



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# TÉCNICAS DE MEDIDA DEL ESPACIO POROSO DEL SUELO

<b>Apellidos, nombre</b>	Ibáñez Asensio, Sara (sibanez@prv.upv.es) Moreno Ramón, Héctor (hecmora@prv.upv.es) Gisbert Blanquer, Juan Manuel (jgisbert@prv.upv.es) )
<b>Departamento</b>	Producción Vegetal
<b>Centro</b>	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural



## 1 Resumen

En el presente artículo vamos a exponer las diferentes técnicas utilizadas para medir o cuantificar el espacio poroso de los suelos. Como en cualquier otro de los parámetros edáficos más relevantes, existe la posibilidad de realizar las medidas directamente en el campo o, por el contrario, podemos tomar una muestra del suelo y realizar la determinación en el laboratorio.

Las medidas en campo tienen la ventaja de ser realizadas con el suelo en sus condiciones originales, pero normalmente son más imprecisas puesto que el instrumental empleado necesariamente es más "rudimentario" que el existente en los laboratorios.

Por el contrario si realizamos las medidas sobre muestras tomadas en campo, la fiabilidad de los resultados obtenidos descansará en gran medida en la calidad del muestro realizado en el campo.

Si ya conoces los conceptos de porosidad y densidad en los suelos, el siguiente paso es poder medirlos ¿Sabes cómo hacerlo?, ¿te resultaría útil conocer las técnicas más utilizadas

## 2 Objetivos

Con el presente artículo docente se pretende que el lector sea capaz de:

- Comprender las técnicas de medida del espacio poroso de los suelos
- Elegir la técnica más idónea para la medida del espacio poroso

## 3 Estructura e introducción

El presente artículo docente se estructura en los siguientes puntos:

1. Resumen de ideas clave
2. Objetivos
3. Estructura e introducción
4. Desarrollo
  - 4.1. Técnica del porómetro de aire
  - 4.2. Técnica del picnómetro de agua
5. Cierre
6. Bibliografía

Si seguimos todos estos apartados descritos, al final tendremos una idea más clara cómo elegir la técnica más idónea para determinar el espacio poroso de un suelo consiguiendo por tanto, superar los objetivos anteriormente propuestos. No obstante y para poder llegar a entender cómo hacerlo correctamente antes deberás saber qué es el espacio poroso y los conceptos de porosidad y densidad.



Si no conoces los conceptos básicos en edafología, debes buscar información en cualquier libro (por ejemplo los señalados en la bibliografía) o bien buscando en internet con las palabras claves anteriormente señaladas.

## 4 Desarrollo

La **porosidad** de los suelos habitualmente se determina de forma indirecta a partir del valor de la densidad aparente; en laboratorio se puede medir de forma directa utilizando un porómetro.

La **densidad real** normalmente se considera estándar para todos los suelos, y se le asigna un valor medio de 2,65 g/cm<sup>3</sup>.

En cuanto a la **densidad aparente**, para su determinación es necesario que el suelo permanezca inalterado manteniendo intacta su estructura. Se puede medir in situ, aunque el resultado obtenido con los métodos de campo es poco exacto. Una de las técnicas más populares de hacerlo consiste en tomar todo el suelo de un pequeño agujero, asegurándose de que no se desmoronen sus paredes. A continuación el agujero se rellena completamente con arena seca procedente de un recipiente de volumen conocido, y el suelo extraído se introduce en una bolsa para posteriormente secarlo y pesarlo. Los cálculos a realizar son:

- Volumen total - volumen final= volumen agujero
- Densidad: masa de suelo extraído/volumen del agujero

Como alternativa a este procedimiento, rápido pero poco exacto, lo más habitual es tomar muestras inalteradas en anillos estándar y realizar las medidas de volúmenes y masas en el laboratorio. Para la determinación del volumen con una precisión rigurosa podremos utilizar una balanza hidrostática o un picnómetro de agua, aplicando en ambos casos el principio de Arquímedes: "todo cuerpo (C) sumergido en un fluido (f) desplaza un volumen (V<sub>c</sub>) igual al peso del fluido desalojado (P<sub>f</sub>)"

$$V_c = P_f = m_f g$$

$$\text{Y puesto que } \rho = \frac{M}{V}, \text{ entonces } \frac{M_c}{\rho_c} = \rho_f V_f g$$

Ecuación en la que podemos despejar  $\rho_c$  conociendo la masa del cuerpo y la densidad y el volumen del fluido desalojado (habitualmente agua).

## 4.1 Porómetro de aire

El porómetro más utilizado para la determinación de la porosidad del suelo es el de mercurio (figura 1); la técnica se basa en medir el volumen de aire que llena el espacio poroso de una muestra de suelo seco de volumen conocido (figura 2) utilizando una columna de mercurio conectada al cilindro donde se coloca la muestra inalterada.

