

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS EN RELACION CON LA POROSIDAD DE LOS SUELOS: INFLUENCIA DEL CICLO NATURAL DE HUMECTACION-DESECACION

III. POROSIDAD Y FRACCION ARCILLA

por

J. L. ARRUE UGARTE, F. MORENO, J. L. PEREZ RODRIGUEZ
y J. MARTIN ARANDA

SUMMARY

PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES IN RELATION TO SOIL POROSITY: THE INFLUENCE OF THE NATURAL WETTING-DRYING CYCLE.
III. POROSITY AND CLAY FRACTION

In the present paper results from clay mineralogical analyses of eight representative agronomically useful soil profiles are presented and discussed. Soil clay content and mineralogical composition are studied in relation to various soil pore-size ranges.

INTRODUCCIÓN

Drozd y Kowalinski (3) atribuyen a la arcilla y a los compuestos de hierro, en conjunción con la materia orgánica, la formación de agregados de gran tamaño. Son numerosos los trabajos en los que se presentan correlaciones entre contenido de arcilla y estabilidad estructural, siendo más significativas cuando el porcentaje de materia orgánica es reducido. Kemper y Koch (10) sostienen, sin embargo, que el efecto cementante conduce preferentemente a la formación de agregados $< 0,05$ mm.

Por otra parte, es bien conocido que las arcillas de tipo montmorillonita, con una alta capacidad de cambio, tienen la posibilidad de absorber múltiples sustancias de naturaleza orgánica, de gran actividad. Para Fiès (5), la acción de la arcilla está en relación directa con la superficie específica. Hasta tal punto parece ser así que Renger (19) estima la distribución del tamaño de los poros a partir del contenido de arcilla.

Pero, independientemente de la acción de la arcilla y de los complejos arcillo-húmicos como agentes formadores de agregados (Greenland, 9; Sytek, 22; Theng, 23), o sea, como contribuyentes principales

al mantenimiento de la porosidad estructural, la arcilla, por su reducido tamaño de partícula, es principal responsable de la existencia de por $< 0,2 \mu\text{m}$.

Mason y cols. (15), como resultado del análisis de más de 9 perfiles, encuentran que, cuando los suelos se agrupan por clases texturales, a medida que crece el contenido de limo + arcilla se origina un descenso en el volumen de poros gruesos, acompañado de un aumento de la porosidad total, manteniéndose esta tendencia incluso cuando los suelos se reúnen a nivel de Grandes grupos.

Más estrecha es aún la relación entre porosidad total y porcentaje de arcilla (McIntyre, 12; Strautz, 21; Parvathappa y Durairaj, 17) siendo la correlación más significativa precisamente con los por $< 0,2 \mu\text{m}$.

En las páginas que siguen se discuten los resultados obtenidos por nuestra parte en el estudio de las relaciones entre contenido y tipo de arcilla y diversos rangos de poros.

MATERIAL Y MÉTODOS

Suelos

Se han elegido ocho perfiles modelos, representativos de diversos tipos de suelos de interés agronómico, que difieren entre sí por sus características físicas y químicas y su dedicación habitual.

El criterio de selección de los perfiles y su descripción detallada han incluido en un trabajo anterior (13). Los perfiles se han elegido después de un análisis estadístico de propiedades físicas que determinan su carácter de prototipos.

Métodos

Composición granulométrica

Para la determinación cuantitativa de la fracción arcilla se han seguido las normas generales del Método Internacional de Análisis Mecánico, usando para la dispersión una solución de metafosfato y carbonato sódico de densidad 1,006, con agitador de volteo. Se ha utilizado, para las fracciones limo y arcilla, un hidrómetro de cadena similar al descrito por De Leenheer y cols. (11).

Caracterización de la fracción arcilla

Se ha llevado a cabo en muestras correspondientes a las profundidades más representativas de cada perfil, en la fracción $< 2 \mu\text{m}$.

La muestra, eliminados los carbonatos, se dispersa en agua y deja sedimentar el tiempo requerido por la ley de Stokes, sifonando

exceso de líquido y floculando con Cl_2Mg . Los geles de hierro se eliminan por el método de De Endredy (4).

Se han realizado dos tipos de diagramas: de polvo y de agregados orientados, en aparato Philips PW 1010 con difractor y filtro de níquel.

Se ha empleado la solvatación en etilenglicol.

Porosidad diferencial

Para la determinación de los poros $< 0,2 \mu\text{m}$, a los que se refiere concretamente este trabajo, se ha utilizado la técnica de difusión de vapor, completándose, para el rango hasta $0,002 \mu\text{m}$, con la de adsorción de N (Sills y cols., 20).

La determinación de la porosidad total y la diferencial de poros $> 0,2 \mu\text{m}$ se ha descrito en otro lugar (2).

RESULTADOS

Contenido de arcilla

La tabla I resume los datos correspondientes al contenido de arcilla, resultante del análisis granulométrico de las distintas profundidades de cada perfil. Como puede observarse, el porcentaje de la fracción aumenta, en general, en el sentido perfil 1 a perfil 8, con la excepción del perfil 6, en el que existe también una elevada proporción de limo (fracción $< 20 \mu\text{m}$).

