

PRÁCTICAS DE SUELO.



1°ESO - I.E.S SAN SEBASTIÁN

FRANCISCO ROSADO NÚÑEZ

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	TOMA Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS. PROPORCIÓN DE ELEMENTOS GRUESOS.....	6
	➤ Introducción	6
	➤ Objetivo	6
	➤ Material y métodos	6
3.	DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA AL TACTO	8
	➤ Introducción	8
	➤ Objetivo	8
	➤ Material y métodos	8
4.	MEDIDA DE LA DENSIDAD APARENTE	11
	➤ Introducción	11
	➤ Objetivo	11
	➤ Material y métodos	11
5.	MEDIDA DE LA CANTIDAD DE AIRE DE UN SUELO	13
	➤ Introducción	13
	➤ Objetivo	13
	➤ Material y métodos	13
6.	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	15
	➤ Introducción	15
	➤ Objetivo	15
	➤ Material y métodos	15
7.	PRESENCIA DE MATERIA ORGÁNICA.....	16
	➤ Introducción	16
	➤ Objetivo	16
	➤ Material y métodos	16
8.	CAPACIDAD DE ALMACENAJE DE NUTRIENTES.....	18
	➤ Introducción	18
	➤ Objetivo	18
	➤ Material y métodos	18
9.	ENSAYO DE LOS CARBONATOS DE CALCIO Y MAGNESIO	20
	➤ Introducción	20
	➤ Objetivo	20
	➤ Material y métodos	20
10.	ENSAYO DE LOS SULFATOS SOLUBLES	22
	➤ Introducción	22
	➤ Objetivo	22
	➤ Material y métodos	22

11.	ENSAYO DE LOS CLORUROS SOLUBLES	24
➤	Introducción	24
➤	Material y métodos	24
12.	DETECCIÓN DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA DEL SUELO	25
➤	Introducción	25
➤	Objetivo	25
➤	Material y métodos	25
13.	HIDROFOBICIDAD DEL SUELO	28
➤	Introducción	28
➤	Objetivo	28
➤	Material y métodos	28
14.	ENSAYO DE ESTABILIDAD DE LOS AGREGADOS	30
➤	Introducción	30
➤	Objetivo	30
➤	Material y métodos	30
15.	CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE AGUA EN EL SUELO	33
➤	Introducción	33
➤	Objetivo	33
➤	Material y métodos	33

1. 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.

