

## CARACTERIZACIÓN Y GÉNESIS DE PHAEOZEMS DESARROLLADOS A PARTIR DE ROCAS VOLCÁNICAS EN AMBIENTE MEDITERRÁNEO SEMIÁRIDO

M.J. DELGADO INIESTA, R. ORTIZ SILLA y M. T. FERNÁNDEZ TAPIA

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

**Abstract.** This paper reports the results of macromorphological, analytical and typologic study of six soils profiles developed on different volcanic rocks under mediterranean semiarid climatic conditions. In spite of the low precipitations and the parent rock moderate alteration, soils with a mollic epipedon have been formed. These soils have been classified as Phaeozems (FAO-ISRIC-ISSS 1998). On the other hand, we stand out the necessity to include the group of the Calcaric Phaeozems in this classifications which was eliminated some time ago and, however, they are soils appearing with a certain frequency in the peninsular southeast.

**Key words:** Phaeozems, mollic epipedon, volcanic soils.

**Resumen:** En este trabajo se recoge el resultado del estudio macromorfológico, analítico y tipológico de seis perfiles de suelos desarrollados a partir de diferentes rocas volcánicas bajo condiciones climáticas mediterráneas semiáridas. Pese a las bajas precipitaciones y a la moderada alteración de la roca madre se han formado suelos que presentan un epipedón mólico y que han sido clasificados como Phaeozems (FAO-ISRIC-ISSS 1998). Por otra parte, resaltamos la necesidad de incluir en dicha clasificación el grupo de los Phaeozems calcáricos, que fueron en su momento eliminados de ésta, y sin embargo son suelos que aparecen con cierta frecuencia en el sureste peninsular.

**Palabras clave:** Phaeozems, epipedón mólico, suelos volcánicos.

### INTRODUCCIÓN

Siguiendo con el estudio de suelos desarrollados sobre materiales volcánicos en el sureste español (Fernández et al., 1994, Ortiz et al., 1993, 1997, Delgado, 1998), se aborda en esta ocasión la caracterización y génesis de Phaeozems formados sobre distintos tipos de rocas volcánicas en el litoral mediterráneo. La presencia de suelos con horizonte mólico es muy escasa en zonas donde predominan unas condiciones climáticas semiáridas como las del SE de España, con una precipitación

media anual que no supera los 350 mm. Sin embargo, la instalación de una vegetación de matorral bajo constituida por tomillares, con un fuerte enraizamiento que suministra gran cantidad de restos orgánicos fácilmente mineralizables, proporciona una buena humificación al suelo haciendo posible el desarrollo de un epipedón mólico.

La zona de estudio presenta una temperatura media anual entre los 18-19°C y una precipitación media anual que oscila entre 210 y 350 mm. Según las estimaciones realizadas, existe un acusado déficit hídrico para los sue-

los durante más de la mitad del año, lo que define un régimen de humedad del suelo árido y un régimen de temperatura térmico (USDA, 1998). En estas condiciones la vegetación climácica se corresponde con las asociaciones *Ziziphietum loti*, *Periploco-Gymnosporietum*, *Chamaeropo-Rhamnetum lycioidis*, dependiendo del lugar en donde se tomaron los perfiles. No obstante, actualmente la vegetación está constituida por etapas de degradación como son los tomillares representados por las asociaciones *Teucrio lanigeri-Sideritidetum ibanyezii*, *Teucrio charidemi-Lavanduletum multifidae* o *Sideritido marmnorensis-Thymetum hyemalidis* (Delgado 1998).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se han elegido seis perfiles ubicados en distintos

afloramientos volcánicos en las provincias de Murcia y Almería. El perfil 1 fue tomado en Vera (Almería) sobre rocas lamprofíticas, en concreto sobre veritas. Sobre el mismo tipo de rocas se tomó el perfil 6, en un afloramiento volcánico situado en la localidad de Aljorra (Murcia). El perfil 2 fue tomado sobre rocas riódacíticas de Carboneras (Almería), el perfil 3 en Mesa de Roldán (Almería) sobre andesitas piroxénicas, el perfil 4 en Cabo de Gata sobre dacitas y por último, el perfil 5 fue tomado en Cabezo Ventura (Murcia), de origen traquítico. En la figura 1 se puede observar la situación geográfica de los perfiles estudiados.

