

## MINERALES DE ARCILLA EN SUELOS SOBRE SEDIMENTOS MIOCENOS EN EL SE MADRID (ARROYO DE LA VEGA)

I. HERNANDO\*, J. HERNANDO\*, M.T. DE LA CRUZ\*, M.A. CASERMEIRO\*, J.A. MOLINA\*\*

\* Dpto. Edafología. \*\*Dpto. de Biología Vegetal. Facultad de Farmacia. U.C.M. Plaza de Ramón y Cajal s/n 28040 MADRID

**Abstract.** The mineralogical composition of clay minerals in thirty-five samples belonging to surface horizons of soils and inside rocks is studied. The sheet minerals are: illite, mixed layered illite-vermiculite, vermiculite and kaolinite; other minerals are quartz, calcite, dolomite and feldspars. These minerals are preserved in basic environment and they reflected the mineralogical composition of sediments, parent materials of soils.

**Key words:** Clay minerals. Soils. Sediments. Miocene. Madrid.

**Resumen.** Se estudia la mineralogía de arcillas de 35 muestras de horizontes superficiales de suelos y del material de partida. Los minerales laminares son ilitas, interestratificados ilita-vermiculita, vermiculita y caolinita; los no laminares son cuarzo, calcita, dolomita y escasos feldespatos. Debido a la buena conservación de los minerales en medio básico y a la escasa evolución de los suelos, estos minerales reflejan la composición mineralógica de los sedimentos sobre los que se han desarrollado estos suelos.

**Palabras clave:** Minerales de arcilla. Suelos. Sedimentos. Mioceno. Madrid

### INTRODUCCIÓN

Al igual que Pedraza (1987) define el valle del río Tajuña como el río de los páramos y parameras, el valle del arroyo de la Vega sigue la misma pauta desde su cabecera hasta su desembocadura en el Tajuña, y todo su trazado se desarrolla mediante profundos encajamientos en la superficie calcárea terciaria. El Mioceno de la zona se caracteriza desde el fondo del valle hasta el techo por: arcillas, margas yesíferas y yesos; arcillas, margas, calizas margosas y calizas dolomíticas; calizas dolomíticas conseudomorfos de yeso y sílex; conglomerados cuarcíticos, arcosas, arcillas y calizas limolítico-arenosas;

calizas y costras laminares (ITGE, 1990 e IGME, 1975).

El clima es mediterráneo templado, más cálido y árido que en las zonas de montaña al norte de la comunidad. La media de precipitaciones no supera los 400 mm y los veranos son prolongados, cálidos y secos. Por debajo de los 900 m, aunque el dominio teórico es de la encina (Rivas Martínez, 1982), sin embargo en la Comunidad de Madrid por debajo de los 600 m, en las plataformas que encuadran el valle del río Tajuña, las condiciones edáficas son poco favorables a la encina, apareciendo gramíneas y labiadas, y en las regiones deprimidas estepas con esparto. Los sue-

los son poco evolucionados, en función del clima, vegetación y topografía, por lo que la composición mineralógica en general va a reflejar la de los materiales originales.

Aunque los minerales de arcilla no son considerados “minerales índices” (como los minerales de la fracción pesada,  $d > 2,89$  de la arena), debido a que en los procesos de formación del suelo pueden sufrir transformaciones e incluso neoformación, sin embargo, pueden aportar información sobre los materiales a partir de los cuales se han formado. Benayas *et al.* (1960), en estudios de minerales detríticos de los sedimentos de la cuenca del Tajo, indican el papel desempeñado por las distintas áreas distributivas de sedimentos a esta cuenca. Igualmente, en trabajos recientes de suelos de la Sierra de Guadarrama y del macizo de Ayllón, desarrollados a partir de gneis, migmatitas, pizarras, esquistos y cuarcitas, Barba *et al.* (1995a y 1995b), Hernando *et al.* (2001) y Ares (2001) identifican los mismos minerales de arcilla que se encuentran en los suelos de la cuenca del arroyo de la Vega, objeto del trabajo, exceptuando los aportados por materiales carbonatados de la sierra de Altomira y del Sistema Ibérico.

