

ALTERACIÓN MINERALÓGICA DE SUELOS DESARROLLADOS SOBRE OFITAS

C. GONZÁLEZ HUECAS, I. VALVERDE ASENJO Y A. LÓPEZ LAFUENTE

Dpto. Edafología. Facultad de Farmacia. UCM

Abstract: The weathering of ophite was investigated by studying three soil profiles developed on Triassic materials at Poza de la Sal, Burgos. The mean annual temperature of the area is 11,5° C and the precipitation 650 mm. Chemical and mineralogical analyses were performed on rock, soil and clay fraction. Results indicated that sodium and potassium are lower contents. The 1,4 nm phyllosilicate minerals are either inherited from parent material or neoformed. They range from chlorites to vermiculites with all other intergrade minerals. Piroxenes are present in soil fine earth fractions with lower contents and higher contents of plagioclase feldspars, vermiculite and chlorite than the rock samples. The presence of quartz over all profiles in small amounts suggested that some eolian additions of the cretaceous materials.

Key word: Ophite, soils, chemical and mineralogical composition.

Resumen: Se ha estudiado la alteración de ofitas en tres perfiles desarrollados sobre materiales triásicos en Poza de la Sal, Burgos. La temperatura media anual de la zona es de 11,5° C y la precipitación de 650 mm. Se han realizado análisis mineralógicos y químicos en rocas, suelos y fracción arcilla. Los resultados muestran las bajas proporciones en sodio y potasio. Los filosilicatos de 1,4 nm en la fracción arcilla son heredados del material original o neoformados y corresponden a vermiculitas, cloritas e intergradados. En la fracción tierra fina, los piroxenos están en menor proporción que en la roca, incrementando la proporción de plagioclasas, vermiculitas y cloritas. La presencia de cuarzo en todos los perfiles, en pequeñas proporciones, se debe a contaminación eólica de los materiales cretácicos cercanos.

Palabras clave: Ofita, suelos, composición química y mineralógica

INTRODUCCIÓN

La alteración de materiales volcánicos, tipo basalto, ha sido estudiada en diferentes climas, desde regiones frías hasta regiones tropicales y subtropicales. El resultado de estos estudios en ambiente ártico indica la presencia de olivino y augita escasamente alterados, con un relativo incremento de plagioclasas cuando disminuye el

tamaño de partícula hacia limos finos. La fracción arcilla contiene entre un 22% y un 27% de alofán y como filosilicato mayoritario vermiculitas dioctaédricas (Evans y Chesworth, 1985). Los estudios de alteración de basaltos en ambiente antártico, muestran que en la fracción arcilla predominan los minerales amorfos, aunque no se detectó alofán (Campbell y Claridge, 1968). En algunos suelos de tundra rusos, como producto

de alteración de basaltos aparecen esmectitas trioctaédricas y cloritas (Solokov y Gradusov, 1979).

En ambientes tropicales y subtropicales dicha alteración conduce a la formación de esmectitas y caolinitas como filosilicatos predominantes en la fracción arcilla de los suelos, siendo menor la presencia de haloisita, vermiculita e interstratificados de montmorillonita-vermiculita-ilita (Bain y Russell, 1980). Los aluminosilicatos amorfos, igual que el alofán, son frecuentes en la composición de la fracción arcilla de la alteración de basaltos (Siefferman y Millot, 1969).

Presentamos en este trabajo los resultados de la alteración de materiales subvolcánicos en clima mediterráneo, a partir del estudio químico y mineralógico de ofitas y de los suelos desarrollados sobre las mismas, en Poza de la Sal al Norte de la provincia de Burgos.

MATERIAL Y MÉTODOS

1.- Descripción del área de estudio.

Las rocas analizadas son de carácter subvolcánico formadas por piroxenos y plagioclasas de composición basáltica y textura ofítica. Aparecen como integrantes de un afloramiento del Keuper correspondientes a la formación diapírica de Poza de la Sal al NO de la provincia de Burgos. Se trata de una estructura casi circular que constituye la típica chimenea salina que se levanta hasta la vertical de los materiales mesozoicos de su entorno, presentando en su interior gran cantidad de bloques flotantes y trastocados (IGME, 1980).

