EXPERIMENTOS DIDÁCTICOS CON EL SUELO PARA LA EDUCACIÓN PRE-UNIVERSITARIA

David Badía Villas
Oriol Ortiz Perpiñá
Clara Martí Dalmau

Escuela Politécnica Superior - Huesca
Universidad Zaragoza

David Badía, Oriol Ortiz, Clara Martí (2017) EXPERIMENTOS DIDÁCTICOS CON EL SUELO PARA LA EDUCACIÓN PRE-UNIVERSITARIA
ISBN 978-84-16723-24-9
D.L.: Z-161-2017

Experimentos didácticos con el suelo para la educación pre-universitaria, por **David Badía, Oriol Ortiz y Clara Martí (2017)** está en su totalidad (texto y fotos) bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-SinObra Derivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

Usted es libre de compartir (copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato) bajo las condiciones siguientes:

Reconocimiento — Debe reconocer adecuadamente la autoría, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de una manera que sugiera que tiene el apoyo del licenciador o lo recibe por el uso que hace.

NoComercial — No puede utilizar el material para una finalidad comercial

SinObraDerivada — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no puede difundir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que legalmente restrinjan realizar aquello que la licencia permite.

Avisos

- No tiene que cumplir con la licencia para aquellos elementos del material en el dominio público o cuando su utilización esté permitida por la aplicación de una excepción o un límite.
- No se dan garantías. La licencia puede no ofrecer todos los permisos necesarios para la utilización prevista. Por ejemplo, otros derechos como los de publicidad, privacidad, o los derechos morales pueden limitar el uso del material.

Resumen de las condiciones de la licencia:
Español: https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES
Inglés: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/
Términos legales de la licencia:
Inglés: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode

EXPERIMENTOS DIDÁCTICOS CON EL SUELO PARA LA EDUCACIÓN PRE-UNIVERSITARIA

David Badía Villas
Oriol Ortiz Perpiñá
Clara Martí Dalmau

Escuela Politécnica Superior de Huesca – Universidad de Zaragoza
Ctra. de Cuarte s/n – 22071 Huesca

PRÓLOGO _____ *3*
1 INTRODUCCIÓN _____ *4*
2 TOMA DE MUESTRAS Y CÁLCULO DE LA PEDREGOSIDAD _____ *6*
3 DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA AL TACTO _____ *8*
4 MEDIDA DE LA DENSIDAD APARENTE _____ *11*
5 MEDIDA DE LA CANTIDAD DE AIRE DE UN SUELO _____ *14*
6 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD _____ *16*
7 PRESENCIA DE MATERIA ORGÁNICA _____ *18*
8 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE NUTRIENTES _____ *20*
9 ENSAYO DE LOS CARBONATOS (DE CALCIO Y MAGNESIO) _____ *22*
10 ENSAYO DE LOS SULFATOS SOLUBLES _____ *24*
11 ENSAYO DE LOS CLORUROS SOLUBLES _____ *26*
12 DETECCIÓN DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA DEL SUELO _____ *27*
13 HIDROFOBICIDAD DEL SUELO _____ *30*
14 ENSAYO DE ESTABILIDAD DE LOS AGREGADOS _____ *32*
15 CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE AGUA EN EL SUELO _____ *34*
16 BIBLIOGRAFÍA _____ *38*

PRÓLOGO

Jaume Porta
Catedrático Emérito
Presidente de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (2009-2017)

Con motivo de la declaración del Año Internacional de los Suelos (2015) por la Organización de Naciones Unidas, a instancias de la FAO, la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (SECS) planteó un conjunto de iniciativas. Una de ellas, liderada por David Badía, Josep Oriol Ortiz y Clara Martí, consistió en recopilar y describir experimentos en los que el suelo era el protagonista. Esta iniciativa ha supuesto la elaboración de este manual titulado "Experimentos didácticos con el suelo para la educación pre-universitaria", de redactado claro y accesible, y con atractivas imágenes en color, que hablan por sí solas y ayudan a saber cómo operar en cada experimento planteado. Los tres autores disponen de una larga experiencia docente en Ciencia del suelo a nivel universitario, con incursiones en enseñanza Secundaria y Bachillerato, lo que les ha permitido plantear experiencias sencillas, sin perder en lo más mínimo el rigor necesario.

En el libro "Educación: Hay un tesoro escondido en ella", o Informe Delors de la Unesco, se describen los cuatro pilares de la educación para el siglo XXI: aprender a conocer (adquirir herramientas para la comprensión); aprender a hacer (poder actuar sobre el entorno); aprender a vivir juntos (para participar y cooperar con los demás); y aprender a ser (desarrollo total de cada individuo). No hay duda de que el profesorado basa su actividad educativa y docente en estos cuatro pilares. Pero para ello necesita herramientas como el manual que aquí presentamos. Dado que no siempre se podrá disponer de un laboratorio, cabe valorar muy especialmente la creatividad de los autores al plantear la realización de catorce experimentos con un "instrumental" y unos "equipos" que resultarán asequibles para todos los centros de enseñanza de España y Latinoamérica, cualquiera que sea su contexto. La realización de estos experimentos permitirá incentivar el interés del alumnado, al tiempo que aplica los conocimientos adquiridos (aprender a hacer).

El "Libro Blanco sobre el Tratamiento del suelo en los libros de texto de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato", elaborado por la SECS, ha puesto de manifiesto la escasa presencia que tiene el suelo en los temarios de la educación pre-universitaria en España. El manual que ahora se presenta debe ayudar a corregir ese déficit. Y es que el estudio del suelo puede ser incluido en proyectos educativos transversales, así como en la docencia de muchas asignaturas: Biología, Geografía, Geología, Ecología, Física, Química, Matemáticas, etc. Con el manual "Experimentos didácticos con el suelo para la educación pre-universitaria", de David Badía, Josep Oriol Ortiz y Clara Martí, el profesorado sabrá encontrar la manera de hacerlo.

Lleida, 11 de febrero de 2017

I INTRODUCCIÓN

El suelo es fuente de biomasa y materias primas (alimentos, biocarburantes, fibras textiles, madera…), y cumple múltiples funciones ambientales, por su capacidad depurativa, de almacenar nutrientes y agua, acumular carbono, etc., por lo que es fundamental para la vida en el planeta. El estudio del suelo y sus factores de formación (Fig. 1) quedan incluidos en los contenidos curriculares de las Ciencias (Ciencias de la Tierra, Ciencias de la Vida, Ciencias Agrarias, Ciencias Tecnológicas, etc.) y puede ser útil para la introducción de numerosos conceptos en educación primaria, secundaria y bachillerato. Sin embargo, pasa desapercibido para la mayoría de observadores y de educadores. En este trabajo se propone usar el suelo como recurso didáctico en dichos ámbitos de la educación, con prácticas sencillas con las que evidenciar las funciones y propiedades del suelo.

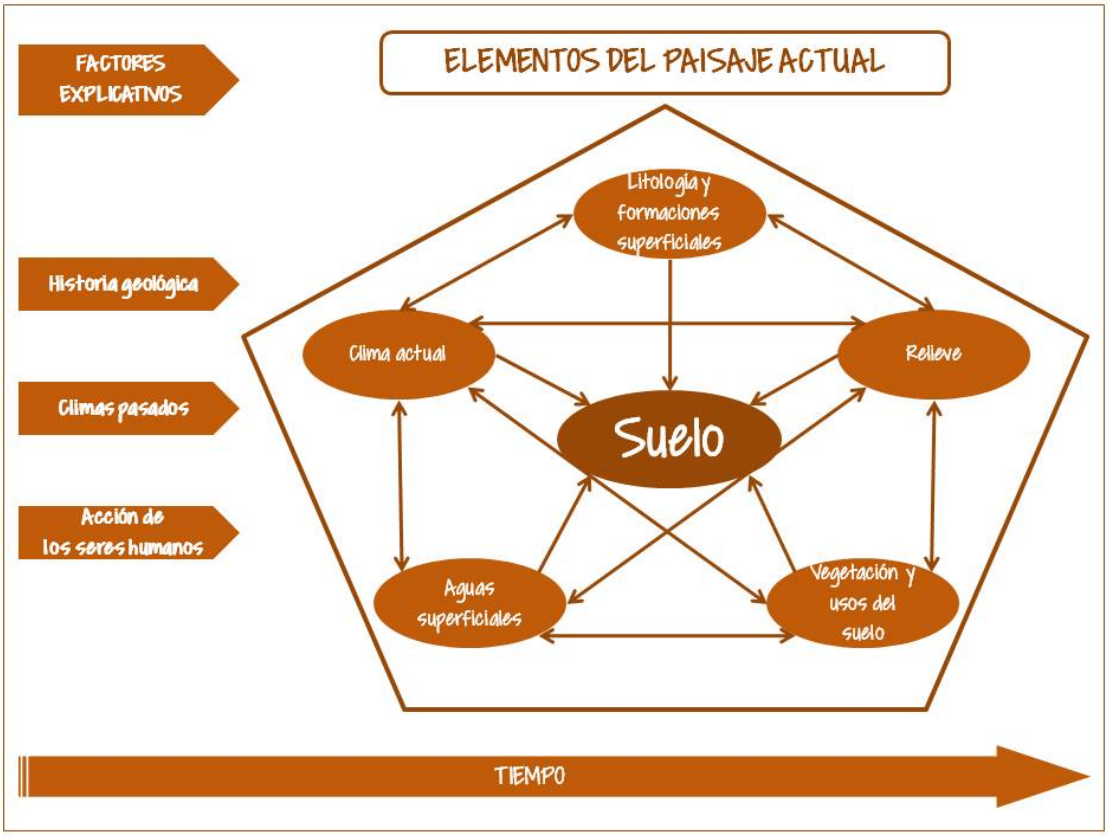

Figura 1. Elementos y factores del paisaje mostrando sus interacciones con el suelo (Fuente: Badía et al., 2008).

