

PRESENCIA Y GÉNESIS DE LOS MINERALES FIBROSOS DE LA ARCILLA EN LAS PROXIMIDADES DE VILLAMURIEL DE CERRATO. PROVINCIA DE PALENCIA

J. A. DÍEZ TORRES¹, M. AÑORBE URMENETA¹, M. SUÁREZ BARRIOS¹,
J. NAVARRETE LÓPEZ-COZAR¹, J. M. MARTÍN POZAS¹

RESUMEN.— Se estudian los materiales margosos de edad Neógena que afloran en las proximidades de Villamuriel de Cerrato, provincia de Palencia (Cuenca del Duero). En ellos se ha observado la presencia prácticamente constante de sepiolita, palygorskita e illita y ocasionalmente de esmectitas y caolinita. La sepiolita predomina sobre el resto de minerales arcillosos. Se revisan las condiciones genéticas que conducen a la formación de los minerales fibrosos de la arcilla. En nuestro caso se observa una relación directa entre procesos de disolución de dolomita, formación de un gel silicatado y desarrollo de fibras incipientes de sepiolita y palygorskita a partir de él.

ABSTRACT.— Neogene Marly materials are studied near Villamuriel de Cerrato, in the province of Palencia (Duero Basin, Spain). The presence practically constant of sepiolite, palygorskite and illite, have been observed. Smectites and kaolinite are seldom found. Sepiolite predominates over the rest of clay minerals. Genetic conditions which are necessary for growing fibrous minerals are revised. In our case, we have observed a straight relation between dissolution of dolomite, silicated gel formation and development of sepiolite and palygorskite fibers from it.

Palabras clave: Sepiolita, palygorskita, arcillas, Facies Centrales, Neógeno, Cuenca del Duero, Palencia.

Key words: Sepiolite, palygorskite, clays, Central Facies, Neogene, Duero Basin, Palencia.

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se estudian los minerales fibrosos de la arcilla que aparecen en los materiales margosos de edad Neógena en las proximidades de Villamuriel de Cerrato.

¹ Departamento de Geología, Facultad de Ciencias. Universidad. 37008 Salamanca.

La presencia de sepiolita y paligorskita en la Cuenca del Duero ya ha sido estudiada con anterioridad por diversos autores. ALONSO Y GALVÁN (1961) describen por primera vez la presencia de sepiolita asociada a vermiculita y montmorillonita en una muestra detrítica datada como Paleógeno en los alrededores de Salamanca.

Desde entonces, otros muchos autores han citado o estudiado los minerales fibrosos de la arcilla y sus condiciones de formación en la Cuenca del Duero: SÁNCHEZ CAMAZANO Y GARCÍA RODRÍGUEZ (1971); ORDÓÑEZ et al. (1980); MARTÍN POZAS et al. (1983); GALÁN Y CASTILLO (1984); CORROCHANO et al. (1986); NAVARRETE et al (1987); POZO (1987); SUÁREZ (1987); DÍEZ TORRES (1988); MARTÍN DE VIDALES et al. (1988), etc.

Este trabajo pretende contribuir con sus datos al conocimiento de dichos minerales en un sector concreto de la Cuenca del Duero, siendo su objetivo primordial la revisión de las condiciones genéticas que han dado lugar a la aparición de estos minerales arcillosos.

2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y ENTORNO GEOLÓGICO

Villamuriel de Cerrato se localiza al Sur de la provincia de Palencia, muy cerca del límite con la de Valladolid y próximo a las localidades de Venta de Baños y Dueñas (Fig. 1). La comarca palentina del Cerrato presenta el típico relieve tabular marcado por la superficie de los páramos. Esta superficie, entre 850 y 870 m., enlaza mediante las «cuestas» o «rampas», con los amplios valles por los que discurre la red hidrográfica actual.

