelo. ¿Es muy nutritivo el suelo? Eso depende de cómo se ha formado el suelo, de qué se ha formado, y cómo se ha controlado. Los granjeros y jardineros, a menudo añaden nutrientes o fertilizantes al suelo para que pueda contener más nutrientes para sus plantas.

### **Preparación**

- Debatar con los estudiantes algunas características generales de los suelos o realizar los *Protocolos Por qué Estudiamos Los Suelos* o *Caracterización de Suelos* o *Actividades de Aprendizaje del Suelo en Mi Jardín*.

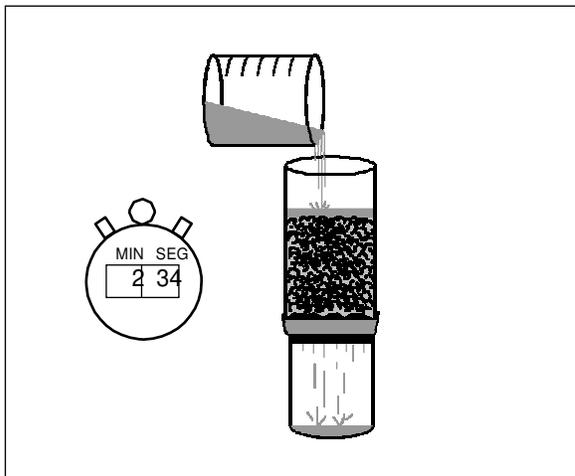
- Tener disponibles muestras de distintos tipos de suelo, del centro escolar o de la propia residencia familiar.
- Reunir varias botellas de 2 litros, de plástico transparente con los lados lisos. Quitar la etiqueta y la tapa, y cortar la parte inferior. La parte superior se colocará en un vaso de precipitación de 500 ml. u otro recipiente transparente.
- Cortar un pedazo circular de una delgada malla metálica, red de nylon o de una media, de unos 3 cm más grande que la abertura realizada en la parte superior de la botella. Por medio de cinta fuerte (o goma elástica), asegurar el trozo de malla alrededor del cuello de la botella.
- Situar la botella, con la malla boca abajo, sobre un vaso de precipitación o botella de plástico cortada y marcada como un vaso de precipitación para que se parezca a éste, o puesta en un soporte de brazos y colocar un vaso de precipitación bajo ella.
- Utilizar esta oportunidad para hacer hincapié en la importancia de reciclar.

### **Qué Hacer y Cómo Hacerlo**

#### *Investigación de Clase*

1. Observar las propiedades de las muestras de suelo que se van a usar. Utilizar los cuadernos de Ciencias GLOBE para registrar esta información. También se registra donde se han encontrado las muestras y la profundidad a la que se han hallado. Una alternativa es no decir a los estudiantes de donde vienen las muestras y que se realicen las observaciones. Si ya se han realizado los protocolos de caracterización de suelos, se puede también registrar la humedad, la estructura, el color, la consistencia, la textura y la presencia de rocas, raíces y carbonatos.
2. Elegir un suelo (de arcilla arenosa sería lo mejor) para utilizarlo como demostración y poner 1,2 l de esa tierra en una de las botellas de 2 litros.
3. Verter 300 ml de agua en un vaso de precipitados de 500 ml u otro recipiente transparente. Una botella pequeña de plástico marcada en mL o en cm sería conveniente ya que su contenido no se derrama fácilmente. Medir el pH del agua. También, observar la claridad del agua.
4. Como opción, que los estudiantes diseñen el experimento. Deberían responder a preguntas como las siguientes: ¿Cómo verter el agua (rápido, lento, poco a poco etc.)? ¿Qué medir cuando el agua alcanza el recipiente que la contiene (la primera gota, los primeros 100 ml, etc.)? ¿Deberían verter el agua todos los estudiantes al mismo tiempo?
5. Preguntar a los estudiantes “¿Qué ocurrirá cuando se vierta el agua en la muestra de tierra?” Pedirles que expliquen por qué creen que el suelo se comportará de esa manera cuando se vierte el agua sobre él. Algunas preguntas posibles serían:
  - ¿Cuanta agua fluirá hacia la parte inferior del recipiente?
  - ¿Con qué velocidad pasará el agua a través del suelo?
  - ¿Cambiará el pH del agua? y si es así, ¿en qué forma?
  - ¿Como será el agua que llegue a la parte inferior? (ej: color, claridad)
6. Anotar los diseños hipotéticos y experimentales de la clase en la pizarra y pedir a los estudiantes que lo hagan en su cuaderno de Ciencias GLOBE.
7. Verter el agua sobre la muestra del suelo y empezar a contar el tiempo. Pedir a los estudiantes que describan lo que está ocurriendo a medida que se vierte el agua.
  - ¿Se queda toda el agua en la parte superior?
  - ¿Hacia dónde va?
  - ¿Se ven burbujas de aire en la superficie del agua?
  - ¿Tiene el mismo aspecto el agua antes y después de pasar a través de la muestra de suelo?
  - ¿Qué le ocurre a la estructura del suelo, especialmente en su superficie?
8. Registrar las observaciones de la clase en la pizarra y que los estudiantes lo hagan en sus cuadernos de Ciencias GLOBE. También registrar el tiempo que tarda el agua en pasar a través de la muestra de tierra.
9. Pedir a los estudiantes que comparen sus hipótesis y los resultados del experimento.
10. Que los estudiantes registren sus propias conclusiones en sus cuadernos de Ciencias GLOBE, acerca de cómo interactúan el agua y la tierra.

Figura SUELO-SR-2



11. Una vez que el agua ha parado de gotear desde la parte inferior de la botella, medir la cantidad de agua que ha atravesado la muestra de tierra hacia el vaso de precipitados. Preguntar a los estudiantes:
  - ¿Cuánta agua atraviesa la muestra en comparación con la que se vertió?
  - ¿Qué ha ocurrido con el agua que falta?
12. Observar la claridad del agua.
  - ¿Es más clara o menos que antes de atravesar la muestra de tierra?
13. Analizar el pH del agua del vaso de precipitación que ha atravesado la muestra, registrar los resultados, y compararlos con el pH del agua que se ha vertido sobre la muestra. Comparar los resultados con las hipótesis de los estudiantes.
  - ¿Ha cambiado el pH?
  - Y si es así, ¿qué podría haber causado este cambio?
14. Usando la botella con la muestra, preguntar a los estudiantes qué ocurriría si se vierten otros 300 ml de agua sobre esa tierra. Registrar las hipótesis de la clase sobre la pizarra.
  - ¿Cuánta agua permanecerá en el suelo?
  - ¿Con qué rapidez se desplazará a través de la muestra?
  - ¿Cambiará el pH?
  - ¿Qué claridad tendrá el agua?
15. Volver a verter el agua en la muestra, observar los resultados, y compararlo con las hipótesis.
16. Que los estudiantes registren sus preguntas, hipótesis, observaciones y conclusiones en sus cuadernos de Ciencia GLOBE.

### Investigaciones en Grupo

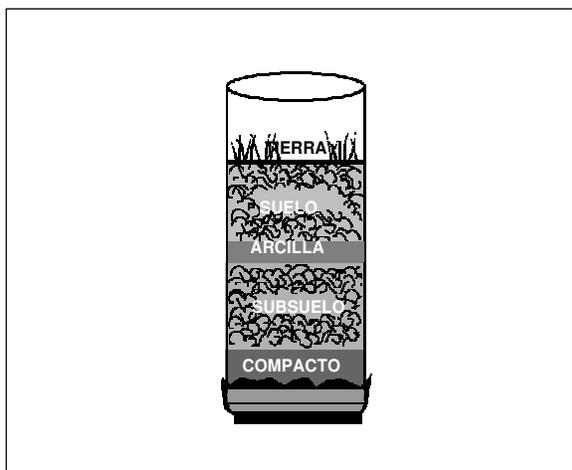
#### Experimentos con Diferentes Muestras de Suelo

1. Revisar las propiedades de las distintas muestras de tierra que se han recogido.
2. Preguntar a los estudiantes si creen que el agua pasaría a través de todos los tipos de suelo en el mismo tiempo y si todos los suelos retendrían la misma cantidad de agua.
3. Debatar qué tipo de suelos creen ellos que podrían ser diferentes y de qué forma.
4. Que cada grupo de estudiantes elija uno de los distintos tipos de suelo.
5. Que cada grupo repita los pasos 2 al 16 sobre su tipo de muestra. En lugar de anotar hipótesis y observaciones en la pizarra, los estudiantes registrarán el experimento en sus cuadernos de Ciencias GLOBE.
6. Que cada grupo informe a la clase de los resultados de su experimento, incluyendo, preguntas, hipótesis y observaciones, teniendo en cuenta las variables siguientes, así como sus conclusiones sobre las variables, y cómo han afectado a los resultados del experimento.
  - Características del suelo
  - Claridad y pH del agua original
  - Tiempo que tarda el agua en atravesar la muestra de tierra
  - Cantidad de agua que ha atravesado el suelo
  - Cambios en el pH y la claridad del agua
  - Resultados del test de saturación.

**Nota:** La información recogida en los cuadernos de Ciencias GLOBE de los estudiantes se utilizará para preparar sus trabajos e informes.

7. Revisar los resultados con toda la clase, determinar las características del suelo, como tamaño de partículas, espacio entre ellas, materia orgánica que pueda retener el agua, etc. asociada con la filtración más rápida o más lenta, retención del agua en la tierra, y cambios en el pH y su claridad.

Figura SUELO-SR-3: Columna de Suelo Experimental



8. Basado en la comparación de sus hipótesis con los resultados de los experimentos, registrar en el Cuaderno de Ciencias GLOBE, las conclusiones acerca de la interacción del agua y del suelo y cómo los suelos diferentes se comportan de forma diferente.
9. Pedir a los estudiantes que estudien la forma de utilizar lo aprendido en circunstancias de vida real, para que comprendan qué podría ocurrir en su cuenca hidrológica y la tierra existente en su comunidad. Podrían examinar cuestiones como:
  - ¿Qué podría ocurrir si cayera una lluvia muy fuerte en un suelo muy compacto?
  - ¿Cómo variaría el comportamiento de un suelo con vegetación y otro completamente desnudo?
  - ¿Influye la atmósfera en las características del suelo?
  - ¿Cómo influye el suelo en el ritmo de infiltración y en las aguas subterráneas?

### Investigaciones Posteriores

1. Desafía a los estudiantes a idear estrategias para construir una columna de suelos en una botella transparente de 2 litros, que ACELERARÁ O RETARDARÁ la velocidad del agua al fluir a través del suelo. Realizar una lluvia de ideas para llevar a cabo el trabajo. Que los estudiantes registren su método y que midan la “fórmula de los suelos” que utilicen. Sugerencia: Los profesores podrían pedir que los alumnos construyan sus columnas en un día, después

un estudiante, al día siguiente y delante de toda la clase, comenzará a verter el agua.

Registrar los resultados de los ritmos de flujo de agua. ¿Cuál es la estrategia que mejor funciona?

Pedir a los estudiantes que determinen si funcionan las mismas estrategias para hacer que el agua fluya a través del suelo lentamente, y para que el suelo retenga el agua.

2. Construir una columna de suelos similar al perfil del suelo de sus sitios de muestra de caracterización de suelos (usar las muestras para cada horizonte en el mismo orden que se encuentran en el perfil). Observar de qué forma ocurre la interacción entre el suelo y el agua en un perfil simulado
3. Determinar si la temperatura de los suelos difieren en tipos distintos de suelo y pensar el por qué.

### Más Avanzado

Basados en las observaciones y resultados de su experimentación, que los estudiantes diseñen experimentos para analizar otras hipótesis que pueden haber desarrollado. Algunas ideas pueden ser:

1. Hacer hipótesis sobre la forma en que el suelo puede afectar otros aspectos de la química del agua. Tomar una lectura de NPK de suelos con sólo la tierra, y con una muestra de agua. Repetir la medición el agua después de que haya pasado a través del suelo.
2. Que los estudiantes experimenten con la adición de sal al agua y comprueben la conductividad o salinidad del agua antes y después de que pase a través del suelo.
3. Añadir vinagre o bicarbonato al agua y analizar el pH y la alcalinidad antes y después de que el agua se vierta sobre el suelo.
4. Pedir a los estudiantes que hagan hipótesis sobre el efecto de evaporación sobre la cantidad de agua que el suelo puede absorber. ¿Cuáles son los factores que controlan la evaporación? Utilizar suelo del mismo tipo en dos botellas y llenarlas con agua. Dejar una botella abierta y tapar la otra botella con plástico u otro tipo de envoltorio. Colocarlas en una ventana en la que dé el sol.

El peso de la tierra en cada botella estará en función de cuánta agua puede retener en cierto tiempo. Los estudiantes pueden realizar un gráfico con la diferencia en peso de cada botella.

5. Colocar mantillo o abono sobre la tierra de la botella. ¿De qué forma afecta el ritmo de filtración del agua en el suelo? ¿Cómo afecta a la claridad el agua que pasa hacia la parte inferior? ¿Cómo se relaciona con la erosión en el mundo real?
6. Preguntar a los estudiantes qué cambios pueden ocurrir si el suelo permanece saturado con agua durante largos periodos de tiempo. Situar una muestra de suelo en una botella a la que no se la haya cortado la parte inferior, y luego llenarla con agua. ¿Se pueden detectar cambios en la estructura, color, olor? ¿Cuánto tiempo transcurre hasta que los cambios tienen lugar?
7. Que los estudiantes examinen los datos de la humedad del suelo de cinco sitios de GLOBE que tengan aproximadamente la misma cantidad de precipitación en un periodo de seis meses

Realizar un gráfico de la humedad de suelos mensual para cada sitio. ¿Cuánto difieren los gráficos? ¿Qué otros datos GLOBE pueden los estudiantes encontrar, que pudieran explicar la variación?

### **Evaluación del Alumnado**

Los estudiantes deberían conocer el método científico y cómo utilizarlo para llevar a cabo un experimento así como comprender el contenido científico relativo a la humedad del suelo. Deberían también ser capaces de demostrar habilidades superiores, en extraer conclusiones de observaciones experimentales y poder justificar sus conclusiones con evidencias. Estas pueden ser calculadas por medio de una evaluación de los trabajos de sus cuadernos de Ciencias GLOBE, la participación en debates y su contribución con preguntas, hipótesis, observaciones y conclusiones. La calidad de sus presentaciones son otro mecanismo para evaluar su progreso. Es también una buena idea que los estudiantes preparen un informe escrito o un trabajo sobre su experimento. Este trabajo debería ser realizado en grupos como las presentaciones y los informes, de esta manera su habilidad para el trabajo en equipo también se puede evaluar.