El suelo es de suma importancia para la vida del hombre, como reconoce la Directiva para la protección del suelo del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea (2006/0086 COD) y, más recientemente, la Declaración de Viena sobre el suelo (2015). Los suelos retienen nutrientes y agua, permitiendo la vida de plantas y animales. Gracias a ello proporcionan alimentos, biomasa y materias primas; además sirve de soporte para la construcción de edificios y vías de comunicación. El suelo desempeña un papel central como hábitat y reservorio del patrimonio genético, al albergar una gran parte de la biodiversidad; en el suelo se encuentra patrimonio arqueológico que sirve para la reconstrucción de la historia de actividades humanas en el pasado. A su vez, el suelo es un gran almacén de carbono y se estima que captura un 20 % del C antrópico emitido a la atmósfera anualmente. Por todo ello,

el suelo influye directamente en la calidad de los alimentos, del agua y del aire, en la diversidad biológica y en el cambio climático.

El suelo es un ejemplo de estructura heterogénea asociada a un gradiente y formada bajo un continuo flujo de energía. Este flujo genera una serie de cambios desde su superficie y estos cambios van generando una organización del suelo en capas más o menos horizontales, en profundidad que, por ello, se denominan *horizontes*. Al corte vertical del terreno que permite estudiar el suelo en su conjunto, desde sus horizontes superficiales hasta el material originario, se le denomina *perfil* (Fig. 2). En la superficie del suelo hay materiales orgánicos (rastrojos, hojas, ramas, etc.) que se van fragmentando, descomponiendo y mezclando con los materiales minerales, oscureciéndolos. En la parte inferior del perfil el material orgánico escasea y predominan las características de la roca, que se puede hallar si se profundiza lo suficiente. Una primera práctica, en campo, puede consistir en la identificación y descripción de horizontes por sus propiedades más evidentes: color, pedregosidad, estructura, textura, compacidad, raíces, actividad biológica, etc.

Los horizontes que podemos hallar son: O (hojarasca, propio de un bosque), A (superficial, oscuro), B (intermedio), C (próximo al material originario) y R (roca coherente).

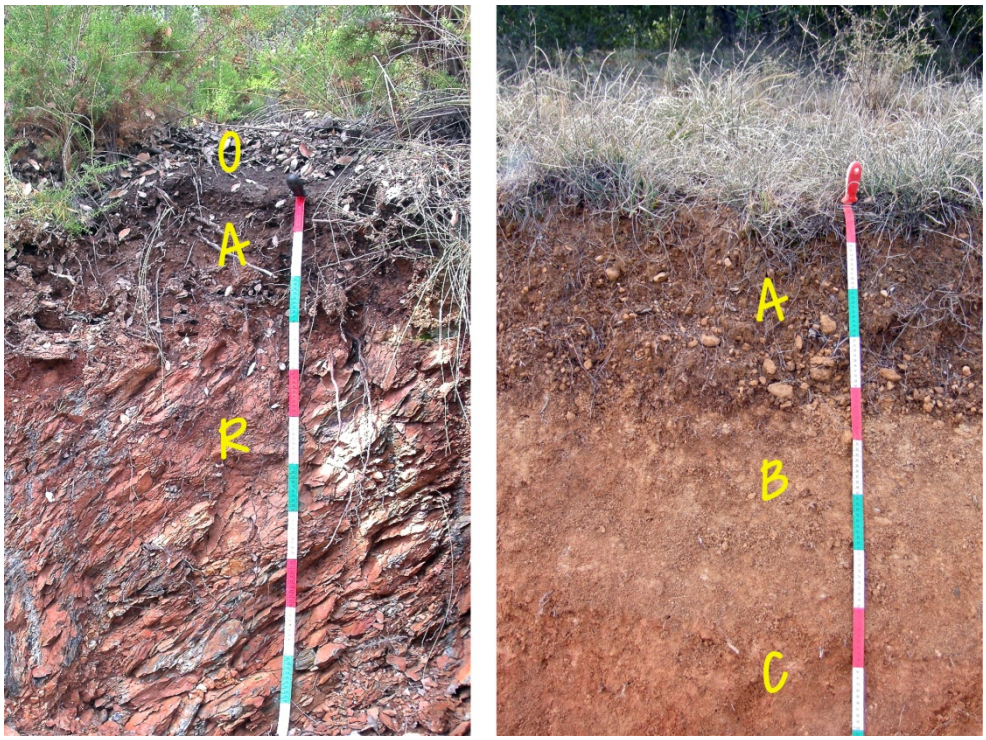

Figura 2. Perfiles de suelo mostrando sus horizontes. En el de la izquierda un perfil bajo bosque desarrollado sobre esquistos, con secuencia O-A-R; en el de la derecha un perfil bajo pasto desarrollado sobre coluvios calizos, con secuencia A-B-C.

El suelo está compuesto por sólidos que, organizados, estructurados, dejan huecos o poros entre ellos. Los poros están ocupados por aire o bien por agua, tras un riego o una lluvia intensa, y se van vaciando parcialmente a medida que transcurren unos días. A su vez, los sólidos están constituidos por una mezcla de materia orgánica (fundamentalmente aportada por la vegetación) y materia mineral, que aparece como resultado de la alteración física y química (meteorización) que sufre la roca a lo largo de muchos años).

2 TOMA DE MUESTRAS Y CÁLCULO DE LA PEDREGOSIDAD

Introducción

Para hacer ensayos en el laboratorio se toman dos tipos de muestras en el campo: una muestra "alterada", que se toma con una azada y se introduce en una bolsa de plástico convenientemente etiquetada por fuera; y una muestra "inalterada", por ejemplo tomada con un cilindro metálico de volumen conocido, que permitirá determinar la densidad aparente del suelo. La obtención de esta última se explica más adelante.

Aunque existen una gran variedad de estrategias de toma de muestras, en función del tipo de información que se desea alcanzar, lo más común es tomar muestras en distintos puntos de la superficie a caracterizar (lo que permite tener una idea de la heterogeneidad del suelo de la parcela de estudio), o bien tomar muestras de cada horizonte que forma el suelo. En la caracterización de la fertilidad del suelo es habitual tomar submuestras en zig-zag para formar una muestra compuesta.

Prácticamente todos los procedimientos analíticos se hacen con muestras secas al aire y sobre la fracción tamizada a 2 mm de diámetro (tierra fina). Por esta razón, la preparación de muestras para su análisis se dirige a la separación de esta fracción fina de la de más de 2 mm (elementos gruesos).

Objetivo

Tomar muestras de suelo para su caracterización y prepararlas adecuadamente para la realización de los procedimientos analíticos.

Material y métodos

- Azada o similar
- Bolsas de plástico para guardar las muestras y rotuladores para etiquetarlas por fuera de la bolsa
- Papel de aluminio o bandeja de plástico
- Tamiz de 2 mm de luz
- Rodillo de madera o botella de vidrio
- Balanza
- Cilindros metálicos (opcional, para la medida de la densidad aparente)
- Cabezal y martillo para clavar el cilindro en el suelo (opcional, para la medida de la densidad aparente)

Para la obtención de muestras "alteradas" basta con tomar, con la ayuda de la azada, una porción del suelo, correspondiente a un espesor previamente fijado (por ejemplo, desde la superficie hasta 5 cm de profundidad, de 5 a 10 cm, etc.), y guardarla en una bolsa de plástico adecuadamente etiquetada. No es aconsejable poner una etiqueta de papel en el interior de la bolsa, ya que ello puede alterar algunas de las propiedades de la muestra. Si se quiere determinar el porcentaje de elementos gruesos (pedregosidad) habrá que tomar un gran volumen de muestra, proporcional al tamaño de los elementos gruesos, y sin separarlos de la tierra fina hasta llegar al laboratorio.

Figura 3. Tamiz de 2 mm de luz, rodillo de madera y balanza, útiles usados habitualmente para calcular el porcentaje de tierra fina de las muestras.

Una vez en el laboratorio la muestra "alterada" se deja secar extendiéndola sobre el papel de aluminio o en una bandeja de plástico. El secado puede tardar entre unas horas y unos días, en función de la humedad de la muestra en el momento de la toma y de la temperatura ambiente. Una vez seca, se tamiza por una malla de 2 mm de luz. En caso de que los agregados o terrones se hayan endurecido mucho durante el secado, éstos se pueden disgregar extendiendo la muestra sobre papel y pasando por encima el rodillo de madera. La disgregación de los terrones también puede realizarse antes o durante el secado de la muestra, cuando éstos son más frágiles. La tierra que pasa por el tamiz se denomina tierra fina (T.F.), analizable en el laboratorio, y la que queda en el tamiz, después de haber deshecho todos los agregados, son los elementos gruesos (E.G.), que se utilizan para cuantificar la pedregosidad del suelo. Para determinarla se pesan ambas fracciones y aplicando la siguiente expresión, se obtiene la pedregosidad, en porcentaje, del suelo:

$$\text{Pedregosidad}\,(\%) = \frac{\text{Masa EG (g)}}{\text{Masa EG (g)} + \text{Masa TF (g)}} \cdot 100$$

Propuestas para docentes

- Aunque el objetivo de esta práctica es la toma de muestras, dado que implica salir al campo puede resultar muy instructivo aprovechar la sesión para observar la secuencia de horizontes que forman el suelo, y poner de manifiesto sus principales diferencias (color, textura, estructura, compacidad, etc.).

- Una vez separados los elementos gruesos de la tierra fina, una observación con una lupa de los principales minerales que se pueden identificar en las dos fracciones puede contribuir a interpretar cuáles son los minerales que más fácilmente se alteran, ya que son mucho menos abundantes en la tierra fina.

3 DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA AL TACTO

Introducción

Muchas propiedades del suelo se relacionan con la granulometría de la tierra fina, es decir, con las proporciones de las distintas fracciones granulométricas de partículas, agrupadas en función de su tamaño. La textura es una propiedad del suelo que se refiere a la abundancia relativa de distintas clases de partículas agrupadas según su tamaño: arena, limo y arcilla.

Es posible realizar una estimación de la textura del suelo en función de su plasticidad, ya que ésta varía según su contenido en partículas finas. Ello se conoce como determinación de la textura al tacto.

