

## **TIPOLOGÍA, MINERALOGÍA Y GÉNESIS DE SUELOS POCO EVOLUCIONADOS SOBRE ROCA NO CONSOLIDADA EN LA SIERRA DE CARRASCOY (MURCIA)**

Angel FAZ CANO, Roque ORTIZ SILLA y María T. FERNÁNDEZ TAPIA

Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. 30.071. Murcia.

**Abstract:** Seven representative weakly developed soils on unconsolidated material from the Sierra de Carrascoy (Murcia) have been investigated. The profiles are type A-C and the presence of calcic carbonate is important only in some of them and cation exchange capacity, generally, is low. The phyllosilicates of these soils are illite, kaolinite, vermiculite, smectite and chlorite and there are also no laminated silicates such as quartz and feldspars. The heavy fraction of the fine sand is scarce being abundant opaques and alterites and, between them, metamorphic and resistant to weathering transparent minerals are also found. Different pedogenetical processes have contributed to the formation of these soils: humification, leaching and calcification and clay mineralogy formation. The soils should be regarded as first stages in the actual pedogenetic evolution. These soils have been classified as Calcaric and Eutric Regosols (FAO, 1994). According to U.S.D.A. (1994) should be considered as Xeric Torriorthents and Typic Xerorthents.

**Key words:** Regosols, clay of soils, Entisols.

**Resumen:** Se estudian siete perfiles representativos de suelos poco evolucionados sobre material no consolidado de la Sierra de Carrascoy (Murcia). Los perfiles presentan una macromorfología de tipo A-C. El carbonato cálcico está presente sólo en algunos de los perfiles y la capacidad de cambio, en general, es baja. La fracción arcilla está compuesta, entre los filosilicatos, por illita, caolinita, esmectitas y clorita y dentro de los no laminares, cuarzo y feldespatos se encuentran en todos los suelos. La fracción pesada de la arena fina es escasa con carácter general, siendo muy frecuentes los minerales opacos y alteritas y está constituida por diferentes minerales transparentes predominantemente metamórficos y con gran resistencia a la alteración. Los procesos edafogénéticos que han intervenido con escasa intensidad son humificación, lavado y calcificación y arcilogénesis. Estos suelos hay que considerarlos como primeros estadios en la evolución edafogénética actual. Se han clasificado como Regosoles calcáricos y eútricos (FAO, 1994) y Torriorthents xéricos y Xerorthents típicos (U.S.D.A., 1994).

**Palabras clave:** Regosoles, arcilla de suelos, Entisoles.

### **INTRODUCCIÓN**

La Sierra de Carrascoy es un macizo montañoso situado en el sector suroriental de la

Región de Murcia. Presenta una variada litoestratigrafía apareciendo en ella afloramientos pertenecientes a la Zona Bética s. str. Se encuentran bien representados tres de los cuatro

complejos estructurales presentes en este gran dominio geológico: Ballabona-Cucharón, Alpujarride y Maláguide (ENADIMSA, 1974). Afloran rocas sedimentarias carbonatadas del tipo de las calizas y dolomías, rocas que han sufrido un mayor o menor grado de metamorfismo (filitas, esquistos, pizarras, cuarcitas, mármoles, etc.) y rocas que se han formado por procesos de volcanismo de tipo ofítico y que han sufrido metamorfismo (metabasitas). Descansando sobre las unidades anteriores, aparecen potentes formaciones terciarias (margas, areniscas, conglomerados, yesos, etc.), así como formaciones cuaternarias de gran diversidad.

El clima, marcadamente mediterráneo, presenta una precipitación media anual comprendida entre los 300-350 mm y una temperatura media anual que varía de 18-19°C en la base a 12°C en las partes más altas. De acuerdo con estos datos climáticos, Alías et al. (1990) consideran el régimen de humedad del suelo como arídico (U.S.D.A., 1994) para altitudes inferiores a 1200 m, cuando la orientación es de solana, y 800 m en umbrías, altitudes a partir de las cuales el régimen de humedad pasa a ser xérico. Por lo que al régimen de temperatura se refiere lo consideran térmico para altitudes menores de 700 m y méxico para suelos situados a mayor altitud.