El clima es marcadamente mediterráneo, con una precipitación media anual en torno a los 650 mm y una temperatura media anual de 11,5°C (Estaciones Meteorológicas de Oña y Retuerta). Según estos datos el tipo climático es Mediterráneo templado, el régimen de humedad Mediterráneo húmedo y el régimen térmico Templado cálido.

Desde el punto de vista bioclimático la

zona se encuadra en el piso Supramediterráneo inferior, bajo un ombroclima seco a subhúmedo donde se distinguen dos series de vegetación: Serie supra-mediterránea castellano-cantábrica y riojano-estellesa basófila del quejigo (*Quercus faginea*). *Daphno latifoliae-Acereto granatensis sigmetum* y serie supra-mediterránea castellano-cantábrica y riojano-estellesa basófila de la encina (*Quercus rotundifolia*). *Spiraeo hispanicae-Querceto rotundifoliae sigmetum* (Rivas Martínez, 1987). En la zona elegida únicamente aparecen sus etapas de degradación, correspondientes a matorrales densos y matorrales degradados, que presentan como componentes mayoritarios ericáceas y cistáceas.

Debido a la gran actividad minera desarrollada en el siglo XIX en la zona de estudio, el relieve se encuentra en la actualidad fuertemente alterado predominando terrazas artificiales construídas para la explotación de la sal y materiales canterables, fundamentalmente yeso. Esta situación ha condicionado la existencia de suelos fuertemente antropizados, limitándose a escasas áreas la presencia de perfiles inalterados que se localizan fundamentalmente en la base del diapiro. Son suelos AC, muy pedregosos, con escaso desarrollo evolutivo, situados a altitudes próximas a 900 m, de textura franco-arenosa a arenosa. Presentan horizontes superficiales con alto contenido en materia orgánica que oscila entre 6 y 7,6%, con valores de pH entre 6,5 - 8 y bajas conductividades (Tabla 1).

Estos suelos han sido clasificados como Leptosoles mólicos según la sistemática FAO 1990 (González et al., 1995).

2.- Métodos analíticos

Las determinaciones analíticas generales se hicieron según los criterios propuestos por ISRIC (1993). Los contenidos en óxidos totales se realizaron mediante ataque nítrico-fluorhídrico bajo presión según SISS (1985). La determinación de amorfos de Fe, Al y Si extraíbles con solución complejante ácida de oxalato amónico, según ISRIC (1993). La composición meneralógica de rocas, tierra fina y

Tabla 1. Características generales de los suelos estudiados

Hoz.	Prf. (cm)	pH H ₂ O	Cond. dS/m	% AG	% AF	% L	% A	Text.	% MO
P-I									
Ah	0-20	6,71	0,07	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6,26
AC	20-50	7,36	0,05	52,44	27,13	7,78	12,65	Fr-Ar	0,48
C	>50	7,48	0,09	51,74	26,29	12,27	9,70	Ar-Fr	0,17
P-II									
Ah	0-40	6,56	0,08	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	5,98
AB	40-80	7,61	0,04	43,42	32,10	9,70	14,78	Fr-Ar	2,27
C	>80	8,01	0,03	56,05	32,51	6,98	4,46	Ar	0,52
P-III									
Ah	0-10	6,60	0,11	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	7,65
AC	10-40	6,93	0,09	49,25	24,95	11,34	14,46	Fr-Ar	5,05

N.D.: No determinado

arcilla fue determinada por difracción de RX en un difractómetro Philips X'PERT-MPD, con ánodo de Cu, en polvo desorientado y en agregados orientados, calcinados a 550°C y solvatados en etilenglicol, siguiendo las recomendaciones de Brindley y Brown (1980) y Nemezc (1981). Las láminas delgadas de las rocas han sido examinadas a través de microscopio petrográfico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.-Mineralogía de rocas

La mineralogía del material original fue investigada por técnicas petrológicas y por difracción de rayos X. Se han analizado ocho muestras de roca incluidas a lo largo del perfil y con distinto grado de alteración.