**Nota:** Esta actividad funciona de forma correcta cuando se realiza conjuntamente con el protocolo de humedad de suelos. La actividad puede comenzar en el aula antes de prepararse para la estrategia del muestreo o al realizar las mediciones de la humedad de suelos. Observaciones y registros adicionales de ritmo de flujo, volumen de agua, pH, claridad del agua, etc., se pueden tomar al regreso al aula. (Para algunos suelos, puede tardar algo de tiempo antes de que toda el agua fluya a través de la columna de suelos.) La actividad también sitúa los protocolos de humedad de suelos y de caracterización de suelos en un mismo contexto conceptual para los estudiantes. Ellos comprenderán por qué la información y los datos que recojan son importantes para desarrollar hipótesis, diseñar experimentos para analizar las hipótesis, interpretar las observaciones, y sacar conclusiones. También desarrollarán una comprensión de la relevancia potencial de investigación de la humedad de suelos y datos de caracterización.

# De Barro a Ladrillo



## **Objetivo General**

Presentar las diferentes partículas del suelo y las propiedades que contribuyen a la caracterización de los mismos

## **Visión General**

El alumnado tamizará la muestra de suelo para quitar los materiales orgánicos y las piedras. Después, tamizarán el suelo con cedazos, usando una malla más pequeña para separar la arcilla y la arena. Los estudiantes harán una masa de barro añadiendo agua al resto de componentes del suelo, dejando que se sequen y observando las características de la masa. Finalmente, el alumnado creará el perfecto “pastel” de barro o ladrillo utilizando distintas combinaciones de los componentes del suelo.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado podrá realizar una caracterización del suelo.

El alumnado podrá identificar suelos basándose en la distribución de partículas por tamaño.

El alumnado podrá crear materiales de construcción con los suelos.

## **Conceptos de Ciencias**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

El suelo está compuesto de rocas erosionadas y materia orgánica en descomposición.

El suelo es una parte del ciclo de las rocas.

### *Ciencias Desde la Perspectiva Personal y Social*

Los materiales de construcción se fabrican a partir de recursos básicos.

## **Habilidades de Investigación Científica**

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir una investigación.

Desarrollar descripciones y explicaciones, utilizando evidencias.

Informar de los procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

El período de una clase para tamizar suelos y hacer la masa de barro

Una noche para secarse

El período de una clase para experimentar fabricando ladrillos.

Una noche para secarse

## **Nivel**

Todos

## **Materiales y Herramientas**

1 litro de suelo (franco) para cada grupo de alumnos.

Cedazos con mallas de varios tamaños para tamizar.

Paja (hierba cortada seca)

Arcilla pulverizada y arena

Cubetas viejas para hacer hielo

Tapas o platos pequeños (para el molde de barro)

Manteles de plástico

## **Requisitos Previos**

Ninguno

## **Antecedentes**

El suelo está compuesto de diferentes tamaños de granos de rocas descompuestas (arena, limo y arcilla). ¿Qué cantidad de agua puede retener el suelo? ¿Con qué facilidad pasa el agua a través del suelo?, y ¿qué le ocurre al suelo si el hecho de que se seque depende de la combinación de los materiales en un suelo concreto? El suelo con mucha arcilla puede agrietarse según se va secando, como lo demuestra el terreno con enormes grietas o las grietas en la parte de arriba de un charco de barro cuando las partículas más grandes y más pesadas se asientan en la parte de arriba. Los suelos con mucha arena podrían no mantenerse juntos o no ser suficientemente fuertes como para servir de material de construcción.

El suelo se ha utilizado para material de construcción durante miles de años y todavía es uno de los más importantes. En regiones secas, las casas se construyen con ladrillos de adobe que duran cientos de años. El cemento y los ladrillos son comunes en todas partes. Tanto si se hacen bloques de cemento o de adobe, es importante entender la importancia de elegir los elementos adecuados en la mezcla de suelos.

## **Qué Hacer y Cómo Hacerlo**

### **Observación**

1. Pedir a los alumnos que examinen el suelo cuidadosamente utilizando sus ojos, manos y una lupa.

- Hacer una lista de las cosas que observen los estudiantes sobre el suelo. Por ejemplo, *tamaño diferente, forma, color de los gránulos, otros materiales como palos y hojas, contenido de polvo, peso, etc.*
- Preguntar a los alumnos si creen que el suelo sería diferente si todas las partículas fueran parecidas o si faltaran alguna de ellas.. ¿Qué tan diferente sería ?
- Comenzar con el cedazo de la malla más grande, y tamizar el suelo.
- Colocar lo que no atravesó el cedazo en un montón. Estas serán las partículas más grandes.
- Pedir al alumnado que examine los dos montones. ¿En qué se parecen y en qué se diferencian? ¿Pueden encontrar razones para explicar por qué partículas de diferentes tamaños pueden ser útiles para diferentes cosas?
- Recoger el suelo que atravesó el cedazo y tamizarlo a través de un tamiz con un agujero de malla más pequeño.
- Mantener lo que no atravesó el cedazo separado, y continuar tamizando con mallas más pequeñas. Los alumnos tendrán ahora distintos montones de suelo separados según el tamaño de las partículas.
- Pedir a los alumnos que identifiquen palabras que describen los diferentes montones de suelo que tienen. Identificar el concepto de partículas de suelo: arena, limo y arcilla. Las palabras pueden incluir las siguientes: polvo, *rugoso, fino, polvoriento, etc.*

### Experimentación

- Debatir con los alumnos la importancia del suelo como un material para la construcción. Pedir al alumnado que identifique cosas que han sido construidas con suelo, por ejemplo: *aceras de cemento, edificios de ladrillos.*
- Los estudiantes deberán describir cómo pueden fabricar un ladrillo con el suelo que tienen.
- Pedir al alumnado que describa las características de un molde de barro o un ladrillo. Por ejemplo: *dureza, grietas, resistencia a la rotura o al agua etc.*
- Pedir a los alumnos que adivinen qué montón de suelo hará el mejor molde de barro o el mejor ladrillo. ¿Por qué han elegido uno u otro? ¿Qué le pasará a cada montón cuando se añada agua?

- El alumnado deberá hacer una masa de barro o ladrillos utilizando el suelo de cada montón y añadiendo agua para moldear con las manos, o ponerlo en un molde como, por ejemplo, una cubitera vieja de hielos.
- Dejar secar al sol o en un sitio cálido
- Pedir a los alumnos que hagan pruebas con la masa de barro o los ladrillos para ver su dureza, las grietas, suavidad, etc.

### Más desafíos

- Desafiar a los estudiantes a crear el perfecto molde de barro o un ladrillo mediante la combinación de las diferentes cantidades de partículas de suelos que ellos han tamizado. Puede que haga falta más arena, arcilla o materia orgánica, sobre todo si la tierra original no contenía gran cantidad de alguno de estos elementos. Los alumnos deberán medir o pesar los diferentes ingredientes y escribir una “receta” para así poder compararla con otros alumnos o bien volver a repetir su creación.
- Los alumnos mayores pueden incluir el porcentaje de cada componente del suelo en su receta.

### Investigaciones Posteriores

- ¿Qué ocurre cuando los ladrillos secos se humedecen? Averiguen cómo se protegen las casas de adobe de la lluvia
- Examinar un trozo de un ladrillo roto. ¿Qué elementos del suelo se pueden identificar? ¿Por qué los ladrillos son resistentes al agua?

### Evaluación

El alumnado deberá observar los suelos que hay alrededor de su centro o en su sitio de estudio. Se les preguntará cómo pueden determinar qué áreas tienen más arcilla o más arena.

Receta	Cantidad
<b>Ingredientes:</b>	
<i>arcilla (partículas de menor tamaño)</i>	
<i>limo (partículas de tamaño medio)</i>	
<i>arena (particular de mayor tamaño)</i>	
<i>otros</i>	
<i>otros</i>	

# El Suelo y mi Patio



## **Objetivo General**

Explorar el suelo y sus propiedades

## **Visión general**

Los estudiantes descubren la diversidad de los suelos, estudian la relación entre los suelos y los factores que los forman y vinculan las Investigaciones GLOBE de Suelo con su ambiente local. El alumnado utiliza muestras de suelo de sus alrededores para identificar las propiedades que los caracterizan. Comparan y contrastan sus muestras con las de sus compañeros. En clase los alumnos describen la relación entre las propiedades de sus suelos con el método y el lugar de donde extrajeron sus muestras. Los estudiantes mayores hacen un esquema para clasificar los suelos.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado será capaz de describir los suelos.  
El alumnado será capaz de diferenciar los suelos de acuerdo a sus propiedades físicas.

## **Conceptos de Ciencias**

### *Ciencias de la Tierra y el Espacio*

Los materiales de la Tierra son rocas sólidas, suelo, agua, biota, y gases de la atmósfera. Los suelos tiene propiedades como el color, la textura, la estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad, todo ello ayuda al crecimiento de muchos tipos de plantas.

La superficie de la Tierra cambia.

Los suelos frecuentemente se encuentran en estratos, cada uno con diferente composición y textura.

Los suelos están formados por minerales (menos de 2 mm), materia orgánica, aire, y agua.

El agua circula por el suelo cambiando las propiedades tanto del suelo como del agua.

## **Habilidades de Investigación Científica**

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y conducir una investigación.

Usar instrumentos y técnicas apropiadas

Usar técnicas y herramientas apropiadas incluyendo cálculos matemáticos, análisis, e interpretación de datos.

Desarrollar descripciones, explicaciones, predicciones y modelos usando evidencias.

Comunicar los procedimientos y explicaciones

## **Tiempo**

Un periodo de clase para observar las propiedades del suelo y uno o dos periodos de clase para discutirlo.

Observar si los suelos se secan y cambian, en ese caso será necesario un periodo de clase más.

## **Nivel**

Todos

## **Materiales y Herramientas**

Periódicos

1 bolsa de basura

Mapa local (topográfico o de carretera que abarque la zona del centro escolar)

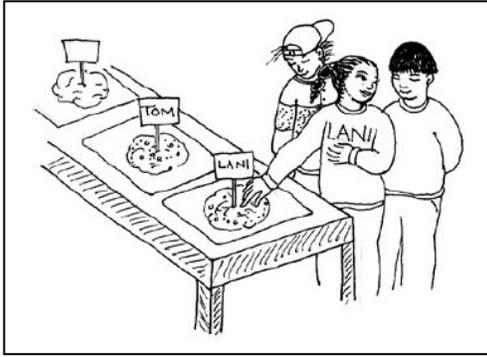
Una lupa

## **Preparación**

El día de la actividad, preparar una zona en la clase para observar los suelos. Por ejemplo, cubrir las mesas de laboratorio con periódicos. Si los alumnos necesitan secar sus muestras, necesitarán un lugar seguro donde puedan dejarlas varios días. Ver las instrucciones para el secado de los suelos en los *protocolos de suelos – Cómo Interpretar Sus Mediciones del Suelo*

## **Requisitos Previos**

Ninguno



### **Antecedentes**

Las propiedades del suelo varían dependiendo del lugar y la profundidad a la que se recogieron las muestras.

### **Qué Hacer y cómo Hacerlo**

Pedir a los estudiantes que establezcan una hipótesis sobre los diferentes tipos de suelo que puede haber en su vecindad. Necesitan tener conocimientos o experiencias previas para responder a la pregunta.

#### **Antes de la Clase**

Los estudiantes traerán muestras de suelo de su entorno, usando una bolsa de basura. Deben de documentar sus métodos de recogida (anotar el lugar de recogida de la muestra, la profundidad del suelo, la forma de almacenamiento, etc.) Para los alumnos más jóvenes se debería dar una clase del protocolo para la recogida de muestras, ya sea por medio de una puesta en común o facilitándoselo.

#### **Durante la clase**

1. En la clase, los alumnos deberán extender sus muestras y examinarlas atentamente. Anotar las observaciones sobre el suelo en el Cuaderno de Ciencias GLOBE.
2. A medida que el alumnado examina sus suelos, se les ayuda a pensar sobre lo que están observando, mediante preguntas como estas: ¿Qué propiedades observan? ¿Son los suelos

húmedos o secos? ¿Qué colores ven? ¿Pueden identificar los componentes (materia orgánica animal o vegetal, fragmentos de roca, arena, barro, etc.) ¿Cómo huele el suelo? ¿Cómo se diferencian las muestras del suelo seco de los suelos originales? ¿Existen diferencias dentro de una simple muestra de suelo? ¿Cómo el proceso de muestras afecta a lo que ves? ¿Cómo agruparías o clasificarías los suelos?

3. Cada alumno busca a otro en clase que tenga un suelo similar a su propio suelo. Anotar como se determinó que los suelos fuesen similares.
4. Cada alumno busca a otro en clase que tenga un suelo diferente a su propio suelo. Anotar como se determinó que los suelos fuesen diferentes.
5. En la clase hacer una lista de las diferentes características que los alumnos usaron para describir sus suelos. Agruparlos según las características. Usar palabras que describan las características similares tales como: color, el mismo tacto, número de raíces, etc.
6. Discutir qué factores podrían liderar las distintas características (cinco factores que forman los suelos, efectos de las muestras, etc.)
7. Pedir al alumnado que compare sus observaciones con sus hipótesis de los diferentes suelos que representan las muestras de clase.
8. Pedir al alumnado que reflexione acerca de cómo el conocimiento de las características del suelo ha ido cambiando de acuerdo a sus investigaciones. ¿Qué han aprendido? que sean muy específicos enumerando cosas como características del suelo la forma en la el suelo puede variar dentro de un área relativamente pequeña, etc.

### *Adaptaciones para el Alumnado más Joven y Mayor.*

Los estudiantes jóvenes deberán fijar la atención en hacer observaciones y comparaciones.

Los estudiantes mayores pueden profundizar más en la investigación por equipos o con toda la clase a través de los siguientes pasos:

Identificar fuentes donde encontrar más información (por ejemplo, informes del suelo del país, mapas de suelos, o cualquier otra información local)

Desarrollar un proceso estándar para tratar las muestras de suelo y que traigan una segunda muestra siguiendo el procedimiento hecho en clase. Comparar ambos conjuntos de muestras.

Desarrollar un esquema para clasificar los suelos en base a las propiedades.

Secar las muestras de suelos a diferentes tiempos y comparar las características físicas diferentes entre suelos con distintos grados de humedad.

Localizar y marcar en un mapa local los puntos de recogida de muestras y la distribución de los diferentes tipos de suelo.

### **Investigaciones posteriores**

Averiguar dónde hay una excavación en los alrededores y visitar el sitio, comparando lo que se puede observar allí con las características del suelo de su jardín.

**Recordar:** La seguridad debe ser siempre la mayor preocupación.

Seleccionar otro centro en un lugar del mundo conocido por alguna característica específica (por ejemplo, una estación lluviosa, vegetación muy densa, etc). Se debe seleccionar un centro que tenga una historia de envío de datos regular a GLOBE. El alumnado escribirá un mensaje, bien por correo ordinario o electrónico, describiendo su suelo y preguntándoles por la descripción del suyo. ¿Cómo se relacionan las diferencias en los climas (por ejemplo, los tipos de ciclos estacionales, los registros de temperatura, la cantidad de precipitación, los tipos de cobertura terrestre) en los suelos? Se compararán los resultados de los centros con los compañeros de GLOBE del propio centro y del otro.