La vegetación está bien conservada pudiéndose encontrar desde el punto de vista termoclimático los termotipos termomediterráneo (Horizonte superior) y mesomediterráneo (Horizonte inferior y medio). El ombroclima es semiárido generalizado y seco en las partes más altas (Alcaraz et al., 1991). En lo que respecta a las series climatofílicas, en el termotipo termomediterráneo y bajo ombroclima semiárido aparece el espinar *Chamaeropo humilis-Rhamnetum lycioidis*. Bajo ombroclima seco aparece la serie *Rubio longifoliae-Quercetum rotundifoliae*. En el termotipo mesomediterráneo aparece bajo ombroclima semiárido el chaparral *Rhamno lycioidis-Quercetum cocciferae* y bajo ombroclima seco el carrascal *Quercetum rotundifoliae*.

La topografía es otro factor condicionante del grado de desarrollo que puede alcanzar el

suelo. Las variaciones topográficas en una área montañosa como la estudiada determinan zonas erosivas, acumulativas y superficies de compensación relativamente estables, a la vez que influyen indirectamente en algunas propiedades o características del suelo. En las partes más elevadas de las laderas y lugares con pendientes muy acusadas hay un casi constante rejuvenecimiento del suelo que impide el desarrollo del perfil debido a los procesos erosivos, principalmente en los lugares con una cobertura vegetal poco densa. Este trabajo tiene como objeto la caracterización macromorfológica, analítica y mineralógica de algunos de estos suelos poco evolucionados desarrollados a partir de material no consolidado, con el fin de llegar a su clasificación y establecer los procesos edafogenéticos que han dado lugar a su formación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se han tomado para este trabajo siete perfiles de suelos poco evolucionados sobre material no consolidado. Tres de ellos se han desarrollado sobre filitas (perfiles 4, 14 y 18), dos sobre argilitas y esquistos rojizos cuarcíticos (perfiles 11 y 15) y los restantes (perfiles 17 y 33) se ha formado a partir de margas. Se caracterizan, macromorfológicamente, por tener un perfil de tipo A-C. Son no calizos los perfiles 11 y 15, ligeramente calizos los perfiles 14 y 18 y muy calizos el resto. Los horizontes A presentan una estructura grumosa que, excepcionalmente, tiende a un tipo poliédrico subangular (perfil 11); caso aparte es el perfil 4 en el que no se ha llegado a formar ni siquiera esta estructura grumosa. Debajo de este horizonte más superficial se ha distinguido un horizonte transicional AC en el perfil 15 debido al desarrollo de una incipiente estructura poliédrica subangular. En todos los perfiles en profundidad aparece un horizonte C, de estructura masiva, que corresponde al material original más o menos inalterado.

Para el estudio de los perfiles se han seguido los siguientes métodos experimentales:

**Carbono orgánico.** Método de Anne, modificado por Duchaufour (1970). **Nitrógeno total.** Método de Kjeldahl, descrito por Duchaufour (1970). **Carbonato cálcico equivalente.** Método del calcímetro de Bernard. **Determinación de pH** en suspensión acuosa y en KCl 1M. Método de Peech (1965). **Capacidad de cambio catiónico.** Chapman (1965). **Conductividad eléctrica** del extracto de saturación. Método de Bower y Wilcox (1965). **Análisis granulométrico.** Dispersión y extracción con pipeta Robinson, previa eliminación de la materia orgánica, combinado con tamización.