TABLA I

Contenido en arcilla (fracción $< 2 \mu\text{m}$, %)

Prof. cm.	Perfil							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0 — 10	14,0	27,4	35,5	38,5	54,0	40,5	37,5	50,3
10 — 20	17,0	23,0	35,5	38,3	54,0	41,0	40,5	50,5
20 — 30	17,2	24,0	37,0	40,5	57,5	41,0	50,0	55,1
30 — 40	17,0	23,0	36,0	50,3	56,3	40,5	62,5	62,5
40 — 50	17,0	23,0	35,5	52,3	54,0	40,5	62,0	66,1
50 — 60	14,0	30,0	32,5	52,4	60,0	37,5	60,5	65,3
60 — 70	11,0	28,1	32,0	50,0	60,0	40,7	46,3	60,1
70 — 80	14,2	31,5	28,5	43,6	60,0	40,0	42,5	57,5
80 — 90	11,2	31,0	22,0	48,5	60,3	35,5	44,3	—
90 — 100	11,1	29,8	17,5	43,5	59,3	—	—	—

Mientras que en los perfiles 1 a 3 no existe apenas variación hacia los 60 cm., en los perfiles 4, 7 y 8 se aprecia una clara acumulación hacia los 40-50 cm., típica de estos suelos.

Tipo de arcilla

Caracterización

Los datos suministrados por el análisis mecánico se limitan a indicar el porcentaje de la fracción $< 2 \mu\text{m}$. La calidad de la fracción puede en muchos casos ser decisiva en la interpretación de las características físicas del suelo.

Para obtener información sobre la mineralogía de la arcilla se realizaron, como se ha dicho anteriormente, dos tipos de diagramas: polvo y de agregados orientados (solvatados y sin solvatar con etilenglicol), además de otros tratamientos en los casos necesarios, tal como se verá al comentar los resultados.

La tabla II sirve de ejemplo de los análisis realizados. Expone los datos correspondientes a las muestras del perfil 1. Estos mismos análisis se han llevado a cabo también en los demás perfiles, cuando se ha juzgado conveniente. Para los resultados obtenidos con agregados orientados, con y sin solvatación en etilenglicol, en los perfiles 4, 7, véanse las tablas III y IV. El perfil 8, de caracteres muy próximos al 7, no se encuentra, por dicha razón, incluido; pero el resumen del análisis cuantitativo puede observarse en la tabla VII. La figura presenta asimismo una síntesis de los diagramas de agregados orientados solvatados más representativos de cada perfil.

Composición cuantitativa

Las difracciones correspondientes a los diagramas de polvo y agregados orientados, ya mencionados, así como los resultados de las distintas pruebas analíticas diferenciales, dan como composición cuantitativa mineralógica aproximada, para los diversos perfiles y horizontes, la que aparece en las tablas V, VI y VII.

Los datos y pasos de las distintas etapas analíticas, así como las deducciones que conducen a aceptar como válida la composición anterior aunque omitidos aquí por razón de espacio, están detallados en otro lugar (1). El cálculo de la proporción relativa de cada tipo de mineral presente se ha efectuado de acuerdo con lo propuesto en el trabajo de Martiño Pozas (14), debiendo tenerse presente que los porcentajes que se muestran en las tablas poseen un carácter semicuantitativo.

En conjunto, la caracterización mineralógica de la fracción arcilosa coincide con los resultados de González García y Pérez Rodríguez tanto para tierras negras y rendsinas (6), como en suelos rojos mecánicos (7) y en los de vega aluvial y salinos (8).

Es de notar que, mientras las tierras negras y rendsinas son predominantemente montmorilloníticas, los suelos de vega y los salinos

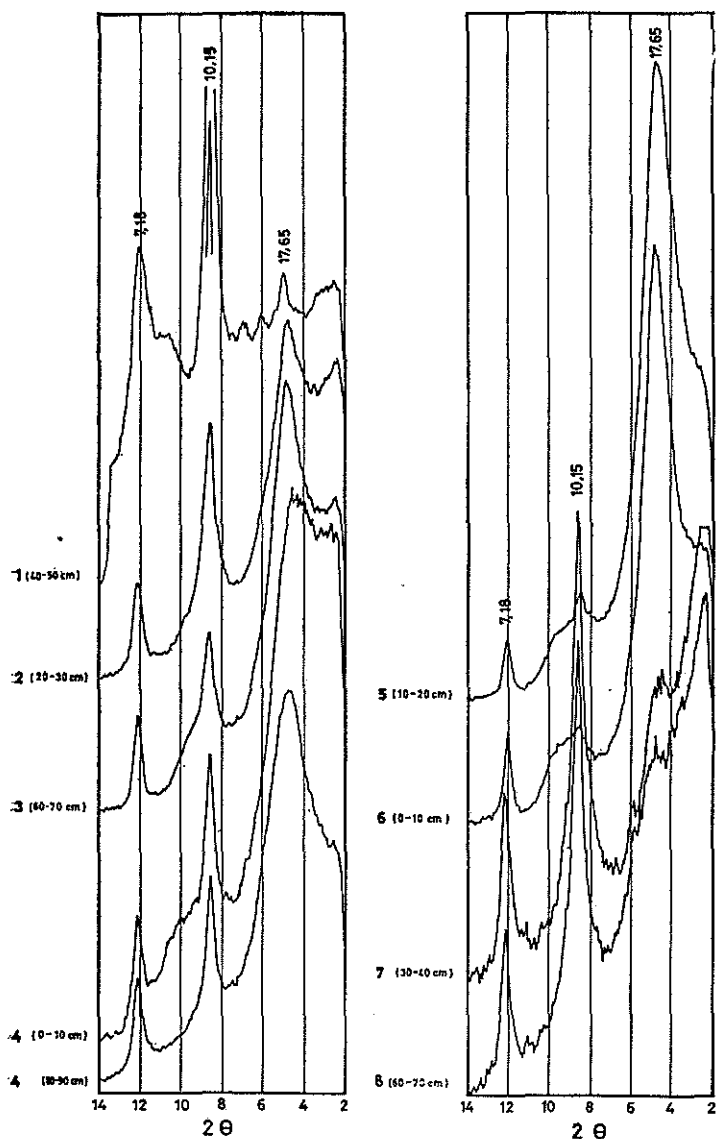


Fig. 1.—Diagramas de rayos X (agregados orientados solvatados en etilenglicol) más representativos de cada uno de los perfiles.