Investigar qué tipo de suelo es el mejor para que puedan vivir las lombrices u otros animales que viven en tierra.

Desarrollar un esquema para agrupar (clasificar) suelos, basándose en las propiedades de estos.

Comparar el esquema de la clasificación con el de GLOBE (*ver Protocolo de Caracterización de Suelos.*) Los estudiantes deben comparar las propiedades del suelo que aparecen en el *Protocolo de Caracterización de Suelos* con las propiedades que han seleccionado para su esquema.

### **Evaluación del Alumnado**

Dar al alumnado muestras de un suelo desconocido. Dependiendo de sus habilidades, podrán:

Describir el suelo en su cuaderno de Ciencias GLOBE, utilizando tantos adjetivos como sea posible y cubriendo tantas características como puedan observar de las que se señalan en la *Guía de Campo del Protocolo de Caracterización de Suelos.*

Considerar las implicaciones de las características del suelo para explicar su historia y localización.

# Una Visión de Campo del Suelo: Cavar en los Alrededores



## **Objetivo General**

Comprender que las variaciones en el paisaje pueden afectar a las propiedades del suelo.

## **Visión General**

El alumnado investigará las variaciones en los suelos alrededor de su centro para descubrir que las propiedades del suelo, como la humedad, temperatura, color y textura muestran una variedad considerable en un sólo paisaje. También identificarán factores como la pendiente, la sombra que recibe, las plantas y si es compacto o no, lo que afecta la apariencia del suelo y su habilidad para mantener la humedad.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado podrá caracterizar los suelos

El alumnado podrá relacionar los cinco factores que forman el suelo con las propiedades del mismo.

## **Conceptos de Ciencias**

Los materiales de la tierra son rocas sólidas, suelo, agua, biota y los gases de la atmósfera. El suelo tiene propiedades de color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad; además sostiene el crecimiento de muchos tipos de plantas.

La superficie de la Tierra varía.

Solemos encontrar los suelos en forma de estratos, y cada uno de ellos tiene una composición química y textura diferente.

El suelo está compuesto de minerales (menos de 2 mm), materia orgánica, aire y agua. El agua circula a través del suelo cambiando las propiedades tanto del suelo como del agua.

## **Habilidades de Investigación Científica**

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir una investigación.

Utilizar las herramientas y técnicas apropiadas, incluyendo las matemáticas para recoger, analizar e interpretar los datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones, predicciones y modelos utilizando las evidencias.

Informar de los procedimientos y explicaciones

## **Tiempo**

Dos clases. La primera de ellas para el viaje al campo, la segunda para discutir las conclusiones y las relaciones causales.

## **Nivel**

Todos

## **Materiales y Herramientas**

Una pequeña pala de GLOBE

Cuaderno de Ciencias GLOBE

## **Requisitos Previos**

Ninguno

## **Información Previa**

### **Factores que Afectan a las Propiedades del Suelo**

El suelo es único en cada lugar de la Tierra. Lo que hace que cada suelo sea único es la forma en la que los cinco componentes que forman el suelo se combinan juntos en cada sitio en concreto. Estos cinco factores son 1. Materia original con la que se forma el suelo, 2. La posición donde se encuentra el suelo en el paisaje (o la topografía del sitio de estudio), 3. Los tipos de plantas y animales que viven en ese suelo, 4. El clima del área donde se ha formado el suelo, y 5. La cantidad de tiempo que han estado interactuando

los otros 4 factores. Al mirar alrededor del sitio de estudio, se puede uno dar cuenta de cómo los efectos de los 5 factores del suelo son diferentes en cada parte del sitio de estudio.

Algunas de las propiedades sobre las que se observan cambios de un suelo a otro son las siguientes:

- El color
- El tipo y cantidad de vegetación en la superficie del suelo
- La cantidad de raíces en la superficie del suelo
- La forma de las partículas de suelos (denominada estructura del suelo)

- El tacto del suelo (denominado textura del suelo)
- La cantidad y tamaño de las rocas en el suelo
- El número de lombrices de tierra u otros animales en el suelo
- La temperatura y humedad del suelo (el suelo mojado se notará pegajoso y estará en trozos, el suelo húmedo estará mojado y frío, y el suelo seco da la impresión de que no contiene nada de agua.

### *Factores que Afectan a la Humedad del Suelo*

Como cada suelo es único, cada uno tendrá también una cierta cantidad de agua. La cantidad de agua contenida en el suelo depende de muchas cosas. Entre ellas está la velocidad a la que el agua (lluvia, nieve, aguanieve, etc) entra (se infiltra) en el suelo y fluye sobre él, la temperatura, y las plantas. Si el suelo está muy compacto, como en un sendero muy transitado, el agua no podrá introducirse en el terreno tan fácilmente como en áreas menos transitadas. La naturaleza puede incrementar la escorrentía en ciertas áreas. Por ejemplo, en climas secos, el "pavimento desértico" (pequeñas rocas encajadas en la arena como en un suelo de baldosas) aumentará la escorrentía.

El viento y el agua ayudarán a formar costras en algunos suelos que evitarán la infiltración del agua. Las laderas también incrementarán la velocidad en la que corre el agua arrastrando el suelo. La lluvia desaparecerá pronto en una pendiente brusca, pero se acumulará en forma de charcos en los terrenos llanos. Las raíces de las plantas ayudarán a resquebrajar el suelo, creando un medio poroso que puede ser atravesado por el agua. Los suelos arenosos normalmente, dejan correr el agua más rápidamente que los suelos ricos en arcilla.

Se puede pensar que la variación entre las temperaturas del suelo es pequeña en el sitio de estudio. Sin embargo, puede haber una gran diferencia de un lugar a otro. La sombra provoca temperaturas más frías. La sombra no sólo se encuentra debajo de los árboles. También habrá temperaturas más bajas en la sombra de una roca o en un lado de una roca apartada de los rayos de sol. El suelo estará más seco en sitios cálidos, y húmedo en sitios más fríos y sombreados.

Las plantas pueden afectar también a la humedad del suelo, ya que proporcionan sombra. Además utilizan agua.

### **Qué hacer y Cómo hacerlo**

*Empezar preguntando lo siguiente:*

1. En el lugar del mundo en que vives, ¿qué lado recibe mayor cantidad de sol, el norte o el sur?
2. Si fueras a coger lombrices (u otros invertebrados que viven en el suelo), ¿dónde buscarías? ¿por qué buscarías ahí? Hay que recordar que los animales necesitan agua, aire y nutrientes que se encuentran en distintos suelos. En los suelos compactos, es más difícil que los animales sobrevivan.
3. ¿Parece que crecen más tipos de plantas en las pendientes o en los valles? ¿Por qué?

### *En el Sitio de Estudio*

1. Dividir la clase en grupos de 3 a 5 estudiantes. Cada grupo debe tener una pala pequeña o una paleta y el Cuaderno de Ciencias GLOBE.
2. Los grupos deben buscar las diferencias en las propiedades del suelo en diferentes emplazamientos del Sitio de Estudio, desenterrando una pequeña cantidad de suelo, mirándolo y sintiéndolo. Deberán registrar lo que encuentran en el Cuaderno de Ciencias de GLOBE.

Deberán anotar los tipos de plantas, la presencia de rocas, raíces y los animales del suelo (como las lombrices de tierra), si el suelo está duro o blando al cavar, las distancias entre los distintos elementos que forman el paisaje u otros elementos que vean. Ver la caja de los *Cinco Factores de Formación del Suelo (después de la Evaluación del Alumnado que se encuentra más abajo)*, para ver las preguntas guía. Los estudiantes deberán hacer una lista de las áreas que han investigado desde la más húmeda a la más seca. Hay que observar cómo la localización, el tipo de cobertura vegetal, la posición y otras cosas en el sitio de estudio afectan a la humedad.

### **Ampliaciones**

1. El alumnado puede realizar un croquis de las características del suelo de su Sitio de Estudio
2. Podrán diseñar un paisaje de su Sitio de Estudio. Si el Sitio se fuera a convertir en el jardín de alguien, ¿dónde se colocarían las plantas?

## Evaluación del Alumnado

### Preguntar al alumnado:

1. ¿En qué partes del sitio de estudio esperan encontrar suelos más parecidos? Hay que tener en cuenta regiones con factores similares en la formación de los suelos.
2. ¿Dónde estará localizado el suelo más típico de su área? Busca áreas grandes dentro de tu sitio de estudio que tengan características comunes.
3. ¿Qué aspectos del paisaje afectan a la humedad del suelo?
4. ¿Qué aspectos se deben considerar al elegir el sitio de estudio de la humedad del suelo en tu área?

### Los Cinco Factores en la Formación del Clima del Suelo:

¿Alguna parte del Sitio de Estudio es más sombría o soleada, más fría o cálida, más seca o húmeda? ¿Cómo pueden ser diferentes la temperatura y la humedad en un suelo arenoso que en uno arcilloso? ¿Cómo afecta esto al crecimiento de las plantas?

**Topografía:** ¿Hay diferentes pendientes en el Sitio de Estudio? ¿Hay áreas que se alzan o caen en pendiente? ¿Cuáles son los diferentes tipos de ubicaciones en el terreno (puntos más altos, media de las pendientes, áreas más bajas)? ¿Dónde están los lugares más altos y los más bajos?

**Plantas y animales:** ¿Cómo cambian los tipos de vegetación en el Sitio de Estudio? ¿Hay vida animal? ¿Qué tipo de insectos están presentes? ¿Qué uso humano tiene el Sitio de Estudio (como por ejemplo, si es un parque, un campo, un prado, césped, un bosque, una plantación, un área urbana)?

**Materia Original:** ¿De qué tipo de material está formado tu sitio de estudio? ¿Se ven rocas en la superficie que puedan dar alguna indicación? ¿Están estas rocas cerca de un arroyo por lo que han podido ser depositadas por el agua? ¿Han podido ser depositadas por el viento (como en una duna) o por la pendiente de una montaña, o por un glaciar o por un volcán? (Habrá que realizar una investigación para determinar la geología del área).

**Tiempo:** ¿Cuánto tiempo ha estado el Sitio de Estudio sin tocarse? ¿Hay mucho material orgánico en la superficie del suelo? ¿Hay pastos, árboles, cosechas y otras plantas que han crecido durante largo tiempo sin ser afectadas? ¿Ha habido edificios o construcciones recientes? Si es un campo, ¿ha habido inundaciones recientes u otras alteraciones naturales que hayan podido afectar a la formación del suelo?

# Suelos Como Esponjas: ¿Cuánta Agua Puede Contener un Suelo?

## **Objetivo General**

Dar a conocer al alumnado las mediciones gravimétricas del contenido de agua calculando la cantidad del agua en una esponja y en muestras de suelo; pesando las muestras antes y después de secarlas.

## **Visión General**

El alumnado determina la humedad en una esponja después de escurrirla y deja que el agua se evapore. También mide la cantidad de agua que se ha evaporado de las muestras de suelo.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado comprenderá que los objetos pueden almacenar una cantidad específica de agua que se puede determinar.

El alumnado será capaz de extrapolar este concepto al suelo pesando muestras de suelo húmedo y seco, y calculando la cantidad del agua contenida en el suelo.

## **Conceptos de Ciencias**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

Los componentes de la Tierra son rocas sólidas, suelo, agua, biota, y los gases de la atmósfera. Los suelos tienen propiedades como el color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad; y son el soporte de muchos tipos de plantas.

La superficie de la Tierra va cambiando.

Frecuentemente los suelos están dispuestos en capas, cada una con una composición química y una textura diferente.

Los suelos están formados por minerales (menores de 2 mm), materia orgánica, aire y agua.

El agua circula por el suelo modificando las propiedades tanto del suelo como del agua.

## **Habilidades de Investigación Científica**

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir una investigación.

Utilizar herramientas y técnicas apropiadas incluyendo las matemáticas para recoger, analizar e interpretar datos.

Describir y explicar, predecir y desarrollar modelos usando la evidencia.

Comunicar procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

Aproximadamente dos períodos de clase para las actividades iniciales de la esponja y del suelo; después 10-15 minutos por día durante 3 días aproximadamente, una vez que el material está seco.

## **Nivel**

Medio y secundario

## **Materiales y Herramientas**

Balanza

Varias esponjas con propiedades diferentes (por ejemplo el tamaño, la forma, el grosor, el tamaño de poro y el número de poros)

Muestras de suelo

Bandeja para colocar las esponjas y las muestras húmedas de suelo.

Papel milimetrado (para un nivel medio o avanzado)

## **Requisitos Previos**

Cnocimiento de fracciones, decimales y álgebra simple

## Antecedentes

Muchos objetos pueden almacenar agua. Para los seres vivos, esta agua es esencial para la supervivencia. En la Tierra, el suelo tiene la capacidad de almacenar cantidades importantes de agua que puede estar disponible para las plantas y animales que viven en y sobre el suelo. La humedad en el suelo también afecta al tiempo, al clima y al uso de la tierra. La comunidad científica utiliza los datos de humedad del suelo para predecir qué crecerá en un área, cómo cambiará el clima, cuándo puede haber inundaciones o sequías y cuál es el mejor uso del suelo en un determinado lugar.

Un modo de calcular la humedad del suelo es realizar una medición gravimétrica de una muestra de suelo. Gravimétrico significa encontrar el peso, o la fuerza de gravedad de un objeto. La masa es la cantidad de materia en un objeto (o la resistencia de un objeto a la aceleración). Para protocolos de suelo de GLOBE, se mide la masa más que el peso. La fórmula que describe la relación entre la masa y el peso es la siguiente:

agua se han evaporado del suelo, pero este resultado hay que normalizarlo, margen de error para el tamaño de la muestra recogida para la masa de suelo seco ( $90-30 = 60\text{g}$ , asumiendo la masa de la lata como  $30\text{g}$ ). Se puede calcular entonces la fracción  $10/60=0,167$ , que es una medición de cuánta agua contiene el suelo (contenido de agua). Como se utiliza una balanza, que depende de la gravedad, a este método para determinar la humedad del suelo, se le llama contenido de agua gravimétrico

Los cálculos del contenido de agua en el Suelo son fáciles de realizar, siempre y cuando las muestras se midan con precisión. Si el aire es muy seco, la evaporación sucede muy rápido. En un día muy caluroso y seco por ejemplo, una persona recién salida del agua se secará muy rápido. Las muestras de suelo se secarán al aire también muy rápido, si no se guardan en un recipiente hermético lo antes posible después de cogerlas.

GSM (Gravimetric Soil Moisture / Humedad Gravimétrica del Suelo) =

$$\frac{\text{Peso de humedad}}{\text{Peso de suelo seco}} = \frac{g \times \text{masa de humedad}}{g \times \text{masa de suelo seco}} = \frac{\text{masa de humedad}}{\text{masa de suelo seco}}$$

$g =$  constante de gravedad con un valor de  $9,81\text{m/segundo}^2$  en la superficie de la Tierra

Se observa que “g” se anula cuando la gravedad es la única fuerza implicada. Las unidades asociadas con la masa son kilogramos y gramos.