Desde el punto de vista geológico, el área de estudio se encuentra situada en el Sector Central de la Cuenca del Duero. La Cuenca del Duero es una gran cuenca sedimentaria rellena fundamentalmente de materiales Terciarios y Cuaternarios depositados en régimen continental. Las Facies varían desde los conglomerados y areniscas en áreas proximales hasta los sedimentos de fangos de llanura de inundación en pequeñas charcas, los cuáles, lateralmente, cambian para dar origen a facies de tipo lacustre y que constituyen la denominada «Facies de las Cuestas». Las calizas superiores que forman la superficie de los páramos, corresponden a una mayor expansión de los ambientes lacustres más o menos generalizados durante el Mioceno Superior y Plioceno Inferior.

La división de la Cuenca del Duero en Facies de Tierra de Campos, Facies de las Cuestas y Calizas de los Páramos, está aún vigente, en términos generales, desde los trabajos de EZQUERRA DEL BAYO (1845), HERNÁNDEZ PACHECO (1915) y ROYO GÓMEZ (1926), por citar a algunos de los pioneros. No obstante, cabe

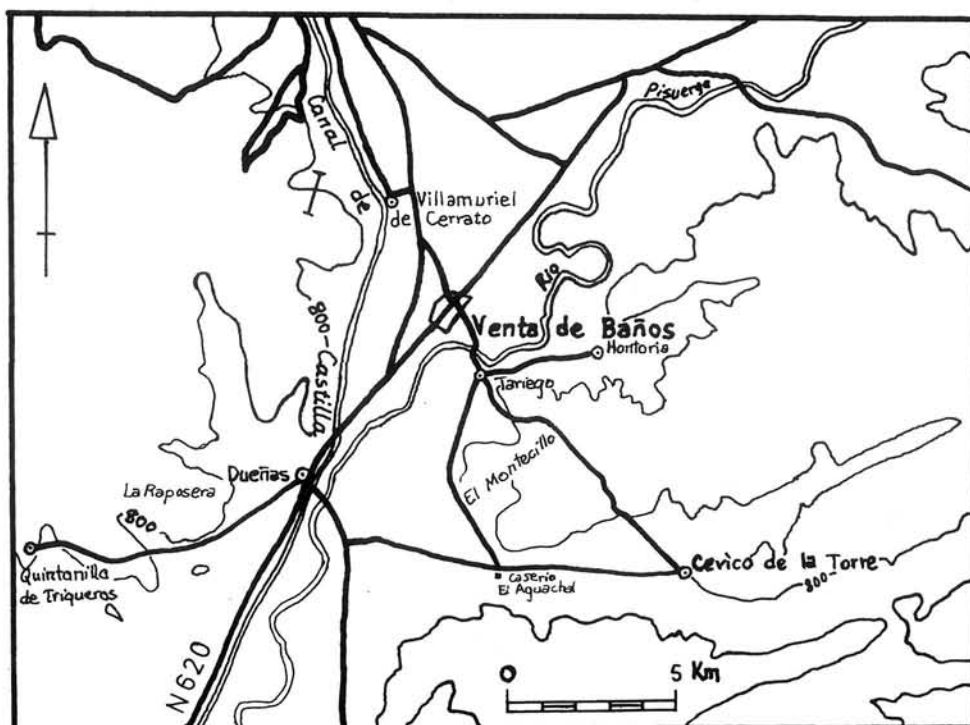


Figura 1. Situación geográfica de la serie estudiada.

destacar que los trabajos actuales están aportando nuevas ideas, sobre todo en el campo del análisis metodológico de facies. ORDÓÑEZ et al. (1980), ARMENTEROS (1985).

La zona de trabajo estaría incluida dentro de lo que POZO (1987) denomina «Facies Centrales», aplicando este término al conjunto de materiales de edad Neógena (Mioceno-Plioceno) distribuidos en la Zona Central de la Cuenca del Duero y caracterizados por la conjunción de materiales detríticos y ambientes confinados que dan lugar a transformaciones geoquímicas que favorecen el desarrollo de los minerales fibrosos de la arcilla tipo sepiolita y paligorskita.