son ílíticos, con poca cantidad de montmorillonita, sobre todo estos últimos, en los que aparece también clorita y/o vermiculita. Esta composición explica la naturaleza de diversos fenómenos físicos, como la muy distinta conductividad hidráulica o el intenso agrietamiento a la desecación de algunos suelos, aspectos que serán especialmente tra-

tados al estudiar el problema de la expansión-contracción, en relación con el ciclo natural de humectación-deseccación.

TABLA II

Caracterización mineralógica de la fracción arcilla. Datos de difracción de rayos X

Perfil 1

Tipo de diagrama	d (Å)	Profundidad (cm)				
		0 — 10	20 — 30	40 — 50	60 — 70	80 —
		I/I ₀	I/I ₀	I/I ₀	I/I ₀	I/I ₀
A. O.	14,71	40	40	35	40	100
	12,44	8	10	7	7	
	10,15	100	100	100	100	30
	8,18	10	15	10	8	
	7,18	90	90	70	80	13
A. O. + E. G.	17,65	25	20	20	20	100
	14,71	14	15	15	15	
	12,44	8	10	7	10	
	10,15	100	80	100	100	40
	8,18	10	13	11	14	
	7,18	95	100	75	100	13
A.O.K+ 300°C	14,71	12	12	10	10	
	12,44	15	20	15	15	
	10,15	100	100	100	100	
	8,18	14	25	20	20	
	7,18	90	90	75	80	
A.O.K+ 550°C	13,95	16	20	25	25	
	12,26	45	45	40	40	
	10,15	100	100	100	100	
A.O.H+ + E.G.	17,65	16	16	15	15	
	14,71	7	8	9	10	
	10,15	100	100	100	100	
	7,18	90	80	75	80	

- A. O.: agregados orientados
 E. G.: solvatación en etilenglicol
 K+: saturación en potasio
 H+: tratamiento con HCl 6 N

Porosidad y fracción arcilla

Las distintas fracciones de tamaño de poros < 0,2 μm, de las versas profundidades de cada uno de los perfiles, están incluidas las tablas VIII, IX y X. Son con estas fracciones, como se verá a co

TABLA III

Caracterización mineralógica de la fracción arcilla. Datos de difracción de rayos X en los perfiles 2, 3 y 4

Prof. (cm.)	Perfiles						
	2		3		4		
	d (Å)	AO ¹	AO + EG ²	AO ¹	AO + EG ²	AO ¹	AO + EG ²
0- 10	14,71	80	75	100	100	100	100
	10,15	100	100	60	60	40	45
	7,18	20	20	17	16	12	10
20- 30	14,71	75	75	100	100	100	100
	10,15	100	100	20	22	20	25
	7,18	20	20	6	6	7	8
40- 50	14,71	80	75	100	100	100	100
	10,15	100	100	35	32	18	22
	7,18	20	20	10	8	6	7
60- 70	14,71	90	87	100	100	100	100
	10,15	100	100	24	24	26	30
	7,18	20	20	10	10	8	9
90-100*	14,71	100	100	100	100	100	100
	10-15	40	50	23	26	26	27
	7,18	15	15	8	8	15	15

* 80-90 en perfil 4.

¹ AO = Agregado orientado.

² AO + EG = Agregado orientado solvatado en etilglicol.

nuación, con las que el contenido y calidad de la arcilla están especialmente relacionados. Las fracciones de poros $> 0,2 \mu\text{m}$, a las que se asocian también una serie de propiedades físicas de gran interés, fueron ya descritas en un trabajo anterior (2).

En la tabla XI se resumen las correlaciones encontradas entre el porcentaje de arcilla (x) y el porcentaje de volumen de poros (y) de diferentes fracciones de porosidad textural, así como los coeficientes de correlación (r) correspondientes a cada una de ellas.

De la observación de la tabla XI se deduce en primer lugar que la relación entre el contenido de arcilla y el volumen de microporos es más estrecha conforme disminuye el tamaño de éstos. Como consecuencia, la fracción arcilla controla el contenido total de humedad pero no es factor determinante del volumen de agua útil (poros de $9-0,2 \mu\text{m}$), siendo apenas significativa la correlación con el volumen de

poros de retención de agua difícilmente utilizable (fig. 2 b) y llegan a ser negativa con el de agua fácilmente utilizable (fig. 2 a).