Para el estudio de los perfiles se han realizado las siguientes determinaciones analíticas: Carbono orgánico, por el método de Anne, modificado por Duchaufort (1970); Nitrógeno total, por el método de Kjeldahl (Duchaufort, 1970); Carbonato cálcico equi-

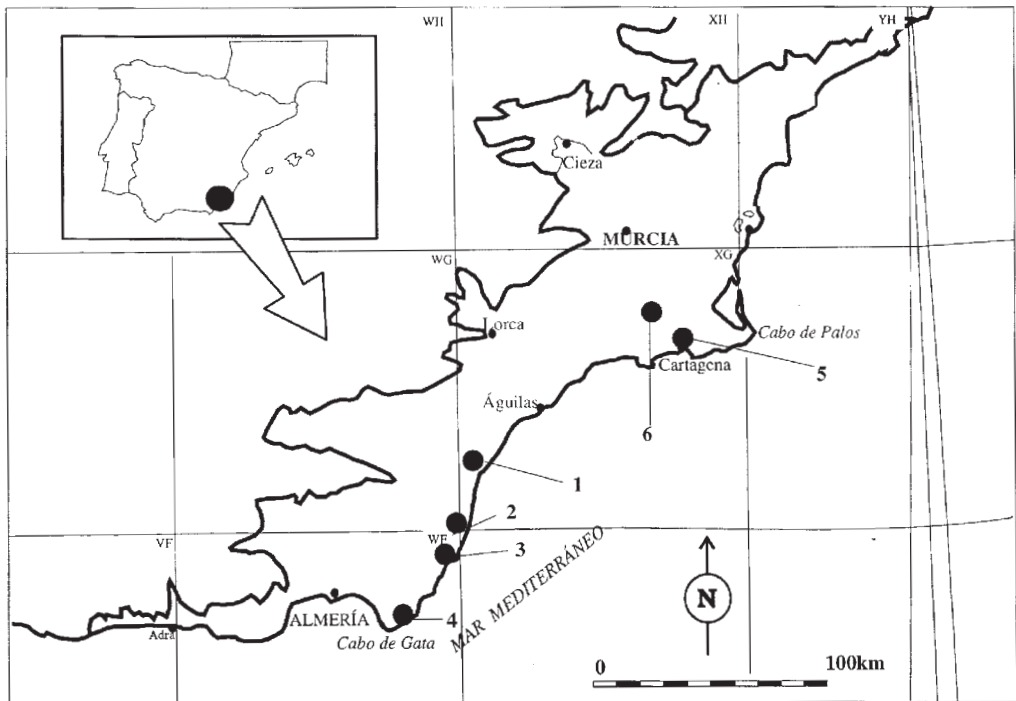


FIGURA 1. Situación geográfica de los perfiles estudiados

valente, por el método del calcímetro de Bernard; Carbonato cálcico activo (Gehu-Franck, en Duchaufour, 1970); pH, en suspensión acuosa y en KCl 1M (Peech, 1965); Capacidad de intercambio catiónico (Chapman, 1969); óxidos de Fe libres (Mhera y Jackson, 1960); hierro total (Omang, 1969;

Ingamells, 1970); Elementos amorfos (McKeague y Day, 1966); Conductividad eléctrica del extracto de saturación (Bower y Wilcox, 1965); análisis granulométrico, por dispersión y extracción con pipeta de Robinson, previa eliminación de la materia orgánica, combinado con tamización.