La «Facies Centrales» se extienden por las provincias de Valladolid y Palencia en su mayor parte y con menor superficie en las de Burgos y Segovia (Fig. 2).

3. METODOLOGÍA

Las muestras recogidas en la serie de Villamuriel de Cerrato fueron sometidas a los siguientes métodos de laboratorio:

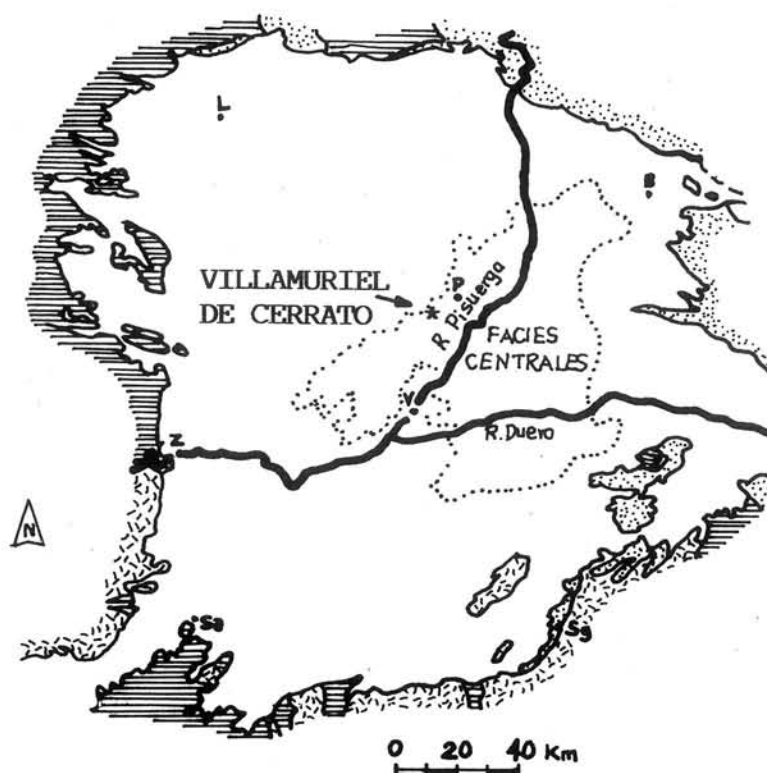


Figura 2. Situación de las «Facies Centrales» en el Terciario de la Cuenca del Duero según POZO (1987).

3.1. Difracción de rayos X

Mineralogía total

La muestra se estudia por DRX en el intervalo 2θ comprendido entre 2° y 65° a una velocidad de exploración de $2^\circ/\text{minuto}$, utilizando un difractómetro marca Rigaku con radiación de Cobre $K\alpha$ y filtro de Niquel.

El análisis semicuantitativo de las diferentes especies minerales se ha llevado a cabo utilizando el método de las intensidades de referencia o de los poderes reflectantes relativos según BARAHONA (1974) y MARTÍN POZAS (1978).

Minerales de la fracción menor de $2\ \mu\text{m}$

Conocida la composición mineralógica de la muestra total se procede a la extracción de la fracción $< 2\ \mu\text{m}$ por sedimentación. Para ello y dada la presencia casi constante de carbonatos y yesos en las muestras, fue necesario un tratamiento previo para la eliminación de los mismos.

Los agregados orientados conteniendo la fracción $< 2\mu\text{m}$ se han estudiado por DRX en el intervalo 2θ entre 2 y 35° con una velocidad de exploración de $2^\circ/\text{minuto}$.

En aquellos agregados en los que se observó la presencia de fases esmectíticas, se procedió a la solvatación de los mismos en ambiente de etilenglicol.

Una vez determinadas las fases cristalinas presentes, se procedió a la semi-cuantificación de los mismos, utilizando el método de los poderes reflectantes, anteriormente citado, para los diagramas de polvo.

3.2. Análisis químico

Una vez conocida la composición mineralógica se procedió al estudio de la composición química de una serie de muestras representativas de las diferentes asociaciones minerales.

