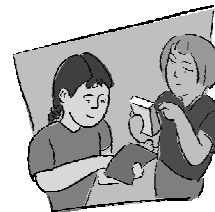


# Protocolo de Densidad de Partículas del Suelo



## **Objetivo General**

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

## **Visión General**

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

## **Objetivos Didácticos**

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

## **Conceptos de Ciencias**

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

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

### *Ciencias Físicas*

Los objetos tienen propiedades observables.

## **Habilidades de Investigación Científica**

Identificar preguntas y respuestas relacionadas con este protocolo.

Diseñar y dirigir una investigación.

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

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

Comunicar procedimientos y explicaciones.

## **Tiempo**

Dos periodos de clase de 45 minutos.

## **Nivel**

Medio y secundaria

## **Frecuencia**

Tres veces por cada horizonte de un perfil.

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

## **Materiales y Herramientas**

Horno de secado, suelo tamizado

Matraces Erlenmeyer de 100 ml con tapón

Agua destilada

Lápiz o bolígrafo

Embudo pequeño

Termómetro

Balanza con una precisión de 0,1 g

Frasco lavador de agua

Placa caliente o quemador de Bunsen u otra fuente de calor

Guantes para el horno o pinzas

*Hoja de Datos de Densidad de Partículas del Suelo*

## **Preparación**

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

Conseguir el equipo necesario.

Calibrar la balanza a 0,1g.

## **Requisitos Previos**

*Protocolo de Caracterización del Suelo*

# Densidad de Partículas del Suelo

## Protocolo – Introducción

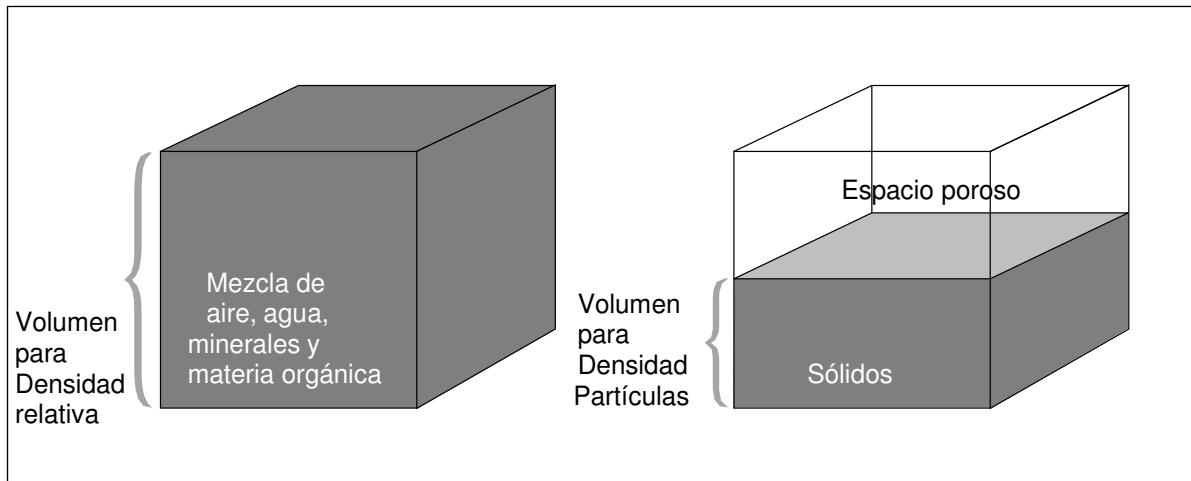
La densidad de partículas de un suelo mide la masa de una muestra de suelo en volumen dado de partículas (masa dividida entre volumen). La densidad de partículas se centra sólo en las partículas del suelo y no en el volumen total que ocupan las partículas y los poros en el suelo. La densidad de partículas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

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

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

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

Figura SU-DE-1



# Apoyo al Profesorado

## **Preparación**

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

## **Procedimiento de las Mediciones**

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

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

## **Precauciones de Seguridad**

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

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

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

## **Actividades de Apoyo**

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

## **Cuestiones para Investigaciones Posteriores**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

# Densidad de Partículas del Suelo

## Guía de Laboratorio

### Actividad

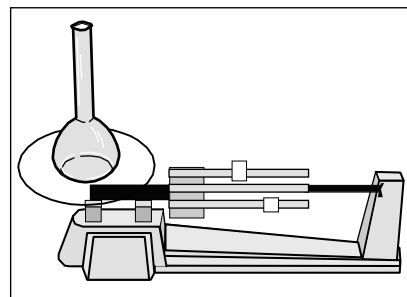
Medir la densidad de partículas de una muestra de suelo

### Qué se Necesita

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

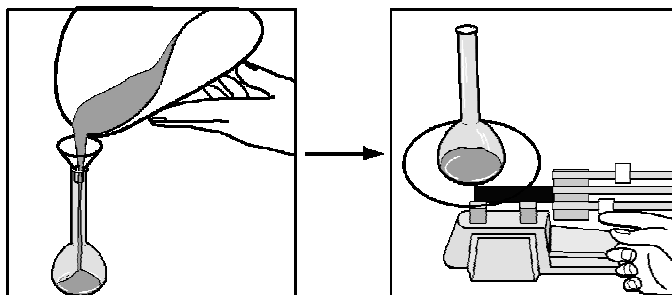
### En el Laboratorio

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



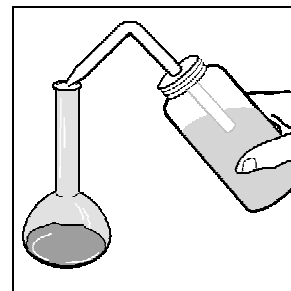
3. Medir la masa del frasco vacío sin tapón. Registrar la masa en la *Hoja de Datos de Densidad de Partículas del Suelo*.