Realizadas las láminas delgadas se ha observado que la gran masa de roca está formada por delgadas láminas de plagioclasas con inclusiones de olivino a menudo alterado hacia clorita y fenocristales de piroxenos. Estas observaciones coinciden con las descritas por Mangin y

Feysot (1972) en ofitas estudiadas en el Norte de España.

Los exámenes de difracción de rayos X confirman la presencia de feldespatos calcosódicos, olivino y piroxenos, con proporciones muy elevadas de los primeros como marcan la intensidad de las reflexiones observadas a 0,32 y 0,31 nm. La biotita con alto grado de cristalinidad es el filosilicato más abundante, apareciendo en bajas proporciones vermiculitas y trazas de cloritas. La presencia de estas vermiculitas en la roca se debe a la alteración de la biotita. Roy y Romo (1957) y Bassett (1963) ya pusieron de manifiesto la existencia de vermiculitas trioctaédricas en rocas a partir de la alteración supergénica de biotitas o flogopitas.

Las rocas encontradas en los horizontes más profundos de los suelos estudiados, presentan una mayor alteración de la biotita, puesta de manifiesto por: la disminución en la intensidad de las reflexiones (001), pérdida de su simetría e incremento del efecto a 1,14 nm de la vermiculita.

Se observa, así mismo, la presencia de un efecto a 0,93 nm que corresponde al talco, lo

que se podría explicar por encontrarnos en un ambiente que se formó por deposición del Keuper arcilloso evaporítico, la deposición fue simultánea con una efusión de materiales volcánicos de magmatismo básico (ofitas) (IGME,1980). Esta observación es similar a la aportada por Elderfield (1977), atribuyendo al talco un origen a partir de mezclas de agua marinas con basalto.

2.- Mineralogía de suelos.

El examen por difracción de rayos X en polvo desorientado de la tierra fina, indica en todos los casos, mayores contenidos en vermiculita y clorita, en menor proporción biotita, talco, plagioclasas y piroxenos que en el material original.

Los filosilicatos aparecen con reflexiones nítidas y simétricas que muestran un alto grado de cristalinidad. Del grupo de los feldespatos calcosódicos predominan: albita, con diferentes grados de alteración; como término intermedio de la serie aparece andesina, con menor cristalinidad y presencia de anortita con mayor grado de ordenación. En el grupo de los piroxenos son la augita y diópsido los minerales predominantes.

Es de destacar la presencia de cuarzo en todos los suelos, aunque en proporciones no muy elevadas. Su presencia se debe a contaminaciones eólicas procedentes de materiales del Cretácico (Calizas dolomíticas) que circundan, en cotas superiores, la formación diapírica.

3.- Mineralogía de arcillas.

La fracción arcilla de los suelos se obtuvo por sedimentación controlada, previa dispersión con NH_4OH . Dada la escasez de material amorfo no se realizó el tratamiento previo de esta fracción con ditionito-citrato-bicarbonato. Del estudio de los difractogramas se desprende la gran alteración que presentan todos los minerales, siendo los más representativos, biotita y minerales de 1,4 nm formados por intergrados clorita-vermiculita junto a trazas de esmectitas. La presencia de estos minerales se ha puesto de

manifiesto por la existencia de una meseta de difracción 1,2-1,4 nm acompañada de fuertes reflexiones a 0,99 nm y otras más débiles a 0,71 nm en agregados orientados. Al someter las muestras a tratamiento térmico (550 °C) la meseta 1,2-1,4 nm disminuye su intensidad remarcando el efecto a 1,4 nm, lo que indicaría la presencia de clorita y vermiculita. El hinchamiento que se produce cuando tratamos las muestras con etilén-glicol pone de manifiesto la existencia de interestratificados clorita-vermiculita-esmectita, característicos en suelos desarrollados a partir de arenas volcánicas (Besoain, E.,1985), bajo condiciones de clima templado húmedo (Aomine, 1969)

No se detectó la existencia de otros filosilicatos como la caolinita ni tampoco plagioclasas, piroxenos y olivino presentes en el material original.