La extracción de la fracción arcilla (<2mm) se ha efectuado tras dispersión de la muestra una vez eliminados los carbonatos (Ostrom, 1961) y la materia orgánica (Kunze, 1965). Su estudio mineralógico se ha realizado por difracción de rayos X, habiéndose obtenido los diagramas correspondientes a las muestras, tanto en polvo como en agregado orientado tras someterlos, en este segundo caso, a diversos tratamientos: saturación en Mg (Jackson, 1982), solvatación con etilenglicol (Hendricks y Dyal, 1950; Brindley, 1966), calentamiento durante 2 horas a 550 °C (Whitting, 1965), tratamiento con ácido sulfúrico al 20% (Martín-Vivaldi y Rodríguez-Gallego, 1961) y saturación en K (Jackson, 1974). La estimación semicuantitativa relativa se ha efectuado teniendo en cuenta los poderes reflectantes dados por Martín-Pozas (1968) y Martín-Pozas et al. (1969).

El estudio de la fracción arena fina se realizó con el microscopio de polarización. Se ha separado la fracción de 0,05-0,25 mm de las muestras descarboxatadas por tamización, realizándose la limpieza de granos minerales según el método de Mehra y Jackson (1960) para la eliminación de óxidos de hierro que recubrían los granos. Mediante bromoformo ( $r=2,83$ ) se ha separado la fracción ligera y pesada, montando esta última en bálsamo de Canadá. En las muestras en las que la fracción densa es suficiente, los porcentajes de minerales pesados se efectúan tras el recuento de 300 granos transparentes.

Además, se ha realizado el estudio de las rocas subyacentes mediante diagrama de polvo de la roca molida y lámina delgada en microscopio de polarización.

## RESULTADOS ANALÍTICOS Y DISCUSIÓN

Desde el punto de vista analítico, y como se observa en la tabla 1, se trata de suelos con un contenido medio-bajo de carbono orgánico en los horizontes superiores, disminuyendo dicho valor en todos los casos con la profundidad. Los niveles de nitrógeno son más altos en los horizontes que tienen una mayor cantidad de carbono. El grado de humificación dado por la relación entre carbono y nitrógeno, disminuye con la profundidad. El humus originado en estas condiciones es mull calizo, excepto en los perfiles 11 y 15 que se trata de un mull cálcico. El contenido en carbonato cálcico equivalente se mantiene aproximadamente constante en el perfil 17 y tiende a aumentar ligeramente con la profundidad en los perfiles 4, 14, 18 y 33. Sin embargo, los perfiles 11 y 15 están totalmente descarboxatados. El pH en agua es, por lo general, básico y con valores de 8 o algo superiores en la mayor parte de los perfiles en sus horizontes superficiales. Los valores de pH aumentan generalmente en profundidad estando en torno a 8,5, excepto en el perfil 11, totalmente descarboxatado, donde dicho valor disminuye hasta 7,6. Cuando la medida del pH se hace en la suspensión de KCl 1N, el valor desciende, en general, entre 0,4 y 0,9 unidades con respecto al valor obtenido en agua. La capacidad de cambio, generalmente baja, tiene pequeñas variaciones de unos perfiles a otros. En superficie el máximo valor se alcanza en el perfil 17 que es a su vez el que más cantidad de carbono orgánico presenta dentro de este grupo. En profundidad estos valores decrecen en todos los suelos. La escasa o nula humificación que existe en los horizontes más profundos permite relacionar la capacidad de cambio con la cantidad y tipo de arcilla presente. En gene-

Tabla 1: Resultados analíticos generales de los perfiles estudiados.