Al calcular el contenido de agua en el suelo, se determina la masa de agua contenida en el suelo. Para conseguir el valor absoluto de la masa del suelo, se mide la masa de una muestra de suelo, se seca, y luego se mide la masa del suelo seco. La diferencia de la masa del suelo húmedo y seco es el valor absoluto de la cantidad del agua inicial en la muestra. Como las muestras de suelo tienen propiedades diferentes y un contenido inicial de agua también diferente, se normaliza este resultado para calcular la cantidad relativa de humedad de suelo dividiendo el valor absoluto por la masa de la muestra seca. Por ejemplo, se podría desenterrar un puñado del suelo que tuviera una masa de 100 gramos. Después de secar la muestra, se pesaría de nuevo y se obtendría 90 gramos. Diez gramos de

La humedad del suelo está influida por muchos factores ambientales, tales como la temperatura, precipitación y el tipo de suelo, así como por características topográficas, como la altitud y la pendiente. La humedad del suelo es especialmente importante en la agricultura. La mayor parte del trabajo agrícola, como el arado y abonado, se realiza para mejorar las propiedades relacionadas con la humedad del suelo. Las terrazas se hacen en algunos lugares para prevenir mucha escorrentía, mientras que en otras zonas son rodeadas para evitar que el suelo permanezca muy húmedo. Diferentes cosechas requieren también diferentes cantidades de agua a lo largo del periodo de crecimiento. Comprender cómo cambia la humedad del suelo a lo largo del año ayuda al agricultor a decidir qué plantar y cuándo plantarlo. En esta actividad el alumnado mide la humedad del suelo en esponjas y suelos. Va realizando los experimentos en fases incrementando la dificultad:

### **Fase 1 — Escurriendo el Agua de la Esponja**

El alumnado pesa una esponja mojada, la escurre, después pesa la esponja seca y el agua que salió al escurrirla. Realizando esto, observan que una esponja mojada es igual a una esponja seca + agua. Escurrir es una manera muy inmediata y visible de liberar el agua.

### **Fase 2 — Evaporando Agua de las Esponjas**

El alumnado realiza la misma actividad de antes, pero dejando que se evapore el agua de la esponja durante horas o un día. Así puede comparar la masa de la esponja seca después de escurrirla y después de dejar que el agua se evapore, y así observar la efectividad de ambos métodos en eliminar toda el agua de la esponja. Se puede experimentar también si el agua evaporada difiere si se coloca la esponja en un lugar soleado o en un lugar frío o bajo otras condiciones.

### **Fase 3 — Midiendo la Humedad del Suelo**

El alumnado extrapola el concepto de secado por evaporación al suelo; dejando secar las muestras de suelo uno o dos días. Se mide la masa de suelo antes y después de secarlo para determinar el contenido de humedad. Se comparan varias muestras de suelo de tal forma que se obtenga una gama de valores habituales.

### **Fase 4 — Utilizando Visualizaciones GLOBE para la humedad del suelo a nivel mundial**

El alumnado utiliza visualizaciones de la página web de GLOBE para estudiar mapas que muestren la humedad del suelo en otras partes del mundo. Se discutirán las diferencias y esto dirigirá al alumnado a investigaciones posteriores.

## **Qué Hacer y Cómo Hacerlo**

### **Ejercicio Previo**

Hay que asegurarse de que el alumnado está familiarizado con el uso de la balanza y hay que dejarle que practique pesando objetos.

### **Fase 1 – Escurriendo el Agua de la Esponja**

1. Se sumerge una esponja en agua. Se pesa y se registra la masa húmeda. Se pregunta al alumnado cuánto cree que pesará cuando se seque. Se registran los valores estimados.

2. Se escurre la esponja y se pesa. Se registra la masa seca. Se discute con el alumnado sobre el valor estimado y el real.

3. Se pregunta al alumnado cuánta cantidad de agua había en la esponja y cómo la calcularían. Esta cantidad de agua = masa de la esponja mojada menos la masa de la esponja seca. Por ejemplo, 120 gramos de agua = 200 gramo de masa húmeda menos 80 gramos de masa seca.

4. Se repiten las mediciones con una esponja que tenga características diferentes (por ejemplo, diferente grosor, tamaño de poros, tamaño mayor, etc). Se estima qué esponja almacenará más agua y se discute el porqué.

En la discusión hay que asegurarse que el alumnado comprende el concepto de la capacidad de almacenar agua, y que esta capacidad puede diferir de un tipo de esponja a otro.

5. La medición del contenido de agua utilizando esta ecuación (masa de la esponja húmeda – masa de la esponja seca) es una medida absoluta del contenido de agua. Para encontrar la medida relativa del contenido de agua para poder comparar los resultados en los diferentes tipos de esponjas, se divide el valor absoluto entre la masa de la esponja seca utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido relativo de agua} = \frac{(\text{masa esponja húmeda} - \text{masa esponja seca})}{\text{masa de esponja seca}}$$

6. Para ampliar esta actividad, se pesa un recipiente vacío, se recoge el agua que sale al escurrir la esponja, y se pesa el recipiente y el agua. Se determina la masa del agua restando la masa del recipiente de la masa de recipiente y agua juntos. Se compara esta masa de agua obtenida con la calculada en la ecuación anterior.

### **Fase 2 – Evaporando Agua de las Esponjas**

1. Se pregunta al alumnado qué ocurrirá si se deja la esponja húmeda sobre una bandeja durante toda la noche sin escurrirla. Se discute el concepto de evaporación y las condiciones bajo las que la evaporación es más eficaz.

2. Se deja que el alumnado pese la esponja húmeda, registre la masa y deje la esponja en una bandeja en un lugar específico. Para ampliar esta actividad, se usan diferentes tipos de esponjas secándose en un mismo lugar, o se usa el mismo tipo de esponja pero diferentes lugares (por ejemplo, una ventana que da al sol, una esquina oscura, cerca de un horno, etc). Se dejan las esponjas expuestas hasta el siguiente día.

3. Una vez que las esponjas se hayan quedado expuestas un día, se pesan y se determina si se ha evaporado algo de agua.

4. Se calcula la cantidad relativa de agua que se ha evaporado de las esponjas utilizando esta ecuación:

Se comparan los resultados para cada una de las esponjas y en cada uno de los lugares. ¿Estos valores son diferentes a los obtenidos al escurrir las mismas esponjas? ¿Qué manera fue más efectiva para liberar el agua de la esponja? El experimento de evaporación se puede continuar esperando un día más y observando si se ha evaporado aún más agua.

5. La diferencia en la cantidad de agua en la esponja completamente mojada y en la esponja completamente seca es la capacidad de almacenamiento de agua. Se pregunta al alumnado cómo varía la capacidad de almacenamiento de agua en los diferentes tipos de esponjas y por qué es importante una capacidad mayor para una esponja o un objeto similar.

### **Deberes**

Se explica al alumnado que pronto estará midiendo cuánta agua puede almacenar un suelo. Se le pide que traiga una muestra de suelo en una bolsa de plástico pequeña, que cierre la bolsa herméticamente para conservar la humedad del suelo, (si no se dispone de suelo, se llevará tierra de una tienda de jardinería).

### **Fase 3 — Midiendo la humedad del suelo**

1. Después de realizar los experimentos de las esponjas, se pregunta al alumnado cómo calcularía la humedad de las muestras de suelo. Es importante que en sus respuestas aparezca un concepto central, que es que la humedad del suelo

$$\text{Agua evaporada relativa} = \frac{(\text{masa esponja húmeda} - \text{masa esponja actual})}{\text{masa esponja actual}}$$

se puede medir de una manera similar calculando la masa de suelo húmedo, secando el suelo, y calculando la masa seca de la misma forma que se hizo con las esponjas.

2. Se abren las bolsas de plástico y se pesa la muestra de suelo húmedo. Hay que tener en cuenta que después hay que restar la masa de la bolsa o del recipiente que se use. Después de registrar la masa del suelo húmedo, se colocan las muestras sobre un plato de cartón, periódico, o sobre otra superficie y se elige un lugar seguro para que se seque. Se elige un sitio donde se sequen rápido o también puede experimentarse con diferentes sitios.

3. Cuando las muestras están secas (basándose en el tacto), el alumnado pesa cada muestra de nuevo y calcula cuánta agua se ha evaporado utilizando la fórmula.

4. Ésta es la formula que se utiliza en el protocolo de humedad del suelo. Por ejemplo, si la masa de suelo húmedo es 100 gramos y la masa de suelo seco es 90 gramos, el contenido de agua absoluto será 10 gramos.

Para obtener el contenido de agua relativo para poder comparar las diferentes muestras, se divide la diferencia de la masa de suelo húmedo y la masa de suelo seco entre la masa de suelo seco (como en el paso anterior y en el apartado Antecedentes). El alumnado mide de esta forma el contenido de agua relativo en las muestras de suelo y compara los valores. El profesorado corrige los posibles errores que se hagan en los cálculos. Se discuten los diferentes valores y se explica el por qué de esa variedad de resultados. Para ello el alumnado observará las propiedades de los diferentes suelos (por ejemplo: color, textura) y eso le ayudará a comprender por qué hay un registro de valores tan variado. Es interesante comparar la cantidad de agua almacenada en el suelo con la cantidad de agua almacenada en la esponja. ¿Qué se puede deducir de esta comparación?

Alumnado intermedio y avanzado

En las actividades anteriores, los alumnos mayores pueden pesar el suelo cada hora, y después dibujar una gráfica que describa la velocidad de evaporación del agua e identificar si la línea resultante es constante (una línea recta) o no. El alumnado puede considerar también cómo otros factores, como el tiempo (humedad, viento, lluvia, nubes, sombra, intensidad solar), vegetación o uso del suelo pueden influir en la evaporación.

$$\text{Contenido relativo de agua} = \frac{(\text{masa suelo húmedo} - \text{masa suelo seco})}{\text{masa suelo seco}}$$

Este es el contenido de humedad del suelo.

Es interesante que el alumnado piense diferentes maneras de secar el suelo y cómo podría acelerar o ralentizar el proceso. Alguna idea podría ser: colocar el suelo al sol, con un abanico, en un horno de secado, en microondas; añadir sal a las muestras, cubrirlas con plástico, alumbrarlas con luz. El experimento se puede repetir basándose en esta discusión y comparación de resultados.

#### **Fase 4 — Utilizando Visualizaciones GLOBE para la Humedad del Suelo a Nivel Mundial**

##### *Alumnado Intermedio y Avanzado*

Esta actividad es apropiada para alumnos de nivel intermedio y avanzado que pueden manejarse con mapas y comprender los conceptos básicos de humedad del suelo.

1. Se utilizan los mapas de la página web del GLOBE que muestran el contenido de agua en todo el mundo, basándose en las mediciones de humedad, más recientes del alumnado.
2. Los datos del contenido de agua se pueden mostrar como valores o como cotas (con bandas de diferentes colores que correspondan cada valor determinado de contenido de agua).
3. El alumnado comparará sus propias mediciones de contenido de agua con los valores de contenido de agua de otros centros escolares de todo el mundo.
4. Hay muchos campos de investigación. A continuación se exponen algunos:
  - ¿Cuál es el registro de valores de contenido de agua por todo el mundo?
  - ¿Cuál es el valor más bajo? ¿y el más alto?
  - ¿Varía el valor a lo largo del tiempo? (para ello se examinarán gráficas del contenido de agua de otros meses)
  - ¿Qué influye en el contenido de agua en cada sitio?
  - ¿Cómo influyen las propiedades de un lugar en la humedad del suelo (por ejemplo. Suelos arenosos, limosos o arcillosos, suelos en zonas abruptas y diferentes posiciones en el paisaje, etc.)?
  - ¿Cómo se ven afectados los valores del contenido de agua con las condiciones climáticas actuales?

- ¿En qué se diferencia el contenido de humedad del suelo en el desierto, en la selva y en una zona agrícola?

- ¿Qué otras áreas tienen niveles de contenido de agua en el suelo similares al de su sitio?

5. Es interesante animar al alumnado a realizar otras investigaciones utilizando las visualizaciones de humedad del suelo del Programa GLOBE.

#### **Evaluación del Alumnado**

Se llevan varias muestras de suelo al centro escolar. El alumnado estimará, y después calculará el contenido de agua en el suelo del sitio seleccionado. El profesorado comprobará la coherencia de las estimaciones, y controlará que el alumnado realiza las investigaciones correctamente.

# El Suelo: El gran Descomponedor



## **Objetivo General**

Entender que el suelo, bajo diferentes condiciones ambientales, cambia su papel en la descomposición de la materia orgánica.

## **Visión General**

El alumnado utilizará experimentos “en frascos” para observar los cambios en la descomposición de los desperdicios de verduras.

El alumnado reproducirá una serie de variaciones de las condiciones de temperatura, humedad y luz para determinar las condiciones que facilitan la descomposición de la materia orgánica en el suelo.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado podrá identificar las condiciones del suelo que promueven la descomposición de la materia orgánica.

## **Conceptos de Ciencias**

### *Ciencias de la Tierra y del Espacio*

Los materiales de la tierra son rocas sólidas, suelo, agua, biota y los gases de la atmósfera. El suelo tiene propiedades de color, textura, estructura, consistencia, densidad, pH, fertilidad; además sostiene el crecimiento de muchos tipos de plantas. La superficie de la Tierra cambia.

Solemos encontrar los suelos en forma de estratos, y cada uno de ellos tiene una composición química y textura diferente.

El suelo está compuesto de minerales (menos de 2 mm), materia orgánica, aire y agua.

El agua circula a través del suelo cambiando las propiedades tanto del suelo como del agua.

### *Habilidades de Investigación Científica*

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir una investigación.

Utilizar las herramientas y técnicas apropiadas, incluyendo las matemáticas para recoger, analizar e interpretar los datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones, predicciones y modelos utilizando las evidencias.

Comunicar procedimientos y explicaciones

## **Tiempo**

El período de una clase para discutir y planificar el experimento, el período de una clase para montar el experimento, parte del período de una clase en intervalos diarios (o cualquier otro día) para registrar los resultados, y el período de una clase dos semanas después para observar y discutir los resultados finales. Sería conveniente dedicar más tiempo para trabajar en nuevas investigaciones.

## **Nivel**

Todos

## **Materiales y Herramientas**

12 botes de cristal, vasos de precipitación o botellas de plástico de 2 l (más para estudios adicionales)

Rotulador permanente o etiquetas

Suficiente suelo seco para añadir 10 cm en cada bote. Se utiliza el mismo (marga o suelo de maceta) en cada bote.

Suficientes verduras cortadas o trozos de frutas (zanahorias, pepinos, manzanas, etc) para añadir 2 ó 3 cm en cada bote (utilizar la misma mezcla de frutas o verduras en todos los botes). Otra fuente de materia orgánica incluye hojas (deshechas), hierba cortada, flores, etc. No se deben utilizar desechos de animales.