4.- Composición química de rocas y suelo.

4.1. Rocas

Del análisis realizado en once fragmentos de rocas incluidas en los distintos horizontes de tres perfiles (Tabla 2), se desprende por un lado, la uniformidad de su composición química y por otro, su naturaleza basáltica, dada esta última, por las proporciones en los distintos óxidos determinados.

Se trata de rocas básicas, no alcalinas, con porcentajes de SiO_2 entorno al 50%, y donde el Al_2O_3 representa 1/3 del total de los otros óxidos. Desde el punto de vista geoquímico es de destacar la abundancia en CaO y la escasez en óxidos de sodio y potasio. Moreno e Íñiguez (1981) estudiando ofitas en el Norte de Navarra ya pusieron de manifiesto este mismo hecho.

4.2. Suelo

Se presenta la composición química realizada en horizontes subsuperficiales de los tres perfiles seleccionados. Se puede apreciar la escasa alteración de los materiales primarios ya que su naturaleza química es esencialmente igual a la del material de partida. Presentan

respecto a la roca un relativo incremento en sílice y potasio, decrecen los óxidos de aluminio y hay una ligera disminución en las proporciones de hierro, sodio y alcalinotérreos.

Los valores de pérdida por calcinación son mas elevados en los suelos, debido a la presencia de compuestos orgánicos (Tabla 3); este incremento es mayor cuanto mas elevado son los porcentajes en materia orgánica (Tabla 1).

Los contenidos en hierro y aluminio amorfos son muy bajos, presentan todos ellos porcentajes por debajo de la unidad, lo que apoya la escasa alteración de los materiales encontrados (Tabla 4).

Del estudio de estos datos se desprende la similitud en la composición química de rocas y suelos (Tablas 2 y 3). Las fluctuaciones en su composición, derivadas no solamente de la disminución de tamaño, determinan la dinámica de estos materiales; la semejanza en los porcentajes de hierro y magnesio en suelos y rocas indican la existencia en los primeros de minerales ferromagnesianos - biotita, clorita y vermiculita - heredados del material original, lo que marca la poca intensidad en los procesos de alteración. Sin embargo, las condiciones ambientales en las que se han desarrollado los suelos, clima templado y buen drenaje, han favorecido la alteración

Tabla 2. Composición química media de rocas en %

Suelo	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	ppc
P-I	51,06	11,82	10,20	13,46	4,09	1,28	0,91	0,19	5,67
P-II	57,73	6,51	9,65	10,95	5,27	1,02	0,84	0,19	7,93
P-III	54,39	11,64	8,60	8,77	4,42	1,18	0,72	0,20	9,96

Tabla 3. Composición química de horizontes subsuperficiales en %

Rocas	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	ppc
P-I	48,01	15,84	10,27	15,29	5,33	0,64	1,44	0,19	2,96
P-II	49,78	15,39	10,19	13,96	5,37	0,73	1,48	0,20	2,33
P-III	50,41	15,48	9,83	14,88	5,16	0,49	1,65	0,19	2,16

Tabla 4 Amorfos de horizontes subsuperficiales

Suelo	% Al ₂ O ₃ activo	% Fe ₂ O ₃ activo
P-I	0,32	0,65
P-II	0,21	0,50
P-III	0,43	0,52

de la biotita primaria hacia diversos filosilicatos (Matsui, 1969), particularmente vermiculita, clorita, esmectitas y sus interstratificados, como pone de manifiesto el incremento experimentado en los contenidos de óxido de potasio y la disminución de óxidos de calcio y aluminio. Esta misma transformación es explicada por Besoain, (1985), a partir de la alteración de los piroxenos: minerales que encontramos igualmente en el material original, que disminuyen notablemente en la fracción tierra fina y desaparecen en la fracción arcilla.

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista geoquímico el material original estudiado corresponde a rocas básicas, no alcalinas, de textura ofítica, en las que destaca la escasez de óxidos de sodio y potasio.