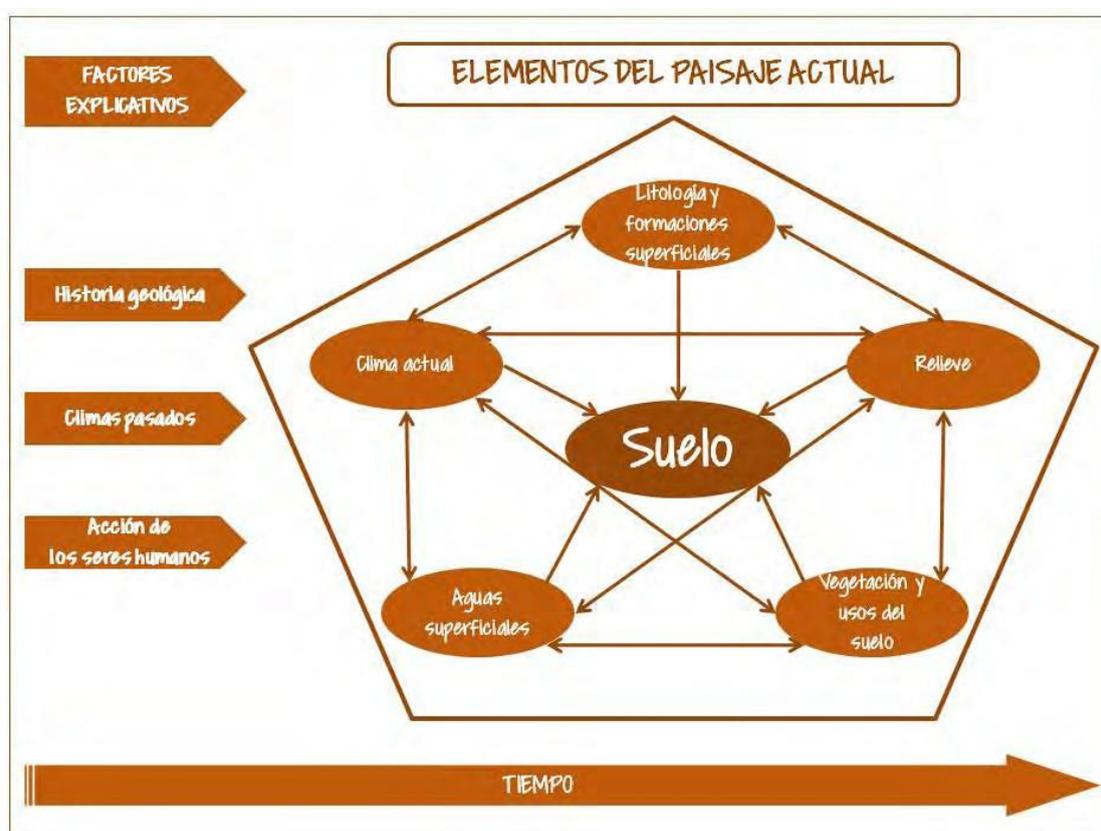


Figura 1. Elementos y factores del paisaje mostrando sus interacciones con el suelo (Fuente: Badía et al., 2008).

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 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 (rastros, 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 (en un bosque), A (oscuro), B, C (próximo al material originario) y R (roca coherente).

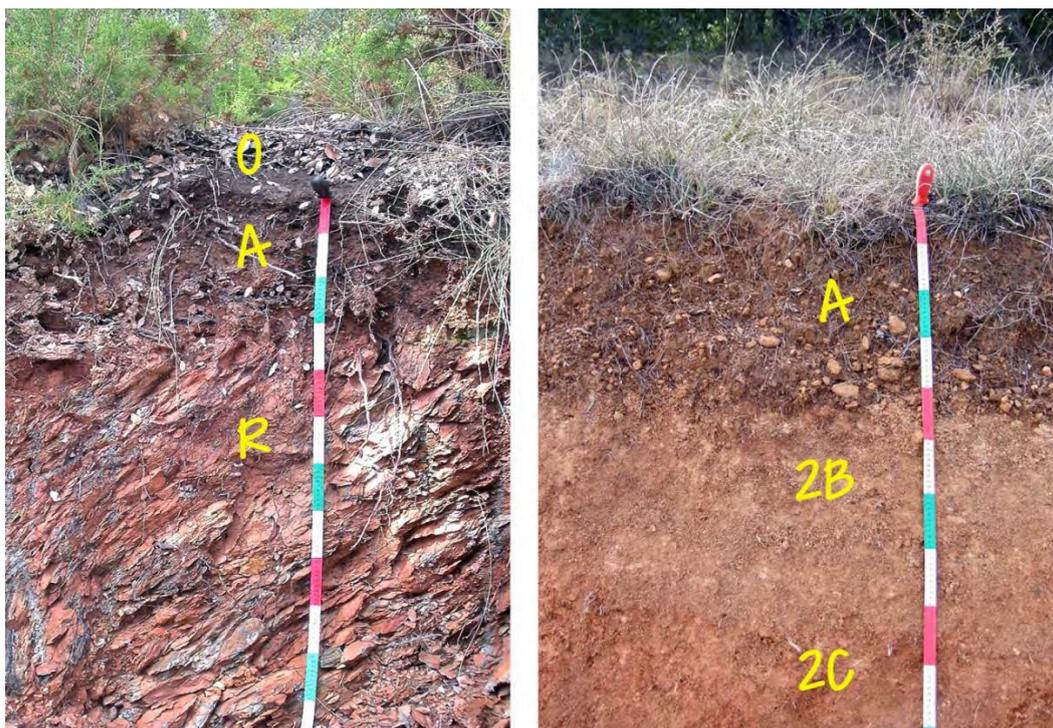


Figura 2. Perfiles de suelo mostrando sus horizontes. En el de la izquierda un perfil bajo bosque desarrollado sobre esquistos, con secuencia O-A-R; en el de la derecha un perfil bajo pasto desarrollado sobre coluvios calizos, con secuencia A-B-C y con superposición de materiales, de ahí que al B y al C se les anteponga un 2 (que indica materiales de distinto origen).