El objeto del trabajo es la génesis de los minerales de arcilla en horizontes superficiales de Leptosoles, Regosoles, Calcisoles y Gypsisoles; generalmente del tipo AC, formados a partir de materiales carbonatados miocénicos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado el estudio de la fracción arcilla de 29 horizontes superficiales de distintos suelos pertenecientes a los grupos Leptosoles, Regosoles, Calcisoles, Gypsisoles y Luvisoles (FAO, 1998), en el sudeste de la Comunidad de Madrid, en el arroyo de la Vega (afluente del Tajuña), cuyo valle de corto recorrido está excavado en los materiales miocénicos de la Cuenca terciaria del Tajo, entre Olmeda de las Fuentes, Villar del

Olmo y Orusco (Fig. 1 y Fotografía 1) Asimismo se realiza el estudio de la fracción arcilla de las rocas: roca CAM 2, material de partida de los suelos CAM 1, 2, 7, 8 y 13; roca CAM 21 material de partida de los suelos CAM 4, 6, 9, 12, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, y 28; roca CAM 3 material de partida de los suelos CAM 3, 5, 10, 23, 29 y 30; roca CAM 18 material de partida del suelo CAM 18; roca CAM 24 material de partida de los suelos CAM 11, 24, 25, 26, y 27. Las rocas CAM 2, CAM 14, CAM 3 y CAM 24 son margas astaracienses del Mioceno medio y las rocas CAM 21 y CAM 18 son calizas limolíticas arenosas vallesienses del Mioceno superior (ITGE, 1990).

El pH se determina en una suspensión suelo/agua 1/2,5, siguiendo el método propuesto por ISRIC (1993). El carbonato cálcico extraíble (activo), siguiendo la norma francesa homologada NFX 31-106 (AFNOR, 1982) y el carbonato cálcico equivalente según ISRIC (1993). El carbono orgánico se determinó siguiendo la metodología de Walkley y Black (1974). Los minerales de la fracción arcilla se identificaron por difracción de rayos X en agregados orientados, solvatados con etilenglicol y calentados a 550°C durante dos horas, en un difractor Philips modelo 1710 de radiación Ka de Cu. Dicha fracción se extrajo por sedimentación controlada (ISRIC 1993).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pH de los horizontes de los suelos es básico y los porcentajes de carbonato cálcico equivalente y activo considerables. El contenido en materia orgánica (aunque bastante variable), es en general escaso (tabla 1).

Los silicatos laminares micas-ilitas, interstratificados ilita-vermiculita, vermiculita y caolinita son las especies representativas de la fracción arcilla de los horizontes superficiales de los suelos, dominando en todos ellos las micas-ilitas. Las esmectitas y cloritas son

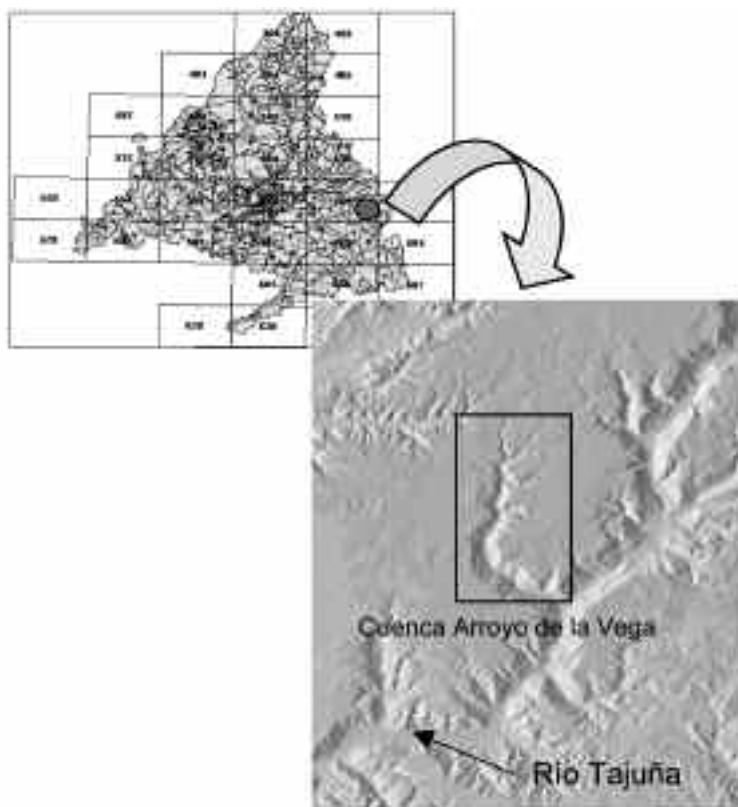


FIGURA 1. Localización de la zona de estudio.