Probeta o jarra de medida para añadir la cantidad de agua especificada *Para Estudios Posteriores*.

Lombrices de tierra (recogidas en el suelo de la zona)

Suelos con texturas más arcillosas o más arenosas

## **Preparación**

Tener a mano suelos, frascos y trozos de verduras.

Pedir al alumnado que traiga trozos de verduras el día del experimento.

Localizar áreas en la clase que proporcionen distintas condiciones requeridas por el experimento (un lugar cálido y soleado; otro frío y soleado; uno cálido y sombrío, otro frío y sombrío).

## **Requisitos Previos**

Ninguno

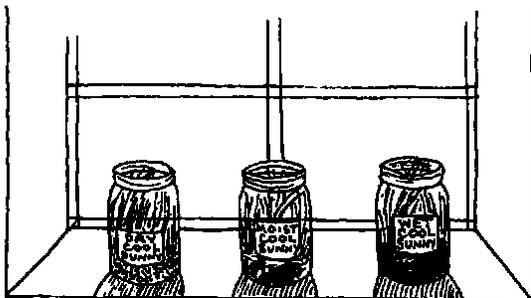
## Información Previa

La luz, la temperatura y el contenido de agua determinan en gran medida la velocidad de descomposición de la materia orgánica en el suelo. El suelo mantiene la humedad y el calor requerido por los microorganismos para desarrollarse y llevar a cabo el proceso de descomposición, cambiando los materiales orgánicos en materiales de suelo, llamados humus.

Los suelos tienen diferentes formas de mantener la humedad, el calor y de mantener a los organismos. Si el suelo está demasiado húmedo, demasiado seco o demasiado frío, la descomposición será más lenta. La energía del sol calienta el suelo y promueve la evaporación, afectando a la humedad del suelo. El alumnado deberá investigar qué condiciones contribuyen a una descomposición rápida de la materia orgánica en el suelo.

## Qué Hacer y Cómo Hacerlo

1. Colocar 12 botes o vasos de precipitado en la mesa. Etiquetar cada uno así:
  1. Seco, cálido, soleado
  2. Húmedo, cálido, soleado
  3. Mojado, cálido, soleado
  4. Seco, cálido, sombrío
  5. Húmedo, cálido, sombrío
  6. Mojado, frío, soleado
  7. Seco, frío, soleado
  8. Húmedo, frío, soleado
  9. Mojado, frío, soleado
  10. Seco, frío, sombrío
  11. Húmedo, frío, sombrío
  12. Mojado, frío, sombrío
2. Añadir las mismas cantidades de suelos (10 cm aproximadamente) en cada bote.
3. Añadir las mismas cantidades (2-3 cm aproximadamente) de verduras en cada bote y mezclar uniformemente el suelo y los materiales vegetales. Utilizar el mismo tipo de verduras en todos los botes.



4. En cada uno de los 4 botes marcados como “Mojado”, hay que saturar la mezcla con agua (hay que dejar que el agua cubra la superficie del suelo).
5. En cada uno de los 4 botes marcados como “Húmedo”, hay que humedecer la mezcla con agua.
6. Dejar la mezcla secar en los 4 botes marcados como “Seco”.
7. Situar un bote mojado, uno húmedo y uno seco en un sitio cálido que esté a la sombra (como se señala).
8. Situar un bote mojado, uno húmedo y uno seco en un sitio cálido que reciba algo del sol parte del día (como se señala).
9. Situar un bote mojado, uno húmedo y uno seco en un sitio frío a la sombra.
10. Situar un bote mojado, uno húmedo y uno seco en un sitio frío que reciba sol parte del día (como se señala).
11. Cubrir los botes pero dejar pequeños agujeros en la parte de arriba para que circule el aire.
12. Cualquier otro día, se empapan los suelos que están en las jarras marcadas como “mojadas” y se humedecen los suelos de los botes marcados como “húmedo”. Al mismo tiempo, se remueve la mezcla de suelo/ vegetación de cada bote.
13. Por un período de dos semanas, hay que observar los botes diariamente (o un día sí y otro no) y registrar las observaciones. Se anotarán los cambios en el contenido del agua y en las condiciones de la material orgánica.

Se discute con la clase cómo la luz, la temperatura, o el contenido del agua afecta a la cantidad de material orgánico que se queda en el suelo después de 2 semanas. ¿Qué botes (condiciones) muestran la mayor descomposición? ¿Qué botes muestran la menor descomposición? ¿Se pueden clasificar los botes de menor a mayor descomposición después de dos semanas? ¿Qué otros cambios se han observado en el suelo (como color, charcos, otros)?

Una vez que el alumnado ha discutido sobre sus observaciones, deberán diseñar su propio descomponedor utilizando cualquier combinación de las variables de investigación. Deberán justificar la elección de las condiciones y predecir cómo cada factor contribuye a la descomposición.

## **Adaptaciones para los Estudiantes más Pequeños y Mayores**

### *Para el Alumnado más Joven*

Reducir el número de botes a:

1. húmedo, mojado y seco (mismas condiciones de temperatura y luz), o
2. húmedo, cálido y húmedo, frío (en las mismas condiciones de luz)

Discutir qué climas del mundo tienen esas condiciones y compararlas con su área local.

### *Para el Alumnado Mayor*

Discutir y relacionar cómo la descomposición de la materia orgánica varía por todo el planeta. ¿Cuáles son las fuentes de materia orgánica en las diferentes áreas? ¿Cómo afecta el clima a la rapidez con que la materia orgánica se convierte en humus? Se debe pensar en cuáles son las razones por las que las condiciones climáticas promueven la descomposición de la materia orgánica y qué inhibirá la descomposición de la materia orgánica. ¿Cómo pueden diferir la descomposición del suelo tropical y la del suelo de un bosque septentrional?

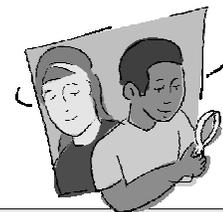
## **Investigaciones Posteriores**

Utilizando suelos en “óptimas condiciones” situar las lombrices de tierra en un bote y dejar un segundo bote sin lombrices. Observar y registrar la actividad de las lombrices, velocidad de descomposición, y las diferencias en las propiedades del suelo después de 2 semanas en los dos botes. También se puede crear un “criadero de lombrices” en un bote de cristal para observar el comportamiento de las lombrices, la descomposición y los cambios en el suelo durante un período largo de tiempo.

Se puede realizar un experimento parecido al anterior pero variando la textura del suelo. Se incluirán botes con suelo predominantemente arenoso o arcilloso y se observarán las diferencias como se ha hecho en el experimento anterior.

Pedir al alumnado que investigue acerca de la fabricación de abono orgánico.

# El Juego de los Datos



## **Objetivo General**

Aprender a estimar resultados de datos para minimizar los errores en las lecturas o registro de datos.

## **Visión General**

El alumnado participa en un juego en el que recoge datos utilizando varios instrumentos y cálculos y entonces intenta engañar a otros equipos que recogen datos, exagerando algunos de los números. Se hace primero esta actividad con datos que describen objetos de la clase, después con medidas de la humedad y, por último, con otros datos GLOBE.

## **Objetivos Didácticos**

El alumnado podrá reconocer la precisión de los datos.

El alumnado podrá analizar los datos atípicos de GLOBE y su precisión.

## **Habilidades de Investigación Científica**

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y conducir una investigación.

Utilizar las herramientas apropiadas y técnicas, incluyendo las matemáticas para ordenar, analizar e interpretar datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones, predicciones y modelos, utilizando las evidencias.

Comunicar procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

El período de una clase

## **Nivel**

Todos

## **Materiales y Herramientas**

*Para el alumnado más joven:*

Reglas

Cintas para medir

Jarras graduadas y cucharas de medir.

*Para el alumnado mayor:*

Instrumentos para medir:

a) Distancia

b) Volumen

c) Circunferencia

d) Peso

## **Requisitos Previos**

Ninguno

## **Antecedentes**

Los científicos confían en la precisión de los datos enviados por los centros. Sin embargo, hasta el observador más cuidadoso puede cometer errores al recoger datos y registrarlos. Es importante asegurarse de que los datos son lo más precisos posible. Una manera de evitar errores es que el alumnado evalúe en profundidad cualquier número que escriba. ¿Es razonable ese dato? ¿Es posible obtener ese valor? Según el alumnado se vaya familiarizando con las medidas que tomen sabrán más fácilmente qué valores esperar.

Hay dos elementos que los estudiantes necesitan para juzgar si el valor de sus datos es razonable. Primero, el alumnado tiene que comprender las unidades de medida: ¿A qué equivale un metro? ¿Qué cantidad de agua hay en un litro? ¿Cuánto pesa un litro de agua? Segundo, el alumnado necesita tener una idea del rango esperado de los datos del protocolo: ¿Cuáles son los valores más altos y más bajos que se pueden esperar de contenido de agua en un suelo? ¿y de temperatura del aire?

En esta actividad, el alumnado utilizará ambos elementos dentro de un juego. Trabjará en grupos

para recoger y registrar los datos. Después cambiará alguno de estos valores y hará que el resto de los estudiantes adivine cuáles son erróneos, basándose en si los valores de los datos son “razonables”.

Utilizar este criterio de “razonabilidad” es una habilidad fundamental ya que requiere por parte del alumnado, no sólo conocer qué valores se pueden esperar, sino también ser responsables de la precisión de los datos.

Debe enfatizarse que el alumnado debe recoger datos precisos que no sean esperables. La estimación de lo que es esperable ayudará al alumnado a reconocer cuándo los datos son inusuales y debe hacerse otra investigación.

### **Qué hacer y Cómo Hacerlo**

#### **Paso 1 — Estimación de los Datos de Objetos de la Clase**

1. Hay que dividir la clase en equipos de 4 estudiantes. Cada equipo tendrá instrumentos de medida y recogerá datos de la clase. Cada equipo debe recoger y registrar de 5 a 10 valores de objetos de la clase.

##### **Los alumnos principiantes pueden:**

- Contar el número de libros, baldosas, dedos, etc. de la clase.
- Medir la longitud de 10 libros, la clase, el perímetro de un pupitre, etc.
- Medir la cantidad de agua en un vaso, en el lavabo, etc.

##### **Los alumnos intermedios pueden:**

- Medir y añadir distancias (el tamaño de un pupitre y todos los de la clase).
- Calcular el tamaño de todos los libros de texto apilados.

##### **Los alumnos avanzados pueden:**

- Calcular los metros cuadrados, centímetros cúbicos, volumen y peso.

2. Ahora cada equipo “cambia” parte de sus datos exagerando los números. Por ejemplo, un cubo con un volumen de 10 cm debe cambiarse por 20 cm, o incluso 200 cm. Cuanto menos se exagera, mayor es el reto para el resto del alumnado (empezar con la

norma de exagerar por lo menos el doble la medida del valor)

3. Cada equipo pide turno para informar de sus datos. Los otros equipos deben adivinar si la información es precisa o no. Cada equipo que acierte obtiene un punto.
4. Después de que todos los equipos hayan pasado turno y hayan informado de los datos, el equipo con mayor puntuación gana.
5. Al final de la actividad, se discute el proceso de estimación, y el concepto de “razonabilidad”. Se puede repetir la actividad para ver si el alumnado ha mejorado.

#### **Paso 2 — Estimación de los Datos de Agua Contenida en el Suelo**

El alumnado aplicará el mismo concepto a la humedad de suelo (se puede jugar con cualquier tipo de datos). Se pueden utilizar los datos de humedad de suelos que el alumnado ha recogido como parte del protocolo, o los datos de humedad de suelos de las muestras que el alumnado ha recogido y ha traído de sus casas como parte de la actividad de aprendizaje: *Los Suelos como Esponjas: ¿Qué Cantidad de Agua Puede Retener el Suelo?*

Tal y como se describe arriba, en el Paso 1, los alumnos cambiarán algunos valores del contenido de agua en el suelo, y después otros alumnos adivinarán qué valores son exagerados. La puntuación se describe más arriba.

#### **Paso 3 — Utilizar Datos del Servidor de GLOBE**

1. El alumnado accederá al Servidor de Datos GLOBE para explorar los datos de contenido de agua en el suelo que se han recopilado en otros sitios GLOBE. Deben encontrar:
  - El registro de datos para cada profundidad.
  - El registro de datos de los centros cercanos.
  - El registro de datos de los centros que se encuentran en regiones áridas, bosques o praderas
  - Los valores más comunes.
2. Analizar los registros y los valores más comunes; el alumnado deberá reflexionar acerca de cómo esta información puede ayudarles a mejorar en el juego de datos.

3. Los alumnos volverán a jugar otra vez, utilizando los datos globales del Servidor de Datos GLOBE.
4. El profesorado analizará con el alumnado cómo este proceso – revisar primero las muestras de datos para tener una idea de qué esperar – es un paso esencial para estimar los valores y juzgar la “razonabilidad”.
5. Se puede repetir esta actividad con cualquier conjunto de datos de GLOBE.
6. Es también importante señalar que los datos anormales, a menudo llamados “atípicos”, no son necesariamente incorrectos, pero es necesario revisarlos cuidadosamente. Los datos atípicos, de hecho, son a menudo los datos más interesantes o importantes para otras investigaciones.
7. Si alguno de los valores del Servidor de Datos de GLOBE no parece correcto, el alumnado deberá enviar un correo electrónico GLOBE al centro que introdujo el dato, y preguntar a los estudiantes si hay razones para el valor inesperado o si deben tener más cuidado en la siguiente medida. También deberán enviar un correo electrónico al Grupo de Ayuda de GLOBE o a los Científicos.

### ***Adaptaciones para el Alumnado Intermedio y Avanzado***

Con el alumnado mayor, se puede probar la misma actividad con textura de suelos o color para identificar las variaciones en las propiedades que aparecen de un alumno a otro. Las diferencias entre la textura de suelo medida en el campo y la clase de textura determinada por el método de distribución de partículas por tamaño son también formas adecuadas de observar las diferencias en la misma medida de datos obtenidos con dos métodos distintos.

El alumnado puede realizar un gráfico con los datos (especialmente en el Paso 3) y después realizar un análisis del registro, de datos atípicos, de los valores medios, de los valores más comunes, y demás. Se puede discutir también por qué hay variaciones de un lado a otro en el conjunto global de datos. Esto supondrá un mayor conocimiento de un campo de la ciencia como es el suelo.