TABLA 1. Horizontes, profundidad, color y coordenadas U.M.T. d los perfiles estudiados

Hor.	Prof. (cm)	Color		Coordenadas (U.T.M.)
		Húmedo	Seco	
<b>Perfil 1</b>				
A	0-22	7.5YR3/2	5YR5/2	30SXG004182
AC	22-41	7.5YR3/4	7.5YR4.5/3	
C/R	41-57	10YR4/4	10YR7/2	
R	+57			
<b>Perfil 2</b>				
A	0-37	7.5YR2.5/2	7.5YR3/2	30SWF943938
R	+37			
<b>Perfil 3</b>				
A	0-19	7.5YR2.5/2	7.5YR3/3	30SWF972893
B/R	19-33	7.5YR3/4	7.5YR4/4	
R	+33			
<b>Perfil 4</b>				
A	0-15	7.5YR3/2	7.5YR4/4	30SWF729646
AC	15-29	7.5YR4/4	7.5YR5/4	
C	+29	10YR5/4	10YR5/4	
<b>Perfil 5</b>				
A	0-31	7.5YR2.5/3	7.5YR5/3	30SXG825683
A/R	31-45	10YR3/2	10YR5/3	
R	+45			
<b>Perfil 6</b>				
A1	0-8	5YR2/2	5YR4/3	30SXG678735
A2	8-29	5YR2/2	5YR4/4	
A/R	29-40	5YR3/2	5YR4/4	
R	+40			

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Morfología

En la tabla 1, que recoge algunos aspectos morfológicos de los perfiles, puede apreciarse que se trata de suelos con un perfil de tipo A-AC-C/R, A-R o A-B/R.

Los horizontes A de los perfiles 1, 3 y 6 presentan una estructura grumosa media bien desarrollada, mientras que el resto de los perfiles poseen una estructura poliédrica subangular media igualmente bien desarrollada. En los perfiles 2, 5 y 6 bajo este horizonte A se ha localizado un horizonte transicional A/R y

bajo él, la roca madre. Los perfiles 1 y 4 se presentan un horizonte AC con estructura grumosa y poliédrica subangular, respectivamente, y sólo el perfil 3 tiene bajo el horizonte superficial un horizonte B, algo mezclado con la roca madre, de estructura poliédrica subangular bien desarrollada. En el perfil 4 se ha podido diferenciar un horizonte C, de estructura masiva. Todos los horizontes presentan una gran cantidad de raíces, particularmente los más superficiales, teniendo además una elevada porosidad. El límite entre horizontes es gradual, resultando brusco e irregular en el contacto con la roca.

TABLA 2. Análisis generales de los perfiles estudiados.

Hor.	C gKg <sup>-1</sup>	N gKg <sup>-1</sup>	C/N	T Cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	CaCO <sub>3</sub> gKg <sup>-1</sup>		pH		CE dSm <sup>-1</sup>
					Equiv	Activo	H <sub>2</sub> O	KCl	
<b>Perfil 1</b>									
A	26.0	2.51	10.4	29.4	80	37.9	7.6	6.9	0.41
AC	25.6	2.60	9.8	23.7	180	98.0	7.9	6.8	0.50
C/R	13.7	1.64	8.5	17.1	210	180.7	7.8	6.7	0.41
<b>Perfil 2</b>									
A	18.8	1.3	14.5	16.9	0	9.8	7.8	6.8	0.41
<b>Perfil 3</b>									
A	30.3	2.31	13.4	29.6	30	24.5	7.8	7.1	1.34
B/R	18.8	1.90	10.0	33.3	40	36.7	7.9	7.1	0.84
<b>Perfil 4</b>									
A	11.5	0.93	12.4	28.3	20	13.5	8.1	7.1	1.55
AC	5.3	0.77	6.9	28.2	50	28.8	8.3	7.2	0.84
C	4.8	0.56	4.2	27.2	40	24.5	8.5	7.2	0.68
<b>Perfil 5</b>									
A	24.6	1.58	15.6	27.8	0	46.0	8.0	6.1	0.51
A/R	16.9	1.13	15.0	42.1	0	28.2	8.2	6.4	0.45
<b>Perfil 6</b>									
A1	9.0	1.33	6.7	17.3	77	53.1	8.3	7.2	0.35
A2	11.5	1.44	7.9	21.1	27	19.1	8.2	7.1	0.33
A/R	7.8	1.95	6.3	22.5	75	74.9	8.1	7.1	0.45