Mineralógicamente están constituidas fundamentalmente por feldespatos calcosódicos y biotitas, en menor proporción piroxenos, olivino, vermiculitas y cloritas.

La alteración de las ofitas, origina una composición mineralógica de la fracción arcilla caracterizada por la presencia de filosilicatos a 1,4 nm, que comprende desde cloritas y vermiculitas hasta intergradados clorita-esmectita-vermiculita. Es de destacar la ausencia de caolinita y minerales a 1,0 nm, debida a las bajas proporciones de sodio y potasio.

El cuarzo solo se detectó en pequeñas cantidades en la fracción tierra fina, debiendo su origen a contaminaciones eólicas de los materiales cretácicos que circundan el diapiro.

REFERENCIAS

- Aomine, Sh. & Miyaushi, N. (1969): Soil clay minerals, including allophane and imogolite. In: The clays of Japan. Ed. S. Iwao. Tokyo.
- Bain, D. C. & Russell, J.D. (1980): Swelling minerals in a basalt and its weathered products from Morvern, Scotland. I. Interstratified montmorillonite-vermiculite-illite. *Clay Minerals*, **15**, 445.
- Besoain, E. (1985): Mineralogía de arcillas de suelos. IICA (Ed) San José, Costa Rica, 1.025.
- Brindley, G.W. & Brown, G. (1980): Crystal structures of clay minerals and their R-ray identification. G.W. and Brown (Eds). Mineralogical Society. London, 495.
- Campbell, I.B. & Claridge, G.G.C. (1968): Soils in the vicinity of Edisto Inlet, Victoria Land, Antarctica. *New Zealand J. Science*, **11**, 498
- Elderfield, H. (1977): Authigenic silicate minerals and the magnesium budget in the oceans. *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. A* **286**, 273-281.
- Evans, L.J. & Chesworth, W. (1985): The weathering of basalt in an arctic environment. In: Volcanic soils. E. Fernández Caldas & dan H. Yaalon (Eds). *Catena Supplement* **7**, Braunschweig, 77-85.
- FAO-UNESCO (1991): Mapa mundial de suelos. Leyenda revisada. FAO, Roma
- González, C., Moreno, L., Del Castillo, B. & Lafuente, A. (1995): Suelos desarrollados sobre ofitas. Poza de la Sal (Burgos). in «Degradación y conservación de suelos». Dpt. Edafología. F. Farmacia. UCM (Eds), 142-148
- IGME (1980): Mapa Geológico de España. E. 1:50.000. Hoja N° 136, Oña. 1ª Ed. IGME, Madrid.
- ISRIC (1993): Procedures for soil analysis. Fourth edition, Wageningen, The Netherlands.
- Mangin, Ph. & Feysot, Cl. (1972): Etude Petrologique de quelques ophites de la cote septentrional Espagnole. *Annales scientifiques de l'université de Besançon (Geologie)*, t.3, vol. **17**, 39-45.
- Matsui, T. (1969): Two-cycle concept of soil clay genesis and its application to the study of the polygenetic red soils in Japan. *Proc. Intern. Clay Conf.* I:533-540. Tokyo.
- Moreno Ilundain, A.M. y Íñiguez Herrero, J.

- (1981): Tipología de los minerales de la arcilla en suelos formados sobre ofitas. *Anal. Edaf.* **T.XL**. 5-6 879-888
- Nemecz, E. (1981): Clay minerals. Akadémiai (Ed). Kisdó, Budapest, 547.
- Rivas Martínez, S. (1987): Memoria del mapa de vegetación potencial de España. ICONA, Madrid.
- Siefferman, G. & Millot, G. (1969): Equatorial and tropical weathering of recent basalts from Cameroon: allophanes, halloysite, meta-halloysite, kaolinite and gibbsite. International Clay Conference, Tokyo, 417.
- SISS (1985): Metodi normalizzati di analisi del suolo. Edagricole. Bologna.
- Solokov, I.A. & Gradusov, B.P. (1979): Soil formation and weathering on basic rocks in a cold humid climate. *Soviet Soil Science*, **10**, 11.