MEDIDA DE LA PRESION INTERIOR EN BLOQUES DE SUELO SOMETIDOS A LA ACCION DE SOLVENTES ORGANICOS Y DEL AGUA

Marta A. Commegna y Raúl M. Santamaría

Departamento de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional del Sur
Altos del Palihue - 8000 Bahía Blanca

RESUMEN

La determinación de presiones generadas dentro del espacio poroso de terrones de suelo, durante la penetración de diferentes líquidos de tratamiento, permitió determinar el comportamiento de los agregados frente a los pretratamientos del Test de Estabilidad Estructural de Hénin.

De la información obtenida sobre dos suelos y un modelo de yeso, se extraen las siguientes conclusiones:

a) Presiones que generan roturas instantáneas en suelo, no llegan a registrarse por el inmediato escape del aire a nivel superficial. En los bloques de yeso, de estructura rígida, se registran presiones superiores a las de los suelos.
b) En los dos suelos, con bajo tenor en materia orgánica, se evidencia un marcado efecto destructor al sumergir el agregado en benceno y luego en agua.
c) El mecanismo de explosión es el que prevalece en la destrucción de los agregados del suelo francoarenoso, al contacto con los líquidos de tratamiento y el mecanismo de dispersión e hinchamiento, en el suelo arcillo limoso.
d) Los fenómenos que tienen lugar durante la realización del Test de Estabilidad Estructural se pueden explicar de una manera válida a través del registro de las presiones estudiadas.

Palabras clave: agregados del suelo, presión del aire del suelo, rotura de los agregados.

MEASUREMENT OF INTERNAL PRESSURE IN SOIL BLOCKS UNDER THE ACTION OF ORGANIC SOLVENTS AND WATER

ABSTRACT

The measurement of pressures generated in the pores of soil blocks during liquid penetration permits the study of the behavior of the aggregates with respect to the pretreatements used in the method of Hénin for testing aggregate stability.

The results obtained by such measurements performed on two soils and a gypsum block permit the following conclusions:

a) The pressures developed in the blocks of gypsum are much higher than those developed in soil blocks.
b) The pressures that produced instantaneous destruction of blocks could not be registered due to air escape at a superficial level.
c) Soil blocks poor in organic matter are destroyed easily if they are submerged in benzene then in water.
d) Entrapped air explosion is the main factor responsible for aggregate destruction in one of the soils.
e) The phenomena observed during the stability test may be explained using the data of air pressure.

Key words: soil aggregate, soil-air pressure, aggregate deterioration.

INTRODUCCION

Dos tipos de mecanismos se aceptan para la destrucción de los agregados del suelo: uno propuesto por Schloesing en 1895, que se refiere a la dispersión de los coloides que forman parte de los cementos que unen entre sí las partículas elementales, y otro, sostenido por Bary en 1931 para los geles de sílice y por Yoder en 1936 y Hénin en 1938 para los suelos, que implica:

1°)el bloqueo del aire en el interior de la estructura porosa,

2°)la compresión del mismo al penetrar el agua en los capilares, actuando los meniscos como pistones,

3°)la rotura del agregado, cuando la presión del aire es superior a su resistencia mecánica. Este mecanismo se denomina "Explosión".

El presente trabajo estudia el comportamiento, respecto de este último mecanismo, de agregados naturales y artificiales de suelo pretratados según el Test de Estabilidad Estructural de Hénin. El mismo se basa en la determinación de las presiones internas generadas dentro del espacio poroso de agregados sometidos a imbibición con distintos líquidos, mediante la utilización de una técnica propuesta por Stroosnyder y Koorevaar (1972).

Commegna (Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias del Suelo, manuscrito en preparación), analizando el comportamiento de agregados de suelo, naturales y artificiales, con esta técnica, encontró que dichas presiones son función de la tensión superficial, viscosidad y energía libre de los líquidos de tratamiento y del grado de hidrofilidad o hidrofobicidad de las paredes del material que forma los poros del suelo.