Hor.	Prof. cm	C g kg <sup>-1</sup>	N g kg <sup>-1</sup>	C/N	CaCO <sub>3</sub> g kg <sup>-1</sup>	pH		T cmol.kg <sup>-1</sup>	C.E. dS m <sup>-1</sup>
						H <sub>2</sub> O	KCl		
<b>PERFIL 4 (U.T.M.: XG508893)</b>									
A	0-8	11,1	1,0	11,1	345,3	8,1	7,6	4,4	0,4
C	+8	7,3	0,9	8,1	383,6	8,4	7,9	3,3	0,7
<b>PERFIL 11 (U.T.M.: XG564945)</b>									
A	0-13	14,4	1,0	14,4	0,0	7,8	7,0	9,2	0,2
C	+13	2,7	0,6	4,5	0,0	7,6	6,1	9,5	0,1
<b>PERFIL 14 (U.T.M.: XG583939)</b>									
A	0-14	23,8	2,2	10,8	104,7	7,9	7,4	10,9	0,9
C	+14	2,9	0,6	4,8	137,7	8,6	8,2	3,7	0,8
<b>PERFIL 15 (U.T.M.: XG574950)</b>									
A	0-21	11,5	1,2	9,6	0,0	8,0	7,3	7,4	0,4
AC	21-47	5,6	0,7	8,0	0,0	8,2	7,4	6,0	0,2
C	+47	3,2	0,6	5,3	0,0	8,3	7,4	4,5	0,1
<b>PERFIL 17 (U.T.M.: XG495887)</b>									
A	0-21	41,3	3,6	11,5	283,3	7,9	7,3	23,5	0,9
C	+21	8,5	1,1	7,7	284,5	8,5	7,9	5,2	0,4
<b>PERFIL 18 (U.T.M.: XG493891)</b>									
A	0-17	17,5	2,1	8,3	50,7	8,1	7,5	12,5	0,4
C	+17	8,7	1,1	7,9	95,0	8,4	7,5	7,4	0,4
<b>PERFIL 33 (U.T.M.: XG615947)</b>									
A	0-18	10,1	1,2	8,4	200,9	8,3	7,5	10,3	0,3
C	+18	6,0	0,8	7,5	333,1	8,5	7,6	8,0	0,3

ral, los valores tan bajos son debidos a la existencia de una escasa proporción de arcilla compuesta fundamentalmente de illita, que contribuye pobremente a la retención de iones. Se trata de suelos que tienen saturado el complejo de cambio, siendo el calcio el catión predominante. La conductividad eléctrica del extracto de saturación es baja (<1dS m<sup>-1</sup>).

En los resultados de la tabla 2 se puede ver que la textura franca aparece en los horizontes

de superficie de los perfiles 14 y 15, mientras que es de tipo franco-limoso en los perfiles 4, 17 y 18. En los perfiles restantes es de tipo franco-arenoso. En profundidad la textura no varía en los perfiles 4, 14 y 18. En los perfiles 11 y 15 pasa a ser más arcillosa que su correspondiente horizonte A (arcillo-arenoso y franco-arcilloso para los horizontes C de los perfiles 11 y 15, respectivamente). En el resto la textura es de tipo franca.

El estudio de la fracción arcilla refleja que illita, caolinita, vermiculita, esmectitas y clorita son los filosilicatos presentes en estos suelos (tabla 3). Illita es el más abundante en todos ellos, siendo en general caolinita el segundo silicato laminar más representado. Vermiculita o interestratificados próximos a ella aparecen siempre, con excepción de los perfiles 4 y 33. Las esmectitas, en cambio aparecen en mayor proporción en estos dos últimos perfiles y sólo en pequeña cantidad en los perfiles 11 y 14. La clorita está

ausente en el horizonte A del perfil 4 y escasamente representada en el resto, con excepción hecha de los perfiles 17 y 18 en que existe un mayor contenido. Entre los no laminares, cuarzo y feldspatos aparecen en todos los suelos.

La fracción pesada de la arena fina es muy escasa en los perfiles desarrollados a partir de argilitas y esquistos rojizos cuarcíticos (perfiles 11 y 15) y en el perfil 33 desarrollado a partir de una marga miocénica. En los demás casos es relativamente abundante (valores incluso próxi-

Tabla 2: Resultados del análisis granulométrico de los perfiles estudiados.