El análisis químico de elementos mayores se llevó a cabo en un espectrofotómetro de absorción atómica Variam con horno de grafito, previa disgregación en medio fluorhídrico.

3.3. Microscopía electrónica de barrido

Para el estudio por microscopía electrónica se seleccionaron las muestras VC-2 a VC-7 para observar la microfábrica de sepiolita y paligorskita en la evolución de las asociaciones mineralógicas del tramo basal de la columna de Villamuriel de Cerrato.

Las observaciones se realizaron sobre fragmentos de muestra metalizados con oro en un equipo PHILIPS SEM-500 con análisis puntual EDAX incorporado.

4. RESULTADOS

4.1. Localización y descripción de la columna de Villamuriel de Cerrato

La columna se ha levantado en las afueras de Villamuriel de Cerrato, al Este de dicha localidad, y concretamente a lo largo del camino que asciende hasta el repetidor situado en lo alto del páramo.

Las coordenadas UTM de esta columna son:

Techo: UM 733452

Muro: UM 734457

Tiene un total de 61 m. y en élla observamos un predominio de materiales margosos en los cuales se intercalan costras carbonatadas y gypsarenitas. Hacia techo la proporción de carbonatos aumenta, culminando con un paquete de calizas correspondientes a las calizas del páramo.

En los primeros 30 m. de la columna aparecen cristales de yeso intersticial que en ocasiones adquieren un tamaño de entre 30 y 40 cm. La presencia de cristales va disminuyendo progresivamente hacia el techo donde únicamente se observan los moldes y pseudomorfos de yeso en calcita.

Las muestras recogidas y su situación aparecen representadas en la figura 3. Estas muestras fueron tratadas en el laboratorio para obtener un análisis semi-cuantitativo por DRX de la mineralogía total y de la fracción menor de dos micras. Los resultados obtenidos aparecen en las tablas 1, 2 y 3 y de una forma general se pueden visualizar en los logs de la columna (Fig. 3).

En cuanto a la mineralogía total observamos un predominio de dolomita frente a la calcita que solamente aparece en tres episodios. La dolomita aumenta hacia techo progresivamente. La presencia de filosilicatos es constante y abundante y por el contrario el cuarzo es escaso.

TABLA 1. Mineralogía de la muestra total en porcentajes.

MUESTRA Nº	FILO- SILICATOS %	CUARZO %	CALCITA %	DOLOMITA %	YESO %	FELDESPATO %
VC- 1	36.1	6.6	47.5	9.8	-	-
VC- 2	63.3	11.3	20.5	4.9	-	-
VC- 3	22.9	0.4	-	76.7	-	-
VC- 4	16.4	9.6	-	71.0	-	3.0
VC- 5	31.5	2.9	-	65.6	-	-
VC- 6	51.4	1.2	-	47.4	-	-
VC- 7	75.4	2.6	3.6	18.4	-	-
VC- 8	19.8	0.7	79.5	-	-	-
VC- 9	27.2	4.5	68.3	-	-	-
VC-10	30.1	5.2	63.6	1.1	-	-
VC-11	20.2	5.3	74.5	-	-	-
VC-12	27.2	2.0	-	70.8	-	-
VC-13	28.6	3.5	62.8	5.1	-	-
VC-14	63.5	-	0.7	34.5	-	1.3
VC-15	79.8	4.7	-	15.5	-	-
VC-16	66.9	-	-	33.1	-	-
VC-17	77.4	5.6	1.2	15.3	0.5	-
VC-18	21.5	-	-	77.2	0.7	0.6
VC-19	57.9	-	7.7	34.4	-	-
VC-20	10.2	1.1	85.0	3.7	-	-
VC-21	82.2	-	-	17.8	-	-
VC-21bis	38.1	1.2	-	60.7	-	-
VC-22	44.5	-	3.8	51.4	0.3	-
VC-23	22.3	4.9	-	72.8	-	-
VC-24	29.7	2.1	-	68.2	-	-

TABLA 2. Mineralogía de la fracción arcilla en porcentajes.