Hénin en 1939 haciendo una imbibición previa de distintas muestras de suelo con una serie de líquidos polares y no polares, miscibles y no miscibles con el agua, para simular una atmósfera incompresible, llegó a la conclusión que:

- un líquido miscible con el agua aumenta la resistencia de los agregados a la destrucción,
- el pretratamiento con líquidos no miscibles con el agua, ejerce un efecto destructor muy intenso.

Hénin (1976) interpreta este resultado considerando que la humectación por líquidos orgánicos miscibles con el agua, puede desplazar la atmósfera gaseosa en el interior de los poros. Cuando los agregados se colocan luego en el agua, al ser la tensión interfacial negativa, la presión no aumenta. Por el contrario, si un suelo pobre en materia orgánica se embebe con un líquido orgánico no miscible con el agua (Cl_4C, benceno) la mojabilidad del suelo por el agua se ve poco modificada, la tensión superficial sigue siendo considerable por lo que se produce la rotura del agregado.

Si el suelo tiene cantidades importantes de materia orgánica, los líquidos orgánicos no polares utilizados, se fijan sobre ella y constituyen una película hidrófoba que impide la posterior humectación del suelo y por ello impide la destrucción del agregado.

MATERIALES Y METODOS

Para las determinaciones experimentales se utilizaron bloques naturales y artificiales de dos suelos, cuya textura se consigna en la Tabla N° 1.

El primero corresponde al horizonte superficial (0 a 20 cm) de un Haplustol petrocálcico de la EE del INTA Bordenave. El perfil textural de este suelo francoarenoso, es bastante uniforme y los porcentajes de arcilla, limo y arena sufren pocos cambios con la profundidad. A los 80 cm aparece un encostramiento calcáreo. El Is del horizonte es de 2,24 y el porcentaje de materia orgánica es de 2,81.

Tabla N° 1: Composición granulométrica de los suelos estudiados.

	Franco-arenoso	Arcillo limoso
Arena gruesa	3.50	2.20
Arena fina	37.15	4.50
Limo grueso	27.50	21.00
Limo fino	17.35	27.00
Arcilla	14.50	40.30

El segundo suelo pertenece al horizonte superficial (0 a 20 cm) de un Vertisol de La Paz (Entre Ríos). El perfil de este Vertisol (Van Barneveld: comunicación personal) posee epipedón mólico, horizonte B2 textural, relieve gilgai bien desarrollado con intervalos