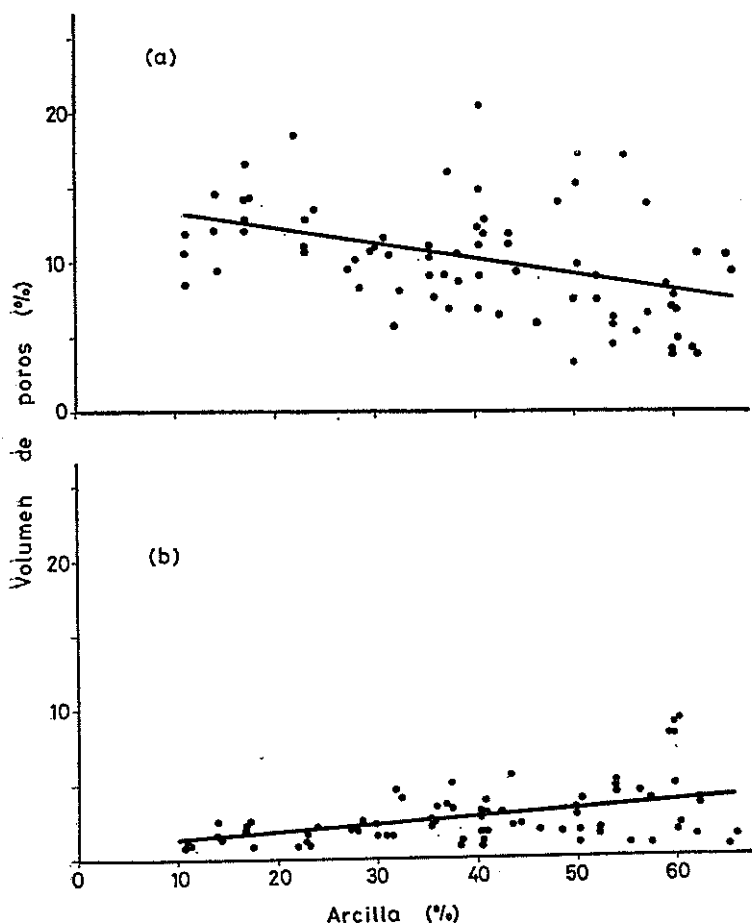


Fig. 2.—Regresiones lineales entre contenido de arcilla y volumen de poros de retención de agua útil: a) fácilmente utilizable (poros de 9-0,6 μm); b) difícilmente utilizable (poros de 0,6-0,2 μm).

Por lo que respecta a las fracciones de poros de retención de agua no utilizable ($< 0,2 \mu\text{m}$) sí existe, en cambio, una relación clara con el contenido de arcilla ($r = 0,935$). Dentro de este entorno de porosidad textural la correlación aumenta, como ya se ha dicho, con el descenso del diámetro equivalente del poro, siendo ligeramente positiva para las fracciones de diámetro entre 0,2 y 0,02 μm (fig. 3 a) y muy positiva para las $< 0,02 \mu\text{m}$ (fig. 3 b).

Dado que no existen antecedentes para los suelos de nuestra región acerca de la relación entre porosidad y fracción arcilla, se ha tenido en cuenta en el presente estudio no sólo las distintas incidencias

de la fracción, anteriormente citadas, sino también la posible influencia de su composición mineralógica.

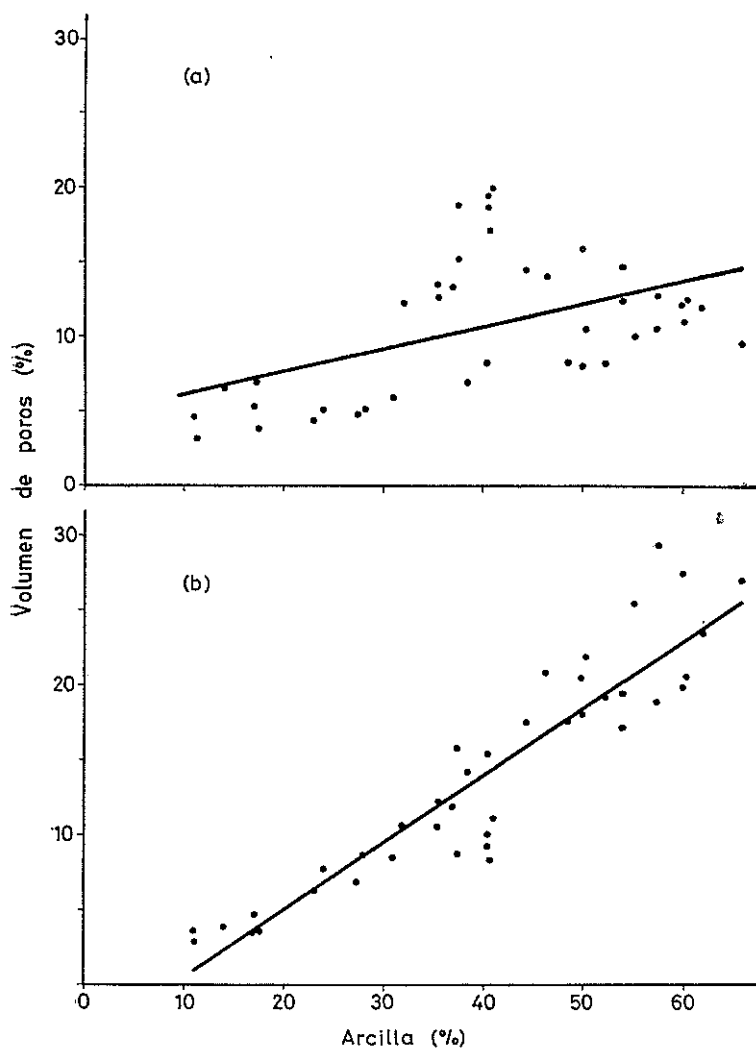


Fig. 3.—Regresiones lineales entre contenido de arcilla y volumen de poros de retención de agua no útil: a) poros de 0,2-0,02 μm ; b) poros $< 0,02 \mu\text{m}$.