**Resultados analíticos**

El contenido en carbono orgánico (tabla 2) es relativamente alto en estos suelos, sobre todo en los horizontes superficiales. Se trata de una materia orgánica bien humificada según se deduce de los valores de la relación C/N, con la formación de un humus mull cálcico (Duchaufour, 1970) en los perfiles desprovistos de carbonato cálcico y de tipo mull calizo en los que poseen dicho constituyente. Esta acumulación de materia orgánica se debe a la existencia de una cobertura vegetal de matorral bajo, comentada anteriormente, y a la acción estabilizadora de los materiales amorfos liberados en la alteración de las rocas volcánicas. Asimismo, la presencia de

carbonato cálcico en gran parte de estos suelos también ha podido influir en el mismo sentido.

Los perfiles presentan carbonato cálcico en todos sus horizontes, excepto en los perfiles 2 y 5 que se encuentran descarbonatados debido a su situación de mayor pendiente, lo que determina un lavado algo más intenso, como puede apreciarse en los valores de carbonato cálcico equivalente y activo (tabla 2). Estos carbonatos tienen su origen en el calcio liberado por la alteración de los minerales procedentes de las rocas (feldespatos, anfíboles, piroxenos) que se combina con el CO<sub>2</sub> atmosférico o el procedente de la respiración radicular. En el caso del perfil 6 también han

TABLA 3. Resultados del análisis granulométrico.

HOR.	<2μ	2-20μ	20-50μ	>50μ
<b>Perfil 1</b>				
A	22.5	22.3	14.5	40.7
AC	12.6	28.6	26.6	32.2
C/R	7.6	27.8	51.1	13.5
<b>Perfil 2</b>				
A	16.9	11.1	22.2	49.8
<b>Perfil 3</b>				
A	25.3	16.6	34.9	23.2
B/R	39.5	29.8	3.5	27.2
<b>Perfil 4</b>				
A	7.7	28.5	5.3	58.5
AC	25.3	2.0	4.3	68.4
C	13.7	14.9	5.0	66.4
<b>Perfil 5</b>				
A	27.5	21.5	8.7	42.3
A/R	35.4	26.5	4.6	33.5
<b>Perfil 6</b>				
A1	3.7	32.7	14.6	49.0
A2	8.4	29.0	19.7	42.9
A/R	4.0	29.7	32.4	33.9

podido contribuir los aportes recibidos de los relieves calizos próximos, lo que explicaría el mayor contenido en el horizonte superficial.

El pH medido en agua es básico en todos los perfiles ya que se trata de un medio saturado en cationes divalentes procedentes de los constituyentes que se van liberando de la roca madre, y que las escasas precipitaciones permiten su mantenimiento en el suelo. La capacidad de cambio, relativamente alta en todos los perfiles, está ligada al contenido en materia orgánica así como a la proporción de arcilla que presentan (tabla 3). Los bajos valores de C.E. que se han determinado (<1

dsm<sup>-1</sup>) ponen de manifiesto que son suelos libres de sales y que presentan, en general, una granulometría equilibrada (tabla 3).

En los perfiles 1, 3 y 4 en los que se sospechaba la presencia de un horizonte B, se realizaron los análisis de óxidos de hierro, aluminio y silicio (Tabla 4). Dichos constituyentes en los perfiles 1 y 5 disminuyen progresivamente con la profundidad, sólo en el caso del perfil 3 hay un ligero incremento en el denominado horizonte B/R; el incremento de óxidos de hierro en este horizonte indica un mayor grado de alteración química confiéndole un color pardo oscuro característico.

TABLA 4. Óxidos de hierro, aluminio y silicio en los perfiles 1, 3 y 4.