FOTOGRAFÍA 1. Aspecto del Arroyo de la Vega

TABLA 1. Valores de pH, CaCO<sub>3</sub> extraíble, CaCO<sub>3</sub> equivalente y C orgánico.

Suelo	pH (H <sub>2</sub> O)	CaCO <sub>3</sub> (extraíble)	CaCO <sub>3</sub> (equival.)	C orgánico
		g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>
1	8.3	40.0	483.6	17.2
2	8.0	206.0	488.3	31.0
3	8.2	110.0	453.4	23.6
4	8.1	121.0	411.5	71.8
5	8.0	66.0	302.3	84.4
6	8.0	119.0	416.2	85.5
7	8.0	66.0	474.3	26.4
8	7.9	72.0	474.3	21.0
9	8.1	83.0	232.5	39.6
10	8.2	118.0	304.6	25.5
11	8.2	96.0	397.6	28.8
12	8.2	144.0	476.6	35.5
13	8.5	48.0	476.6	22.5
14	8.3	128.0	474.3	27.9
16	8.2	145.0	462.7	23.3
17	8.0	140.0	281.3	24.6
18	8.4	32.0	118.6	12.1
19	8.1	140.0	455.7	27.5
20	8.3	146.0	460.4	19.9
21	8.2	146.0	318.5	41.6
22	8.3	140.0	455.7	14.1
23	8.2	79.0	486.0	34.5
24	8.3	77.0	495.0	8.5
25	8.4	66.0	174.0	15.0
26	8.3	61.0	393.0	19.8
27	8.3	66.0	488.0	27.3
28	8.2	63.0	481.0	40.7
29	8.3	43.0	484.0	9.0
30	8.4	61.0	472.0	15.8

especies escasas en estos suelos. En cuanto a los minerales no laminares (en fracción arcilla), el cuarzo es común y mayoritario, los feldespatos escasos, mientras que la calcita domina en un grupo de suelos y la dolomita en otro grupo de suelos (tabla 2).

La fracción arcilla del residuo insoluble de las rocas está formada prácticamente por los mismos minerales que en los horizontes de los suelos, aunque las vermiculitas solo aparecen en la roca 24 y la esmectita en las rocas 3 y 18 (tabla 2).

Chamley (1989), indica la dificultad de la interpretación de los minerales de arcilla sedimentarios, ya que son muchos los orígenes y se conjugan varios procesos. No obs-

tante, estos minerales contienen información, en muchos aspectos, de su origen, procedencia, ambiente deposicional, clima, acontecimientos tectónicos, etc. Hillier (1995) afirma que los minerales de arcilla detríticos pueden ser utilizados como indicadores del proceso de transporte, dispersión y origen. Millot (1964) indica que en las rocas sedimentarias, en particular las arcillosas, suministran en su alteración los lotes más variados, pudiendo estar presentes todos los minerales de arcillas. Los suelos derivados de estos materiales heredan minerales laminares que provienen del material de partida y que no han sido transformados ni destruidos en el paso roca sedimentaria-roca sedimentaria alterada-

TABLA 2. Mineralogía de la fracción arcilla.