A este respecto, en la tabla XII se resumen las regresiones lineales encontradas entre contenido de montmorillonita (x) y porcentaje de volumen de poros (y), para los perfiles y fracciones de porosidad que se indican.

De los datos incluidos en la tabla XII se infiere que apenas existe correlación entre contenido de montmorillonita y volumen de poro de retención de agua no útil, tanto para el porcentaje total ($< 0,2 \mu$) como para la fracción entre $0,008$ y $0,003 \mu$, cuando se consider

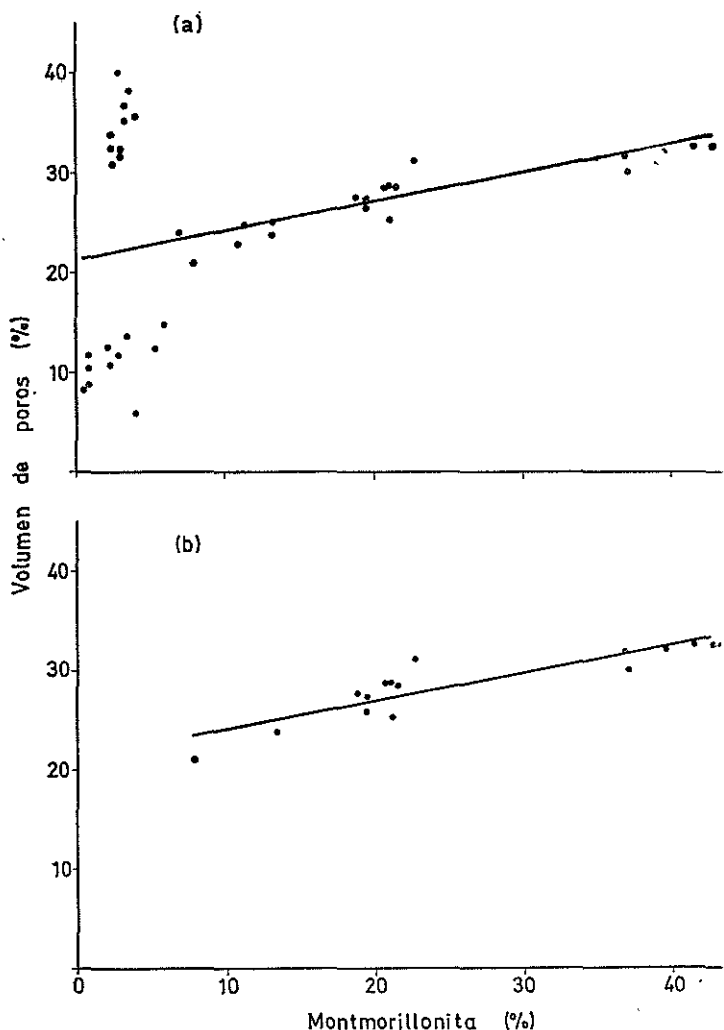


Fig. 4.—Regresiones lineales entre contenido de montmorillonita y volumen de poros $< 0,2 \mu$: a) en todos los perfiles; b) en los perfiles 4, 5 y 6.

todos los perfiles analizados (figs. 4 a 5 a, respectivamente). Pero si excluyen aquéllos cuya mineralogía de la fracción arcilla es predominantemente ílítica o caolinítica, la correlación mejora notablemente

tanto para los poros $< 0,2 \mu\text{m}$ (fig. 4 b) como para los de diámetro de $0,008-0,003 \mu\text{m}$ (fig 5 b).

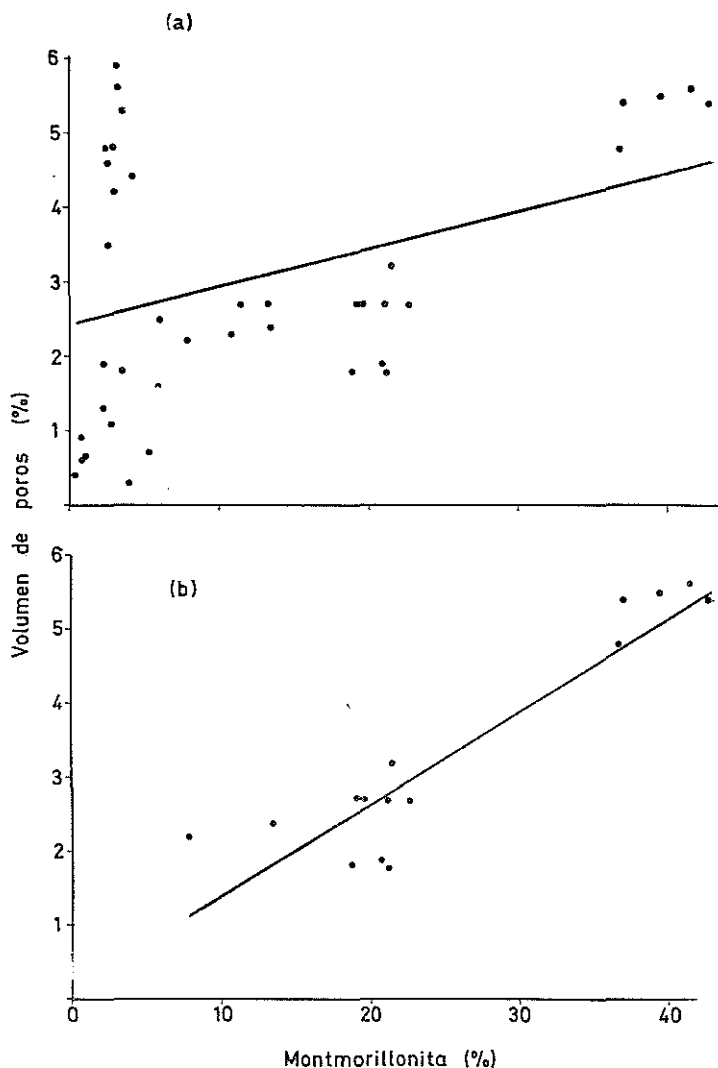


Fig. 5.—Regresiones lineales entre contenido de montmorillonita y volumen de poros de $0,008-0,003 \mu\text{m}$: a) en todos los perfiles; b) en los perfiles 4, 5 y 6.