Objetivo

Determinar la clase textural del suelo, es decir, qué fracción de tamaño de partículas predomina en la muestra analizada.

Material y métodos

- Muestra de suelo a analizar
- Agua
- Espátula

Se toma una muestra de suelo y se humedece hasta que se forma una pasta (punto de adherencia). Se trata de moldear la muestra hasta hacer un cilindro lo más delgado posible y de una longitud de 10 cm:

- Si no es posible hacer un cilindro de, al menos, 3 mm de diámetro, el suelo será arenoso (más de un 80% de arena).
- Si es posible hacerlo entre 1 y 3 mm de diámetro, probablemente es un suelo de textura media-gruesa (entre un 65 y un 80% de arena).
- Si es posible hacerlo de 3 mm y, al doblarlo y formar un anillo no se rompe, el suelo será de textura equilibrada (entre un 40 y un 65% de arena).
- Si es posible hacerlo de 1 mm y, al doblarlo y formar un anillo no se rompe, estaremos frente a un suelo de textura arcillosa (si se agrieta, predominará el limo).

Simultáneamente se puede introducir una cantidad de muestra tamizada a 2 mm en una botella y añadir agua destilada o desmineralizada, y dejar que sedimenten las partículas durante unos días. Se puede valorar el % en volumen que ocupan las diferentes fracciones (arena, limo y arcilla) y tomar estos valores como estimaciones de la abundancia relativa de estas fracciones.

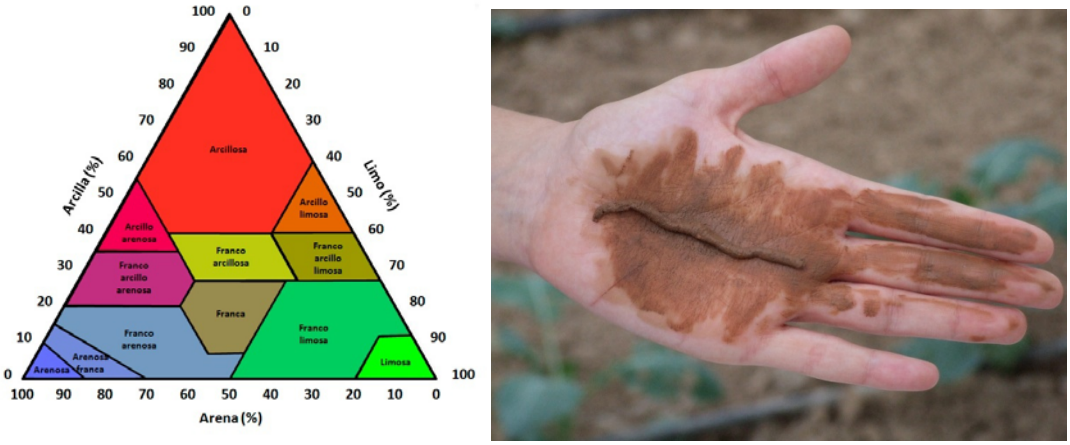

Figura 4. Diagrama triangular con las clases texturales (proporciones de arena, limo y arcilla) que el suelo puede presentar. A la derecha, mano mostrando el resultado obtenido.

Figura 5. Al introducir una muestra de suelo en una botella con agua y agitarla se podrá observar, al dejarla en reposo, como sedimentan las partículas en función de su tamaño.

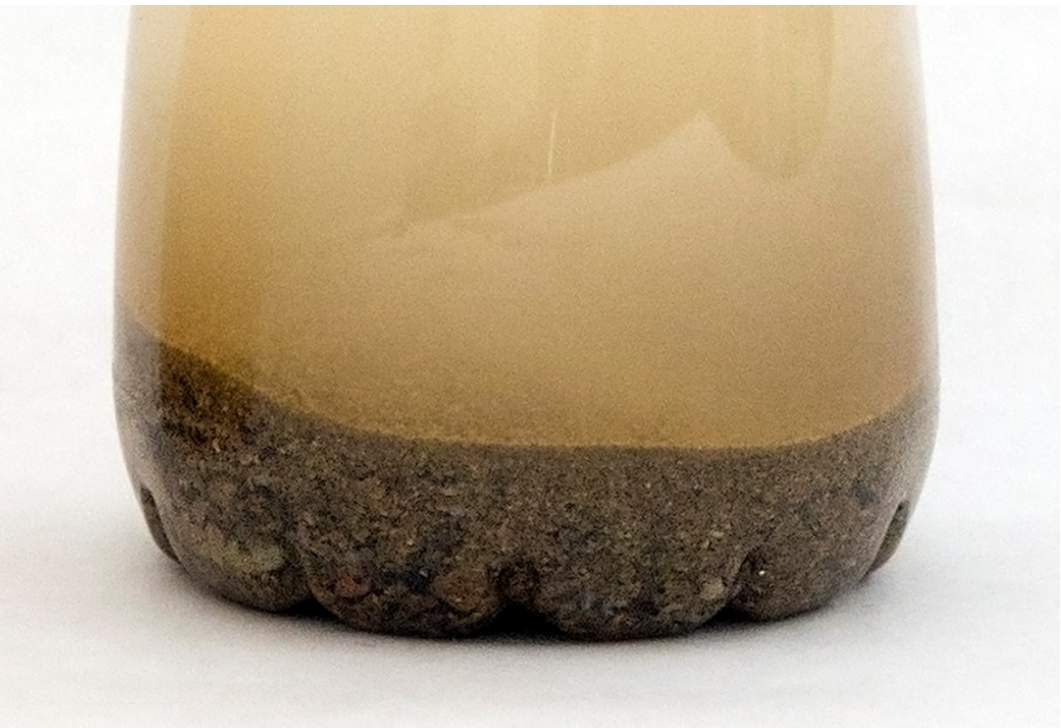

Figura 6. Cuando se deja sedimentar la muestra de suelo en suspensión, las partículas de mayor tamaño lo hacen en primer lugar, localizándose en la parte inferior de la botella.

Propuestas para docentes

- Aunque la sedimentación es visible ya a los pocos minutos de haber agitado las botellas, en muestras de textura muy fina puede ser necesario disponer de un período de tiempo más largo para observar claramente los resultados.

- Para ver mejor las diferencias entre muestras, se recomienda experimentar con muestras de texturas muy contrastadas, por ejemplo arenosas y arcillosas.

- Si desean estudiarse las variaciones texturales entre horizontes de un mismo suelo debe escogerse algún perfil que presente movilización de arcillas, o desarrollado sobre terrazas fluviales sobre varias capas sedimentarias de contrastada granulometría.

- Si se pretende evidenciar más claramente la sedimentación diferencial de las partículas, se puede previamente dispersar el suelo añadiéndole 1 ml g^{-1} de una solución 50 g l^{-1} de antical de lavadoras (hexametafosfato de sodio). Por ejemplo, para una suspensión de 1 litro donde haya unos 20 g de suelo, bastará con 20 ml de la solución dispersante.

4 MEDIDA DE LA DENSIDAD APARENTE

Introducción

La relación entre la masa de un suelo y el volumen aparente que ocupa, que incluye el volumen que ocupan los poros, se denomina densidad aparente. Es una característica importante de los suelos, puesto que permite deducir su comportamiento hídrico (capacidad de almacenaje de agua, permeabilidad, etc.) y sobre su función como hábitat (compactación, facilidad para la penetración de las raíces, apertura de galerías, etc.), entre otras.

Además, conocer la densidad aparente del suelo resulta esencial siempre que se pretende expresar algún parámetro medido en términos de masa (por ejemplo, gramos de materia orgánica por kilo de suelo) en términos de volumen o superficie de suelo (por ejemplo, en toneladas de materia orgánica por hectárea para un espesor determinado).

Objetivo

Medir la masa y el volumen de una muestra "inalterada" de suelo, para poder calcular su densidad aparente.

Material y métodos

- Cilindro metálico (vale una lata de conserva abierta por sus dos extremos, de cierta consistencia, siempre que no corte)
- Martillo para clavarlo en el suelo
- Cuchillo o azadilla

Con la ayuda de un martillo, se clava un cilindro en el suelo perpendicularmente y sin compactar la muestra. Se extrae el cilindro con un cuchillo sin filo o con una azadilla y la muestra inalterada y se introduce en una estufa a 105ºC para determinar el peso seco del suelo (si la muestra contiene yeso debe secarse a 50ºC). Tarado y medido el volumen del cilindro ($V= \pi \cdot r^2 \cdot h$), se calcula la densidad aparente expresando el resultado en kg m^{-3}. También puede usarse esta misma muestra para determinar el contenido de aire (descrito más adelante) y el de humedad del suelo en el campo, pesando antes y después de secarlo en la estufa (descrito más adelante), siempre que se tenga la precaución, al muestrear, de cerrarlo herméticamente con una bolsa impermeable para evitar las pérdidas de humedad.

La densidad aparente del suelo, pues, se calcula como:

$$\text{Densidad Aparente} = \frac{\text{Masa suelo seco (g)}}{\pi \cdot r^2 \cdot h}$$

Figura 7. Cilindros metálicos y martillo para la extracción de muestras inalteradas de suelo que utilizan los profesionales.

Figura 8. Una vez clavado el cilindro en el suelo, debe excavarse a su alrededor para su extracción evitando que la muestra se caiga por la parte inferior del cilindro.

Propuestas para docentes

- Los valores promedio de densidades aparentes suelen estar entre 1000 y 1350 kg m^{-3}. Explicar por qué si se pesa un cubo de cuarzo y la masa se divide por su volumen el resultado será de 2650 kg m^{-3}.

- Efectuar mediciones de densidad aparente en distintas profundidades de un mismo suelo puede aportar resultados interesantes que podrán ser luego utilizados para explicar otros procesos, como el transporte de materiales a lo largo del perfil.

- ¿Qué ocurrirá con la densidad aparente de un horizonte si tiene lugar en él (con los años) un acúmulo de arcilla o de carbonatos translocados desde otros horizontes más superficiales?