Perfil	Hor	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /	SiO <sub>2</sub> /	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /
		%	%	%	%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> x100	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
P-1	A	9.13	11.17	50.73	1.52	16.48	7.72	1.92
	AC	7.65	10.11	38.07	0.56	7.32	6.40	2.07
	C/R	6.22	6.06	29.14	0.19	3.05	8.17	1.53
P-3	A	6.96	14.31	41.21	1.43	20.54	4.96	3.22
	B/R	8.92	15.58	48.21	1.16	13.00	5.25	2.74
P-4	A	5.61	15.24	63.37	0.63	11.25	7.06	4.26
	AC	4.94	15.35	59.64	0.58	11.83	6.60	4.91
	C	3.82	14.01	62.67	0.42	11.05	7.60	5.78

### *Génesis y clasificación*

Las observaciones macromorfológicas y los resultados analíticos comentados anteriormente nos permiten destacar la humificación como el proceso de edafogénesis más generalizado en estos suelos. En todos los perfiles estudiados una importante cantidad de materia orgánica procedente del matorral instalado sobre ellos se incorpora a la fracción mineral, conduciendo a la formación de horizontes A bien desarrollados y que satisfacen los requisitos del epipedón mólico.

El proceso de empardecimiento sólo ha tenido lugar en el perfil 3 y ha conducido a la formación de un incipiente horizonte B.

El origen de los carbonatos presentes en parte de los suelos estudiados no procede directamente de la roca madre, ya que estos se han formado a partir de rocas ígneas silicatadas que no poseen entre sus constituyentes calcita, aunque sí tienen minerales portadores de calcio, como piroxenos y plagioclasas. Debido a la meteorización de estas rocas se libera Ca<sup>+2</sup>; este elemento no se lava con facilidad a causa de las bajas precipitaciones, combinándose con el CO<sub>2</sub>, ya que la presión parcial de este elemento es más alta que en la atmósfera, debido a la respiración radicular, a la oxidación de la materia orgánica y a la actividad microbiana, produciéndose su disolución en agua con formación de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Este

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

La presencia del horizonte mólico y el encontrarse la roca madre por debajo de los 30 cm de profundidad y no tener estos perfiles ningún otro horizonte diagnóstico conduce a la inclusión de estos suelos dentro del grupo de los Phaeozems háplicos (FAO-ISRIC-ISSS, 1998)

Hay que señalar que algunos de los suelos estudiados son calcáreos entre los 20 y 50 cm de profundidad a partir de la superficie (Tabla 2), sin llegar en modo alguno a formar un horizonte diagnóstico de tipo cálcico, en cuyo caso y según la clasificación de FAO-UNESCO (1988) se denominarían Phaeozems calcáricos. Este grupo fue eliminado de la versión de FAO (1994) y de la nueva versión de FAO (1998) por considerar a los Phaeozems "típicos de zonas en que abunda el lavado". Creemos que este grupo debería de ser nuevamente incluido en la clasificación puesto que no es cierto que estos suelos sólo aparezcan en sitios de abundante lavado, pues en todo el S.E peninsular, donde las precipitaciones son muy escasas y los carbonatos llegan a acumularse, también están presentes.

Según U.S.D.A. (1998) estos suelos con epipedón mólico pertenecen al orden Mollisol. Los Mollisoles del área estudiada pertenecen al suborden Xerolls, caracterizados porque tienen un régimen arídico que tiende a xérico. En concreto, los suelos estudiados pertenecen al gran grupo de los Haploxerolls, y los diferentes suelos se han clasificado dentro de los subgrupos Haploxerolls líticos, cuando tienen un contacto lítico dentro de los 50 cm a partir de la superficie (perfiles 2, 3, 5 y 6), y Haploxerolls arídicos en los casos de perfiles que no tiene otra característica más que un régimen de humedad arídico (perfiles 1 y 4).

## CONCLUSIONES

A pesar de la moderada alteración de la roca madre de todos los suelos estudiados, debido a las escasas precipitaciones en la zona de estudio, se ha podido observar en estos suelos un horizonte superficial que cumple las características del epipedón mólico e incluso en algún perfil se ha podido detectar la presencia de un horizonte B cámbico, hallándose un incremento de óxidos de hierro en este horizonte lo que indica un mayor grado de alteración química de este suelo que le confiere un color pardo oscuro característico.

El escaso lavado que se produce en estos suelos impide la eliminación del perfil de las bases liberadas en la alteración, manteniendo un medio altamente saturado en cationes que permite incluso la formación de  $\text{CaCO}_3$  secundario en cantidades apreciables en algunos perfiles.

