

DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGIA

Dir. Prof. Dr. D. MIGUEL DELGADO RODRÍGUEZ

RELACION ENTRE LAS COMPOSICIONES QUIMICA
Y MINERALOGICA EN LOS SUELOS DE LA DEHESA
DEL CAMARATE (SIERRA NEVADA)

J. FERNÁNDEZ, J. PÁRRAGA, J. AGUILAR

RESUMEN

En este estudio aplicamos a los suelos desarrollados sobre rocas metamórficas en la Dehesa del Camarate, un programa de cálculo que parte del análisis elemental, para la obtención de la mineralogía de los suelos, la cual, a su vez, ha sido estudiada por métodos ópticos y de rayos X.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran unas grandes posibilidades a la programación del análisis elemental de los suelos.

SUMMARY

In this study, we have applied to the soil developed on metamorphic rocks located at the «Dehesa del Camarate» Grenade (Spain), a calculation program which is based at the chemical analysis to obtain the mineralogy of the soils, which have also been studied by optical methods and X-ray methods.

The obtained results in this study, show great possibilities to the programming of the elemental analysis of the soils.

En un trabajo anterior (Fernández y col., 1981) expusimos que la aplicación de los parámetros de Niggli al estudio de la mineralogía existente en los suelos, a partir del análisis elemental del suelo, era factible aplicando una normativa que se basa en la llamada facies de la goetita (Van der Plas, 1970) caracterizada por un predominio de óxidos, hidróxidos y silicatos laminares en los suelos.

En dicho estudio aplicamos esta normativa a los suelos halomorfos de la provincia de Granada, encontrando una correlación bastante exacta entre los minerales obtenidos por vía experimental y los que se obtienen por programación de dicha normativa.

Animados por esta correlación, nos propusimos ensayar esta programación a suelos completamente distintos, tanto en su evolución, como litología y climatología; para ello elegimos 14 suelos desarrollados sobre rocas metamórficas, concretamente micaesquistos, localizados en la dehesa del Camarate (Párraga y col., 1981). En el estudio de dichos suelos se ha comprobado una secuencia evolutiva del siguiente tipo: Ranker → Cambisol húmico → Phaeozem → Acrisol, y además el perfil núm. 13 corresponde a un Histosol.

El análisis químico elemental (tabla I) nos presenta como elementos mayoritarios a SiO_2 y Al_2O_3 , que aumenta generalmente con la profundidad, y en cantidades medias Fe_2O_3 , en cambio los elementos alcalinos y alcalino-térreos se encuentran en pequeña proporción. Llama bastante la atención de que las cantidades de CaO y MgO sean inferiores a las de potasio y sodio, y más si las comparamos con el contenido de los mismos en el complejo de cambio, esta disparidad creemos que es debida a un reciclaje de estos elementos de la vegetación al suelo y viceversa.

Estos datos son convertidos en miliequivalentes, tal y como comentábamos en el trabajo anterior ya citado, y nos dan como resultado la tabla II.

Aplicando el mismo programa de cálculo, comentado con ocasión del estudio de los suelos halomorfos, a los suelos de la dehesa del Camarate, nos aparece una secuencia mineralógica totalmente distinta, como era de esperar y que reproducimos en la tabla III.

En todas las muestras se nos presenta la misma mineralogía, con la única variación de sus cantidades relativas. Como mineral minoritario aparece, en todos los casos, el rutilo, que si bien no ha sido detectado por los métodos convencionales de análisis mineral (Párraga y col., 1981) su presencia está justificada por la naturaleza de la roca original y la estabilidad del mineral que hace que tienda a concentrarse en el suelo. Por otra parte, en el estudio llevado a cabo sobre materiales similares para la Guía de Campo de la IX Reunión Nacional de Edafólogos Españoles, celebrada en