De las observaciones anteriores puede concluirse que la presencia dominante de minerales del grupo de la montmorillonita en la fracción arcilla es decisiva en la formación de microporos $< 0,2 \mu\text{m}$, y sobre todo entre $0,008$ y $0,003 \mu\text{m}$, en aquellos suelos (perfiles 4,

suelo rojo mediterráneo; 5, tierra negra andaluza y 6, rendsina) que presentan un elevado porcentaje de dicha fracción textural.

TABLA IV

Caracterización mineralógica de la fracción arcilla. Datos de difracción de rayos en los perfiles 5, 6 y 7

Prof. (cm.)	Perfiles						
	5			6		7	
	d (Å)	AO	AO + EG	AO	AO + EG	AO	AO + EG
0- 10	14,71			100	100	65	60
	10,15			10	10	100	100
	7,18			6	6	30	30
10- 20*	14,71	100	100	100	100	60	40
	10,15	7	7	10	10	100	100
	7,18	3	3	6	6	40	40
30- 40	14,71	100	100	100	100	60	40
	10,15	7	7	10	10	100	100
	7,18	3	3	6	7	40	40
50- 60	14,71	100	100	100	100	60	55
	10,15	7	6	10	10	100	100
	7,18	3	3	7	7	25	85
70- 80	14,71	100	100	100	100	60	55
	10,15	6	6	10	10	100	100
	7,18	3	3	6	6	30	35

* 20-30 en perfil 7.

AO y AO + EG, como en tabla III.

La causa de esta contribución es, por un lado, el menor tamaño de partícula de la montmorillonita en relación al de los minerales ícticos y caolíníticos de los suelos de nuestra región (Pérez Rodríguez, 1951), y, por otro, la elevada superficie específica que desarrollan.

Asimismo, las correlaciones encontradas están de acuerdo con el tamaño de poro dominante (aproximadamente 30 Å) en la porosidad diferencial determinada por adsorción de N₂ en suelos montmorilloníticos del mismo tipo que los aquí analizados (Moreno y cols., 1966).

TABLA V

Composición mineralógica semicuantitativa de la fracción arcilla ($\varnothing < 2 \mu\text{m}$) en los perfiles 1, 2 y 3 (suelos de vega aluvial)

Perfil	Prof. (cm)	M	I	C	Cl	V
1	0 — 10	5	60	30	++	+
	20 — 30	4	65	28	++	+
	40 — 50	4	64	28	++	+
	60 — 70	4	64	28	++	+
	80 — 90	37	50	13		
2	0 — 10	10	80	10		
	20 — 30	9	82	9		
	40 — 50	10	80	10		
	60 — 70	12	76	12		
	90 — 100	20	67	13		
3	0 — 10	20	70	10		
	20 — 30	36	56	8		
	40 — 50	32	59	9		
	60 — 70	34	52	14		
	90 — 100	30	61	9		

M: Montmorillonita

I: Illita

C: Caolinita

Cl: Clorita

V: Vermiculita

+: Indicios

++: Fuertes indicios

CONCLUSIONES

Como resumen de lo expuesto anteriormente, puede deducirse que el contenido de arcilla —especialmente cuando de naturaleza montmorillonítica— está positivamente correlacionado con la porosidad total y con determinados rangos de poros de diámetro hacia $0,6 \mu\text{m}$ y menores.

Si bien el aumento de porosidad total puede corresponderse con una mayor capacidad de retención de humedad, el volumen de agua fácilmente utilizable no suele ser elevado. De acuerdo con ello, la mayor reserva de humedad de los suelos arcillosos, con respecto a los de textura más arenosa, se traduce en una mayor disponibilidad de agua sólo en los casos en que la naturaleza de la demanda permita una redistribución del perfil hídrico en la que ha de jugar un papel importante la posible ascensión capilar.

TABLA VI

Composición mineralógica semicuantitativa de la fracción arcilla ($\varnothing < 2 \mu\text{m}$) en los perfiles 4 (suelo rojo mediterráneo), 5 (tierra negra andaluza) y 6 (rendsina)

Perfil	Prof. (cm)	M	I	C
4	0 — 10	20	70	10
	20 — 30	33	56	11
	40 — 50	37	53	10
	60 — 70	43	45	12
	80 — 90	40	42	18
5	10 — 20	68	24	8
	30 — 40	66	26	8
	50 — 60	69	23	8
	70 — 80	66	25	9
	90 — 100	72	18	10
6	0 — 10	52	34	14
	10 — 20	55	33	12
	30 — 40	51	34	15
	50 — 60	50	35	15
	70 — 80	52	36	12

M: Montmorillonita

I: Ilita

C: Caolinita

TABLA VII

Composición mineralógica semicuantitativa de la fracción arcilla ($\varnothing < 2 \mu\text{m}$) en los perfiles 7 y 8 (suelos salinos)

