

# CARACTERIZACIÓN DE LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL POR EL MÉTODO DE LA PRESIÓN DE BURBUJA

M. A. COMMEGNA<sup>1</sup> y R. M. SANTAMARÍA<sup>2</sup>

## RESUMEN

Se propone un método alternativo para la estimación de la estabilidad estructural de agregados del suelo, por la medida de las variaciones de la presión de burbuja que se generan cuando se introduce aire a presión en el interior de un agregado sumergido en diferentes líquidos de tratamiento.

**Palabras clave.** Presión de burbuja - estructura - agregado.

## STRUCTURAL STABILITY CHARACTERIZATION BY THE BUBBLE PRESSURE METHOD

## SUMMARY

An alternative method for the estimation of the structural stability of soil aggregates is presented. The method is based on the variation of bubble pressure generated when air at a high pressure is introduced into an aggregate immersed in different liquids.

**Key words.** bubble pressure, soil structure, aggregates.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los mecanismos de destrucción de la estructura del suelo es el estallido de los agregados secos cuando se sumergen en agua. La entrada rápida del agua por uno o ambos extremos de un capilar, produce una compresión de la atmósfera del agregado que, si es superior a las fuerzas de cohesión de las partículas, produce su dislocación. La presión máxima del aire ocluido en el frente del menisco que avanza está determinada por el tamaño del poro y la tensión superficial del líquido.

Para la determinación del tamaño del poro más grande de materiales cerámicos, cuyos patrones geométricos no cambian, se utiliza con frecuencia el método de la presión de burbuja. Para ello se aplica una presión regularmente creciente al material poroso saturado de agua, se lee en el manómetro la presión a la cual las burbujas comienzan a escapar del material y a esta presión se la llama presión de burbuja. A partir de ella se puede calcular el diámetro equivalente del poro (Stackman, 1969).

Si se introduce aire a presión en el interior de un agregado de suelo sumergido en un líquido, el aire escapará primero por los poros mayores y si la presión aplicada es mayor, lo hará por poros de diámetro cada vez más pequeño.

Si para un poro dado, la presión de burbuja disminuye con el tiempo, se puede estimar que la magnitud

---

<sup>1</sup>Dpto. de Agronomía, UNS, Altos de Palihue, (8000) Bahía Blanca, Argentina. e-mail:mcomm@criba.edu.ar

<sup>2</sup>Comisión de Investigaciones Científicas.

de las fuerzas de cohesión entre las partículas ha disminuído y las presiones que soportan las paredes del poro contribuyen a su expansión y posterior rotura. La pérdida de cohesión está dada por distintas causas, como falta de cementos estables orgánicos o inorgánicos entre las partículas minerales, hinchamiento de los coloides, etc.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la posibilidad de utilización del método de la presión de burbuja (MPB) como un indicador de la pérdida de cohesión de un suelo y, por lo tanto, de su estabilidad estructural.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Fundamentos del método

Si mediante un pequeño tubo insertado en un agregado de suelo y fijado con un cemento que evite pérdidas de aire en los puntos de contacto, se suministra aire a presión al interior del agregado, el cual se encuentra sumergido en un líquido cualquiera, a una presión determinada se producirá el escape de la primera burbuja de aire, por el capilar de mayor diámetro que tenga dicho agregado.

Al desprenderse la burbuja, la presión en el interior del poro desciende instantáneamente y luego comienza a aumentar para completar un nuevo ciclo.

Si la presión de burbuja permanece constante, significa que el poro mantiene su diámetro y que el agregado es estable en dicho líquido.

Por el contrario, un descenso progresivo de la presión de burbuja indica un aumento en el diámetro del poro, lo cual es producido por una disminución de la cohesión entre las partículas que componen el agregado.

La presión alcanzada y el tamaño del capilar se relacionan por la fórmula:

$$P = (2 \sigma \cos \alpha) / r$$

donde P es la presión de burbuja,  $\sigma$  es la tensión superficial del líquido,  $\cos \alpha$  es el coseno del ángulo de contacto sólido-líquido y r es el radio del capilar.

Se trabajó con agregados de 2 a 3 cm pertenecientes a tres suelos: dos francoarenosos y uno arcillolimoso, cuya caracterización aparece en la Cuadro N° 1.

Sobre cada agregado se perforó un orificio de 1 mm de diámetro, colocando en él un tubo de plástico de 20 mm de largo, de modo que sobresaliera aproximadamente la mitad. Se lo cementó con resina epoxi y se lo dejó secar.