TABLA I

<i>Perfil</i>	<i>Horizonte</i>	<i>CO₂</i>	<i>H₂O</i>	<i>Cl</i>	<i>F</i>	<i>SO₄</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>SiO₂</i>	<i>K₂O</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>Na₂O</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>TiO₂</i>
1	A11	—	6,67	—	—	—	—	63,6	1,38	17,2	0,75	0,70	0,58	5,54	0,77
	A12	—	5,87	—	—	—	—	65,1	1,62	15,6	1,09	0,81	0,79	5,54	0,84
2	A11	—	5,04	—	—	—	—	62,4	1,59	18,4	1,09	0,81	0,75	6,87	0,93
	A12	—	2,68	—	—	—	—	65,2	1,71	16,7	1,39	0,80	0,50	7,18	0,91
3	A11	—	11,30	—	—	—	—	57,5	1,53	14,5	1,95	0,73	0,58	5,35	0,84
	A12	—	6,80	—	—	—	—	61,1	1,63	18,5	0,92	0,85	0,50	5,71	0,86
	B2	—	3,02	—	—	—	—	65,8	1,15	19,1	0,67	0,85	0,33	6,78	1,02
	B3	—	4,57	—	—	—	—	65,1	1,02	20,5	1,29	0,87	0,21	5,26	0,77
4	A1	—	12,60	—	—	—	—	54,2	1,05	17,5	1,02	0,75	0,75	5,53	0,77
	AC	—	11,40	—	—	—	—	56,0	1,22	19,7	1,33	0,66	0,73	6,12	0,87
5	A11	—	6,27	—	—	—	—	59,0	1,62	20,2	1,25	0,81	0,62	6,43	0,81
	A12	—	4,24	—	—	—	—	60,5	1,71	21,0	1,25	0,78	0,52	6,96	0,83
	AC	—	3,24	—	—	—	—	60,2	1,89	22,1	1,81	0,82	0,52	7,32	0,92
	C	—	3,28	—	—	—	—	62,9	1,59	22,3	0,87	0,80	0,71	5,71	0,84
6	A11	—	7,10	—	—	—	—	60,1	1,84	16,5	1,16	1,01	0,69	6,60	1,08
	A12	—	2,28	—	—	—	—	63,4	1,94	19,7	0,73	1,00	0,92	6,75	1,17
	C1	—	2,80	—	—	—	—	59,1	2,60	23,1	0,75	0,96	0,48	8,69	1,28
	C2	—	3,38	—	—	—	—	54,6	3,02	24,1	0,62	1,26	0,33	10,80	1,33
7	A11	—	5,18	—	—	—	—	61,0	0,73	21,1	0,31	0,71	0,58	6,78	0,87
	A12	—	2,50	—	—	—	—	54,7	2,62	26,1	0,97	0,72	0,71	8,38	0,94
8	A11	—	7,05	—	—	—	—	56,5	1,41	21,8	0,99	0,81	0,75	5,53	0,85
	A12	—	5,08	—	—	—	—	61,4	1,11	20,4	1,01	0,73	0,74	5,82	0,89
	A3	—	4,98	—	—	—	—	61,1	1,47	20,9	1,77	0,73	1,18	6,07	0,84
	B2gt	—	2,86	—	—	—	—	64,5	1,16	21,3	0,68	0,75	0,66	6,30	0,85
	C	—	3,47	—	—	—	—	59,0	1,64	25,2	1,01	0,60	0,88	6,69	0,90

TABLA I (Continuación)

<i>Perfil</i>	<i>Horizonte</i>	CO_2	H_2O	<i>Cl</i>	<i>F</i>	SO_4	P_2O_5	SiO_2	K_2O	Al_2O_3	Na_2O	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	Fe_2O_3	TiO_2
9	A11	—	7,43	—	—	—	—	58,0	1,51	17,2	1,26	0,71	1,08	7,93	0,70
	A12	—	5,07	—	—	—	—	57,4	1,62	20,6	1,29	0,80	0,92	7,21	0,75
	A13	—	4,63	—	—	—	—	59,7	1,54	21,0	1,26	0,83	0,67	7,14	0,98
10	A11	—	9,04	—	—	—	—	58,4	1,14	17,3	1,22	0,70	0,96	6,25	0,65
	A12	—	2,65	—	—	—	—	61,6	1,56	21,4	1,43	0,78	0,62	6,60	0,68
	B2	—	4,25	—	—	—	—	60,9	1,35	21,4	1,16	0,86	1,19	8,00	0,87
11	A11	—	9,63	—	—	—	—	55,2	1,53	19,8	0,84	0,84	0,96	5,71	0,82
	A12	—	5,29	—	—	—	—	59,1	1,77	20,2	1,17	0,73	0,96	6,85	0,87
	AB	—	4,25	—	—	—	—	59,3	1,79	21,5	1,39	0,91	0,86	6,26	0,78
	B21	—	4,79	—	—	—	—	55,0	1,92	24,0	1,64	1,10	0,88	8,73	0,95
	B22irt	—	6,75	—	—	—	—	52,2	1,72	23,1	0,99	1,57	0,83	10,96	1,57
12	A1	—	4,11	—	—	—	—	56,1	1,08	12,1	1,09	0,80	0,84	7,14	0,81
	AC	—	5,25	—	—	—	—	60,6	1,32	14,3	1,26	0,85	1,04	6,60	0,67
	C	—	4,68	—	—	—	—	66,0	1,51	14,3	2,69	1,10	0,97	7,82	1,14
13	O1	—	4,73	—	—	—	—	40,0	1,39	8,76	1,56	0,63	1,02	8,21	1,01
	O2	—	6,12	—	—	—	—	45,9	0,79	15,5	1,61	0,90	0,92	1,96	0,95
	G	—	3,45	—	—	—	—	63,6	0,91	20,41	1,85	1,20	0,98	1,96	1,26
14	A11	—	4,93	—	—	—	—	61,9	1,11	17,6	1,14	0,84	0,81	5,35	0,84
	A12	—	2,22	—	—	—	—	60,2	1,17	17,0	1,21	0,70	0,84	6,43	0,87
	A13	—	5,14	—	—	—	—	59,4	1,63	17,3	1,51	0,63	0,92	3,39	0,63