Perfil	Prof. (cm)	M	I	C	Cl y/o V
7	0 — 10	7	80	12	+
	20 — 30	5	77	16	+
	30 — 40	5	77	16	+
	50 — 60	7	78	13	+
	70 — 80	7	77	13	+
8	0 — 10	5	80	14	+
	20 — 30	6	76	16	+
	40 — 50	5	80	12	+
	60 — 70	6	78	15	+
	70 — 80	5	80	14	+

M: Montmorillonita

I: Ilita

C: Caolinita

Cl: Clorita

V: Vermiculita

+ : Indicios

T A B L A V I I I

Porosidad diferencial

Distribución relativa de fracciones según tamaño

Perfiles 1, 2 y 3

(vol. %)

Prof. cm.	Diámetro equivalente (μm)				
	0,2-0,08	0,08-0,02	0,02-0,008	0,008-0,003	< 0,003
0-10	1,4	5,0	0,9	0,9	2,1
20-30	2,0	4,9	1,6	0,6	2,5
40-50	1,2	4,0	0,9	0,6	2,0
60-70	1,3	3,3	1,3	0,4	2,0
80-90	0,3	2,8	0,9	0,3	1,6
0-10	3,4	1,3	1,7	1,1	4,0
20-30	3,5	1,5	2,0	1,9	3,8
40-50	2,3	2,1	1,6	1,3	3,4
60-70	2,9	2,1	2,7	1,8	4,1
80-90	3,3	2,6	2,2	1,6	4,7
0-10	3,7	9,7	2,3	2,5	5,8
20-30	4,0	9,3	3,1	2,7	6,0
40-50	1,7	10,9	3,1	2,7	6,4
60-70	3,6	8,7	3,0	2,3	5,3
90-100	1,7	2,1	0,9	0,7	2,0

T A B L A I X

Porosidad diferencial

Distribución relativa de fracciones según tamaño

Perfiles 4, 5 y 6

(vol. %)

Prof. cm.	Diámetro equivalente (μm)				
	0,2-0,08	0,08-0,02	0,02-0,008	0,008-0,003	< 0,003
0-10	3,2	3,7	3,2	2,2	8,8
20-30	3,5	4,8	3,7	2,4	9,3
40-50	3,7	4,6	3,8	2,7	12,7
60-70	4,6	3,5	3,6	3,2	13,7
80-90	4,8	3,5	3,3	2,7	11,6
0-10	4,3	10,4	3,1	4,8	9,2
20-30	2,7	10,0	3,8	5,4	9,7
40-50	2,0	10,4	3,7	5,6	10,1
60-70	0,7	11,5	4,3	5,5	10,1
80-90	0,8	11,5	4,8	5,4	10,4
0-10	8,3	10,4	2,0	2,7	5,3
10-20	8,8	11,2	2,4	2,7	6,0
30-40	7,7	11,8	2,6	1,9	4,7
50-60	5,6	13,3	2,3	1,8	4,6
60-70	4,8	12,3	2,2	1,8	4,3

T A B L A X

Porosidad diferencial

Distribución relativa de fracciones según tamaño
Perfiles 7 y 8
(vol. %)

Prof. cm.	Diámetro equivalente (μm)				
	0,2-0,08	0,08-0,02	0,02-0,008	0,008-0,003	< 0,003
0-10	7,4	7,8	3,8	3,5	8,5
20-30	9,8	6,1	2,6	4,6	10,9
40-50	4,5	7,5	5,6	5,9	12,0
60-70	5,5	8,6	6,9	4,4	9,6
80-90	5,6	9,0	5,7	4,2	7,6
0-10	2,1	8,5	6,7	4,8	10,4
20-30	2,2	7,9	8,5	5,6	11,3
40-50	3,1	6,5	8,0	7,1	12,0
60-70	3,6	7,5	11,1	5,3	11,0
70-80	2,2	8,4	13,7	4,8	10,9

T A B L A X I

Regresiones lineales entre contenido de arcilla y porosidad textural

Fracciones de poros (ϕ μm)	Ecuación de regresión	Coefficiente de correlación (r)
9 — 0,6	$y = -0,103 x + 14,326$	-0,432
0,6 — 0,2	$y = 0,047 x + 0,811$	0,395
< 0,2	$y = 0,582 x + 0,928$	0,935
0,2 — 0,02	$y = 0,153 x + 4,572$	0,496
0,02 — 0,08	$y = 0,032 x + 2,380$	0,221
0,08 — 0,02	$y = 0,120 x + 2,192$	0,522
< 0,02	$y = 0,449 x - 4,011$	0,925
0,02 — 0,008	$y = 0,125 x - 1,309$	0,699
0,008 — 0,003	$y = 0,110 x - 1,375$	0,925
< 0,003	$y = 0,213 x - 1,325$	0,910

TABLA XII

Regresión lineal entre contenido de montmorillonita y porosidad textural

(Fracciones de retención de agua no utilizable)

Fracción de poros (ϕ μ m)	Perfiles	Ecuación de regresión	Coefficiente de correlación (r)
< 0,2	1 -- 8	$y = 0,289 x + 21,343$	0,379
	4,5 y 6	$y = 0,285 x + 21,274$	0,891
0,008 - 0,003	1 -- 8	$y = 0,051 x + 2,436$	0,356
	4,5 y 6	$y = 0,125 x + 0,174$	0,923

RESUMEN

En el presente trabajo se presentan y discuten los resultados del análisis mineralógico de las arcillas de ocho perfiles patrones representativos de diversos suelos de interés agronómico. La composición mineralógica se estudia en relación con diversas fracciones de porosidad.