### ***Investigaciones posteriores***

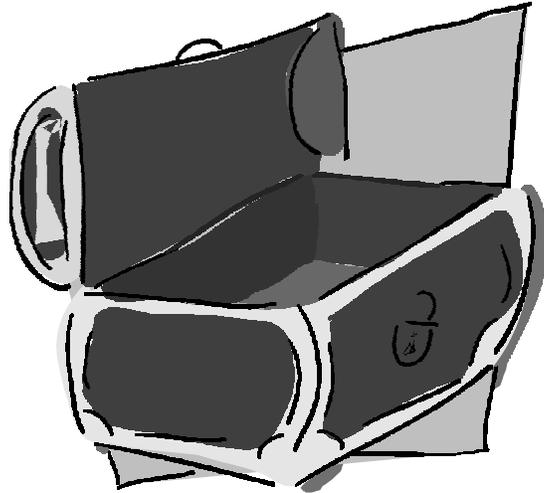
Siempre que el alumnado tenga problemas para saber cuáles son los valores típicos en un protocolo, se puede jugar con los datos. Hay que asegurarse de que, primero, se revisa el protocolo y los datos de la muestra para que tengan una base que les permita evaluar la razonabilidad.

Regularmente, hay que revisar el contenido de agua en el suelo, y otros datos enviados por otros centros para buscar errores o datos atípicos, y comunicarlos a los centros o al correo electrónico de GLOBE para discutir los valores no esperados.

### ***Evaluación del Alumnado***

Periódicamente, cuando el alumnado realice los protocolos GLOBE, uno de los estudiantes anunciará los valores a la clase, incluyendo un valor erróneo, para ver si el resto del alumnado nota el error. Se puede recompensar el reconocimiento del error con una estrella GLOBE u otra recompensa adecuada a la edad. Hay que asegurarse de que el error se corrige antes de que el alumnado envíe los datos a GLOBE.

# APÉNDICE



***Hoja de Definición del Sitio de Caracterización del Suelo***

***Hoja de Datos de Caracterización del Suelo***

***Hoja de Datos de Temperatura del Suelo***

***Hoja de Definición del Sitio de Humedad del Suelo***

***Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Patrón Estrella***

***Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Patrón Transecto***

***Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Perfil de Profundidad***

***Hoja de Datos de Densidad Absoluta***

***Hoja de Datos de Densidad de Partículas***

***Hoja de Datos de Distribución de Partículas por su Tamaño***

***Hoja de Datos de pH del Suelo***

***Hoja de Datos de Fertilidad del Suelo***

***Hoja de Datos de Calibración y Reinicio del Termómetro Digital Multi- Día del Suelo***

***Hoja de Datos del Termómetro Digital Multi – Día del Suelo***

***Hoja de Datos del Sensor Diario de Humedad del Suelo***

***Hoja de Datos de Calibración Bianual del Sensor de Humedad del Suelo***

***Hoja de Datos de Infiltración del Suelo***

***Triángulo de Textura***

***Glosario***

# Investigación de Suelos

## Hoja de Definición del Sitio de Caracterización del Suelo

Nombre del Sitio de Estudio: SCS- \_\_\_\_\_

**Ubicación:** Latitud: \_\_\_\_\_ °  N o  S    Longitud: \_\_\_\_\_ °  E o  O

Altitud: \_\_\_\_ metros    Pendiente: \_\_\_\_\_ °    Orientación: \_\_\_\_\_ °

Fuente de los datos de la ubicación (elija una):  GPS     Otra \_\_\_\_\_

**Método** (elija uno):

- Agujero
- Barrena
- Cercano a la Superficie

**Sitio de Caracterización del Suelo**

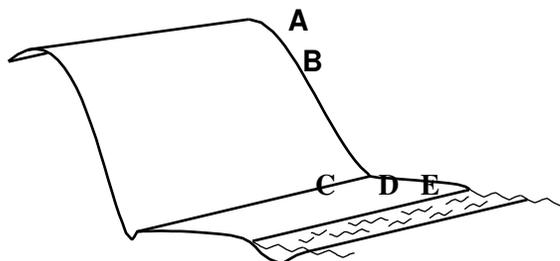
- en el recinto del centro escolar
- fuera del recinto del centro escolar

**Sitio de Ubicación** (elija uno):

- Cerca del Sitio de Estudio de Humedad del Suelo
- Cerca de los Sitios de Estudio de Humedad del Suelo y Atmósfera
- Cerca del Sitio de Estudio de Atmósfera
- En el Sitio de Estudio de Biología
- Otro \_\_\_\_\_

**Posición del Paisaje** (elegir una):

- A. Cima
- B. Pendiente
- C. Base
- D. Área plana extensa
- E. Ribera de un río



**Tipo de Cobertura:**

- Suelo desnudo
- Rocas
- Hierba
- Arbustos
- Árboles
- Otro \_\_\_\_\_

**Material Original:**

- Roca madre
- Materia orgánica
- Material de construcción
- Sedimentos marinos
- Depósitos de lago
- Depósitos de río (Aluvión)
- Depósitos (Loess)
- Depósitos de glaciares (Morrenas)
- Depósitos volcánicos
- Materiales sueltos en la pendiente
- Otro \_\_\_\_\_

**Uso de la Tierra:**

- Urbano
- Agrícola
- Recreo
- Salvaje
- Otro \_\_\_\_\_

Distancia de los objetos más grandes (más de 50 metros): \_\_\_\_\_

Otras características destacables de este Sitio: \_\_\_\_\_



# Investigación del Suelo

## Hoja de Datos de Temperatura del Suelo

Sitio de Estudio: \_\_\_\_\_

Nombre de quien toma/analiza/registra las muestras: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Termómetro de Suelo:                      Cuadrante \_\_\_\_ Digital \_\_\_\_ Otro \_\_\_\_

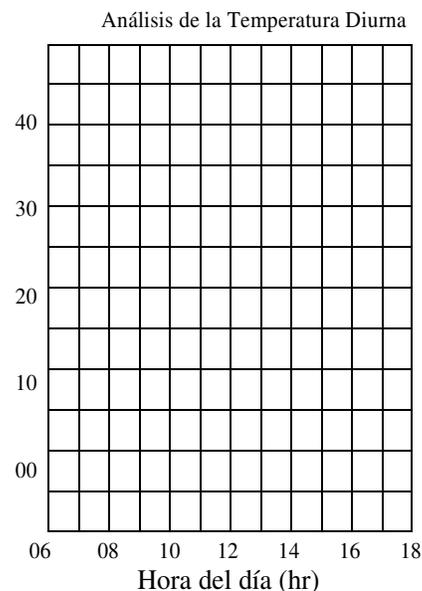
¿Ha caído precipitación en las últimas 24 horas?    Sí                      No

### Mediciones Diarias/Semanales

Hora de muestreo			Temperatura		
Nº.	(hr)	(min)	5 cm (° C)	10 cm (° C)	Aire (° C)
1	_____	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____	_____	_____

### Mediciones del Ciclo Diurno

Hora de muestro			Temperatura		
No.	(hr)	(min)	5 cm (° C)	10 cm (° C)	Aire (° C)
1	_____	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____	_____	_____
4	_____	_____	_____	_____	_____
5	_____	_____	_____	_____	_____
6	_____	_____	_____	_____	_____
7	_____	_____	_____	_____	_____
8	_____	_____	_____	_____	_____



Metadatos diarios/Comentarios: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# Investigación del Suelo

## Hoja de Definición del Sitio de Humedad del Suelo

Nombrar al sitio de estudio y describir detalladamente dónde está ubicado

Sitio de Estudio: \_\_\_\_\_

Direcciones: \_\_

Ubicación: Latitud: \_\_\_\_\_ °  N o  S Longitud: \_\_\_\_\_ °  E o  O

Altitud: \_\_ metros

Fuente de los datos de ubicación geográfica (elija una opción):  GPS  Otra \_\_\_\_\_

### Metadatos del Sitio (Comentarios)

Distancia al pluviómetro o la caseta meteorológica más cercanos: \_\_\_\_\_ m; Dirección \_\_\_\_\_

Distancia al Sitio de Caracterización del Suelo más cercano: \_\_\_\_\_ m; Dirección \_\_\_\_\_

### Estado del Sitio de Estudio de Humedad del Suelo:

Natural  Arado  Nivelado  Rellenado  Compactado  Otros \_\_\_\_\_

### Cobertura Superficial:

Suelo desnudo  Hierba (<10 cm)  Hierba (10 cm)  Otros \_\_\_\_\_

### Cobertura de Dosel:

Abierta  Cubierto por dosel \_\_\_\_\_

Árboles u otros elementos en un diámetro de 30 m:  No  Sí (describir tamaño) \_\_\_\_\_

### Caracterización del Suelo:

(Los datos de caracterización del suelo ayudan a comprender los datos de humedad del suelo. Si el sitio de humedad del suelo no corresponde con el sitio de caracterización del suelo, se recomienda completar los datos de caracterización del suelo para este sitio.)

	0-5 cm	10 cm	30 cm	60 cm	90 cm
Estructura					
Color					
Consistencia					
Textura					
Rocas					
Raíces					
Carbonatos					
Densidad absoluta					

### Distribución de Partículas del Suelo por Tamaño:

% Arena \_\_\_\_\_

% Limo \_\_\_\_\_

% Arcilla \_\_\_\_\_



# Investigación del Suelo

## Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Patrón Estrella

Sitio de Estudio: SMS-\_\_\_\_\_

Nombres de observadores: \_\_\_\_\_

Fecha de recogida de muestras: Año: \_\_\_\_\_ Mes: \_\_\_\_\_ Día: \_\_\_\_\_

Hora local: \_\_\_\_:\_\_\_\_ (Horas:Min) UT: \_\_\_\_:\_\_\_\_ (Horas:Min)

Condiciones actuales: ¿Está el suelo saturado?  Sí  No

Método de secado: (elegir uno)  Horno a 95-105° C  Horno a 75-95° C  Microondas

Tiempo medio de secado: Horas/minutos \_\_\_\_\_

Distancia en tiempo del centro de la estrella (opcional): \_\_\_\_\_ Distancia del centro de la estrella: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

---

---

---

### **Muestras Cercanas a la Superficie:**

		A	B	C	(A-B)/(B-C)
0-5 cm	Recipiente ID n°	Masa de suelo húmedo y recipiente (masa húmeda) (g)	Masa de suelo seco y recipiente (masa seca) (g)	Masa del recipiente vacío (g)	Contenido del agua en el suelo (resultado de cálculos) (g/g)
Muestra 1					
Muestra 2					
Muestra 3					

		A	B	C	(A-B)/(B-C)
10 cm	Recipiente ID n°	Masa de suelo húmedo y recipiente (masa húmeda) (g)	Masa de suelo seco y recipiente (masa seca) (g)	Masa del recipiente vacío (g)	Contenido del agua en el suelo (resultado de cálculos) (g/g)
Muestra 1					
Muestra 2					
Muestra 3					

# Investigación del Suelo

## Hoja de datos de Humedad del Suelo – Patrón Transecto

Sitio de Estudio: SMS-\_\_\_\_\_

Nombres de observadores: \_\_\_\_\_

Fecha de recogida de muestras: Año: \_\_\_\_\_ Mes: \_\_\_\_\_ Día: \_\_\_\_\_

Hora local: \_\_\_\_:\_\_\_\_ (Horas:Min) UT: \_\_\_\_:\_\_\_\_ (Horas:Min)

Condiciones actuales: ¿Está el suelo saturado?  Sí  No

Método de secado: (elegir uno)  Horno a 95-105° C  Horno a 75-95° C  Microondas

Tiempo medio de secado: Horas/minutos \_\_\_\_\_

### **Metadatos Diarios: (opcional)**

Longitud de la línea: \_\_\_\_\_ Orientación de la brújula: \_\_\_\_\_ Distancia de la caseta: \_\_\_\_\_ m

### **Direcciones:**

El transecto debe tener una longitud de 50m, y estar ubicado en un campo abierto. Las mediciones se realizan 12 veces al año en el intervalo que se elija. Se introducen los datos de las muestras recogidas entre 0-5 cm (10 muestras individuales y una muestra triple):

### **Observaciones:**

Número de muestra	Distancia del transecto (m) donde se recogieron las muestras extras	Recipiente ID n°	A	B	C	(A-B)/(B-C)
			Masa del suelo húmedo y recipiente (masa húmeda) (g)	Masa de suelo seco y recipiente (masa seca) (g)	Masa del recipiente vacío (g)	Contenido del agua del suelo (calculando) (g/g)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						

# Investigación del Suelo

## Hoja de Datos de Humedad del Suelo – Perfil de Profundidad

Sitio de Estudio: SMS-\_\_\_\_\_

Nombres de observadores: \_\_\_\_\_

Fecha de recogida de muestras: Año: \_\_\_\_\_ Mes: \_\_\_\_\_ Día: \_\_\_\_\_

Hora local: \_\_\_\_:\_\_\_\_ (Horas:Min) UT: \_\_\_\_:\_\_\_\_ (Horas:Min)

Condiciones actuales: ¿Está el suelo saturado?  Sí  No

Método de secado: (elegir uno)  Horno a 95-105° C  Horno a 75-95° C  Microondas

Tiempo medio de secado: Horas/minutos \_\_\_\_\_

Orientarse desde el centro de la Estrella (opcional):

Distancia del centro de la estrella:

Observaciones: \_\_\_\_\_

### Muestras de Profundidad:

		A	B	C	(A-B)/(B-C)
Profundidad de donde se saca la muestra	Recipiente ID N°	Masa del suelo húmedo y recipiente (masa húmeda) (g)	Masa de suelo seco y recipiente (masa seca) (g)	Masa del recipiente vacío (g)	Contenido del agua del suelo (calculando) (g/g)
0-5 cm					
10 cm					
30 cm					
60 cm					
90 cm					

# Investigación de Suelos

## Hoja de Datos de Densidad Absoluta

Nota: ¡Todas las mediciones se realizan sin la tapa del recipiente!

Fecha de recogida de muestras: Año \_\_\_\_ Mes \_\_\_\_\_ Día \_\_\_\_\_

Sitio de Estudio: SCS- \_\_\_\_\_

Número de Horizonte: \_\_\_\_\_, Profundidad de Horizonte: Superior \_\_\_\_\_ cm, inferior \_\_\_\_\_ cm

	Número de muestra		
	1	2	3
A Recipiente N°			
B Masa húmeda del suelo y recipiente (g)			
C Masa seca de suelo y recipiente (g)			
D Volumen de recipiente (ml)			
E Masa del recipiente (g)			
F Masa de rocas (g)			
G Volumen de agua sin rocas (ml)			
H Volumen de agua con rocas (ml)			
I Masa de suelo seco (g) = C- E			
J Volumen de rocas (ml) = H- G			
K Densidad absoluta (g/ml) = I- F /D- J			

# Investigación de Suelos

## Hoja de Datos de Densidad de Partículas

Nota: ¡Todas las mediciones se realizan sin la tapa del recipiente!

Fecha en la que el suelo se mezcla con agua: Año                      Mes                      Día

Sitio de Estudio:

Número de Horizonte:

¿Cómo se ha guardado la muestra desde que se sacó del horno?