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 (meteorización) física y química que sufre la roca a lo largo de muchos años).

2. TOMA Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS. PROPORCIÓN DE ELEMENTOS GRUESOS

➤ **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” o 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. Para caracterizar la fertilidad del suelo se toman 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. Por esta razón, la preparación de muestras para su análisis se dirige a la separación de esta fracción (tierra 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
- Tamiz de 2 mm de luz
- Rodillo de madera o botella de vidrio
- Balanza granataria
- 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 poner nunca una etiqueta de papel en el interior de la bolsa. Si se quiera determinar el porcentaje de elementos gruesos habrá que tomar una muestra íntegra (sin separarlos al tomar la muestra) y de tamaño grande, según el tamaño de los elementos gruesos.



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. El proceso de 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. 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:

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

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 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 la plasticidad de la tierra 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.

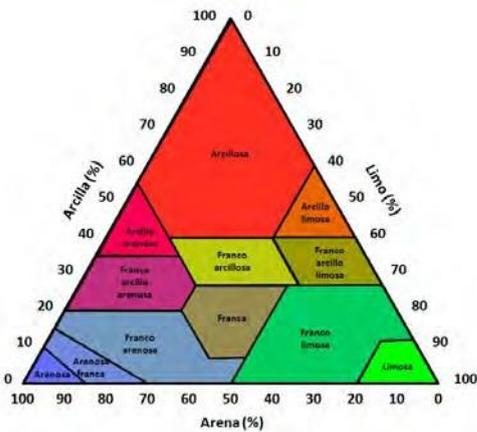


Figura 4. Diagrama triangular con las clases texturales (proporciones de arena, limo y arcilla) que el suelo puede presentar, y agrupaciones de suelos en función de la abundancia relativa de estos tipos de partículas (clases texturales). A la derecha, mano mostrando el resultado obtenido.



Figura 5. Después de haber agitado la muestra dentro de la botella, las distintas partículas que lo constituyen van sedimentando progresivamente.



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

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 realizar inferencias sobre 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, g de materia orgánica por kilo de suelo) en términos de volumen o superficie de suelo (por ejemplo, en toneladas de materia orgánica por hectárea en 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

Se clava en cilindro en el suelo con la ayuda de un martillo, con la precaución de que éste se introduzca en el suelo perpendicularmente y sin compactar la muestra al usar el martillo. Se extrae el cilindro con el cuchillo con cuidado y la muestra inalterada y se introduce en una estufa a 105°C para determinar el peso seco del suelo (si la muestra contiene yeso debe secarse a 50°C). Tarado y medido el volumen del cilindro ($V = \pi r^2 h$), se calcula la densidad aparente expresando el resultado en kg m^{-3} . También puede usarse esta misma muestra para determinar el contenido de aire (descrita más adelante) y el de humedad del suelo en el campo, pesando antes y después de secarlo en la estufa (descrita 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:

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



Figura 8. Cilindros metálicos y martillo para la extracción de muestras inalteradas de suelo que utilizan los profesionales.



Figura 9. Una vez clavado el cilindro en el suelo, debe excavar a su alrededor para su extracción evitando que la muestra se caiga por la parte inferior del cilindro.

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_{H_2O}), lo que da un volumen final (V_f) que debería ser la suma de los dos volúmenes iniciales ($V_t+V_{H_2O}$) si el suelo fuera macizo. La diferencia entre el volumen final y el esperado ($V_f-(V_t+V_{H_2O})$) 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:

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

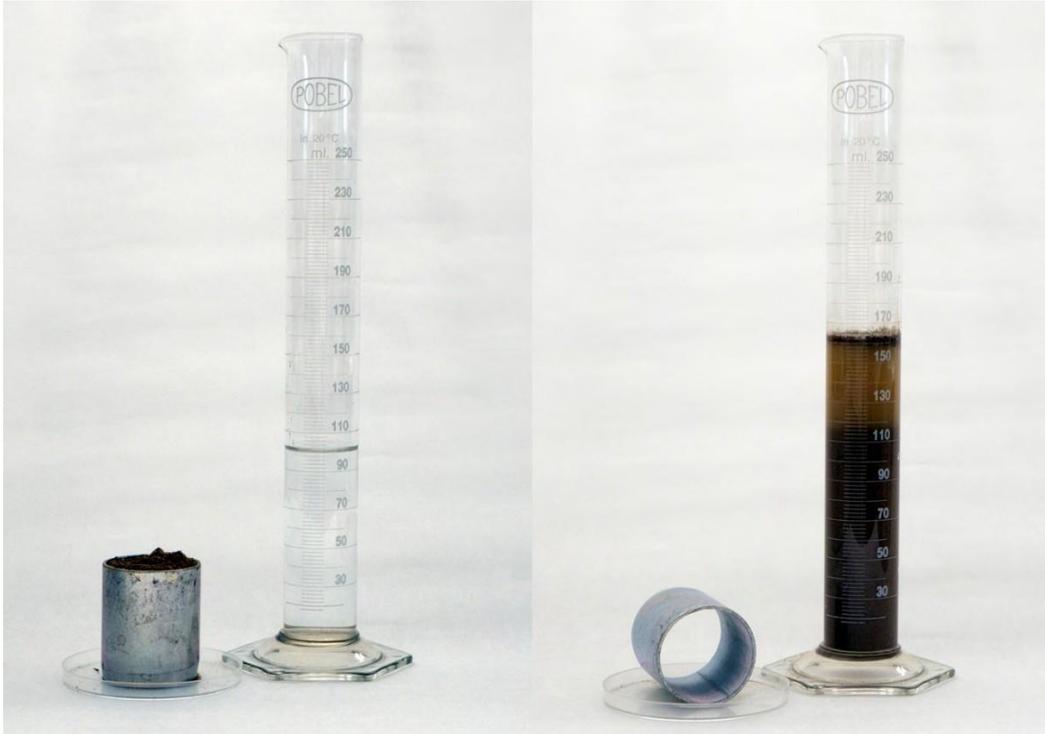


Figura 10. A la izquierda, un cilindro metálico de 104 cm^3 de volumen, y una probeta con 100 cm^3 de agua, a punto para ser mezclados. En la imagen de la derecha, tras la mezcla, el volumen final es de 160 cm^3 , por lo que el volumen de aire de la muestra de suelo era del 42%.

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 ($M_{\text{húmedo}}$). 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 $M_{\text{húmedo}}$ 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.

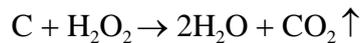
7. PRESENCIA DE MATERIA ORGÁNICA

➤ Introducción

La presencia de materia orgánica en los suelos, particularmente en los horizontes más superficiales, suele poderse observar 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 aparatos 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 efervescencia:



➤ Objetivo

Detectar la presencia de materia orgánica en muestras de suelo.

➤ Material y métodos

- Muestras de suelo
- Agua oxigenada (H₂O₂)
- 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 11. La reacción del suelo de la derecha a la adición de H₂O₂ 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.

8. CAPACIDAD DE ALMACENAJE 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. Comprobado 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.



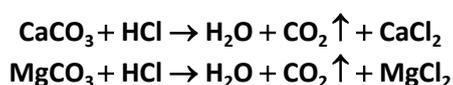
Figura 12. El suelo de la derecha, arcilloso y con mucha materia orgánica, ha retenido el cobre de la disolución. Por el contrario, en el de la izquierda, arenoso y más pobre en materia orgánica, la disolución ha filtrado prácticamente sin retención y su color azulado se ha mezclado con el amarillo de la materia orgánica y el óxido de hierro, dando un color verdoso.

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 (HCl 10% ó 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:



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 CaCO_3 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 CaCO_3 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 CaCO_3 o MgCO_3 , la reacción será visible a simple vista. El tamaño de las burbujas y la intensidad de la reacción son proporcionales a la cantidad total de CaCO_3 o MgCO_3 . 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 13. Cuando el suelo contiene CaCO_3 , la adición de HCl 10% ó 1:1 origina una reacción de efervescencia causada por la transformación del carbonato en CO_2 .