MUESTRA Nº	ESMECTITAS %	SEPIOLITA %	PALIGORSKITA %	ILLITA %	CAOLINITA CLORITA %
VC- 1	67.8	-	-	29.5	2.7
VC- 2	52.1	-	-	44.9	3.0
VC- 3	36.6	6.4	-	55.6	1.4
VC- 4	10.8	44.1	17.1	27.6	0.4
VC- 5	-	63.7	28.8	6.8	0.7
VC- 6	-	62.6	28.6	8.8	-
VC- 7	-	65.5	27.3	7.2	-
VC- 8	-	80.8	10.5	8.7	-
VC- 9	-	67.1	17.1	15.4	0.4
VC-10	4.5	59.7	15.8	19.7	0.3
VC-11	-	81.7	12.9	5.2	0.2
VC-12	-	71.6	16.4	12.0	-
VC-13	31.0	20.7	11.1	31.0	6.2
VC-14	-	45.4	24.4	26.9	3.3
VC-15	0.9	32.1	19.7	45.7	1.6
VC-16	18.5	44.0	11.1	24.3	2.1
VC-17	-	86.8	-	12.5	0.7
VC-18	-	74.1	16.2	9.7	-
VC-19	48.4	8.5	11.7	29.2	2.2
VC-20	-	56.4	27.0	16.4	0.2
VC-21	-	68.0	21.4	10.1	0.5
VC-21bis	-	59.5	26.8	13.7	-
VC-22	-	69.4	19.4	10.9	0.3
VC-23	13.7	37.0	17.8	30.0	1.5
VC-24	16.3	27.6	20.8	34.1	1.2

Hay que destacar la presencia de celestina en la muestra VC-15 aunque en escasa proporción. Este mineral ya ha sido citado en otras ocasiones en materiales de la Cuenca del Duero, ARMENTEROS et al. (1986).

En la fracción menor de $2\mu\text{m}$, sepiolita, paligorskita e illita aparecen constantemente en toda la serie, predominando la sepiolita sobre el resto de los minerales arcillosos.

Las esmectitas se presentan irregular y esporádicamente a lo largo de la serie.

4.2. Asociaciones mineralógicas de la fracción menor de dos micras (I = Illita, Sm = Esmectitas, Sp = Sepiolita, Pk = Paligorskita, K = Caolinita)

Con los datos procedentes de la mineralogía de arcillas se definieron tres tipos de asociaciones mineralógicas:

Sm-I-K. Asociación poco frecuente que sólo aparece a muro de la columna y que nos indicaría una influencia de los aportes detríticos al medio lacustre.

TABLA 3. Mineralogía de la fracción arcilla en porcentajes recalculados a la muestra total.

MUESTRA	ESMECTITAS	SEPIOLITA	PALIGORSKITA	ILLITA	CAOLINITA CLORITA	TOTAL FILOSILICATOS
Nº	%	%	%	%	%	%
VC- 1	24.5	-	-	10.6	1.0	36.1
VC- 2	33.0	-	-	28.4	1.9	63.3
VC- 3	8.4	1.5	-	12.7	0.3	22.9
VC- 4	1.8	7.2	2.8	4.5	0.1	16.4
VC- 5	-	20.0	9.1	2.2	0.2	31.5
VC- 6	-	32.2	14.7	4.5	-	51.4
VC- 7	-	49.4	20.6	5.4	-	75.4
VC- 8	-	16.0	2.1	1.7	-	19.8
VC- 9	-	18.3	4.6	4.2	0.1	27.2
VC-10	1.3	18.0	4.8	5.9	0.1	30.1
VC-11	-	16.5	2.6	1.0	0.1	20.2
VC-12	-	19.5	4.5	3.2	-	27.2
VC-13	8.9	5.9	3.1	8.9	1.8	28.6
VC-14	-	28.8	15.5	17.1	2.1	63.5
VC-15	0.7	25.6	15.7	36.5	1.3	79.8
VC-16	12.4	29.4	7.4	16.3	1.4	66.9
VC-17	-	67.2	-	9.7	0.5	77.4
VC-18	-	15.9	3.5	2.1	-	21.5
VC-19	28.0	4.8	6.8	17.0	1.3	57.9
VC-20	-	5.7	2.7	1.7	0.1	10.2
VC-21	-	55.9	17.6	8.3	0.4	82.2
VC-21bis	-	22.7	10.2	5.2	-	38.1
VC-22	-	30.9	8.6	4.9	0.1	44.5
VC-23	3.1	8.2	4.0	6.7	0.3	22.3
VC-24	4.8	8.2	6.2	10.1	0.4	29.7