- Para evaluar el efecto del manejo del suelo sobre sus propiedades físicas, pueden realizarse mediciones de la densidad aparente en suelos bajo distintos usos. La comparación será viable siempre que la pedregosidad sea similar.

5 MEDIDA DE LA CANTIDAD DE AIRE DE UN SUELO

Introducción

El volumen de aire constituye la reserva inmediata de oxígeno para los organismos que viven en el suelo. Animales, plantas y microorganismos usan el aire del suelo como fuente de oxígeno, y es allí donde se vierte el dióxido de carbono producido durante la respiración de los seres vivos.

El aire del suelo se halla dentro de su espacio de poros, y lo ocupa en prácticamente su totalidad cuando el suelo está seco. En estas circunstancias, solamente una pequeña parte de los poros de menor tamaño conservan aún una pequeña cantidad de agua.

Para tener una idea del volumen de aire que hay en un suelo, podemos medir el volumen ocupado por los poros de una muestra "inalterada" de volumen conocido, introduciéndola en un medio líquido. En este caso, el líquido desplazará el aire contenido en el suelo, de tal forma que la suma del volumen del suelo más el volumen del líquido menos el volumen de la combinación de los dos, permitirá estimar el volumen de aire que había en el suelo.

Objetivo

Determinar el volumen de aire contenido en una muestra de suelo.

Material y métodos

- Una muestra inalterada de suelo (cilindro metálico, cuchillo y martillo)
- Una probeta grande (aproximadamente, de un volumen doble del volumen del suelo)
- Una varilla para agitar

Se vacía el contenido de tierra (V_t) del cilindro en la probeta y un volumen de agua aproximadamente igual (V_{H2O}), lo que da un volumen final (V_f) que debería ser la suma de los dos volúmenes iniciales ($V_t + V_{H2O}$) si el suelo fuera macizo. La diferencia entre el volumen final y el esperado ($V_f - (V_t + V_{H2O})$) se debe a la presencia de aire en el suelo (obviando los procesos de disolución). La cantidad de aire puede expresarse mediante la siguiente expresión:

$$\text{Aire}\,(\%) = \frac{(V_t + V_{H_2O}) - V_f}{V_t} \cdot 100$$

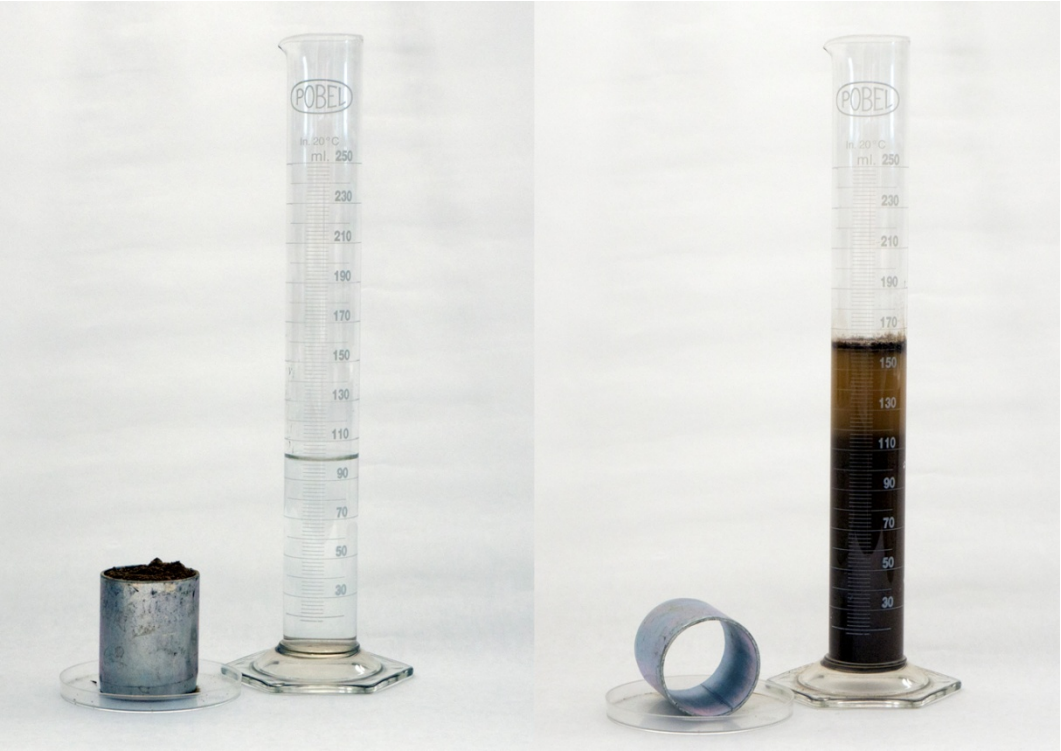

Figura 9. A la izquierda, un cilindro metálico de 104 cm^3 de volumen, y una probeta con 100 cm^3 de agua, a punto para ser mezclados. En la imagen de la derecha, tras la mezcla, el volumen final es de 160 cm^3, por lo que el volumen de aire de la muestra de suelo era del 42%.

Propuestas para docentes

- De la misma forma que con las mediciones de densidad aparente, puede resultar muy ilustrativo efectuar mediciones a distintas profundidades de un perfil de suelo, o en suelos bajo distintos tipos de manejo.

6 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Introducción

El agua es vital para la existencia y desarrollo de cualquier forma de vida en la tierra, y por ello es importante conocer la cantidad de agua que un suelo es capaz de almacenar, o la que se encuentra en el suelo en un momento dado.

Una forma sencilla de estimar la cantidad de agua en el suelo consiste en evaporarla mientras se cuantifica la pérdida de peso en este proceso. Cuando se calienta un suelo, el agua que contiene se evapora. Entonces, la diferencia de peso anterior y posterior al calentamiento permitirá obtener el contenido de humedad.

Objetivo

Determinar la cantidad de agua que contiene el suelo.

Material y métodos

- Balanza
- Recipiente de aluminio
- Estufa

Poner la muestra de suelo del que se quiere determinar la humedad (entre unos 10 a 30 gramos) en el recipiente de aluminio, previamente tarado (T). Pesarlo, para calcular el peso del suelo húmedo ($M_{húmedo}$). Posteriormente se coloca la muestra en la estufa a 105°C durante 24 horas. Pasado este tiempo se deja enfriar y se pesa de nuevo (M_{seco}). El contenido de humedad del suelo se expresa como porcentaje referido al peso de suelo seco, y se puede calcular según la expresión:

$$\text{Agua}\,(\%) = \frac{P_{\text{húmedo}} - P_{\text{seco}}}{P_{\text{seco}} - T} \cdot 100$$

En la fórmula, los valores de $M_{húmedo}$ y M_{seco} incluyen la tara. Es decir, corresponden a la masa del recipiente con el suelo húmedo y a la masa del recipiente con el peso seco, respectivamente.

Propuestas para docentes

- Dado que la cantidad de agua almacenada en el suelo varía sensiblemente a lo largo del año, dependiendo del régimen de precipitaciones o de riego, puede resultar interesante repetir estas mediciones durante la desecación estival del suelo, por ejemplo, durante los meses de mayo y junio. También puede monitorizarse el ciclo inverso, midiendo el contenido de humedad del suelo entre septiembre y diciembre, a partir de los suelos secos de verano.

- En ambos casos, resultará muy interesante complementar los resultados obtenidos con el registro de precipitaciones de la zona.

- La capacidad de retención de agua del suelo y la cantidad de agua que éste almacena dependen de una variedad de factores, entre los que se pueden citar la textura, la estructura, su contenido en materia orgánica, o el tipo de cubierta vegetal que el suelo presente. Por ello, puede resultar interesante comparar la desecación estival de suelos de características contrastadas, o con distintos tipos de cubierta vegetal, siempre que sean lo suficientemente cercanos como para estar bajo el influjo del mismo tipo de precipitaciones.

7 PRESENCIA DE MATERIA ORGÁNICA

Introducción

La presencia de materia orgánica en los suelos, particularmente en los horizontes más superficiales, puede observarse fácilmente gracias a la coloración oscura que le confiere y al desarrollo de agregados generalmente redondeados (estructura granular compuesta), como los que se observan al arrancar un tepe de césped de gramíneas.

La materia orgánica es un componente de gran importancia, ya que actúa sobre las propiedades físicas (agregación, porosidad, retención de agua, etc.), químicas (regulación del pH, capacidad de retención y liberación de nutrientes al mineralizarse, etc.) y biológicas del suelo (abundancia y diversidad, solubilización y asimilación de nutrientes, etc.).

Su cuantificación en suelos suele requerir equipos o reactivos de manejo complicado, aunque su presencia se puede detectar fácilmente, ya sea por el color oscuro del horizonte o bien mediante la adición de agua oxigenada. De haber una cantidad suficientemente alta de materia orgánica en el suelo, la reacción que se produce es la que se muestra a continuación, que permite la observación de cierta efervescencia:

$$C + H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + CO_2 \uparrow$$

Objetivo

Detectar la presencia de materia orgánica en muestras de suelo.

Material y métodos

- Muestras de suelo
- Agua oxigenada (H_2O_2)
- Gotero
- Cristalizador o similar

Se toma una muestra de suelo seco al aire (unos 10 gramos aprox.) y se humedece ligeramente con agua. A continuación, se aplican unas gotas de agua oxigenada. Si el suelo es muy orgánico se producirá una cierta efervescencia, hecho que no se produce si el suelo es pobre en materia orgánica.