Hor.	<2 $\mu\text{m}$	2-20	20-50	50- 100	100- 250	250- 500	500- 1000	1000- 2000 $\mu\text{m}$
<b>PERFIL 4</b>								
A	9,2	41,1	29,4	5,2	4,3	4,7	2,8	3,3
C	6,5	36,5	36,8	6,3	5,4	5,2	2,3	1,0
<b>PERFIL 11</b>								
A	18,2	11,5	11,7	5,2	8,8	16,1	12,2	16,3
C	37,6	4,7	11,4	3,9	8,5	14,3	9,3	10,3
<b>PERFIL 14</b>								
A	13,6	18,1	24,5	5,9	9,7	12,3	7,3	8,6
C	12,4	23,6	21,4	8,8	10,6	11,9	6,5	4,8
<b>PERFIL 15</b>								
A	13,9	18,8	17,8	7,7	10,2	14,5	8,7	8,4
AC	14,5	15,3	23,0	6,6	8,8	13,3	8,3	10,2
C	35,6	12,5	13,2	4,2	5,7	10,1	8,0	10,7
<b>PERFIL 17</b>								
A	11,0	22,1	37,3	5,7	6,1	4,4	6,1	7,2
C	11,3	25,0	21,5	7,0	11,8	8,9	9,9	4,6
<b>PERFIL 18</b>								
A	7,4	29,1	25,1	5,4	6,8	6,7	10,0	9,5
C	4,2	34,6	28,3	5,1	4,9	5,2	10,1	7,6
<b>PERFIL 33</b>								
A	16,2	19,1	12,2	14,5	25,0	6,3	4,5	2,2
C	17,5	27,2	14,9	14,4	19,7	3,7	2,1	0,5

mos al 20 por ciento). En todas las muestras son muy frecuentes los opacos y alteritas, siendo los primeros los más abundantes en los tres perfiles con menor proporción de arena fina y los minerales alterados en el resto de perfiles. En ocasiones en conjunto, opacos y alterados, suponen más del 80-90 por ciento, de modo que sólo ha sido posible el recuento de granos transparentes en los perfiles 18 y 33. En los perfiles 4, 14 y 17 han aparecido esporádicamente algunos cristales

de moscovita, epidota, clorita, apatito y rutilo, estando el resto formado por minerales alterados. En los perfiles 11 y 15 además de opacos se han observado algunos cristales de clorita, piroxeno, epidota, moscovita, turmalina, zoisita y granate. El perfil 18, desarrollado a partir de filitas recarbonatadas, está formado por biotita, apatito, andalucita, turmalina y granate, mientras que el perfil 33 presenta la asociación circón-rutilo-turmalina-epidota. En ge-

Tabla 3: Mineralogía de la fracción arcilla de los perfiles estudiados.

Hor.	Ilita	Caolinita	Clorita	Vermiculita	Esmectita	Otros
<i>PERFIL 4</i>						
A	++++	+	-	-	++	Q, Fds
C	++++	+	t	-	++	Q, Fds
<i>PERFIL 11</i>						
A	++++	++	t	++	t	Q, Fds
C	++++	++	t	++	t	Q, Fds
<i>PERFIL 14</i>						
A	++++	+	t	+	t	Q, Fds
C	+++++	+	t	t	-	Q, Fds
<i>PERFIL 15</i>						
A	++++	++	t	+	-	Q, Fds
AC	+++++	++	t	t	-	Q, Fds
C	+++++	++	t	t	-	Q, Fds
<i>PERFIL 17</i>						
A	+++	++	t	+++	-	Q, Fds
C	+++	++	+	++	-	Q, Fds
<i>PERFIL 18</i>						
A	+++	+++	++	+	-	Q, Fds
C	+++	+++	+	+	-	Q, Fds
<i>PERFIL 33</i>						
A	++++	+	t	-	++	Q, Fds
C	++++	+	t	-	++	Q, Fds
+++++: más del 80%; ++++: 50-80%; +++: 30-50%; ++: 15-30%; +: 5-15%; t: menos del 5%; Q: cuarzo; Fds: feldespatos						

neral abundan minerales resistentes y de origen metamórfico y en el caso del perfil 33, también de titanio.

### GÉNESIS Y CLASIFICACIÓN

Los resultados analíticos y mineralógicos y las observaciones macromorfológicas que se han comentado permiten reconocer los diferentes procesos edafogénicos que han dado lugar a la formación de estos suelos: humificación, lavado y calcificación y arcillización.