Sm-I-Sp-Pk. Apareciendo la K en pequeña cantidad. La abundancia relativa de estos minerales puede variar a lo largo de la columna predominando uno u otro según los casos.

Esta asociación aparece indistintamente relacionada con calcita o dolomita aunque parece predominar esta última.

La asociación y los rasgos sedimentológicos que la acompañan, serían característicos de medios lacustres someros de tipo carbonático con fenómenos de exposición y desecación.

Sp-Pk-I. Esta asociación es la más frecuente y se presenta en varias zonas de la columna. La sepiolita predomina sobre la paligorskita e illita. Se relaciona directamente con dolomita. Solamente la muestra VC-8 presenta esta asociación relacionada con calcita, lo cual podría corresponder con un episodio de dedolomitización. La asociación y los rasgos sedimentológicos encontrados, indican ambientes lacustres someros de tipo «Playa-Lake» con predominio de la llanura de fangos, en analogía con otros afloramientos de las «Facies Centrales», estudiados por POZO (1987).

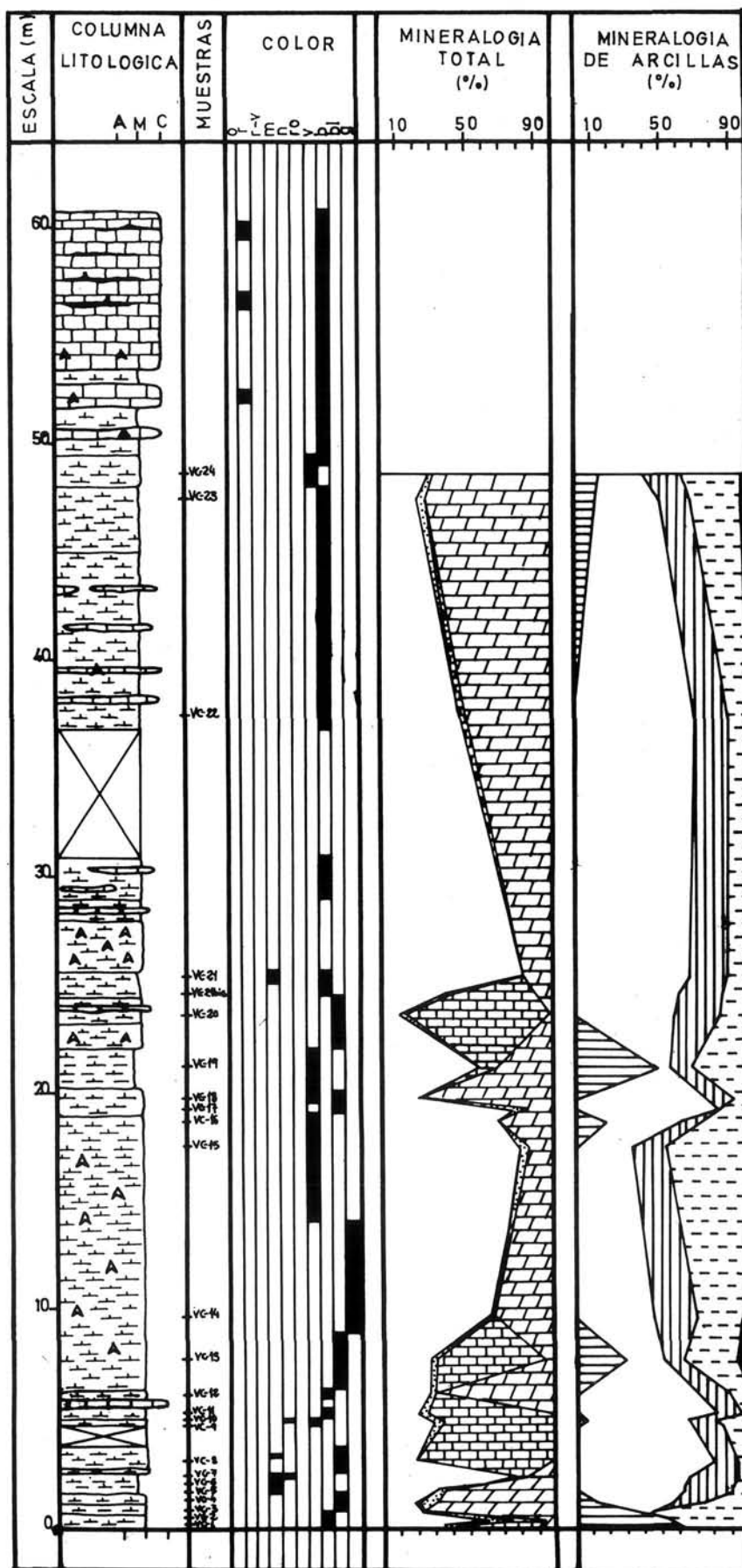


Figura 3. Columna litológica de Villamuriel de Cerrato.

Cabe destacar que estas dos últimas asociaciones se repiten a lo largo de la columna, observándose incluso ciclos de las mismas.

4.3. Análisis químico