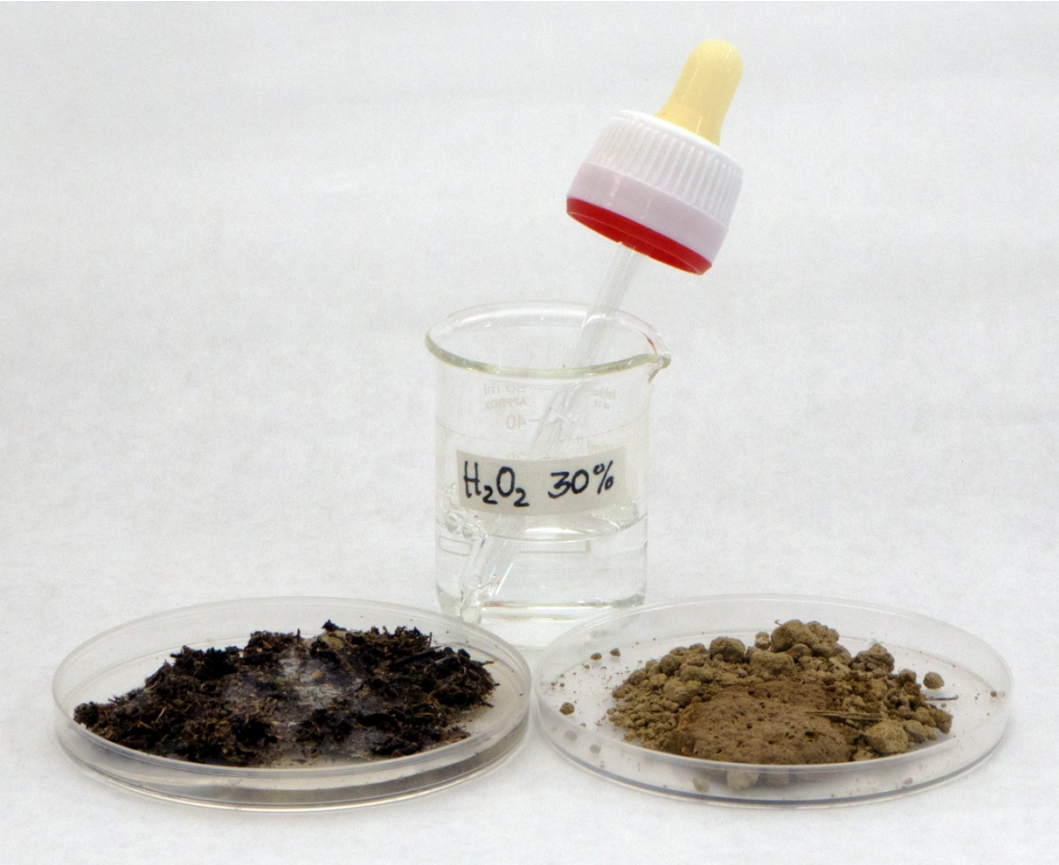

Figura 10. La reacción del suelo de la derecha a la adición de H_2O_2 ha sido muy escasa, y solamente se aprecia alguna cavidad causada por un burbujeo muy reducido. Por el contrario, la muestra de la izquierda, mucho más orgánica, ofrece una reacción con una efervescencia blanquecina mucho más visible.

Propuestas para docentes

- Dado que una de las principales diferencias entre las capas más superficiales y más profundas del suelo están en su contenido en materia orgánica, este ensayo aporta resultados claros cuando se aplica a este tipo de muestras.

- El contenido de materia orgánica del suelo depende de factores variados, como su textura y estructura, el uso al que se destina, los aportes en forma de abono o enmienda, el manejo del suelo, etc. Por ello, puede resultar interesante utilizar este ensayo en muestras de suelo que difieran en estas características.

8 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE NUTRIENTES

Introducción

La materia orgánica y los minerales de arcilla del suelo poseen una serie de cargas negativas con capacidad para retener (adsorber) nutrientes como el potasio, el calcio, el magnesio y otros cationes que se encuentren en la fase líquida del suelo, lo que se conoce como capacidad de intercambio catiónico.

La medición de la capacidad de intercambio catiónico es un procedimiento que requiere de un laboratorio especializado. Sin embargo, puede demostrarse fácilmente en el laboratorio.

Al añadir una disolución de sulfato de cobre ($CuSO_4$, de color azul) a una columna de suelo, se produce su decoloración, debido a la retención del cobre por parte del suelo. Comprobadlo aplicando sulfato de cobre (por ejemplo 0,4 N aprox.) a una columna con suelo relativamente arcilloso, para que suelo y disolución permanezcan en contacto el tiempo suficiente. La disolución percolante se decolora más o menos según el tipo de suelo (cantidad de materia orgánica y de arcillas).

Objetivo

Comprobar la capacidad de almacenaje de nutrientes del suelo

Material y métodos

- Dos botellas de refresco, de 1,5 ó 2 l de capacidad
- Dos suelos contrastados en su capacidad de retención de nutrientes (por ejemplo, un suelo arenoso y pobre en materia orgánica, y un suelo arcilloso y rico en materia orgánica).
- Disolución de $CuSO_4$ 0,4N
- Probetas o vasos de precipitados

Cortar las dos botellas de refresco aproximadamente por su mitad. La parte superior, puesta del revés, funcionará como un embudo. Para ello, solamente es necesario practicar algunos agujeros en el tapón y rellenar esta parte de la botella con el suelo. Para una mejor filtración de la disolución de $CuSO_4$, puede colocarse entre la botella y el tapón una gasa de tul. La parte de debajo de la botella puede utilizarse como soporte y para la recogida de la disolución que pasa a través del suelo.

Una vez montado el sistema de filtración a través del suelo, solamente será necesario verter la disolución de $CuSO_4$ y esperar el tiempo necesario para obtener, por la parte de abajo, la disolución filtrada.

Figura 11. El suelo de la derecha, arcilloso y con mucha materia orgánica, ha retenido el cobre de la disolución. Por el contrario, en el de la izquierda, arenoso y más pobre en materia orgánica, la disolución ha filtrado prácticamente sin retención y su color azulado se ha mezclado con el amarillo del óxido de hierro, dando un color verdoso.

Propuestas para docentes

- Este ensayo puede no ofrecer diferencias muy claras en la coloración de los filtrados si las diferencias en el contenido de arcillas y, particularmente, materia orgánica entre ambos suelos no son muy notables. En este caso, puede aumentarse artificialmente la capacidad de retención del suelo añadiéndole un poco de carbón activo o aumentando la cantidad de suelo.

9 ENSAYO DE LOS CARBONATOS (DE CALCIO Y MAGNESIO)

Introducción

Dentro de los componentes sólidos del suelo, además de los silicatos (cuarzo, minerales de arcilla, entre otros), se pueden encontrar una serie de compuestos químicos tales como el carbonato de calcio ($CaCO_3$). Su presencia condiciona numerosas propiedades edáficas como la reacción básica del suelo y, por lo tanto, la disponibilidad de muchos nutrientes.

Para detectar la presencia de $CaCO_3$ y $MgCO_3$ solamente son necesarias unas gotas de ácido clorhídrico diluido al 10% o a partes iguales en agua (1:1). Al aplicarlo sobre una muestra de suelo que tenga carbonatos se producirá una efervescencia de diferente intensidad según su contenido total. La reacción que tiene lugar es la siguiente:

$$CaCO_3 + HCl \rightarrow H_2O + CO_2 \uparrow + CaCl_2$$
$$MgCO_3 + HCl \rightarrow H_2O + CO_2 \uparrow + MgCl_2$$

Al no poder saber si la efervescencia tiene origen en la reacción del $CaCO_3$ ó del $MgCO_3$, o de ambos, se habla de carbonato cálcico equivalente.

Objetivo

Determinar la presencia de carbonatos y, si las diferencias de efervescencia lo permiten, ordenar muestras de suelo según su contenido total.

Material y métodos

- Muestras de suelo, preferentemente tamizadas o trituradas (en laboratorio) o tal cual se encuentran en campo
- De forma complementaria, muestras de los elementos gruesos del suelo
- HCl 10% ó 1:1
- Gotero

Para determinar la presencia de carbonatos solamente es necesario añadir una o dos gotas de la disolución de HCl sobre la muestra de suelo. En caso de que haya una cantidad suficiente de éstos, la reacción será visible a simple vista. El tamaño de las burbujas y la intensidad de la reacción son proporcionales a su cantidad total. Si la presencia de $CaCO_3$ o $MgCO_3$ es muy escasa es posible que la efervescencia se detecte acercando la muestra al oído tras echarle las gotas de HCl, pero que en este caso no sea visible.

Figura 12. Cuando el suelo contiene carbonatos, la adición de HCl 10% ó 1:1 origina una reacción de efervescencia causada por la transformación del carbonato en CO_2.

Propuestas para docentes

- En suelos total o parcialmente descarbonatados, las diferencias de efervescencia (cantidad de $CaCO_3$ o $MgCO_3$*) en distintos horizontes o profundidades del suelo puede ser un rasgo que sugiera la descarbonatación o el movimiento de CO_3^{2-} ó HCO_3^- en el suelo con reprecipitación a cierta profundidad como* $CaCO_3$ o $MgCO_3$ *entre los procesos formadores de suelos.*

- Al efectuar esta prueba sobre fragmentos de roca es muy aconsejable partirla con un martillo y realizar el ensayo sobre la superficie recién cortada. Así aseguraremos que el resultado sea representativo de la naturaleza química de la roca y no de otros procesos en su superficie, como los revestimientos de precipitados carbonatados.

- En caso de detectarse una efervescencia mucho mayor en los fragmentos de roca que en el suelo, también la descarbonatación puede deducirse como uno de los procesos formadores del suelo.

- En caso de no disponer de suelos carbonatados, puede resultar útil homogeneizar una pequeña cantidad de $CaCO_3$ finamente pulverizado con una muestra de suelo, con la finalidad de identificar el tipo de reacción que se produce.

10 ENSAYO DE LOS SULFATOS SOLUBLES

Introducción

Los sulfatos presentes en el suelo cabe separarlos atendiendo a sus efectos sobre las propiedades del suelo y la fisiología de las plantas.

En algunos suelos, el yeso (sulfato cálcico con dos moléculas de agua de cristalización, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$) es muy abundante (suelos yesosos); dado que su presencia puede tener importancia agronómica es de interés constatar su existencia. La solubilidad del yeso en agua es del orden de 2 g l^{-1}.