Como líquidos de tratamiento se utilizaron agua, alcohol y benceno. Las tensiones superficiales de los mismos son, a 20°C :  $7,27 \times 10^{-2}$  ;  $2,23 \times 10^{-2}$  y  $2,88 \times 10^{-2}$  J.m<sup>-2</sup>, respectivamente.

En la Figura 1 se puede observar el dispositivo de medición.

**Cuadro N° 1. Caracterización de los suelos usados en el experimento**

Suelo	% arcilla	% limo	% arena	% MO	Is (Hénin)
Francoarenoso 1 (Haplustol)	15	44	41	2,10	2,24
Francoarenoso 2 (Haplustol)	13	22	65	2,81	2,34
Arcillolimoso (Vertisol)	45	48	7	2,05	0,29

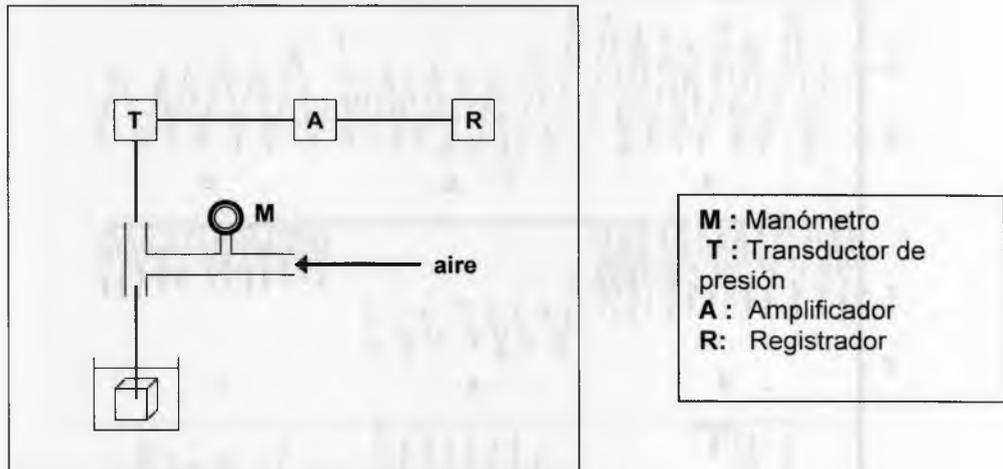


Figura 1. Instrumental utilizado

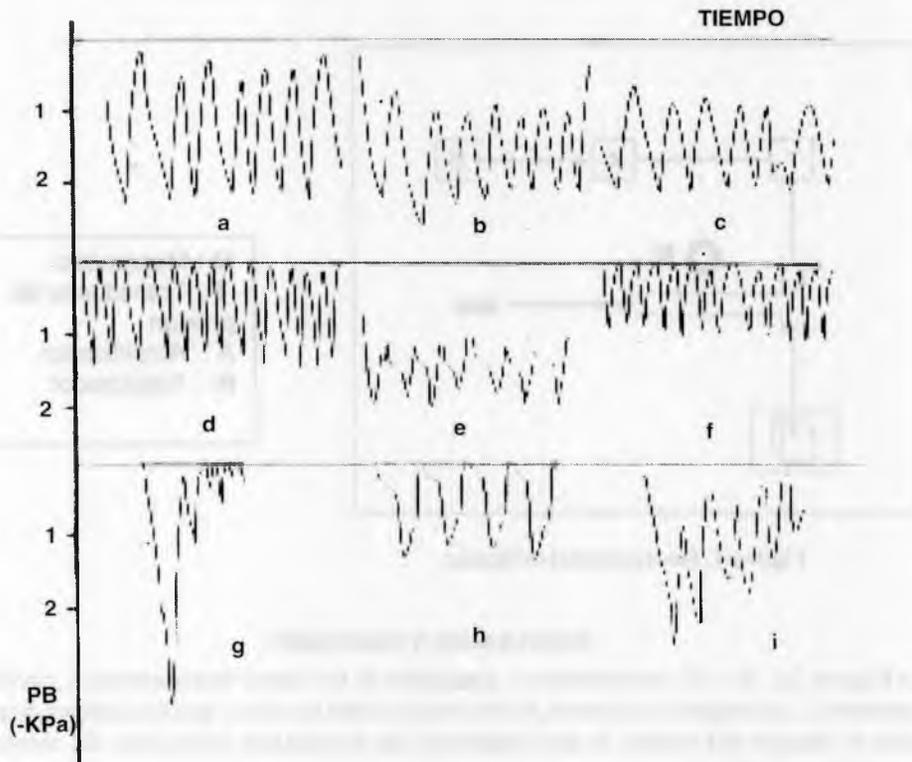
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Figuras 2a, 2b y 2c corresponden a agregados de los suelos francoarenoso 1, arcillolimoso y francoarenoso 2, sumergidos en alcohol. Se observa en todos los casos, que los cambios de presión son pequeños en función del tiempo, lo que comprueba las propiedades protectoras del alcohol sobre la estructura (Hénin, 1976).