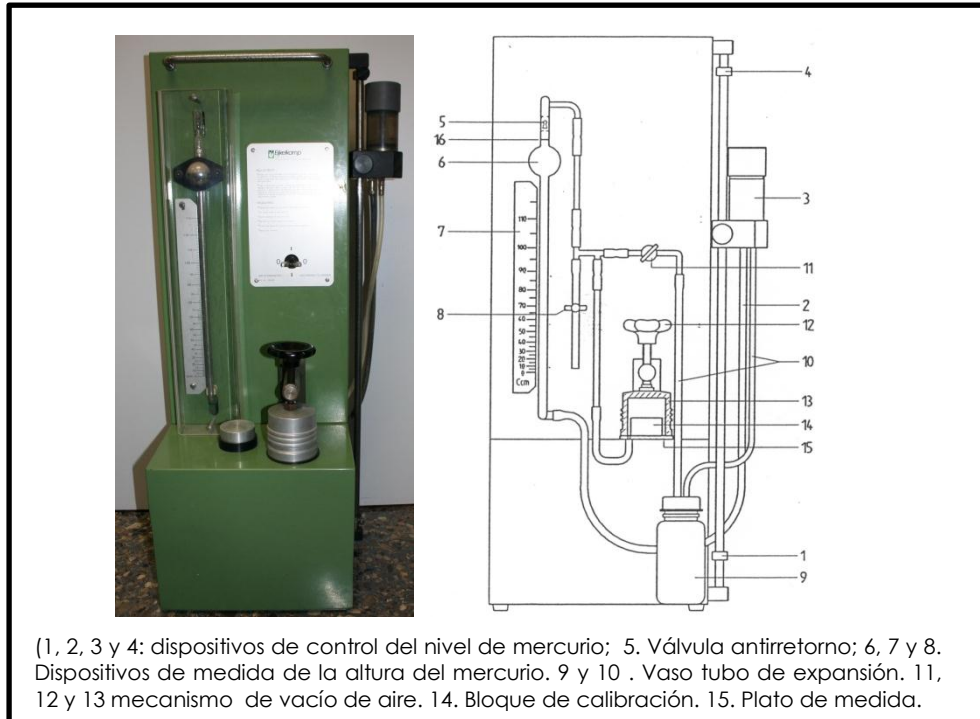


Figura 1: Porómetro de mercurio y esquema de funcionamiento (Eijkelkamp)

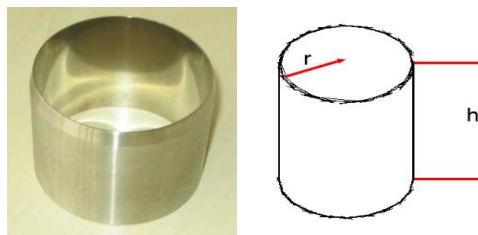


Figura 2: Anillo estándar para muestras inalteradas

### Requerimiento de la técnica:

1. Las muestras no deben contener agua en el espacio poroso; para ello las secaremos en la estufa durante 24 horas a 105 °C, poniéndolas a enfriar en una campana exenta de aire húmedo.
2. Las muestras deben estar a temperatura ambiente



**Procedimiento:**

3. Pesamos el anillo y el suelo en una balanza ( $M_s + \text{anillo}$ ), y anotamos el dato en una libreta
4. Colocamos el anillo con la muestra en la campana de vacío del porómetro, hacemos el vacío y anotamos el nivel alcanzado por el mercurio.
5. Retiramos la muestra y pesamos el anillo ( $M_{\text{anillo}}$ ).
6. Medimos las dimensiones del anillo ( $r$  y  $H$ )

**Cálculos:**

$$V_p = V_{\text{anillo}} - V_s$$

$$V_T = V_p + V_s$$

$V_p$  = Volumen de poros

$V_T$  = Volumen total

$V_s$  = Volumen sólidos = ( $V_{\text{suelo}} + \text{anillo}$ ) -  $V_{\text{anillo}}$

A partir de este valor y el de la masa de suelo seco podemos obtener las densidades aplicando las siguientes expresiones:

$$\rho_r = \frac{m_{ss}}{V_T}$$

$$\rho_a = \frac{m_{ss}}{V_s}$$

## 4.2 Picnómetro de agua

Un picnómetro es un recipiente del cual se conoce exactamente su capacidad y que dispone de un cierre sellado mediante un fino tubo capilar por el que se puede eliminar un fluido en cantidades muy pequeñas (Figura 1).



Figura 3:- Pícnómetro

Si lo llenamos de un fluido de densidad conocida, introducimos en él un cuerpo de masa igualmente conocida y luego tapamos el picnómetro, por el capilar se evacuará una cantidad de fluido exactamente igual al volumen del cuerpo introducido.