Por contra, en suelos salinos suelen predominar otros tipos de sulfatos, como los de sodio o de magnesio (Na_2SO_4, $MgSO_4$), con una solubilidad mucho más elevada, superior a los 200 g l^{-1}.

El método de campo más rápido para detectar la presencia de sulfatos consiste en precipitarlo como sulfato de bario ($BaSO_4$) en un extracto acuoso del suelo. La reacción que tiene lugar es:

$$CaSO_4 + BaCl_2 \rightarrow CaCl_2 + BaSO_4 \downarrow$$

La vegetación que se desarrolla sobre el suelo permitirá dirimir si se trata de un suelo yesoso, por la presencia de especies gipsófilas, o de un suelo salino, por la presencia de especies halófitas.

Objetivo

Detectar la presencia de sulfatos en el suelo

Material y métodos

- Tubos de ensayo
- Agua destilada o desmineralizada
- Embudo y papel de filtro
- Disolución de cloruro de bario, $BaCl_2$, 10%

Tomar un poco de suelo y colocarlo en un tubo de ensayo; añadir agua destilada o desmineralizada y agitarlo. Una vez agitado convenientemente, se filtra el contenido del tubo por medio de un embudo y papel de filtro. Cuando un suelo tiene yeso u otros sulfatos, se ponen de manifiesto en el momento en que se añaden unas gotas de la disolución de cloruro bárico en el líquido filtrado, ya que se forma un precipitado blanco de sulfato de bario, fácilmente observable por el aumento de la turbidez.

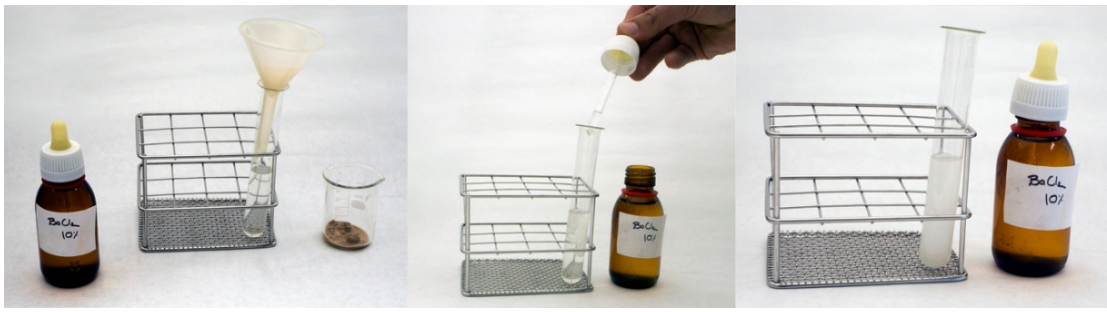

Figura 13. Una vez filtrado el extracto del suelo (izquierda), se le añaden unas gotas de la disolución de $BaCl_2$ 10%, que en caso de haber sulfatos desencadena la formación y precipitación de $BaSO_4$, apreciable por la aparición de turbidez blanquecina.

Propuestas para docentes

- En suelos de textura muy fina puede ser necesario filtrar varias veces el extracto para que éste quede transparente y pueda verse claramente el precipitado, o filtrar a través de dos papeles.

II ENSAYO DE LOS CLORUROS SOLUBLES

Introducción

Entre las sales más abundantes en suelos salinos aparece la halita o cloruro sódico (NaCl) y el cloruro de magnesio ($MgCl_2$), que pueden limitar el crecimiento de muchos cultivos. Por ello, resulta particularmente interesante determinar su presencia en suelos.

Dada su elevada solubilidad, el procedimiento consiste en su extracción en agua y posterior precipitación de los cloruros en forma de cloruro de plata ($AgCl_2$), al añadir unas gotas de una disolución de sulfato de plata ($AgSO_4$). La reacción que tiene lugar es:

$$NaCl + AgSO_4 \rightarrow NaSO_4 + AgCl_2 \downarrow$$

Material y métodos

- Tubos de ensayo
- Agua destilada o desmineralizada
- Embudo y papel de filtro
- Disolución de sulfato de plata, $AgSO_4$, 4 g l^{-1}

Tomar un poco de muestra de suelo y colocarlo en un tubo de ensayo; añadir agua destilada o desmineralizada y agitarlo. Una vez agitado convenientemente, se filtra el contenido del tubo por medio de un embudo y papel de filtro. Cuando un suelo tiene cloruros, éstos se ponen de manifiesto en el momento en que se añaden unas gotas de la disolución de sulfato de plata en el líquido filtrado, al formarse un precipitado blanco de cloruro de plata, fácilmente observable por el aumento de la turbidez.

Figura 14. Una vez filtrado el extracto del suelo (izquierda), se le añaden unas gotas de la disolución de $AgSO_4$ 4,4 g l^{-1}, que desencadena la formación y precipitación de $AgCl_2$, apreciable por la aparición de turbidez blanquecina.

Propuestas para docentes

- La distribución de sales en un perfil de suelo puede ser muy irregular, tanto en la superficie de un campo como en profundidad y a lo largo del año. En épocas lluviosas o bajo riego, es posible que un horizonte superficial dé una respuesta negativa a la presencia de cloruros, pero que éstos sean fácilmente detectables en horizontes más profundos.

12 DETECCIÓN DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA DEL SUELO

Introducción

La actividad biológica global puede ser caracterizada midiendo la "respiración del suelo". Los microorganismos consumen la fracción orgánica y oxígeno, desprendiendo dióxido de carbono (CO_2). La medida de este último nos da una idea de la actividad biológica del suelo.

En un ambiente cerrado herméticamente, el CO_2 producido por los microorganismos puede ser atrapado con una disolución que contenga hidróxido sódico o sosa 2M (80 g l^{-1}). La reacción que tiene lugar es la siguiente:

$$CO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

Esta reacción no produce cambios aparentes en la disolución de NaOH, ya que el carbonato de sodio (Na_2CO_3) formado permanece en disolución. Sin embargo, su formación puede revelarse mediante la adición de una solución de cloruro de bario ($BaCl_2$, 183 g l^{-1}), que da lugar a la formación de carbonato de bario, según la reacción:

$$Na_2CO_3 + BaCl_2 \rightarrow BaCO_3 \downarrow + 2NaCl$$

Aparece, en este momento, un precipitado blanco que se aprecia claramente por un incremento de la turbidez, que es proporcional a la respiración del suelo.

Si se desea, la cantidad de CO_2 que desprende el suelo puede cuantificarse (expresándose, por ejemplo en mg de CO_2 por masa de suelo y tiempo transcurrido) mediante la valoración de la sosa mediante una disolución de ácido clorhídrico (generalmente a la mitad de concentración que la sosa; es decir, HCl 1M):

$$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$$

Esta valoración debe efectuarse con la misma muestra a la que se ha añadido la disolución de $BaCl_2$. En este caso, puede usarse fenolftaleína como indicador ácido-base de la reacción.

Objetivo

Detectar o cuantificar, si se prefiere, la actividad microbiana del suelo a través de la observación de su producción de CO_2.

Material y métodos

- Tarro de cristal de entre 0,5 y 1 l de capacidad, con cierre hermético
- Muestra de suelo húmedo para incubar
- Bote para colocar dentro del tarro hermético, con 10 ml de NaOH 2M
- NaOH 2M
- $BaCl_2$ 183 g/l
- Gotero
- HCl 1M (si se desea valorar la disolución de NaOH)
- Fenolftaleína (si se desea valorar la disolución de NaOH)

Se toman al menos 100 gramos de tierra fresca y se colocan en un bote de cierre hermético (Figura 15). Alternativamente, puede reproducirse directamente en el tarro la secuencia de capas u horizontes que forman el suelo. En otro bote se disponen 10 ml de la disolución de sosa. Se cierra el bote de conserva y se dejan transcurrir dos días. Pasado este tiempo se recoge el bote de sosa y se añaden unas gotas de cloruro bárico. La solución adquiere una turbidez blanquecina (por precipitación de carbonato de bario), proporcional a la "respiración" del suelo. Cuando este método se utiliza en laboratorios especializados, se normaliza a una temperatura y un tiempo de incubación determinados.

Figura 15. En el tarro se ha reproducido la secuencia de horizontes que forman un suelo, y se ha incubado cerrado herméticamente durante dos días con un vasito en la superficie que contiene 10 ml de NaOH (en este caso, 1M).