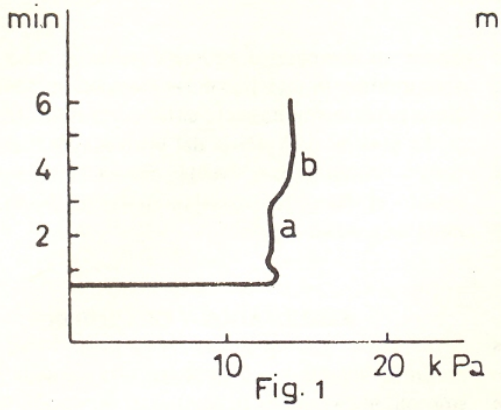

Fig. 1

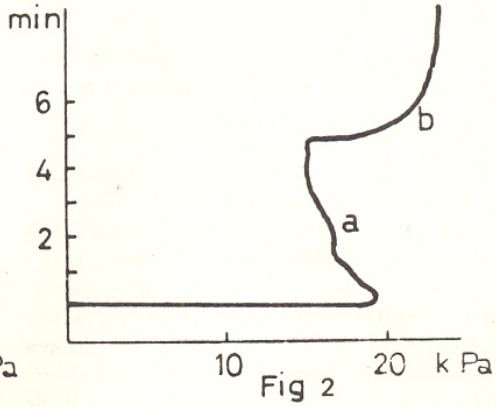

Fig 2

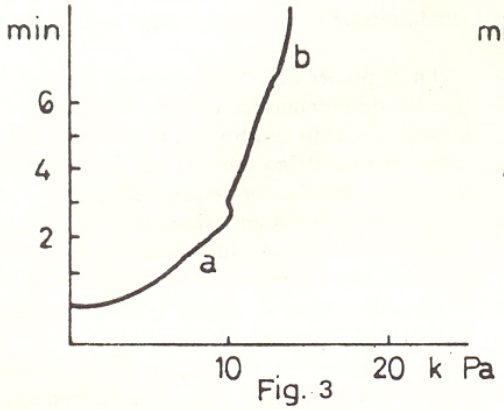

Fig. 3

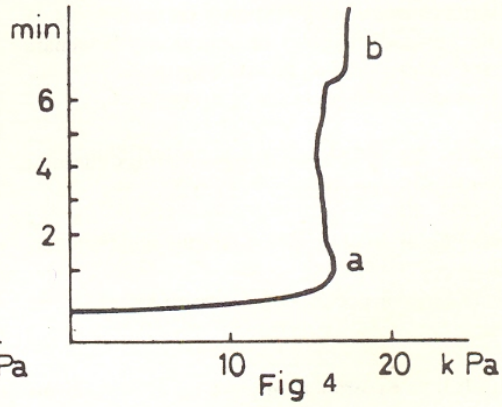

Fig 4

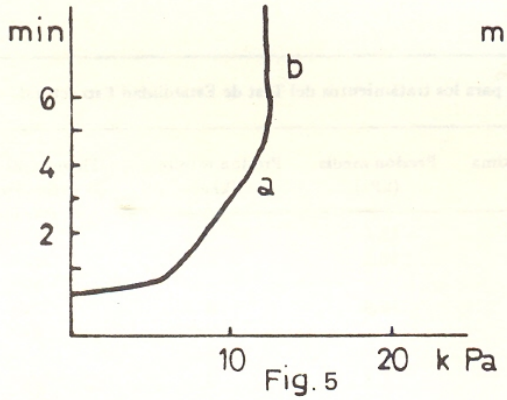

Fig. 5

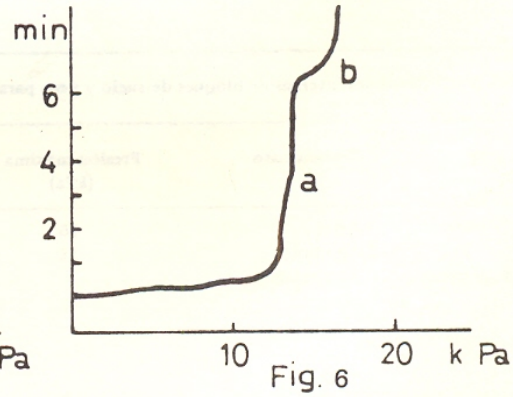

Fig. 6

Nº1: Aumento de la presión interior en un bloque de yeso por inmersión en alcohol (sector a de la curva) y posterior inmersión en agua (sector b de la curva).

Nº 2: Aumento de la presión interior en un bloque de yeso por inmersión de benceno (sector a de la curva) y posterior inmersión en agua (sector b de la curva). Tratamiento II.

Nº 3: Terrón de un suelo francoarenoso. Tratamiento I.

Nº 4: Idem Tratam. II.

Nº 5: Terrón de un suelo arcillolimoso. Tratamiento I.

Nº 6: Idem Tratam. II.

de 4 a 5 metros entre crestas. La toma de muestra se realizó en la parte baja del gilgai. El campo nunca fue arado. El Is del horizonte A1 es de 0.29 y el porcentaje de materia orgánica es de 2,05.

Además de los bloques de suelo, se confeccionaron bloques de yeso, de un tamaño similar (2-3 cm).