Suelo/Roca	M-I	I-V	V	C	I-C	K	Sm	Q	F	Calc.	Dol.
Roca CAM.2	+++	++	-	-	-	+	-	++++	+	-	-
CAM.1	+	-	++	-	-	+	-	+	-	+	++++
CAM.2	+++	++	+	-	-	t	-	++	-	-	++++
CAM.7	++++	t	+	-	-	t	-	+	-	++	++++
CAM.8	++++	+	-	-	-	+	-	+	-	+	+++
CAM.13	++	-	++	-	-	+	-	+	-	-	++++
Roca CAM.14	+++	++++	-	-	-	+	-	+++	++	-	-
Roca CAM.21	+++	+	-	-	-	++	-	++++	+	-	-
CAM.4	++	+	+	+	-	-	-	+++	-	++++	-
CAM.6	++	+	+	-	-	++	-	++	-	++++	-
CAM.9	++++	-	++	-	-	++	-	+++	+	++++	-
CAM.12	++	-	++	+	-	++	-	+	-	+++	-
CAM.14	++	-	++	+	++	+	-	++	-	++++	-
CAM.16	+	++	++	-	-	+	-	+	-	++++	-
CAM.17	+++	+	+	-	-	++	-	++	-	++++	-
CAM.19	++	-	+	-	-	+	-	+++	t	++++	-
CAM.20	+++	++	-	-	-	++	-	+++	t	++++	-
CAM.21	++	-	+++	-	-	+	-	+	t	++++	-
CAM.22	+	-	++	+	-	t	-	++	t	++++	-
CAM.28	++	-	+	-	-	++	-	++	t	++++	-
Roca CAM.3	++	+++	-	-	-	+	++	++++	+	-	-
CAM.3	++++	+++	+++	-	-	-	-	+++	-	++	-
CAM.5	++	+	+	-	-	-	-	++	-	++	-
CAM.10	++++	-	++++	-	-	++	-	++	-	+	-
CAM.23	+++	++++	+++	-	-	++	-	++	-	+	-
CAM.29	+++	+++	+++	-	-	++	-	++	-	+	+
CAM.30	++++	-	++	-	-	+	-	++	-	++	++
Roca CAM.18	+++	-	-	-	-	++	++	++++	t	t	t
CAM.18	++++	++	++	-	-	+++	-	++	-	-	-
Roca CAM.24	++	-	++	-	-	+	-	++++	+	t	-
CAM.11	++++	-	-	t	-	++	-	++++	t	++	-
CAM.24	++++	-	+++	-	-	++	-	++	-	+	-
CAM.25	+++	++++	-	-	-	++	-	+++	t	+	-
CAM.26	++++	-	++	+	-	++	-	+++	-	+	++
CAM.27	++++	-	-	+	-	++	-	+++	-	+	++

++++	muy abundante	M-I: micas - illitas	Sm: esmectitas
+++	abundante	I-V: illitas - vermiculitas	Q: cuarzo
++	frecuente	V: vermiculitas	F: feldspatos
+	escaso	C: cloritas	Calc.: calcita
t	trazas	I-C: illitas - cloritas	Dol.: dolomita
-	no aparece	K: caolinita	

suelo. Asimismo heredan minerales transformados e incluso neoformados en el curso de alteración de la roca.

El marco montañoso que encuadra la cuenca del Tajo: sistema Central, montes de Toledo, sierra de Altomira y sistema Ibérico, con materiales como gneises, esquistos, cuar-

citaz, pizarras, granitos, migmatitas, materiales carbonatados, etc., condiciona la naturaleza de los materiales de la zona de estudio (depósitos continentales, una vez retirado el mar y emergidos los rebordes montañosos). Sin lugar a duda, la evolución climática desde el Mioceno también afecta a la naturaleza de

los minerales existentes, así como a la evolución morfológica sufrida por el área de estudio (ITGE, 1990 e IGME, 1975).

Considerando que los procesos edafogenéticos en la Cuenca del Arroyo de la Vega se limitan a una ligera descarbonatación y a la formación de un humus tipo mull carbonatado, las transformaciones de los minerales heredados son muy ligeras, debido a los pH básicos. Las micas-ilitas, aunque en su mayoría son heredadas de las rocas ácidas de los macizos cristalinos, pueden provenir también de los materiales carbonatados debido a su buena conservación en estos medios. Su abundancia refleja la gran estabilidad de este mineral asociada a su estructura y flexibilidad, ya que esta zona ha estado afectada por sucesivos acontecimientos tectónicos. Las vermiculitas pueden ser heredadas de los materiales cristalinos donde se formaron en medio ácido, pero también pueden formarse *in situ* por la presencia de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  solubles en la solución del suelo, que pueden reemplazar al  $\text{K}^{+}$  interlaminar de las ilitas y formar vermiculitas (Singer y Nunns, 1992). En Aridisoles carbonatados de California, Boettinger y Southard (1995) identifican vermiculita, junto a otros filosilicatos originados por alteración de micas-ilitas, teniendo en cuenta el lavado limitado en la zona, donde los productos de alteración o disolución de minerales, no son evacuados. La transformación de micas-ilitas en vermiculita se realiza a través de interestratificados ilita-vermiculita, abundantes en la zona.