Período de tiempo desde que la muestra se secó en el horno:

Otros comentarios: \_\_\_\_\_

		Número de muestra		
		1	2	3
Masa del frasco vacío (g)	(B abajo)			
Masa de suelo + frasco vacío (g)	(A abajo)			
Masa del agua + suelo + frasco (g)	(D abajo)			
Temperatura del Agua (°C)	(F abajo)			

### Hoja de Cálculo

		Número de muestra		
		1	2	3
A	Masa de suelo + frasco vacío (g)			
B	Masa del frasco vacío (g)			
C	Masa de suelo (g) (A – B)			
D	Masa del agua + suelo + frasco (g)			
E	Masa del agua (D – A)			
F	Temperatura del Agua (°C)			
G	Densidad del agua (g/ml) (aproximadamente 1,0)			
H	Volumen de agua (ml) (E/G)			
I	Volumen de suelo (ml) (100 ml – H)			
J	Densidad de partículas de suelo (g/ml) (C/I)			

# Investigación de Suelos

## Hoja de Datos de Distribución de Partículas del Suelo por Tamaño

Fecha de recogida de muestras: Año \_\_\_\_ Mes \_\_\_\_\_ Día \_\_\_\_\_

Sitio de Estudio: \_\_\_\_\_

Número de Horizonte: \_\_\_\_\_, Profundidad de Horizonte: Superior \_\_\_\_\_ cm, Inferior \_\_\_\_\_ cm

### ***Muestra Número 1***

Distancia entre la marca de 500 ml de la probeta y la base: \_\_\_\_\_ cm

Temperatura de Calibración del Hidrómetro: \_\_\_\_°C

A. Lectura del Hidrómetro a los 2 minutos: \_\_\_\_\_ C. Lectura del Hidrómetro a las 24 horas: \_\_\_\_\_

B. Temperatura a los 2 minutos: \_\_\_\_°C D. Temperatura a las 24 horas: \_\_\_\_°C

### ***Muestra Número 2***

Distancia entre la marca de 500 ml de la probeta y la base: \_\_\_\_\_ cm

Temperatura de Calibración del Hidrómetro: \_\_\_\_°C

A. Lectura del Hidrómetro a los 2 minutos: \_\_\_\_\_ C. Lectura del Hidrómetro a las 24 horas: \_\_\_\_\_

B. Temperatura a los 2 minutos: \_\_\_\_°C D. Temperatura a las 24 horas: \_\_\_\_°C

### ***Muestra Número 3***

Distancia entre la marca de 500 ml de la probeta y la base: \_\_\_\_\_ cm

Temperatura de Calibración del Hidrómetro: \_\_\_\_°C

A. Lectura del Hidrómetro a los 2 minutos: \_\_\_\_\_ C. Lectura del Hidrómetro a las 24 horas: \_\_\_\_\_

B. Temperatura a los 2 minutos: \_\_\_\_°C D. Temperatura a las 24 horas: \_\_\_\_°C

# Investigación de Suelos

## Hoja de Datos del pH del Suelo

Fecha de recogida de muestras: \_\_\_\_\_ Sitio de Estudio: \_\_\_\_\_

Número de Horizonte: \_\_\_\_\_, Profundidad de Horizonte: Superior \_\_\_\_\_ cm, inferior \_\_\_\_\_ cm

**Muestra número 1** – Método de medición de pH (elegir uno):  tiras de pH  pH-metro  
pH de la mezcla de agua y suelo

**Muestra número 2** – Método de medición de pH (elegir uno):  tiras de pH  pH-metro  
pH de la mezcla de agua y suelo

**Muestra número 3** – Método de medición de pH (elegir uno):  tiras de pH  pH-metro  
pH de la mezcla de agua y suelo

Número de Horizonte: \_\_\_\_\_, Profundidad de Horizonte: Superior \_\_\_\_\_ cm, inferior \_\_\_\_\_ cm

**Muestra número 1** – Método de medición de pH (elegir uno):  tiras de pH  pH-metro  
pH de la mezcla de agua y suelo

**Muestra número 2** – Método de medición de pH (elegir uno):  tiras de pH  pH-metro  
pH de la mezcla de agua y suelo

**Muestra número 3** – Método de medición de pH (elegir uno):  tiras de pH  pH-metro  
pH de la mezcla de agua y suelo

Número de Horizonte: \_\_\_\_\_, Profundidad de Horizonte: Superior \_\_\_\_\_ cm, inferior \_\_\_\_\_ cm

**Muestra número 1** – Método de medición de pH (elegir uno):  tiras de pH  pH-metro  
pH de la mezcla de agua y suelo

**Muestra número 2** – Método de medición de pH (elegir uno):  tiras de pH  pH-metro  
pH de la mezcla de agua y suelo

**Muestra número 3** – Método de medición de pH (elegir uno):  tiras de pH  pH-metro  
pH de la mezcla de agua y suelo

# Investigación de Suelos

## Hoja de Datos de Fertilidad

Fecha de recogida de muestras: \_\_\_\_\_ Sitio de Estudio: \_\_\_\_\_

Número de Horizonte: \_\_\_\_\_, Profundidad de Horizonte: Superior \_\_\_\_\_ cm, inferior \_\_\_\_\_ cm

### **Muestra Número 1**

### **Muestra número 2**

### **Muestra número 3**

**Nitrato (N):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Nitrato (N):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Nitrato (N):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Fósforo (P):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Fósforo (P):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Fósforo (P):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Potasio (K):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Potasio(K):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Potasio (K):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

Fecha de recogida de muestras: \_\_\_\_\_ Sitio de Estudio: \_\_\_\_\_

Número de Horizonte: \_\_\_\_\_, Profundidad de Horizonte: Superior \_\_\_\_\_ cm, inferior \_\_\_\_\_ cm

### **Muestra Número 1**

### **Muestra número 2**

### **Muestra número 3**

**Nitrato (N):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Nitrato (N):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Nitrato (N):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Fósforo (P):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Fósforo (P):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Fósforo (P):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Potasio (K):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Potasio(K):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Potasio (K):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

Fecha de recogida de muestras: \_\_\_\_\_ Sitio de Estudio: \_\_\_\_\_

Número de Horizonte: \_\_\_\_\_, Profundidad de Horizonte: Superior \_\_\_\_\_ cm, inferior \_\_\_\_\_ cm

### **Muestra Número 1**

### **Muestra número 2**

### **Muestra número 3**

**Nitrato (N):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Nitrato (N):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Nitrato (N):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Fósforo (P):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Fósforo (P):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Fósforo (P):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Potasio (K):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Potasio(K):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

**Potasio (K):**

Alto\_\_ Med\_\_ Bajo\_\_ Ninguno\_\_

# Investigación de Suelos

## Hoja de Datos Calibración y Reinicio del Termómetro Digital Multi-Día

Nombre del centro escolar: \_\_\_\_\_ Sitio de estudio: \_\_\_\_\_

Nombres de los observadores: \_\_\_\_\_

### Calibración

<i>Lecturas del Termómetro</i>						
Lectura Número	Fecha (aa/mm/dd)	Hora Local (hora:min)	Hora Universal (hora:min)	Lecturas del Termómetro de Calibración (°C)	Lecturas del Sensor Digital a 5 cm (°C)	Lecturas del Sensor Digital a 50 cm (°C)
1						
2						
3						
4						
5						

### Hora de Reinicio

Nota: El termómetro debe ponerse a cero solamente cuando se utiliza por primera vez, cuando se cambian las pilas, o bien si la hora del mediodía solar local difiere en más de una hora respecto de la hora de puesta a cero.

Fecha:                      Hora local (Hora:Min)                      Hora universal (Hora:Min)

¿La puesta a cero se debe al cambio de pilas? \_\_\_\_\_

### Comprobación del Sensor a 5 cm

<i>Lecturas del Termómetro</i>					
Lectura Número	Fecha (aa/mm/dd)	Hora Local (hora:min)	Hora Universal (hora:min)	Lecturas del Termómetro a 5 cm (°C)	Lecturas del Sensor Digital a 5 cm (°C)
1					
2					
3					
4					
5					

# Investigación de Suelos

## Hoja de Datos del Termómetro Digital Multi – Día del Suelo

Nombre del centro escolar: \_\_\_\_\_ Sitio de estudio: \_\_\_\_\_

Nombres de los observadores: \_\_\_\_\_

Fecha: año \_\_\_\_\_ Mes \_\_\_\_\_ Día \_\_\_\_\_

Hora local (Hora:Min) \_\_\_\_\_ Hora universal (Hora:Min) \_\_\_\_\_

Tu *Hora de Puesta a Cero* en hora universal (Hora:Min): \_\_

### **Temperaturas Actuales**

Temperatura del suelo a 5 cm (°C):

Temperatura del suelo a 50 cm (°C):

### **Temperaturas Máximas, Mínimas**

No leer el termómetro hasta que no pasen 5 minutos de la *puesta a cero*.

	Rótulo en la pantalla digital					
	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Temperatura Máxima a 5 cm (°C)						
Temperatura Mínima a 5 cm (°C)						
Temperatura Máxima a 50 cm (°C)						
Temperatura Mínima a 50 cm (°C)						
Si se lee el termómetro DESPUÉS de la <i>Hora de Reinicio</i> : corresponde al periodo de finalización de 24 horas	Hoy	Ayer	Hace dos días	Hace tres días	Hace cuatro días	Hace cinco días
Si se lee el termómetro ANTES de la <i>Hora de Reinicio</i> : corresponde al periodo de finalización de 24-horas	Ayer	Hace dos días	Hace tres días	Hace cuatro días	Hace cinco días	Hace seis días

# Investigación de Suelos

## Hoja de Datos del Sensor de Humedad del Suelo

Nombre del centro escolar: \_\_\_\_\_ Sitio de estudio: \_\_\_\_\_

Fecha en la que se comenzó a utilizar esta curva de calibración SWC (Contenido de Agua en el Suelo) curva de calibración: \_\_\_\_\_

Tipo del Sensor:  Watermark Block/Delmerhorst meter  Watermark Block/Irrrometer Watermark meter

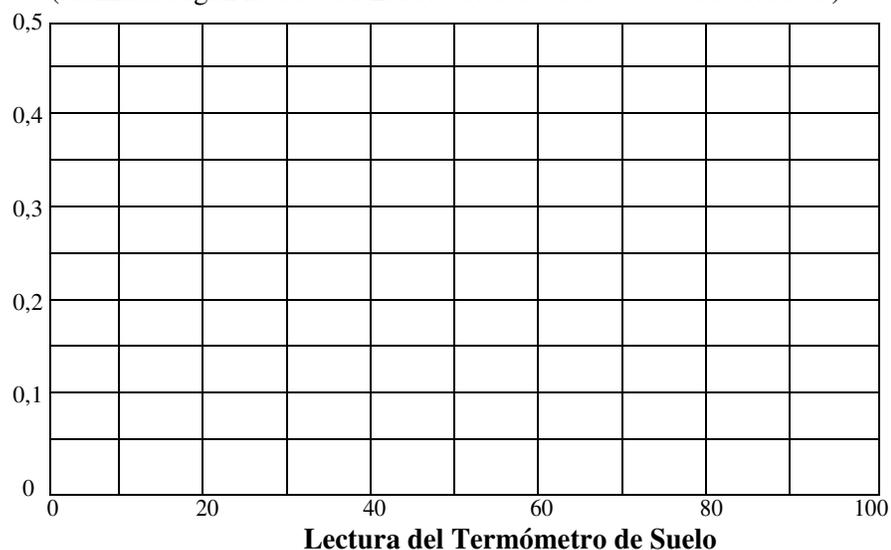
Watermark Block/Spectrum Watchdog (logger)  Otro

### Observaciones:

Medición				Nombres de los observadores	Lecturas del Termómetro de Humedad del Suelo				SWC de la Curva de Calibración			
Nº	Fecha	Hora (UT)	¿Está saturado? Sí o No		10 cm	30 cm	60 cm	90 cm	10 cm	30 cm	60 cm	90 cm
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

### Curva de Calibración

(realizada según la *Guía de Laboratorio de la Curva de Calibración*)



# Investigación de Suelos

## Hoja de Datos de Calibración Bianual del Sensor de Humedad de Suelo

Nombre del centro:

Sitio de Estudio:

Método de secado (marcar uno): Horno 95-105° C \_\_\_\_; Horno 75-95° C \_\_\_\_; Microondas: \_\_\_\_

Medida de Tiempo de Secado: \_\_\_\_ (horas ó minutos)

Profundidad (Marcar uno): 10 cm \_\_\_\_ 30 cm \_\_\_\_ 60 cm \_\_\_\_ 90 cm \_\_\_\_

### OBSERVACIONES:

	Medidas			Nombre de los observadores	Medidas						
	Fecha	Hora Local Horas:Min	Hora (UT)		A. Masa Húmeda	B. Masa seca (g)	Masa del Agua (A-B)	D. Masa de la Lata (g)	E: Masa del suelo Seco (B-D)	F. Conten ido de Agua en el Suelo (C/E)	G: Lectura de la Hume dad de Suelo
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

# Investigación de Suelos

## Hoja de Datos de Calibración Bianual del Sensor de Humedad de Suelo - Continuación

Nombre del centro:

Sitio de Estudio:

Profundidad (Marcar uno): 10 cm\_\_ 30 cm\_\_ 60 cm\_\_ 90 cm\_\_

### OBSERVACIONES:

	Medidas			Nombre de los observadores	Medidas						
	Fecha	Hora Local Horas:Min	Hora (UT)		A. Masa Húmeda	B. Masa seca (g)	Masa del Agua (A-B)	D. Masa de la Lata (g)	E: Masa del suelo Seco (B-D)	F. Conten- ido de Agua en el Suelo (C/E)	G: Lectura de la Hume- dad de Suelo
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

# Investigación de Suelos

## Hoja de Datos de Infiltración del Suelo

Nombre del Sitio: \_\_\_\_\_

Nombre de quien toma/analiza/registra las muestras: \_\_\_\_\_

Recogida de muestras

- fecha: \_\_\_\_\_
- hora: \_\_\_\_\_ (horas y minutos) elija una: UT \_\_\_\_ Local \_\_\_\_\_

Distancia del Sitio de Humedad del Suelo \_\_\_\_m

Número de serie: \_\_\_\_\_ Anchura de la banda de referencia: \_\_\_\_\_mm

Diámetro: cilindro interno: \_\_\_\_cm cilindro externo: \_\_\_\_cm

Altura de la banda de referencia sobre el nivel del suelo: Superior: \_\_\_\_\_mm Inferior : \_\_\_\_\_mm

### **Indicaciones:**

Se realizan tres series de mediciones de infiltración dentro de un área de 5 m de diámetro. Se usa una hoja de datos diferente para cada serie. Cada serie consiste en múltiples tomas de tiempo del mismo descenso del nivel de agua hasta que la velocidad de flujo sea constante o bien, hayan pasado 45 minutos. Se registran los datos en la tabla inferior para una serie de mediciones.

Los datos de la tabla ayudan a calcular la velocidad de flujo.

Para el análisis de datos observar la velocidad de flujo (F) frente al tiempo del punto medio (D).