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto. Sevilla.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ARRUE UGARTE, J. L. (1977). Factores químicos, fisico-químicos y físicos determinantes de los caracteres, propiedades y dinámica de la porosidad de los suelos. Tesis. Facultad de Ciencias, Universidad de Sevilla.
- (2) ARRUE UGARTE, J. L. y MARTÍN ARANDA, J. (1977). Propiedades físicas y químicas en relación con la porosidad de los suelos: influencia del ciclo natural de humectación-deseccación. II. Porosidad total y diferencial. An. Edafol. Agrobiol.
- (3) DROZD, J. y KOWALINSKI, S. (1972). Micromorphological and chemical examinations of mechanically resistant soil aggregates. Zesz. probl. Postep. Nauk. roln, 123, 747-759.
- (4) DE ENDREY, A. S. (1963). Estimation of free iron oxides in soils and clays by a photolytic method. Clay Miner. Bull., 5, 209-217.
- (5) FIES, J. C. (1970). Recherche de paramètres facilitant l'interprétation de l'analyse granulométrique en physique du sol: influence de la surface spécifique des éléments du squelette sur la stabilité structurale. Sci. Sol, núm. 2, 27-37.
- (6) GONZÁLEZ GARCÍA, F. y PÉREZ RODRÍGUEZ, J. L. (1970). Constitución y propiedades fisicoquímicas de las arcillas del Valle del Guadalquivir. I. Tierras negras andaluzas, rendsinas y suelos pardos calizos. An. Edafol. Agrobiol., 29, 791-820.
- (7) GONZÁLEZ GARCÍA, F. y PÉREZ RODRÍGUEZ, J. L. (1970). Constitución y propiedades fisicoquímicas de las arcillas del Valle del Guadalquivir. II. Suelos rojos mediterráneos. An. Edafol. Agrobiol., 29, 821-838.
- (8) GONZÁLEZ GARCÍA, F. y PÉREZ RODRÍGUEZ, J. L. (1971). Constitución y propiedades fisicoquímicas de las arcillas del Valle del Guadalquivir. III. Suelos poco evolucionados (suelos de vega), suelos salinos y suelos pardos hidromorfos con pseudogley. An. Edafol. Agrobiol., 30, 57-74.

- (9) GREENLAND, D. J. (1965). Interaction between clays and organic compounds soils. Part. I. Mechanisms of interaction between clays and defined organic compounds. *Soils Fertil.*, 28, 415-425.
- (10) KEMPER, W. D. y KOCH, E. J. (1966). Aggregate stability of soils from west United States and Canada. Measurement procedure, correlation with soil constituents. *Tech. Bull. U. S. Dep. Agric. Res. Serv.*, 1355.
- (11) DE LEENHEER, L. y cols. (1955). Die Kettenaräometer. Methode für die mechanische Bodenanalyse. *Z. Pfl-Ernähr. Düng. Bodenk.*, 68, 10-19.
- (12) MCINTYRE, D. S. (1960). Porosity and macroporosity of soils of different ages. *CSIRO. Div. Soils divl Rep.*, 2/60.
- (13) MARTÍN ARANDA, J. y ARRUE ÚGARTE, J. L. (1977). Propiedades físicas y químicas en relación con la porosidad de los suelos: influencia del ciclo natural humectación-deseccación. I. Perfiles representativos, condiciones ambientales: criterios de muestreo considerados en el estudio. *An. Edafol. Agrobiol.*, 575-587.
- (14) MARTÍN POZAS, J. M.^a (1968). Análisis cuantitativo por difracción de rayos X de filosilicatos de la arcilla. Tesis. Facultad de Ciencias, Universidad Granada.
- (15) MASON, D. D. y cols. (1957). Hydraulic conductivity as related to certain soil properties in a number of great soil groups-sampling errors involved. *Pr. Soil Sci. Soc. Am.*, 21, 554-560.
- (16) MORENO, F. y cols. (1977). A microporosity study of a black earth of south Spain. Proceedings of the Vth International Working Meeting on Soil Micro-morphology. Granada, mayo 1977.
- (17) PARVATHAPPA, H. C. y DURAIRAJ, D. J. (1969). Physical properties of red soils of Mysore state. *Mysore J. agric. Sci.*, 3, 13-21.
- (18) PÉREZ RODRÍGUEZ, J. L. (1976). Comunicación personal.
- (19) RENGER, M. (1971). Die Ermittlung der Porengrößenverteilung aus der Körnung dem Gehalt an organischer Substanz und der Lagerungsdichte. *Z. Pfl-Ernähr. Bodenk.*, 130, 53-67.
- (20) SILLS, I. D. y cols. (1974). Relationship between pore size distribution and physical properties of clay soils. *Aust. J. Soil Res.*, 12, 107-117.
- (21) STRAUTZ, W. (1963). Distribution of pore sizes in a sequence of humid chernozem and para-brown earth on loess. *Mitt. dt. bodenk. Ges.*, 1, 121-127.
- (22) SYTEK, J. (1972). Physico-chemical properties of humus substances in the illuvial horizon of podzolic soils. *Roczniki glebozn.*, 23, 165-187.
- (23) THENG, B. K. G. (1974). The chemistry of clay-organic reactions. *Adam. Hilg London.*

Recibido para publicación: 25-XI-77