Se considera necesario la inclusión en la clasificación de FAO del grupo de los Phaeozems calcáricos. Este grupo debería de ser nuevamente incluido ya que no es cierto que estos suelos sólo aparezcan en sitios de abundante lavado, pues en el SE peninsular, caracterizado por baja pluviometría y temperaturas medias elevadas los carbonatos liberados por la alteración de rocas silicatadas de origen volcánico permanecen en gran parte en los suelos desarrollados a partir de estas rocas.

## REFERENCIAS

- Bower, C.A. y Wilcox, L. V. (1965). *Soluble salts. Methods of Soil Analysis*. In C. A. Black (Ed). *American Soc. Agronomy, Inc.*, 2: 993-940. Madison
- Chapman, H.D. (1969). Cation exchange capacity. *Methods of Soil Analysis*. In C.A. Black (Ed.). *American Soc. Agronomy, Inc.*, 1: 891-900, Madison.
- Delgado, M.J. (1998). Suelos y Vegetación en afloramientos volcánicos neógenos de la

- zona litoral del Sureste peninsular. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. Murcia. 390 p.
- Doner, E.H. y Lynn, W.C. (1989). Carbonate, halide, sulfate and sulfide minerals. In J.B. Dixon y S.B. Weed. (ed.). *Minerals in soil environments*. 1: 279-330. Madison, Wisconsin.
- Duchaufour, Ph. (1970). *Précis de Pedologie*. In Masson y Cie (Ed.). París.
- FAO (1994). *World Reference Base for Soil Resources (Draft)*. ISSS-ISRIC-FAO. Wageningen/Roma.
- FAO-UNESCO (1988). *Soil Map Of World, Revised Legend*. World Soil Resources Report 60, FAO. Roma.
- FAO-ISRIC-ISSS (1998). World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports 84.FAO. Rome, 88 p.
- Fernández, M. T., Delgado, M. J., Faz, A. y Ortiz R. (1994). Mineralogía de algunos suelos fersialíticos del S.E de España. *Bol. Sociedad Española de Mineralogía*, 17: 209-215.
- Ingamells, C.O. (1970). Lithium metaborate flux in silicate analysis. *Analytical Chemical Acta*, 52: 323-334.
- McKeague, J.A. y Day, J. H. (1966). Ditionite and oxalate extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can. J. of Soil Sc.* 46:13-22.
- Mehra, O.P. y Jackson, M.L. (1960). Iron oxide removal from soil and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clay Mineralogy Bulletin*, 7: 317-327.
- Omang, S. H. (1969). A rapid fusion method for the decomposition and comprehensive analysis of silicates by atomic absorption spectrophotometry. *Analytical Chemical Acta*, 46: 225-230.
- Ortiz R. , Fernández, M.T. y Latorre, M. (1989). Mineralogía de suelos desarrollados a partir de anfibolitas de la Sierra de la Almenara (Murcia). *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 12: 141-150.
- Ortiz, R., Faz, A., Fernández, M.T. y Delgado, M. J. (1993). Typological characterization and genesis of red soil with an argillic horizon in semiarid mediterranean area (Spain). *2nd. International Meeting on Red Mediterranean Soils*, 1: 97-99. (Turquía).
- Ortiz, R, Fernández, M. T. y Delgado, M. J. (1997). Mineralogía de suelos desarrollados sobre riolitas en el Sureste español (Mazarrón, Murcia). *Boletín de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo*, 2: 241-251.
- Peech. (1965). *Hydrogen-ion activity. Methods of Soil Analysis*. In C.A. Black (Ed.) Ammer. Soc. Agronomy, Inc., 2: 914-916. Madison, Wisconsin.
- Soil Sourvey Staff (1996). *Key to Soil Taxonomy*, 7th edition. SMSS technical monograph Pocahontas Press, Inc. Blacksburg.
- USDA, (1998). *Keys to Soil Taxonomy*. Eighth edition. U.S. Governamnet Printing Office.Washington, D.C. 326 p