T A B L A I I

<i>Perfil</i>	<i>Horizonte</i>	<i>H₂O</i>	<i>SiO₂</i>	<i>K₂O</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>Na₂O</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>TiO₂</i>
1	A11	354	1060	29,3	337,2	24,2	12,8	14,5	69,4	9,6
	A12	326,1	1085	34,4	305,8	35,2	15,9	19,8	69,4	10,5
2	A11	241,1	1040							
	A12	148,9	1087	36,3	327,4	44,8	14,8	12,5	90,0	11,1
3	A11	627,8	958,3	32,5	284,3	62,9	13,0	14,5	67,1	10,5
	A12	366,7	1018	34,6	362,7	29,7	14,8	12,5	71,5	10,8
	B2	167,8	1096	24,4	374,5	21,6	9,6	8,3	85	12,8
	B3	253,9	1085	21,6	401,9	41,6	8,4	5,3	65,9	9,6
4	A1	700	903,3	22,3	343,2	32,9	13,4	18,7	69,3	9,6
	AC	633,3	933,3	25,9	386,3	42,9	11,9	18,2	76,7	10,9
5	A11	348,3	983,3	34,4	396,1	40,3	14,5	15,5	80,6	10,2
	A12	235,5	1008	36,3	411,7	40,3	13,9	13,0	87,2	10,4
	AC	180	1003	40,1	433,3	58,4	14,6	13,0	91,7	11,5
	C	182,2	1048	34,7	437,2	28,1	14,4	17,8	71,5	10,5
6	A11	411,1	1001	39,1	323,5	37,4	18,0	17,0	82,7	13,5
	A12	126,7	1056	41,2	386,2	20,3	17,9	23,0	84,6	14,6
	C1	155,6	968,9	55,2	452,9	24,2	17,1	12,0	108,9	16,0
	C2	187,8	910	64,1	472,5	20,0	22,5	8,3	135,3	16,7
7	A11	287,8	1016	15,5	413,7	10,0	12,7	14,5	85,0	9,8
	A12	138,9	912	55,6	492,1	31,3	12,8	17,8	105	11,8
8	A11	391,6	942	29,9	427,4	31,9	14,5	18,8	69,3	10,6
	A12	282,2	1023	23,6	400	33,6	13,0	18,5	72,9	11,0
	A3	276,7	1018	31,2	409,8	37,7	13,0	19,5	76,1	11,0
	B2gt	158,9	1091	24,6	417,6	21,9	13,4	16,5	66,4	10,6
9	C	192,8	966	38,4	474,5	32,6	14,3	22,0	83,8	11,3
	A11	412,8	966	32,1	337,2	40,6	12,7	27,0	100,5	8,8
	A12	281,7	963	34,4	403,9	41,6	12,5	23,0	91,4	9,4
	A13	258,2	995	32,7	411,7	40,6	14,6	16,8	90,5	11,6
10	A11	502,2	973	24,2	339,2	39,4	12,5	24,0	79,2	8,1
	A12	147,2	1026	33,1	419,6	46,1	13,9	15,5	83,6	8,5
	B2	236,1	1015	28,7	421,6	37,4	15,4	29,8	101,4	10,9