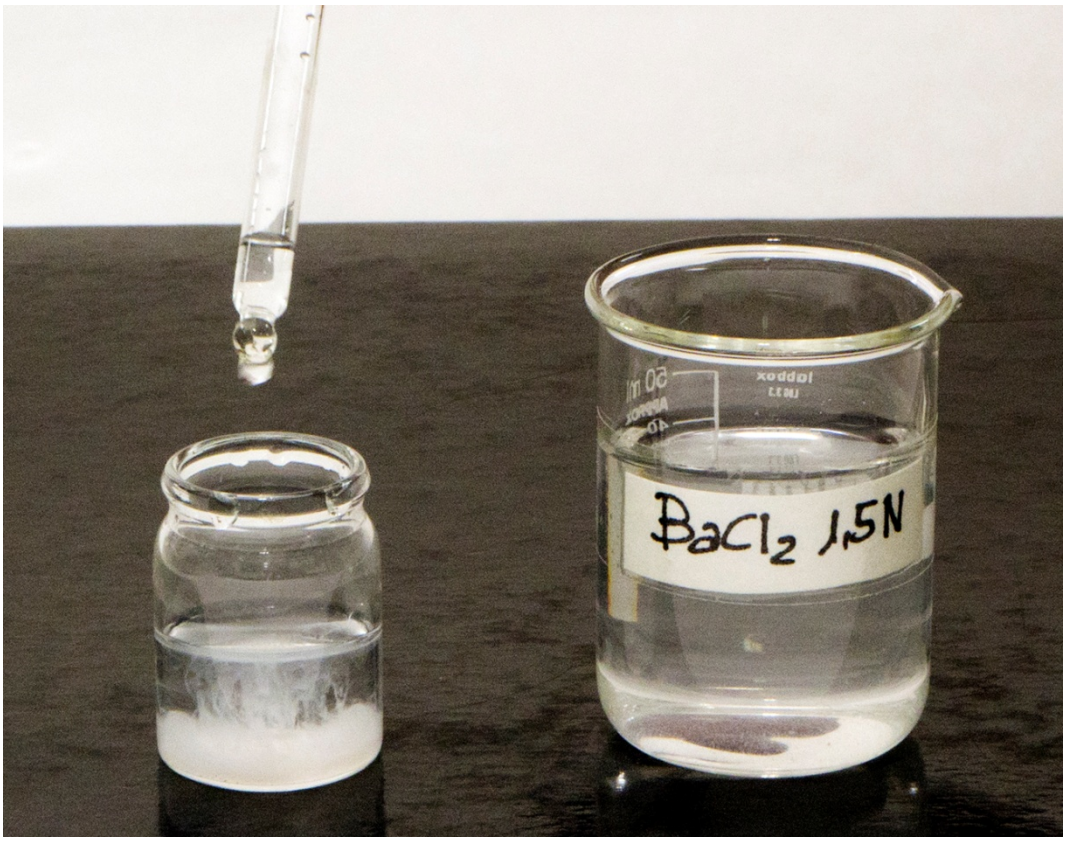

Figura 16. Después de unos días de incubación, el vaso que contiene la disolución de NaOH también contiene Na_2CO_3, gracias a la respiración del suelo. Al añadir unas gotas de la disolución de $BaCl_2$, se forma $BaCO_3$ que, al ser insoluble en agua, origina el precipitado blanquecino que se observa en la foto.

Propuestas para docentes

- Puede resultar interesante comparar la actividad biológica de distintos horizontes de un mismo suelo, para determinar en qué capas hay más actividad biológica.

- Otra aplicación interesante consiste en tomar un único suelo e incorporarle distintas cantidades o distintos tipos de materiales orgánicos (hojarasca, restos de fruta o de la cocina, compost…), y ver cómo aceleran la actividad microbiana del suelo.

- Para investigar la importancia del clima en la actividad microbiana del suelo, pueden incubarse muestras en distintas temperaturas (en la nevera, en el laboratorio, encima de un radiador…) o bajo distintos contenidos de agua.

- En caso de trabajar con un suelo muy pobre en materia orgánica, se aconseja tomar cantidades mayores de suelo, para poder detectar una producción de CO_2 suficientemente alta. Otra posibilidad es mantener la incubación durante un periodo de tiempo más largo.

13 HIDROFOBICIDAD DEL SUELO

Introducción

En determinadas circunstancias (por ejemplo, después de un incendio de baja intensidad), o bajo determinados tipos de cubiertas vegetales (por ejemplo pinares), los suelos pueden presentar una cierta repelencia al agua o hidrofobicidad.

Ello tiene repercusiones en el comportamiento hidrológico del suelo, puesto que la repelencia al agua limita su capacidad de infiltración en el suelo, provocando un incremento en la escorrentía del agua de lluvia, lo que puede acabar desencadenando fenómenos de erosión hídrica.

La detección de la hidrofobicidad es relativamente sencilla, puesto que solamente es necesario depositar una gota de agua en la superficie del suelo y medir el tiempo necesario hasta que penetre por sus poros. Esta determinación se conoce frecuentemente por su nombre en inglés como *Water Drop Penetration Test* (WDPT).

Objetivo

Estimar la repelencia al agua mediante la medida de tiempo necesario para la penetración de una gota de agua en el suelo.

Material y métodos

- Gotero
- Agua
- Cronómetro

Para medir la hidrofobicidad solamente es necesario depositar una gota de agua sobre el suelo, preferentemente seco, y cronometrar el tiempo necesario hasta que la gota haya penetrado en él.

Como es lógico, mayores tiempos de penetración corresponden a mayores grados de hidrofobicidad.

Figura 17. La deposición de la gota de agua encima del suelo debe efectuarse desde poca altura, para evitar que ésta se rompa con el impacto.

Figura 18. Un tiempo de penetración largo corresponde a una elevado grado de repelencia al agua o hidrofobicidad.

Propuestas para docentes

- Dado que la hidrofobicidad se relaciona directamente con la cantidad y, sobretodo, el tipo de materia orgánica que hay en el suelo, los resultados de este ensayo medidos a distintas profundidades suelen variar de forma notable.

- La repelencia al agua es un fenómeno muy variable en el espacio y el tiempo. Por ello, puede resultar interesante medirla en una variedad suficiente de puntos de la superficie del suelo. Por ejemplo, sobre suelo desnudo o debajo de árboles o arbustos.

14 ENSAYO DE ESTABILIDAD DE LOS AGREGADOS

Introducción

En la mayoría de suelos, sus constituyentes sólidos se encuentran naturalmente estructurados. Es decir, durante la formación del suelo se dan procesos naturales que conllevan la organización de las partículas individuales (arenas, limos y arcillas) en agregados. La formación de agregados supone la intervención de la materia orgánica del suelo y da lugar al desarrollo de un volumen de poros que permite el paso y almacenamiento del agua de lluvia, así como la función del suelo como hábitat para una gran diversidad de seres vivos.

Además, la formación de agregados incremente de forma muy notable la resistencia del suelo a la compactación y a la erosión, gracias a las fuerzas que mantienen unidas las partículas. Estas fuerzas dependen de una gran variedad de atributos, como la composición química del suelo, su textura, o su proporción de materia orgánica.

Por ello, en algunos suelos los agregados son muy resistentes, mientras que en otros son mucho más débiles, lo que les hace más susceptibles a la compactación o a la erosión.

La humectación rápida del suelo es uno de los factores que puede contribuir a la rotura de los agregados. Ello es así porque la incorporación rápida de agua en el interior de los agregados del suelo atrapa aire dentro de ellos y estas pequeñas burbujas pueden llegar a hacer estallar los agregados al ensanchar los poros (colapso). Es por ello que la resistencia de los agregados a su humectación rápida se utiliza habitualmente como una forma de caracterizar la resistencia de los agregados a la rotura, o estabilidad estructural.

Objetivo

Evaluar la estabilidad de los agregados del suelo en función de su resistencia a la humectación rápida.

Material y métodos

- Malla de colador
- Vaso de agua
- Balanza

Desmontamos la malla de un colador de cocina y lo ajustamos por el margen de tal forma que encaje en el borde de un vaso de agua. A continuación, llenamos totalmente el vaso con agua (en esta ocasión, puede ser agua del grifo), de tal forma que cuando coloquemos la malla del colador su parte inferior quede sumergida en el agua. Tomamos un agregado del suelo, lo pesamos (M_i) y lo depositamos en la malla del colador. Al cabo de un tiempo, extraemos la malla y recuperamos lo que quede del agregado, dejándolo secar para volverlo a pesar (M_f).

Podemos expresar la estabilidad estructural de los agregados como:

$$\text{Estabilidad Estructural}\ (\%) = \frac{M_f}{M_i} \cdot 100$$

Los agregados muy estables no habrán prácticamente perdido peso, mientras que los agregados poco resistentes se habrán disgregado y la mayor parte de sus constituyentes habrán pasado a través del colador, por lo que obtendremos una estabilidad estructural baja.

Figura 19. Inicialmente (a los 10 segundos), el agregado de la izquierda parece que vaya a disgregarse rápidamente, y se aprecian fragmentos de él en el fondo del vaso. A los 5 minutos, es el terrón de la derecha el que se ha disgregado, pasando una gran parte de sus componentes al vaso de agua.

Propuestas para docentes

- Los componentes del suelo que, predominantemente, contribuyen a formar y estabilizar la estructura son la materia orgánica y las arcillas. Suelos de características contrastadas en estos atributos ofrecerán, probablemente, resultados distintos en su estabilidad estructural.

- La estabilidad estructural depende también del manejo del suelo. Por ello, puede resultar interesante usar este ensayo en suelos labrados frecuentemente o en suelos sin labrar, por ejemplo.

- La presencia de sodio es un importante factor de desagregación del suelo. Por ello, los suelos sódicos presentan siempre una estabilidad estructural muy baja.

- Para suelos con agregados muy resistentes a la rotura (muy estables), el ensayo se puede endurecer alternando ciclos de humectación y desecación. Por ejemplo, sumergiendo en agua y dejando secar durante unos o dos días para volver a sumergir y volver a secar…

15 CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE AGUA EN EL SUELO

Introducción

La infiltración es el proceso por el que el agua atraviesa la superficie del suelo. La capacidad de infiltración de agua en el suelo es una propiedad compleja que depende de muchos factores, como su textura, su estructura, el estado de su superficie, su grado de compactación, etc.

Es una propiedad que se relaciona directamente con la susceptibilidad del suelo a la erosión, cuando se trata de suelos en zonas con pendiente, o a la facilidad con la que éste se encharca, cuando se encuentran en zonas llanas.

Para estimarla solamente es preciso medir el volumen de agua que puede atravesar la superficie de un suelo, así como el tiempo en el que la infiltración se produce.

Así, siendo V_{H2O} el volumen de agua que ha atravesado la superficie de una columna de suelo de una determinada superficie ($\pi \cdot r^2$ si es una superficie circular) y T el tiempo en el que se ha producido la infiltración, la capacidad de infiltración de agua en el suelo se expresa como:

$$\text{Infiltración } (l \cdot m^{-2} \cdot h^{-1} \text{ ó mm}) = \frac{V_{H_2O}(l)}{S(m^2) \cdot T(h)}$$

Objetivo

Medir la capacidad de infiltración de agua en el suelo y expresarla en l m^{-2} h^{-1} ó mm h^{-1}.

Material y métodos

Para el desarrollo de este ensayo se puede utilizar el mismo sistema que el empleado para el ensayo sobre la capacidad de almacenaje de nutrientes, descrito anteriormente. Así pues, el material necesario es muy similar al ya descrito.