### **Observaciones:**

	<b>A.</b> <b>Inicio</b>	<b>B.</b> <b>Final</b>	<b>C.</b> <b>Intervalo</b> <b>(min)</b>	<b>D.</b> <b>Punto</b> <b>Medio</b> <b>(min)</b>	<b>E.</b> <b>Cambio de</b> <b>Nivel del agua</b> <b>(mm)</b>	<b>F.</b> <b>Velocidad</b> <b>Flujo</b> <b>(mm/min)</b>
	<b>(min) (seg)</b>	<b>(min) (seg)</b>	<b>(B -A)</b>	<b>(A+C/2)</b>		<b>(E/C)</b>
1	_____	_____	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____	_____	_____	_____
4	_____	_____	_____	_____	_____	_____
5	_____	_____	_____	_____	_____	_____
6	_____	_____	_____	_____	_____	_____
7	_____	_____	_____	_____	_____	_____
8	_____	_____	_____	_____	_____	_____
9	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Contenido de agua en suelo saturado bajo el infiltrómetro después del experimento:

A. Peso húmedo: \_\_\_\_ g      B. Peso seco: \_\_\_\_\_ g      C. Peso del agua (A-B): \_\_\_\_ g

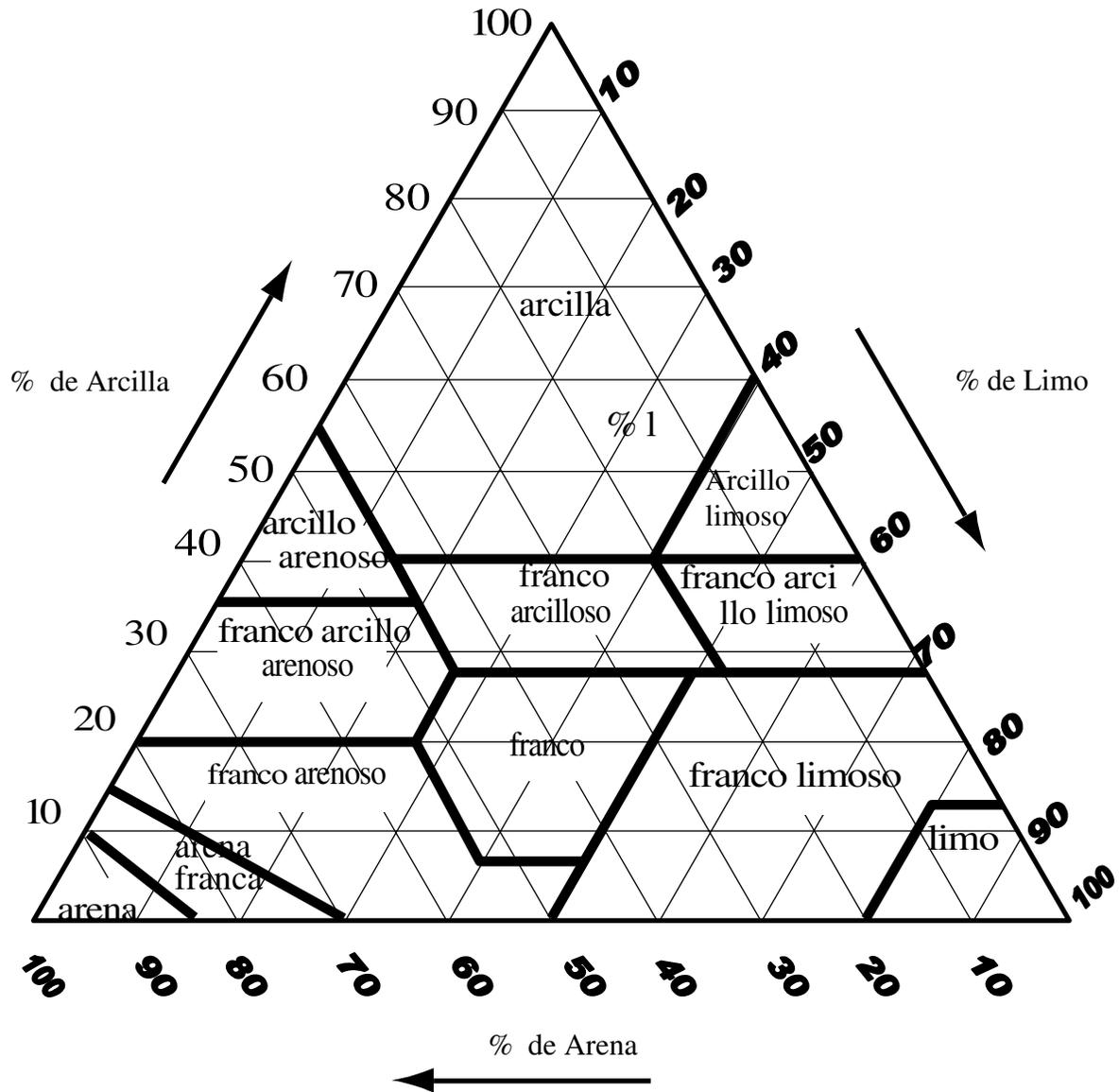
D. Peso del recipiente: \_\_\_\_ g      E. Peso del suelo seco (B-D): \_\_\_\_ g

F. Contenido de agua en el suelo (C/E)

Metadatos/Comentarios diarios: (opcional) \_\_\_\_\_

# Investigación de Suelos

## Triángulo de Textura 3



# Glosario

## **Agua subterránea**

Agua almacenada bajo la tierra en una zona saturada de rocas, arena, grava u otro material.

## **Arena**

Partícula mineral entre 0,05 y 2,0 mm de tamaño, al tacto se siente áspera.

## **Arcilla**

Una partícula mineral de tamaño  $<0,002$  mm que se pega a los dedos cuando está húmeda.

## **Capacidad calorífica**

Cantidad de calor necesario para aumentar un grado la temperatura de una unidad de volumen de suelo.

## **Carbonatos libres**

Compuestos de Carbonato que forman capas en el suelo y reaccionan con un ácido, como el vinagre, formando dióxido de carbono.

## **Chroma**

En referencia al color, nivel de saturación del color.

## **Ciclo diurno**

Ciclo diario, período de repetición de 24 horas. Todos los procesos que dependen del sol son diurnos. Las mareas, sin embargo, repiten su ciclo dos veces al día.

## **Color (cromo)**

Color específico que se diferencia de los otros colores en la rueda de colores.

## **Concreciones**

Masa de compuesto químico, como óxido de hierro o carbonato cálcico, que se puede separar del suelo de forma intacta.

## **Consistencia**

Describe cual fácil o difícil resulta romper un terrón de suelo al ejercer una presión sobre él.

## **Contenido de agua en el suelo (SWC)**

Medida de cuánta agua hay en los poros del suelo. Concretamente es la proporción de masa de agua respecto a la de suelo seco.

## **Crioturbación**

Proceso de hielo, deshielo y deslizamiento de un suelo.

## **Densidad absoluta**

Masa de suelo seco por unidad de volumen (expresada en GLOBE como gramos por centímetro cúbico).

## **Densidad de partículas**

Masa por unidad de volumen de partículas del suelo, excluyendo el espacio poroso.

## **Distribución de partículas por tamaño**

Cantidad (porcentaje) de partículas de arena, limo y arcilla en una muestra de suelo.

## **Efervescencia**

Acción de burbujeo que se produce cuando sale un gas de un líquido, por ejemplo, el dióxido de carbono resultante de la reacción de las capas de carbonato con un ácido como el vinagre.

## **Eluviación**

Desplazamiento de minerales de un horizonte a otro inferior donde se depositan.

## **Erosión**

Eliminación y desplazamiento de minerales del suelo por acción del agua, viento, hielo o gravedad, así como por la actividad humana tales como la agricultura o la construcción.

## **Erosión eólica**

Erosión de la superficie terrestre por el viento que causa el desprendimiento y desplazamiento del suelo.

## **Erosión hídrica**

Erosión de la superficie terrestre por el agua que causa el desprendimiento y desplazamiento de suelo.

## **Escorrentía**

Agua que fluye por la superficie terrestre sin infiltrarse.

## **Estructura**

Forma que adquieren las unidades del suelo (terrones) de forma natural en un horizonte. Algunas estructuras posibles son granular, en bloque, prismática, columnar, plana. Los suelos pueden carecer de estructura si no se forman terrones. En este caso son una masa compacta (masiva) o bien, partículas individuales (grano suelto).

**Estructura columnar**

Tipo de estructura de suelo en la que los terrones de suelo tienen forma de columna con la parte superior redondeada. Se encuentra en regiones áridas y los terrones suelen oscilar entre 1 y 10 cm de largo.

**Estructura en bloque**

Terrones de suelo irregulares tipo bloque, normalmente de 0,5 cm a 5,0 cm de diámetro.

**Estructura granular**

Terrones de suelo redondeados, similares a migas de galletas, normalmente de tamaño inferior a 1.0 cm de diámetro.

**Estructura masiva**

Suelo sin estructura en el que las partículas de suelo están pegadas unas con otras y no se pueden distinguir terrones.

**Estructura plana**

Terrones de suelo aplanados.

**Estructura prismática**

Tipo de estructura de suelo en la que los terrones tienen forma de prisma, generalmente entre 1,0 – 10,0 cm.

**Estructura suelta**

Suelo sin estructura en el que se puede diferenciar los granos sueltos en el suelo (no hay terrones).

**Extremadamente firme o dura**

Tipo de consistencia de un suelo con la que se requiere mucha fuerza para romper un terrón de suelo (es necesario utilizar un martillo o herramienta similar).

**Evaporación**

El agua en la superficie de la Tierra o en el suelo absorbe calor del sol hasta que cambia su estado líquido en gas y pasa a formar parte de la atmósfera.

**Faz (Face)**

Sección o perfil de suelo expuesto.

**Fertilidad**

Habilidad del suelo para contener elementos y compuestos necesarios para las plantas.

**Firme**

Tipo de consistencia con la que se requiere algo de fuerza para romper el terrón.

**Frágil**

Tipo de consistencia con la que el terrón de suelo se rompe fácilmente con muy poca presión.

**Franco**

Suelo que contiene aproximadamente las mismas cantidades de partículas de arena, limo y de arcilla.

**Gravimétrico**

Análisis de la humedad del suelo que se basa en pesar el suelo húmedo y seco y determinar la diferencia.

**Harinoso**

Suave, como polvos.

**Hidrómetro**

Instrumento basado en los principios de flotabilidad que se utiliza para medir la gravedad específica de un líquido que contiene partículas de suelo suspendidas en relación a la gravedad específica de agua pura a una temperatura.

**Hielo-deshielo (Gelifracción)**

Rotura mecánica de las rocas producida por la expansión del agua congelada en las grietas.

**Hojarasca**

Cobertura del suelo de un bosque, compuesta por hojas, acículas, ramitas, ramas, tallos, o frutos procedentes de los árboles circundantes.

**Horizonte**

Capa individual del suelo que tiene sus propias características (tales como color, estructura, textura, u otras propiedades) que le hacen diferente de las otras capas del perfil.

**Humus**

Parte del perfil de suelo que se compone de materia orgánica de restos de plantas y animales muertos, normalmente tiene un color oscuro.

**Luviación**

Depósito de materiales transportados por el agua de un horizonte a otro a través del suelo (tales como arcilla o nutrientes).

**Infiltración**

Penetración de agua hacia el interior del suelo.

**In situ**

Localización física de un sitio determinado.

**Limo**

Partícula mineral entre 0,002 y 0,05 mm de tamaño. Al tacto se siente harinosa y suave.

**Litosfera**

La capa externa de suelo y roca de un planeta se llama litosfera según la palabra griega “lithos” que significa “piedra”.

**Lixiviación**

Eliminación de material soluble del suelo por el movimiento del agua a través de él.

**Loess**

Sedimento fino transportado por el viento.

**Manchas/ vetas**

Manchas en el suelo de diferentes colores intercaladas en el color principal del suelo, normalmente indican drenaje pobre.

**Materia orgánica**

Materia vegetal y animal descompuesta añadida al suelo formando parte del perfil del suelo. Si se descompone completamente y se incorpora al suelo, la materia orgánica se convierte en una sustancia negra, húmeda, rica en nutrientes llamada humus y la materia vegetal y animal de la que se formó ya no se puede reconocer.

**Metadatos/Comentarios**

Datos acerca de los datos. Metadatos de la humedad del suelo sería la descripción de la cobertura vegetal y posibles fuentes de agua para así poder hacer una interpretación más adecuada.

**Morrena**

Sedimento depositado de un glaciar.

**Pedósfera**

Fina capa externa de la Tierra compuesta por suelo. La pedósfera actúa como integrador entre atmósfera, biosfera, litosfera e hidrosfera.

**pH**

Medida de la acidez del suelo.

**Perfil**

La “faz” del suelo al hacer un corte vertical en la que se ven cada uno de los horizontes y las diferentes propiedades según la profundidad.

**Perfil de suelo**

La “faz” del suelo al hacer un corte vertical en la que se ven cada uno de los horizontes y las diferentes propiedades según la profundidad.

**Permafrost**

Horizonte continuamente congelado.

**Porosidad**

Porcentaje del volumen de suelo no ocupado por materia sólida.

**Relleno**

Suelo, roca u otro material que se añade en un lugar, normalmente con la intención de nivelar la superficie.

**Saturación**

Cuando los poros del suelo están al completo llenos de agua.

**Sobrenadante**

Líquido que se forma sobre las partículas de suelo sedimentadas. Es más limpio que el sedimento.

**Subsuelo**

Término común para describir las capas bajo la superficie del suelo.

**Suelo ácido**

Suelo que contiene más iones de hidrógeno que de hidróxido y, por ello tiene un pH inferior a 7.0.

**Suelo básico**

Suelo que contiene más iones de hidróxido que de hidrógeno y, por ello tiene un pH superior a 7.0.

**Suelta**

Tipo de consistencia del suelo de tal manera que los granos de suelo no se pegan entre ellos (la estructura es suelta).

**Terrón**

Unidad individual de una estructura natural de suelo (como por ejemplo granular, en bloque, columnar, prismática, o plana).

**Textura**

Describe cómo se “siente” la tierra al frotarla con los dedos. La textura de la muestra depende de la cantidad de arena, limo, y arcilla que haya (distribución de partículas por tamaño), y de otros factores (la humedad, la cantidad de materia orgánica el tipo de arcilla, etc.).

**Transecto**

En cualquier estudio de campo, un transecto se basa en una línea de estudio, a menudo dividida en diferentes puntos donde se recogen muestras o se realizan mediciones.

**Transpiración**

Traspaso de agua, en forma de gas, de la planta a la atmósfera a través de los estomas.

**Uniforme**

Este término se utiliza en su sentido tradicional cuando hay características que presentan propiedades similares. (Dos palabras relacionadas son homogéneas (distribuidas uniformemente) y normales (distribuidas entorno a un valor medio central y descritas por una ecuación estadística).

**Valor**

En relación al color, el valor indica la intensidad del color.

**Volatilización**

Evaporación del vapor de agua u otros gases del suelo.