La humificación es un proceso que en mayor o menor medida ha afectado a todos los suelos estudiados, si bien cabe destacar que lo ha hecho con muy escasa intensidad en los perfiles 4 y 33 y de una forma más acusada en el perfil 17. Este último está próximo a otros suelos que presentan epipedón móllico y horizonte cálcico.

El segundo proceso sólo afecta a la génesis de estos suelos de una forma marginal y parcial ya que por un lado, en suelos desarrollados a partir de margas la impermeabilidad del sustrato dificulta la percolación del agua y, en consecuencia, del carbonato cálcico. Tampoco se produce un lavado importante en estos suelos superficiales situados en zonas con acusadas pendientes, puesto que suele existir un rejuvenecimiento del perfil por procesos erosivos. En los suelos desarrollados sobre material metamórfico silicatado el carbonato cálcico está ausente en el perfil en algunos casos, en otros pueden ser calizos, debido a la formación de este compuesto a partir de la alteración de los piroxenos y plagioclasas cálcicas existentes en la roca. El  $\text{Ca}^{+2}$  liberado no se lava totalmente como consecuencia de la escasa precipitación, recombinándose con el  $\text{CO}_2$  ya que la presión parcial de éste en el suelo es más alta que en la atmósfera debido a la actividad microbiana y a la oxidación de la materia orgánica, produciéndose su disolución en agua con formación de  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Este ácido se recombina

con el  $\text{Ca}^{+2}$  liberado formándose el carbonato cálcico secundario (Doner y Lynn, 1989; Ortiz et al., 1989).

El proceso de arcilogénesis consiste esencialmente en una herencia por parte del suelo de los minerales de la arcilla presentes en el material original, siendo muy poco importante la transformación de illita a vermiculita (perfiles 14 y 15) o esmectitas (perfil 14) a través de interestratificados. Aunque la abundancia de Mg y pH alcalino facilita la formación de clorita a partir de otros minerales a 14 Å por intercalación de brucita (Tarzy y Paeth, 1975; Alfás et al., 1977; Faz, 1997), en estos suelos no ha sido perceptible, en general, esta formación, excepto en el perfil 18 en que el aumento en superficie se podría explicar así. Los silicatos no laminares, cuarzo y feldespatos, también proceden del material original.

Según los estudios realizados por Faz (1997) las superficies fisiográficas sobre las que aparecen estos suelos, estuvieron ocupadas casi en su totalidad por suelos rojos ilimerizados de carácter fersialítico, formados durante una gran etapa de biostasia o de evolución progresiva cuyo resultado final sería la formación como suelo clímax del mencionado tipo de suelo en unas condiciones ambientales diferentes a las actuales. No obstante, en la mayor parte del territorio estudiado, donde los procesos rexistásicos hicieron desaparecer estos horizontes de iluviación de arcilla, la dinámica actual tiende a alcanzar un determinado suelo clímax a partir del material litológico subyacente. En esa evolución los suelos estudiados en este trabajo supondrían primeros estadios.

En cuanto a su clasificación todos los suelos están caracterizados por un epipedón ócrico. Sólo los perfiles 4, 17 y 18 se encuentran por encima de los 800 m en posición de umbría, por lo que están caracterizados por un régimen de humedad de tipo xérico, mientras que en los demás casos es arídico al estar situados los suelos a una menor altitud. Atendiendo a estas características los perfiles 4, 17 y 18 han sido clasifica-