La caolinita está presente en casi todos los suelos del mundo, junto a micas-ilitas, tanto en suelos que provienen de materiales ácidos como si provienen de materiales carbonatados, dada su gran estabilidad entre los minerales propios de la arcilla (Jackson, 1968). En estudios de minerales de arcillas en suelos españoles formados a partir de materiales carbonatados, la presencia de caolinita es constante: González *et al.*, 1984; Martínez y Alias, 1984, Alias *et al.*, 1989; Palomar *et*

*al.*, 1989; Taboada *et al.*, 1992; Alias y Sánchez, 1995 y Roca *et al.*, 2000, entre otros. Los trabajos de Roca *et al.*, anteriormente citado, considera la caolinita heredada dada las características del medio edáfico, suelos básicos saturados en cationes divalentes que no propician su formación. En nuestra zona la caolinita parece ser heredada y su génesis a partir de feldespatos queda descartada, dadas las condiciones del medio y la escasa presencia de dichos minerales.

El cuarzo es muy abundante en todos los horizontes y en las rocas estudiadas, dada su gran estabilidad esta presente en casi todos los ambientes. Los feldespatos son muy escasos tanto en los horizontes como en las rocas.

En los suelos donde la calcita es mayoritaria en fracción arcilla (4, 6, 9, 12, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, y 28) indica que la descarbonatación es escasa o que se están recarbonatando continuamente por aportes externos, lo mismo sucede con la dolomita (1,2,7,8 y 13) a lo que hay que sumar el carácter dolomítico de determinados enclaves de la zona. Aunque se citan enclaves esmectíticos en la cuenca terciaria del Tajo (ITGE, 1990), en esta zona son minerales prácticamente inexistentes en los suelos apareciendo solo en las rocas 3 y 18.

Hernando y Hernando (1999) en estudios de distintos tipos de suelos de la Comunidad de Madrid indican la herencia o ligera transformación en el medio edáfico de minerales de la fracción arcilla: micas-ilitas como producto de alteración de moscovita y biotita que, en ocasiones llegan a vermiculita; caolinitas como producto de alteración de feldespatos; cuarzo y feldespatos casi constantes y calcita en aquellos suelos derivados de materiales carbonatados que no han sufrido procesos de descarbonatación importantes o que se encuentran en proceso de recarbonatación secundaria.

En resumen, podemos concluir que, a pesar de que no se han considerado los minerales de arcilla como minerales índices, en los

suelos de la cuenca del arroyo de la Vega, se observa un paralelismo entre la naturaleza de los mismos y los minerales de los macizos colindantes, sin descartar las acciones que sobre ellos han tenido lugar a lo largo de los diversos acontecimientos sedimentarios, ni la acción de la composición de las aguas endorreicas. No obstante en los suelos son evidentes los procesos de herencia y transformación.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto 07M/0011/1999 financiado por la Comunidad de Madrid.