La presión en el interior de los agregados se midió con un transductor diferencial de presión marca Kyowa, tipo PG 2 KD. La señal del transductor se amplificó y registró, obteniéndose así curvas de presión en función del tiempo de inmersión. Los terrones de suelo y bloques de yeso, se perforaron hasta el centro, se les cementó un tubo de plástico de 1 mm de diámetro y por medio de una aguja hipodérmica se conectaron al transductor. Durante las mediciones, la aguja hipodérmica, el tubo de conexión y la cámara transductora, permanecen llenos de agua.

La metodología seguida fue la siguiente:

Terrones de suelo y bloques de yeso fueron sometidos a los tratamientos siguientes:

I. Inmersión en alcohol, con posterior inmersión en agua.
II. Inmersión en benceno, con posterior inmersión en agua.

Procediendo experimentalmente en el sentido inverso, es decir, suministrando presión regulada mediante un manómetro, proveniente de un tubo de aire comprimido, se registraron las presiones máximas que soporta un terrón de suelo antes de su destrucción.

La presión de burbuja del poro mayor fue el parámetro utilizado para evaluar dichas presiones, estimando el diámetro correspondiente mediante la fórmula de presión capilar.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las figuras 1 y 2 se observan las curvas de presión obtenidas por la inmersión de un bloque de yeso en alcohol y luego en agua (Tratamiento I) y un segundo bloque en benceno y luego agua (Tratamiento II).

En el primer caso el aumento de presión es mínimo, siendo pronunciado para el segundo –sector b de las curvas–. Esto confirmaría la interpretación enunciada (Hénin, 1976) sobre el comportamiento de líquidos no miscibles con respecto al agua.

Las figuras 3 y 4 corresponden a los mismos tratamientos sobre un agregado de suelo francoarenoso, y las figuras 5 y 6 para uno de suelo arcillo limoso.

En ambos casos se observa la sobrepresión para el tratamiento II (tramo b de la curva).

En la Tabla Nº 2 se consignan las presiones obtenidas experimentalmente para los tratamientos indicados y para el agua y el tiempo de rotura de los agrega-

Tabla Nº 2: Presiones internas de bloques de suelo y yeso para los tratamientos del Test de Estabilidad Estructural.

Material	Tratamiento	Presión máxima (kPa)	Presión media (kPa)	Presión mínima (kPa)	Tiempo medio de rotura (min)
Franco-arenoso	Agua	16	11,6	6	5
	Alcohol	18	13,2	7	
	Alcohol-agua				38
	Benceno	18	13,9	9	
	Benceno-agua				31
Arcillo-limoso	Agua	5	4,5	4	24
	Alcohol	8,4	6	4	
	Alcohol-agua				750
	Benceno	20	12	2	
Yeso	Agua	38	22	7	
	Alcohol	18	10	6	
	Benceno	29	19,2	11	

Tabla Nº 3: Diámetro del poro mayor de bloques de suelo y yeso para los pretratamientos del Test de Estabilidad Estructural y sometidos a una presión adicional.

	Diámetro (μm)		
	FA	al	Yeso
Benceno	40	45	2,30
Benceno-agua	60	77	2,54
Alcohol	37	46	2,58
Alcohol-agua	49	49	2,60
Agua	128	177	3,02

dos. Comparando las presiones máximas medias alcanzadas en numerosas determinaciones para los dos suelos, se observa que éstas son mayores para el francoarenoso que para el arcillo limoso y que la rotura de los agregados varía tanto con la textura como con el tratamiento aplicado.

Las presiones obtenidas en los bloques de yeso son mayores que para los terrones de suelo. Se puede admitir según la observación visual que, al contacto con el agua, el debilitamiento de los terrones comienza de la superficie hacia el centro de los agregados, con presiones de aire localizadas que no se transmiten en su totalidad al interior de los mismos. En el bloque de yeso, en cambio, por su estructura más rígida, se manifiesta el máximo de presión. Así el suelo francoarenoso resiste una presión de 11.6 kPa durante cinco minutos y que una presión de 4.5 kPa provoca la rotura del arcillo limoso a los veinticuatro minutos para igual tratamiento.