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

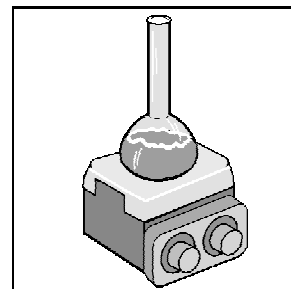


5. Medir la masa del frasco que contiene el suelo (sin tapón). Registrar la masa en la *Hoja de Datos de Densidad de Partículas del Suelo*.

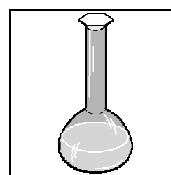
6. Utilizar el frasco lavador para empujar el resto de suelo que se quede pegado en el cuello del matraz hacia abajo. Añadir unos 50 ml de agua destilada al frasco que tiene la muestra de suelo.



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

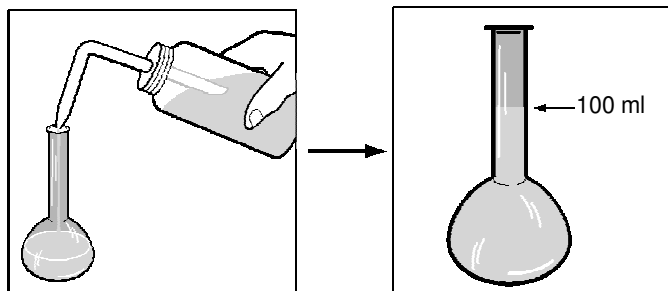


8. Retirar el frasco del calor y dejar que se enfríe.

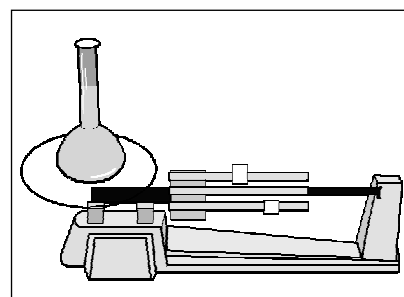


9. Una vez que el matraz se ha enfriado, taparlo y dejarlo reposar durante 24 horas.

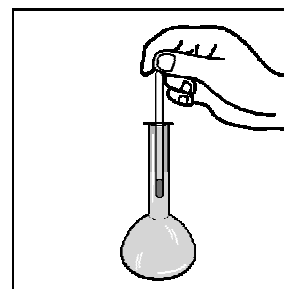
10. Después de 24 horas, quitar la tapa y llenar el matraz con agua destilada de tal manera que la base del menisco esté en la línea de los 100 ml.



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



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



# Protocolo de Densidad de Partículas–Interpretación de los datos

## ¿Son razonables los datos?

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

## ¿Qué buscan los científicos con estos datos?

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

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

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

## Calculando la Porosidad del Suelo

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

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

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

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

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

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

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

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

### Densidad relativa:

Masa de suelo seco = 395 g

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

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

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

### Densidad de partículas:

Masa de suelo seco = 25,1 g

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

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

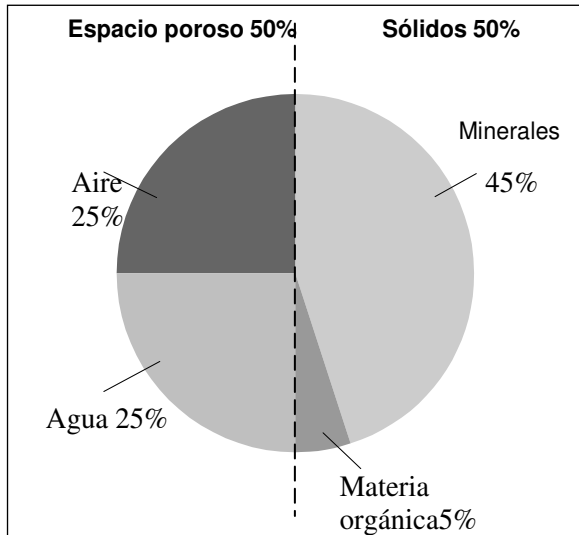
$$25,1 \text{ g}/9,5 \text{ cm}^3 = 2,64 \text{ g/cm}^3$$

### Porosidad:

Utilizando estos valores en la ecuación de la porosidad:

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

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



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

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

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

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

### ¿Grado de saturación del suelo?

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

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

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

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

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

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

### Ejemplos de investigaciones del alumnado

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

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

Tabla SU-DE-1

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

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

Tabla SU-DE-2

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



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

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

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

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

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

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

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

Tabla SU-DE-3

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

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

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