TABLA II (Continuación)

<i>Perfil</i>	<i>Horizonte</i>	H_2O	SiO_2	K_2O	Al_2O_3	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	TiO_2
11	A11	535,0	920	32,5	388,2	27,1	15,0	24,0	71,5	10,3
	A12	293,9	985	37,6	396,1	37,7	12,8	24,0	85,8	10,9
	AB	236,1	988	38,0	421,6	44,8	16,3	21,5	78,4	9,8
	B21	266,1	916,7	40,8	470,6	52,9	19,6	22,0	109,4	11,9
	B22irt	375,0	870	36,5	452,9	31,9	28,0	20,8	137,3	19,6
12	A1	228,3	935	22,9	237,2	35,2	14,3	21,0	89,5	10,1
	AC	291,7	1010	28,0	280,4	40,6	15,2	26,0	82,7	8,4
13	O1	262,8	667	29,5	170,6	50,3	11,3	23,0	42,5	7,9
	O2	340	765	16,8	303,9	51,9	16,1	23,0	24,6	11,9
	G	191,7	1060	19,3	400,0	59,7	21,4	24,5	24,6	15,8
14	A11	273,9	1031	23,6	345,1	36,8	15,0	20,3	67,0	10,5
	A12	123,3	1003	24,8	333,3	39,0	12,5	21,0	80,6	10,9
	A13	285,6	990	34,6	339,2	48,7	11,3	25,5	102,9	12,6

TABLA III

<i>Perfil</i>	<i>Horizonte</i>	<i>Ab</i>	<i>Caol.</i>	<i>Go</i>	<i>Ru</i>	<i>Q</i>	<i>Ms</i>	<i>An</i>	<i>Clor.</i>
1	A11	7,77	32,41	5,55	0,62	34,50	13,17	4,11	1,86
	A12	11,17	16,20	4,40	0,67	44,73	15,28	5,04	2,51
2	A11	11,00	23,55	5,38	0,73	37,84	14,75	4,53	2,23
	A12	13,79	17,13	5,54	0,68	41,10	15,65	4,56	1,54
3	A11	21,79	12,76	4,65	0,73	37,79	15,76	4,50	2,01
	A12	9,55	25,03	4,60	0,69	38,17	15,58	4,76	1,61
	AC	6,62	31,76	5,21	0,78	41,33	10,46	2,94	1,02
	C	12,69	33,75	4,02	0,59	36,53	9,22	2,56	0,65
4	A1	11,64	29,60	4,91	0,59	34,73	11,05	4,74	2,65
	AC	14,24	31,15	5,09	0,72	30,38	12,04	3,95	2,42
5	A11	12,79	27,61	5,12	0,65	31,97	15,29	4,60	1,97
	A12	12,43	28,45	5,32	0,64	31,66	15,68	4,13	1,60
	AC	17,53	26,44	5,51	0,69	27,04	16,85	4,38	1,56
	C	8,45	32,41	4,30	0,63	33,15	14,61	4,30	2,14

T A B L A I I I (Continuación)