### REFERENCIAS

- AFNOR (1982). *Qualité des sols. Détermination du calcaire actif*. NFX, 31-106.
- Alias, L.J., García, C. Y Martínez, J. (1989). Mineralogía de arcillas de los suelos de la Sierra de Ascoy (Cieza, Murcia) y su pie de monte. *An. Edaf. Agrobiol.* 48, 303-314.
- Alias, L.J. y Sánchez, A. (1995). Evolución de los minerales de la arcilla en los suelos de la Sierra de Mojante (Caravaca, Murcia). *Edafología*, 1, 1-7.
- Ares, A. (2001). Evolución de los suelos ácidos y podsolizados meridionales europeos (Macizo de Ayllón. España). Tesis doctoral. Facultad de Farmacia. U.C.M.
- Barba, A., Hernando, M.I., Hernando, J. y Barba, C. (1995a). Caolinita en suelos ácidos. XX Reunión Nacional de Suelos. Tomo de comunicaciones. Dpto. Edafología U.C.M. Madrid.
- Barba, A., Hernando, M.I., Hernando, J. y Barba, C. (1995b). Composición de Micas-ilitas en suelos de montaña desarrollados bajo robledal y pinar. *Bol. Real Soc. Hist. Nat.* 93, 29-30. Jaca (Huesca, España).
- Benayas, J. Pérez Mateos, J. y Riba, O. (1960). Asociaciones de minerales detríticos en los sedimentos de la Cuenca del Tajo. *Anal. Edaf. Y Agrobiol.* XIX, 635-670.
- Boettinger, J.L. y Southard, R.J. (1995). Phyllosilicate distribution and the origin in Aridisols on a Granitic Pediments, Western Mojave Desert Soil. *Sci.Soc. Am. J.* 59, 1189-1198.
- Chamley, H. (1989). *Clay Sedimentology*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York. 623p.
- FAO (1998). World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Report. 84. ISSS- AISS-IBG. ISRIC 88p.
- González, J.L., Mérida, J., Corral, L. y Paneque, G. (1984). Génesis y evolución de los minerales de la arcilla en suelos forestales de la reserva de Grazalema (Cádiz). I Congreso nacional de la Ciencia del Suelo. Madrid. SECS. II, 961-980.
- Hernando, J. y Hernando, I. (1999). Mineralogía de suelos de la Comunidad de Madrid (España). *Bol. R. Soc. Esp Hist. Nat. (Sec.Geol.)*, 95 (1-4), 117-126.
- Hernando, I, Hernando, J. y Barba, C. (2001). Vermiculita en suelos desarrollados sobre gneiss. *Edafología*, 8, 9-19.
- Hilliers, S. (1995) Erosion, sedimentation and the sedimentary origin of clays. In: Velde, B. (Ed.) *Origin and Mineralogy of Clays*. Spinger, 162-219.
- IGME (1975). Mapa geológico de España. Arganda. N° 583. E 1:50.000.
- ISRIC (1993). *Procedures for Soil Analysis*. Wageningen. The Netherlands.
- ITGE (1990). Mapa geológico de España. Alcalá de Henares. N° 560. E 1:50.000.
- Jackson, M.L. (1968). Weathering of primary and secondary minerals in soils. *Trans. 9<sup>th</sup> Intern. Cong. Sci.* 4, 281-292.
- Martínez, J. y Alias, L.J. (1984). Mineralogía de arcillas de los Haploxeroll de las Sierras de Orza y María. I Congreso

- Nacional de la Ciencia del Suelo. Madrid. SECS. II, 995-1004.
- Millot, G. (1964). Géologie des argiles. Altérations, Sedimentologie, Géochimie. Masson et Cie Editeurs. Paris. 499p.
- Palomar, M.L., Hernando, J. y De la Cruz, M.T. (1989). Contribución al estudio de suelos de alta montaña (provincia de Teruel). II Estudio químico y mineralógico. Génesis. *An. Edaf. Agrobiol.* 48, 273-289.
- Pedraza, J. (1987). Geología y Relieve. En: La Naturaleza de Madrid. E. Fernández Galiana y A. Ramos Fernández (Ed.). Comunidad de Madrid. Consejería de Agricultura y Ganadería. 11-67.
- Rivas Martínez, S. (1982). Mapa de las series de vegetación de Madrid. Diputación de Madrid. Servicio Forestal del Medio Ambiente y Contra Incendios. Madrid.
- Roca, A., Cirre, A., Mamani, F., Martínez, F.J. y Sierra, C. (2000). Estudio edáfico y mineralógico en el Trias de Antequera: Sector de los Hoyos (Archidona-Málaga). *Edafología.* 7 (3), 75-82.
- Singer, M.J. y Munns, D.N. (1992). Soils. An Introduction. 2<sup>th</sup> Ed. Maxwell MacMillan International Editions. 473p.
- Taboada, M.T., Silva, M.B. y Villar, M.C. (1992). Mineralogía de suelos formados sobre calizas en Galicia. *Edafología.* 2 (1), 81-100.
- Walkley, A. Y Black, I.A. (1974). A critical examination of rapid method for determining organic carbon in soils. *Soil. Sci.* 63,251-254.