- Dos botellas de refresco, de 1,5 ó 2 l de capacidad
- Dos suelos contrastados en su permeabilidad (por ejemplo, dos suelos de texturas contrastadas).
- Agua, puede ser del grifo
- Probetas
- Cronómetro

Cortar las dos botellas de refresco aproximadamente por su mitad. La parte superior, puesta al revés, funcionará como un embudo. Para ello, solamente es necesario practicar algunos agujeros en el tapón y rellenar esta parte de la botella con el suelo. Para una mejor filtración del agua, puede colocarse entre la botella y el tapón un pedazo de gasa de tul. La parte de debajo de la botella puede utilizarse como soporte y para la recogida de la solución que pasa a través del suelo.

Una vez montadala columna de percolación, solamente es necesario verter el agua por arriba y esperar el tiempo necesario para recoger, por la parte de abajo, la infiltración. Durante el

proceso, será necesario cronometrar el tiempo necesario para que se produzca un determinado volumen de infiltración.

Dado que el agua no empezará a fluir por la parte de debajo de la columna de percolación hasta que el suelo no se encuentre lo suficientemente humectado, se puede, previamente, dejar pasar agua por el suelo hasta que ésta empiece a fluir por la parte inferior y empezar a medir el volumen percolado y el tiempo a partir de dicho momento.

Figura 20. Columnas de percolación preparadas y listas para su uso. En la parte central se aprecia el tapón con los agujeros para facilitar la evacuación del agua. En este caso, la columna de la izquierda contiene un suelo arcilloso y el de la derecha un suelo arenoso.

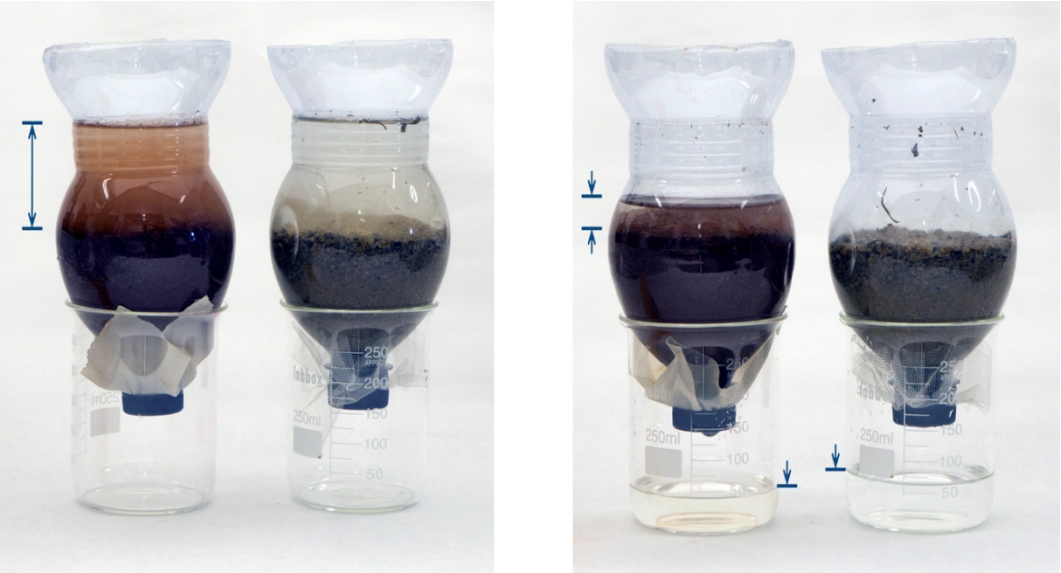

Figura 21. A la izquierda, las dos columnas de percolación a los pocos instantes de haber añadido el agua. Al cabo de unos treinta minutos, a la derecha, el suelo arenoso ya se ha completado la percolación, apreciándose un volumen de agua mucho mayor en el recipiente inferior.

El sistema propuesto para estimar la infiltración no tiene en cuenta, sin embargo, que cuando se produce un episodio de lluvia una parte del agua infiltra a través del suelo, pero otra parte puede circular por su superficie en forma de escorrentía y se pierde.

Para una mejor aproximación al estudio de lo que sucede en el campo, aunque ello requiera de una mayor complejidad, es posible conectar un tubo a la altura de la superficie del suelo. Así se puede obtener la escorrentía superficial en un recipiente aparte. En este caso, puede incluso usarse una tercera botella para simular la precipitación de la lluvia sobre la superficie del suelo.

La obtención aparte del agua de escorrentía permite, a su vez, cuantificar los sedimentos que ésta transporta, eliminando el agua por evaporación una vez medido el volumen total de escorrentía.

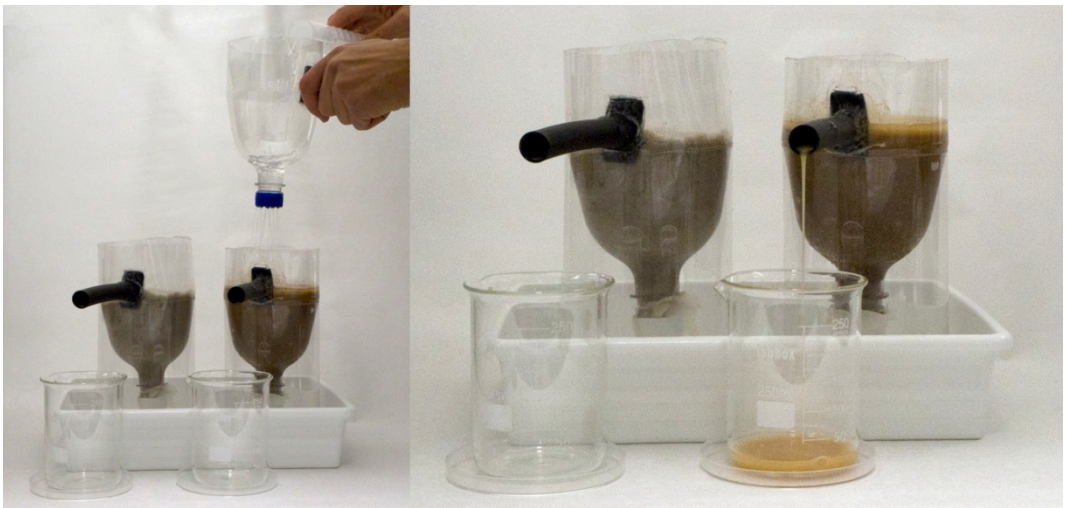

Figura 22. Columnas de infiltración con un tubo lateral que conecta con la superficie del suelo, de tal forma que permite recoger separadamente el agua de escorrentía y los sedimentos que ésta transporte.

Figura 23. Una vez finalizada la simulación de lluvia, se aprecia que el suelo arcilloso, a la derecha, ha producido un volumen menor de infiltración que el arenoso, a la izquierda. También es patente el importante volumen de escorrentía que ha generado el suelo arcilloso, con una importante carga de sedimentos, como se observa por el color.

Propuestas para docentes

- Una posibilidad para complementar el experimento de simulación de lluvia consiste en añadir distintos tipos de cubiertas al suelo, como rastrojos, hojarasca o incluso gravilla. Su incorporación no afectará, probablemente a la capacidad de infiltración de agua, pero sí a la carga de sedimentos en la escorrentía.

- Puede utilizarse este experimento para evaluar el efecto de una enmienda orgánica sobre las propiedades físicas del suelo. Para ello, basta con mezclar el suelo objeto de estudio con una pequeña cantidad de compost, estiércol o turba. Los cambios de la capacidad de infiltración de agua serán, en un cierto rango, proporcionales a la cantidad de enmienda orgánica incorporada.

16 BIBLIOGRAFÍA

BADIA, D. (2008). El suelo como herramienta didáctica, II Seminario del Geoparque de Sobrarbe: Investigación geológica y recursos didácticos. Boltaña, 24-26 de Octubre de 2008. http://www.icog.es/files/geoparque/4.pdf

BADIA, D., MARTÍ, C. (2006). La diversidad edáfica en el Altoaragón, Naturaleza Aragonesa, 17: 39-46.

BADIA D., MARTI C., ANDREU C. (1990). El sòl com a eina didàctica. Dovella, XII: 7-13.

BADÍA, D. et al (2009). Itinerarios edáficos por el Alto Aragón. Cuadernos Altoaragoneses de Trabajo. 28, pp. 189 p. : I.E.A., Huesca.

BADÍA, d. (2016). ¿Para qué estudiar el suelo?. Lucas Mallada, 18. Huesca

FERNANDEZ, E.; ORTÍZ, I.; SIERRA, M.; MARTÍNEZ, F.J.; MARTÍN, F. (2015). Taller docente: Enseñando suelos. Edita SECS. 43 pp.

GARCÍA, V.; MARTINEZ, L.; IGLESIAS, M. (1989). El sòl com a ecosistema. Departament d'Ensenyament. Generalitat de Catalunya. Barcelona. 121 pp.

LINDBO, D.L. (2008). Soil! Get the inside scoop. SSSA. Madison, USA.

NEVIANI, I. (1975). El suelo. Ed. Avance. Barcelona. 59pp.

PORTA, J; LÓPEZ-ACEVEDO, M; ROQUERO, C. (2003). Edafología para la agricultura y el medioambiente. Mundi-Prensa. 3ª ed. 929 pp. Madrid.

PORTA J., LÓPEZ-ACEVEDO, M., POCH R. M. (2013). Edafología. Uso y protección de suelos. Ediciones Mundi Prensa. 3ª Edición. 607 pp. Madrid.

Recursos didácticos en la web

http://www.suelosdearagon.com

http://www.cienciadelsuelo.es

http://edafologia.ugr.es/

http://www.WTAMU.EDU/%7Ecrobinson/DrDirt.htm

https://www.soils.org/digdeeper/

http://www.nrcs.usda.gov/feature/education/squirm/skworm.html

http://www.iec.cat/mapasols/

http://www.fao.org/ag/agl/agll/index.stm

https://eurekamag.com/

http://www.aragon.es/agricultura

http://sitar.aragon.es

NOTAS Y OBSERVACIONES