<i>Perfil</i>	<i>Horizonte</i>	<i>Ab</i>	<i>Caol.</i>	<i>Go</i>	<i>Ru</i>	<i>Q</i>	<i>Ms</i>	<i>An</i>	<i>Clor.</i>
6	A11	12,20	16,45	5,40	0,88	39,11	17,86	5,87	2,22
	A12	6,17	26,25	5,15	0,89	35,75	17,55	5,44	2,80
	C1	7,31	27,08	6,58	0,97	28,11	23,34	5,17	1,45
	C2	6,06	25,69	8,20	1,01	24,00	27,20	6,82	1,00
7	A11	3,17	41,34	5,39	0,62	36,74	6,88	4,03	1,84
	A12	9,55	41,02	6,41	0,72	12,47	23,75	3,91	2,17
8	A11	10,31	34,88	4,49	0,69	28,95	13,55	4,69	2,43
	A12	10,22	33,01	4,57	0,69	34,75	10,36	4,08	2,39
	A3	11,59	29,60	4,68	0,68	32,40	13,43	4,00	3,63
	B2gt	6,59	34,48	4,00	0,64	37,80	10,36	4,03	1,86
	C	9,94	36,61	5,11	0,69	25,73	14,86	4,36	2,68
9	A11	13,31	21,52	6,59	0,58	35,56	14,74	4,16	3,54
	A12	13,23	28,61	5,81	0,60	29,53	15,32	3,97	2,93
	A13	12,58	29,39	5,61	0,72	30,84	14,19	4,52	2,08
10	A11	13,14	25,69	5,28	0,54	36,70	11,30	4,17	3,20
	A12	14,00	29,19	5,08	0,52	31,04	14,07	4,22	1,88
	B2	11,26	30,76	6,11	0,66	30,87	12,10	4,64	3,59
11	A11	9,10	30,10	4,80	0,69	31,75	15,28	5,04	3,22
	A12	11,86	26,47	5,40	0,69	32,00	16,55	4,03	3,02
	AB	13,84	27,38	4,84	0,61	29,29	16,44	5,04	2,66
	B21	16,09	30,08	6,65	0,72	20,43	17,37	5,96	2,68
	B22irt	9,99	30,96	8,60	1,23	21,78	16,00	8,77	2,60
12	A1	12,89	14,11	6,56	0,74	45,57	11,74	5,24	3,07
	AC	13,61	15,42	5,55	0,56	43,12	13,14	5,10	3,48
	C	24,47	8,83	5,82	0,75	40,84	11,42	5,11	2,77
13	O1	25,10	—	4,24	0,79	39,04	20,61	5,64	4,59
	O2	21,39	26,41	2,03	0,98	29,07	6,69	6,64	3,79
	G	16,28	29,26	1,52	0,98	33,97	8,35	6,61	3,03
14	A11	11,88	25,74	4,32	0,68	39,26	10,66	4,84	2,60
	A12	12,79	24,45	5,28	0,71	38,52	11,38	4,10	2,75
	A13	11,69	26,24	3,33	0,50	40,40	12,16	3,52	2,17

Granada, aparece el rutilo en la mayoría de los suelos de Sierra Nevada como mineral minoritario.

Las plagioclasas tampoco han sido detectadas en el estudio efectuado por métodos experimentales, en el estudio programado aparecen como albita y anortita, ambas deben considerarse como elementos primarios, que por alteración van a dar lugar a filosilicatos; la plagioclasa sódica, común en rocas metamórficas como esquistos y gneis, puede alterarse hacia mica de tipo paragonita, la cual está en cantidad cuantificable en la fracción arcilla de estos suelos y ha sido puesta de manifiesto en el estudio por rayos X de dicha fracción; la anortita también puede por alteración dar productos micáceos, que son los minerales más abundantes en la fracción arcilla.

Los minerales de hierro también están presentes en las fracciones gruesas de estos suelos, pero su incidencia proporcional en el método programado es mucho mayor, con respecto a este caso, debemos de tener en cuenta que el hierro además puede formar parte de los minerales micáceos y que en el programa de cálculo no se pueden matizar las cantidades de dicho elemento que puedan entrar en la composición de cada uno de estos minerales.

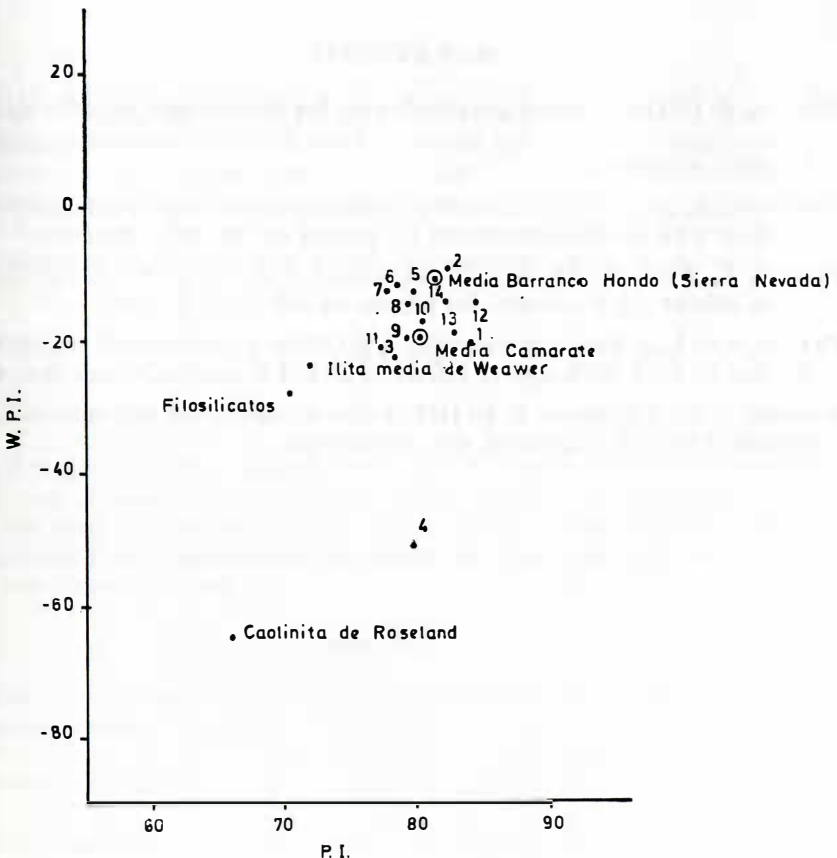
Con respecto a los filosilicatos, cloritas y micas son minerales encontrados por ambos procedimientos; su porcentaje es menor por el método programado, pero hay que añadir las posibles alteraciones, hacia estos productos, de las plagioclasas y que hemos expuesto anteriormente.