Se estima que el efecto predominante en la destrucción de los agregados del suelo arcillo limoso no es tanto de aire sino el hinchamiento de las arcillas, teniendo en cuenta su naturaleza mineralógica. Si se compara para dicho suelo, los tratamientos agua, y benceno-agua, mientras que un agregado en agua se rompe en veinticuatro minutos a una presión de 4.5 kPa, en cambio, en benceno-agua, necesita quinientos cuarenta minutos a una presión de 12 kPa. Esto confirmaría que la rotura es provocada por el hinchamiento de las arcillas y que además se manifestaría alguna suerte de efecto protector más elevada y, por lo tanto, una mayor resistencia a la explosión. Este ligero efecto protector se observa también para el suelo francoarenoso y estaría vinculado a la materia orgánica.

Al efectuar la medición de presiones en suelos, en algunos casos se registran presiones negativas siendo más numerosas para el suelo arcillo limoso y en el tratamiento benceno-agua. Se estima como posible que, al pasar el agregado del benceno al agua, y humectarse la capa exterior del mismo, comience el hinchamiento de las arcillas. Como resultado, la permeabilidad disminuye sensiblemente, no tiene lugar la compresión del benceno y se produce en cambio un incremento del volumen interno. Este fenómeno se denomina "implosión", habiendo encontrado que se presenta en suelos con baja porosidad, en los cuales un pequeño incremento en el volumen total provoca una considerable disminución de la presión interna (Stroosnyder *et al*, 1972).

Se debe tener en cuenta, al evaluar los resultados, que se trata de determinaciones de presión llevadas a cabo a volumen variable por la falta de rigidez de los agregados de suelo.

Mediante una segunda experiencia, introduciendo aire en el interior de los agregados y del bloque de yeso, se ha determinado la presión a la cual se observa la salida del aire por el poro mayor y comienza la destrucción del agregado. Esta presión límite aplicada, coincide con la presión de burbuja, lo que permite obtener el diámetro de ese poro mayor mediante la fórmula de la presión capilar, y relacionarlo con la variación de cohesión de la muestra. Estos valores se observan en la Tabla Nº 3.

Para yeso, el diámetro de los poros no varía significativamente con los distintos tratamientos por su estructura rígida, salvo un ligero aumento para el agua, debido quizá a la disolución del yeso. En los dos suelos, en cambio, hay un aumento del tamaño de poros de alrededor del 50% para el tratamiento benceno-agua, que llega a triplicarse para el agua, siendo esto un índice del grado de disminución de la cohesión que se manifiesta en cada caso.

CONCLUSIONES

Mediante la determinación de la presión que se genera en el interior de agregados de suelo y bloques de yeso, se comprobó experimentalmente la validez de los mecanismos que tienen lugar en el Test de Estabilidad Estructural de Hénin.

El mecanismo de explosión es el que prevalece en la destrucción de los agregados del suelo francoareno-

so, al contacto con los líquidos de tratamiento y el mecanismo de dispersión e hinchamiento, en el suelo arcillo limoso.

Ambos mecanismos están íntimamente relacionados con la hidrofilidad de la muestra y el ingreso del agua en los capilares del agregado.

REFERENCIAS

Concaret, J., 1967. Etude des mécanismes de la destruction des agrégats de terre au contact de solutions aqueuses. Ann. agron., 18, 65-90.

Hénin, S., 1976. Cours de Physique du sol. T. I Orstom, París.

Stroosnyder, L. y P. Koorevaar, 1972. Air pressure within soil aggregates during quick wetting and subsequent "explosion" I: Preliminary experimental results. Med. Fak. Landbouww. Ghent, vol. 37: 1095-1106.