Las Figuras 2d, 2e y 2f corresponden a agregados de los tres suelos en benceno. El suelo arcillolimoso muestra un registro de presión distinto a los otros dos suelos, evidenciando un retardo en la salida de las burbujas de aire. Por su baja tensión superficial, el benceno, al igual que el alcohol, desarrolla presiones capilares bajas, al ingresar en los poros.

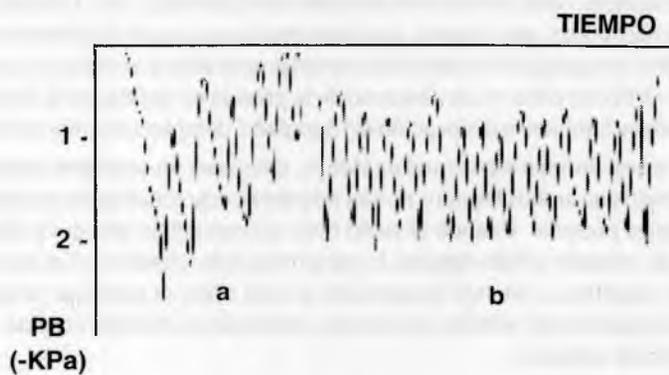
Las Figuras 2g, 2h y 2i corresponden a agregados de los tres suelos en agua. En todos los casos los agregados han experimentado una disminución de la presión de burbuja con el tiempo, lo que significa un aumento en el tamaño del poro y, por lo tanto, una disminución en la estabilidad estructural. Se ha podido observar que, mientras los agregados de suelo de textura gruesa sufren un colapso inmediato de los poros grandes, en el suelo vértico se observa un descenso de la presión de burbuja más lento, si bien al final de algunos ciclos se produce también la dislocación del agregado, demostrando mayor estabilidad ( $I_s: 0,29$ ).

Siguiendo el test de estabilidad estructural de Hénin, agregados previamente sumergidos en benceno, se pasaron al agua. Dado que ambos líquidos no son miscibles, este tratamiento es altamente destructor si no hay materia orgánica presente. Cuando el suelo tiene un porcentaje alto de la misma, se produce un aumento del ángulo de contacto sólido-líquido, lo que provoca un retardo en el avance del menisco por la hidrofobicidad de la superficie, evitando la aparición de una sobre presión que produce la rotura. Esta situación se evidenció para los tres suelos, por su bajo contenido de coloides orgánicos. (No se presentan las figuras por razones de espacio).



**Figura 2. Registro de las presiones de burbuja en función del tiempo (en minutos):**

- a, d y g.- Agregados del suelo francoarenoso 1 en alcohol, benceno y agua, respectivamente.
- b, e y h.- Agregados del suelo arcillolimoso en alcohol, benceno y agua, respectivamente.
- c, f e i.- Agregados del suelo francoarenoso 2 en alcohol, benceno y agua, respectivamente.



**Figura 3. Presión de burbuja de agregados del suelo francoarenoso 2 en agua.**

- a.- Agregado natural
- b.- Agregado calcinado a 300°C.

En la Figura 3 se han comparado el comportamiento del suelo 2 en su forma natural, y luego de ser sometido a una calcinación de 300°C para obtener la rigidez del agregado. Se puede observar que los valores de presión de burbuja son constantes en función del tiempo, lo que indica que la temperatura ha producido la estabilidad del agregado.

Los resultados expuestos deben considerarse como preliminares, pero el método podría ser una alternativa en la estimación de la estabilidad de los agregados, luego de profundizar en el estudio de suelos de distinta naturaleza.

#### BIBLIOGRAFÍA

- HÉNIN, S. 1976. Cours de Physique du sol. Tomo 1, Orstom, París.
- STACKMAN, W. P. 1969. Determination of pore size by the air bubbling pressure method Proc. Unesco/lash, 84.