Por otra parte, el cuarzo aparece siempre mayoritario y sus cantidades entran dentro de las lógicas posibilidades debido a los materiales originales de estos suelos.

Finalmente nos queda comentar la caolinita, mineral que si bien aparece en los estudios experimentales, su proporción es pequeña comparada con las cantidades obtenidas al final de la programación. Con respecto a este mineral debemos de decir, que en el estudio programado si bien se le denomina caolinita, representa a minerales en cuya composición entran a formar parte sílice y alúmina, y por consiguiente, puede ser tanto un nesosilicato tipo distena, como un filosilicato 1:1 como la caolinita o 2:1 tipo pirofilita. Así la distena es un mineral detectado por vía experimental en estos suelos y la pirofilita puede estar formando parte de los minerales micáceos.

En cuanto a la goetita las cantidades que nos salen en este estudio son también superiores a las realmente existentes, pero hemos de tener en cuenta que en estos suelos existe gran cantidad de hierro libre y aluminio libre, que no se pueden tener en consideración en ningún estudio de este tipo. Estos óxidos libres son responsables en cierta medida, de que tanto la goetita como la caolinita estén más elevadas sus cantidades en el programa que proponemos.

Además de estas consideraciones, con los datos del análisis químico hemos establecido unos índices de alteración, según Reiche (1943): W. P. I. o índice del potencial de alteración y P. I. o dirección de alteración. Estos índices fueron calculados para cada horizonte y para mejor comprender los resultados los representamos en un sistema cartesiano. Además de estos valores, representamos



en dicho sistema los parámetros medios, para tierra fina y roca, correspondientes a los suelos del Barranco Hondo de Sierra Nevada (Delgado, R., 1977), así como los valores medios de la ilita de Weaver y Pollard (1973) y de la caolinita de Roseland (Weaver y Pollard, 1973). Del estudio de este sistema gráfico, deducimos que en estos suelos, principalmente estarán presentes las micas, puesto que la alteración no es suficiente para que la caolinita sea el compuesto más estable, aunque sí se puede observar que la alteración de estos suelos es mayor que la de los suelos del Barranco Hondo de Sierra Nevada. Además se puede observar la naturaleza de la mica, componente principal de la fracción arcilla, debe ser ílítica ya que los puntos se encuentran muy próximos a los de la ilita media de Weaver y Pollard, como podemos observar en la gráfica adjunta.

BIBLIOGRAFIA

- DELGADO, R. (1977): Balance geoquímico de las alteraciones superficiales en el Barranco Hondo (Sierra Nevada). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Granada.
- FERNÁNDEZ, J., y col. (1981): Relación entre las composiciones química y mineralógica en suelos halomorfos. En prensa en *An. Edaf. y Agrob.*
- PÁRRAGA, J., y col. (1981): Estudio mineralógico de los suelos desarrollados en la Dehesa del Camarate. En prensa en *An. Edaf. y Agrob.*
- VAN DER PLAS, L., y VAN SCHUYLENBORGH, J. (1970): Petrochemical calculations applied to soils, with special reference to soil formation. *Geoderma*, 4.
- WEAVER, C. E., y POLLARD, L. D. (1973): The chemistry of clay minerals. Elsevier Scientific Publishing, Co. Amsterdam.