El cálculo de la densidad de dicho cuerpo se basa en el principio de Arquímedes, que nos dice que "Un cuerpo totalmente sumergido en un fluido en reposo, recibe un empujón de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del fluido que desaloja".

#### Procedimiento:

1. Se coge un agregado de suelo seco (24 horas en estufa a 105 °C) y a temperatura ambiente (enfriamiento en campana sin humedad), y se pesa en la balanza de precisión ( $M_a$ ).
2. Se barniza (figura 2) el agregado de tal forma que todos sus poros queden sellados y no pueda entrar agua en su interior (la capa de barniz debe ser muy fina).



Figura 4:- Barnizado del agregado

3. Se deja secar al aire.
4. Se vuelve a pesar el agregado obteniendo el valor del peso del agregado más el barniz ( $M_a + v$ )
5. A continuación se pesa el picnómetro antes ( $M_p$ ) y después de llenarlo de agua ( $M_p + M_w$ ). Es necesario dejar que se evacue por el capilar toda el agua sobrante, y secar el picnómetro completamente con cuidado, siendo  $M_w$  la masa de agua que cabe en su interior.



6. Posteriormente se abre el picnómetro y se deposita en su interior el agregado que hemos preparando, volviendo a tapar el picnómetro y favoreciendo la evacuación del agua por el capilar (Se debe proceder igual que el punto anterior)
7. Pesarse de nuevo el picnómetro con el agregado en su interior ( $M_p + M_a + M_w1$ ). Destacar que la masa que se obtiene está compuesta por la masa del picnómetro, la masa del agregado y la masa del agua restante después de introducir el agregado ( $MW1$ )
8. Determinar con un termómetro la temperatura del fluido (agua destilada)
9. Vaciar el picnómetro

Cálculos:

$$\rho_{suelo} = \frac{M_s}{V_s} \text{ y } = \frac{M_w}{VW}$$

$$M_{p+a+w} = M_p + M_a + M_w$$

Tabla 1: Relación de la Temperatura y los valores de la densidad del Agua

T (°C)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	T (°C)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	T (°C)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	T (°C)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	T (°C)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )
0	999.82	9	999.85	18	998.68	27	996.59	36	993.73
1	999.89	10	999.77	19	998.49	28	996.31	37	993.37
2	999.94	11	999.68	20	998.29	29	996.02	38	993
3	999.98	12	999.58	21	998.08	30	995.71	39	992.63
4	1000	13	999.46	22	997.86	31	995.41	40	992.25
5	1000	14	999.33	23	997.62	32	995.09	41	991.86
6	999.99	15	999.19	24	997.38	33	994.76	42	991.46
7	999.96	16	999.03	25	997.13	34	994.43	43	991.05
8	999.91	17	998.86	26	996.86	35	994.08	44	990.64

$$V_{suelo} = V_w - V_{w1}$$

Donde

$V_w$  = Volumen de agua inicial

$V_{w1}$  = Volumen de agua con el agregado



$$\rho_s = \frac{Msuelo}{Vsuelo}$$

$$Ws = \frac{Magua}{\rho agua}$$

$$M_{p+a+w1} = M_p + M_a + M_{w1} \rightarrow M_{w1} = M_{p+a+w1} - M_p - M_a$$

$$V_{w1} = \frac{M_{w1}}{\rho agua}$$

## 5 Cierre

El volumen ocupado por el espacio poroso en un suelo tal cual se encuentra en el campo puede ser determinado midiendo su porosidad en un porómetro o calculándolo a partir de su densidad. La densidad aparente del suelo puede medirse aplicando el principio de Arquímedes siempre que dispongamos de aparatos de medida de masas y volúmenes de gran precisión (balanzas y picnómetros).

## 6 Bibliografía

### 6.1 Libros:

[1] Porta, J; López-Acevedo, Marta; Roquero, Carlos: "Edafología para la agricultura y el medio ambiente", Ed. Mundiprensa, 3ª edición, 2003, págs. 629.

[2] Gisbert, J.M; Ibáñez, S.; "Génesis de Suelos" Ed. Universidad Politécnica de Valencia, 2001, págs. 222

[3] FAO; "Guía para la descripción de perfiles de suelos", Ed. FAO, Roma 1977, págs. 90,

[4] Eijkelkamp. 08.60 Operating instructions "Air Pycnometer according to langer".

[5] Edwin R. 2006. "Principles And Practice Of Soil Science: The Soil as a Natural Resource" Blackwel Ed. 4º edición. (Australia)

### 6.2 Referencias de fuentes electrónicas:

[4] Ibáñez, S; Gisbert, J.M; Moreno, H; "Cómo utilizar un picnómetro de laboratorio". Video didáctico Disponible en: <http://politube.upv.es/play.php?vid=3708>