10. ENSAYO DE LOS SULFATOS SOLUBLES

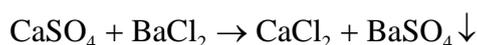
➤ Introducción

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, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 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:



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 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 yeso u otros sulfatos, se ponen de manifiesto en el momento en que se añaden unas gotas de la disolución de cloruro bórico en el líquido filtrado, ya que se forma un precipitado blanco de sulfato de bario, fácilmente observable por el aumento de la turbidez.



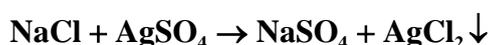
Figura 14. Una vez filtrado el extracto del suelo (izquierda), se le añaden unas gotas de la disolución de BaCl_2 10%, que en caso de haber sulfatos desencadena la formación y precipitación de BaSO_4 , apreciable por la aparición de turbidez blanquecina.

11. 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 (MgCl₂), que pueden limitar el crecimiento de muchos cultivos. Por ello, resulta particularmente interesante determinar su presencia en suelos.

Dada su elevada solubilidad, el procedimiento de campo consiste en su extracción en agua y posterior precipitación de los cloruros en forma de cloruro de plata (AgCl₂), al añadir unas gotas de una disolución de sulfato de plata (AgSO₄). La reacción que tiene lugar es:



➤ Material y métodos

- Tubos de ensayo
- Agua destilada o desmineralizada
- Embudo y papel de filtro
- Disolución de sulfato de plata, AgSO₄, 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.



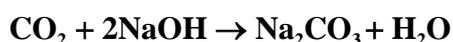
Figura 15. Una vez filtrado el extracto del suelo (izquierda), se le añaden unas gotas de la disolución de AgSO₄ 4,4 g l⁻¹, que desencadena la formación y precipitación de AgCl₂, apreciable por la aparición de turbidez blanquecina.

12. DETECCIÓN DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA DEL SUELO

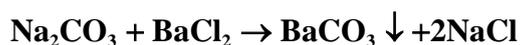
➤ Introducción

La actividad biológica global puede ser caracterizada midiendo la “respiración del suelo”. Los microorganismos consumen la fracción orgánica y oxígeno, desprendiendo dióxido de carbono (CO₂). La medida de este último nos da una idea de la actividad biológica del suelo.

En un ambiente cerrado herméticamente, el CO₂ 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:

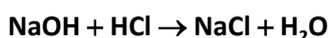


Esta reacción no produce cambios aparentes en la disolución de NaOH, ya que el carbonato de sodio (Na₂CO₃) formado permanece en disolución. Sin embargo, su formación puede revelarse mediante la adición de una solución de cloruro de bario (BaCl₂, 183 g l⁻¹), que da lugar a la formación de carbonato de bario, según la reacción:



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 CO₂ que desprende el suelo puede cuantificarse (expresándose, por ejemplo en mg de CO₂ 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):



Esta valoración debe efectuarse con la misma muestra a la que se ha añadido la disolución de BaCl₂. 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 CO₂.

➤ 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
- BaCl₂ 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 bórico. 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 16. 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 17. 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.