dos como Xerorthents típicos (U.S.D.A., 1994) y los demás como Torriorthents xéricos. Según FAO (1994) los perfiles 11 y 15 son Regosoles eútricos y los demás perfiles hay que considerarlos como Regosoles calcáricos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz, F., Sánchez-Gómez, P., De La Torre, A., Rios, S. y Álvarez, J. (1991): Datos sobre la vegetación de Murcia (España). Guía geobotánica de la Excursión. XI Jornadas de Fitosociología. DM y PPU, ed., Lerida, 162p.
- Alfás, L. J., Linares, P. y Ortiz, R. (1977): Suelos forestales de la Sierra de la Pila (Murcia). *Anales de Edafología y Agrobiología* **36**, 1029-1046.
- Alfás, L. J., Ortiz, R., Hernández, J., Linares, P., Martínez, M. J. y Marín, P. (1990): Proyecto LUCDEME. Mapa de suelos. Escala 1:100.000. Alcantarilla 933. ICONA y Universidad de Murcia, ed., Madrid, 130p.
- Bower, C. A. y Wilcox, L. V. (1965): Soluble salts. En *Methods of Soils Analysis*. C. A. Black, ed. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. **2**, 933-940.
- Brindley, G. W. (1966): Ethilenglicol and glicerol complexes of smectites and vermiculites. *Clay Minerals* **6**, 112-119.
- Chapman, H. D. (1965): Cation exchange capacity. En *Methods of Soils Analysis*. C. A. Black, ed. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. **2**, 891-900.
- Doner, E. H. y Lynn, W. C. (1989): Carbonate, halide, sulfate and sulfide minerals in soil environments. J. B. Dixon y S. B. Weed, ed. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA, 279-330.
- Duchaufour, Ph. (1970): Précis de Pédologie. Masson. París, 481p.
- ENADIMSA. (1974): Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000 y memoria. Alcantarilla 933. I.G.M.E. Madrid, 34p.
- FAO. (1994): World Reference Base for Soil Resources (Draft). ISSS-ISRIC-FAO. Wageningen/Roma. 161p.
- Faz, A. (1997): Génesis y evolución paleoambiental de los suelos de la Sierra de Carrascoy (Murcia). Tesis Doctoral Universidad de Murcia, Murcia, 333 p.
- Hendricks, S. B. y Dyal, R. S. (1950): Retention du glycol par les montmorillonites. *4th International Congress of Soil Science*. Amsterdam, Holanda. **2**, 71-73.
- Jackson, M. L. (1974): Soil Chemical analysis. Advanced course. 2nd edition. Madison, Wisconsin, USA.
- Jackson, M. L. (1982): Análisis químico de suelos. Omega. Barcelona, 662 p.
- Kunze, G. W. (1965): Pretreatment for mineralogical studies analysis. En *Methods of Soils Analysis*. C. A. Black, ed. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. **1**, 573-574.
- Martín-Pozas, J. M. (1968): Análisis cuantitativo de filosilicatos de la arcilla por difracción de rayos X. Tesis doctoral Universidad de Granada, Granada, 210 p.
- Martín-Pozas, J. M., Martín-Vivaldi, J. L. y Rodríguez-Gallego, M. (1969): Análisis cuantitativo de filosilicatos de la arcilla por difracción de rayos X. *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*. Serie B. L. V., 109-112.
- Martín-Vivaldi, J. L. y Rodríguez-Gallego, M. (1961): Some problems in the identification of clay minerals in mixtures by X-ray diffraction. I. Chlorite-Kaolinite mixtures. *Clay Minerals* **4**, 288-292.
- Mehra, O. P. y Jackson, M. L. (1960): Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clay Minerals 7th Conference*. Londres, 317-327.
- Ortiz, R., Fernández, M. T. y Latorre, M. (1989): Mineralogía de suelos desarrollados a partir de anfíbolitas de la Sierra de Almenara (Murcia). *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía* **12**, 141-150.

- Peech, M. (1965): Hydrogen-ion activity. En *Methods of Soil Analysis*. C. A. Black, ed. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. **2**, 914-916.
- Ostrom, M. E. (1961): Separation of clay minerals from carbonate rocks by using acids. *Journal of Sedimentary Petrology* **31**, 123-129.
- Tarzy, J. G. y Paeth, R. C. (1975): Genesis of a mediterranean red and white rendzine soil from Lebanon. *Soil Science* **120**, 272-277.
- U.S.D.A. (1994): *Keys to soil taxonomy*. Pocahontas Press, Inc. Blacksburg, Virginia, 524p.
- Whitting, L. D. (1965): X-ray diffraction techniques for mineral identification and mineralogical composition. En *Methods of soils analysis*. C. A. Black, ed. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. **1**, 671-698.