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

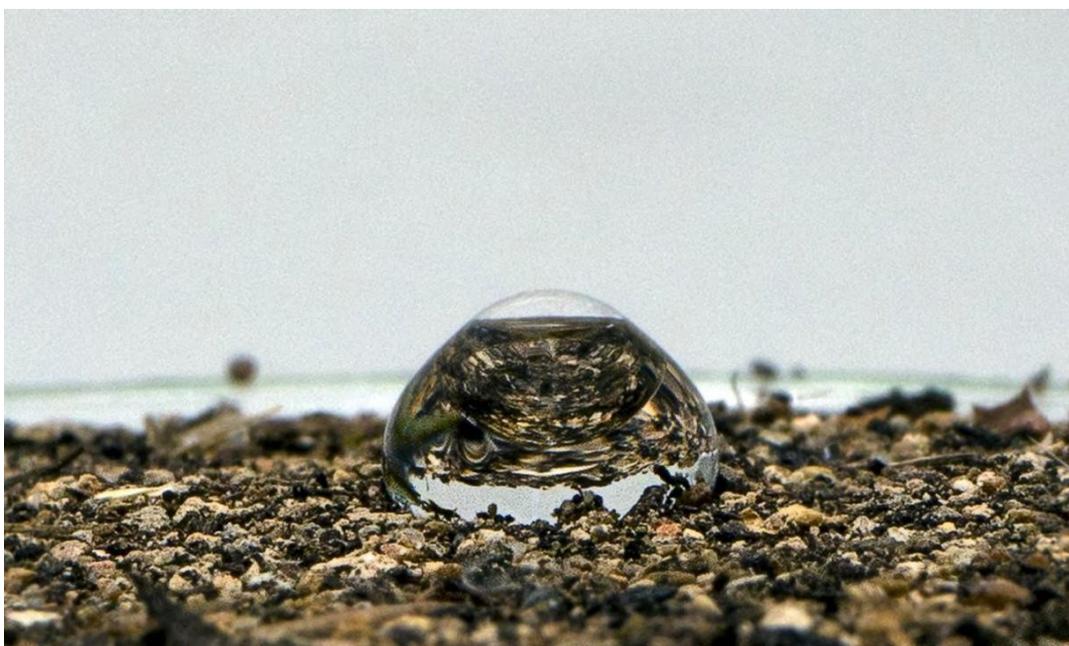


Figura 19. Un tiempo de penetración largo corresponde a una elevado grado de repelencia al agua o hidrofobicidad.

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 incrementa 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 20. 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.

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_{H_2O} 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:

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

➤ Objetivo

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

➤ 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 montada la 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 21. 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.

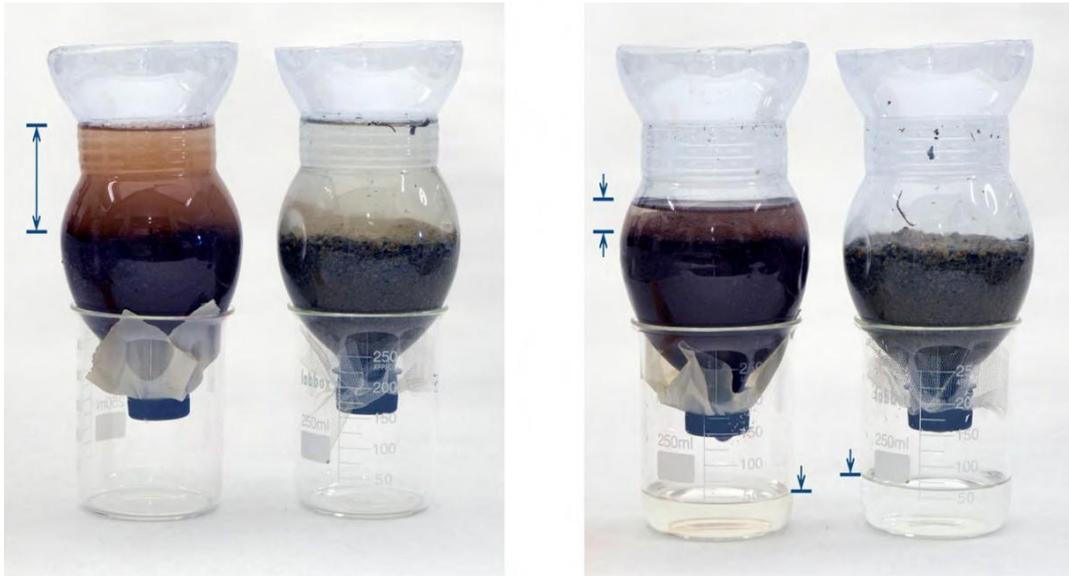


Figura 22. A la izquierda, las dos columnas de percolación a los pocos instantes de haber añadido el agua. Al cabo de unos treinta minutos, a la derecha, el suelo arenoso ya se ha completado la percolación, apreciándose un volumen de agua mucho mayor en el recipiente inferior.

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 23. 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 transporta.



Figura 24. 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