Conocida la composición mineralógica se efectuó un análisis químico de 6 muestras representativas de las distintas asociaciones. Los resultados de dicho análisis se observan en la tabla 4 donde podemos apreciar que muestras con altos porcentajes de sepiolita y paligorskita, por ejemplo VC-7 y VC-11, presentan un mayor contenido de SiO_2 y MgO y por el contrario el Al_2O_3 disminuye. Por otro lado, las muestras con alto porcentaje en esmectitas e illita (VC-2, VC-15 y VC-19) presentan menos contenidos en SiO_2 y MgO y más Al_2O_3 así como un aumento considerable en K_2O . La muestra VC-2, que presenta gran cantidad de esmectitas, tiene un valor muy bajo en MgO , dato que nos ayudaría a corroborar el hecho de que las esmectitas son poco magnésicas.

TABLA 4. Análisis químico.

MUESTRA	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	P, volátiles
VC- 2	55,81	15,40	6,68	2,77	0,50	3,76	0,58	14,33
VC- 7	58,65	6,40	2,32	14,24	0,24	1,08	0,80	16,21
VC-11	59,30	9,36	2,33	8,40	0,74	2,24	0,93	16,64
VC-15	54,90	16,12	5,58	4,44	0,40	4,17	0,74	13,66
VC-19	51,37	15,66	5,12	6,13	0,35	3,51	0,58	17,90
VC-20	53,89	13,11	4,68	4,77	0,77	2,78	0,56	19,41

4.4. Afloramiento basal de la columna de Villamuriel de Cerrato

Este afloramiento destaca por sus altos contenidos en minerales fibrosos. La columna de detalle, así como una vista del afloramiento, se muestran en la figura 4 y figura 5, respectivamente.

Este tramo, de unos 3 m. de espesor, fue muestreado con gran detalle y los difractogramas de las muestras recogidas, indicaban, efectivamente, altos contenidos en sepiolita y paligorskita. Fig. 6.

Se decidió hacer un estudio minucioso del afloramiento con un equipo de microscopía electrónica con análisis EDAX incorporado.

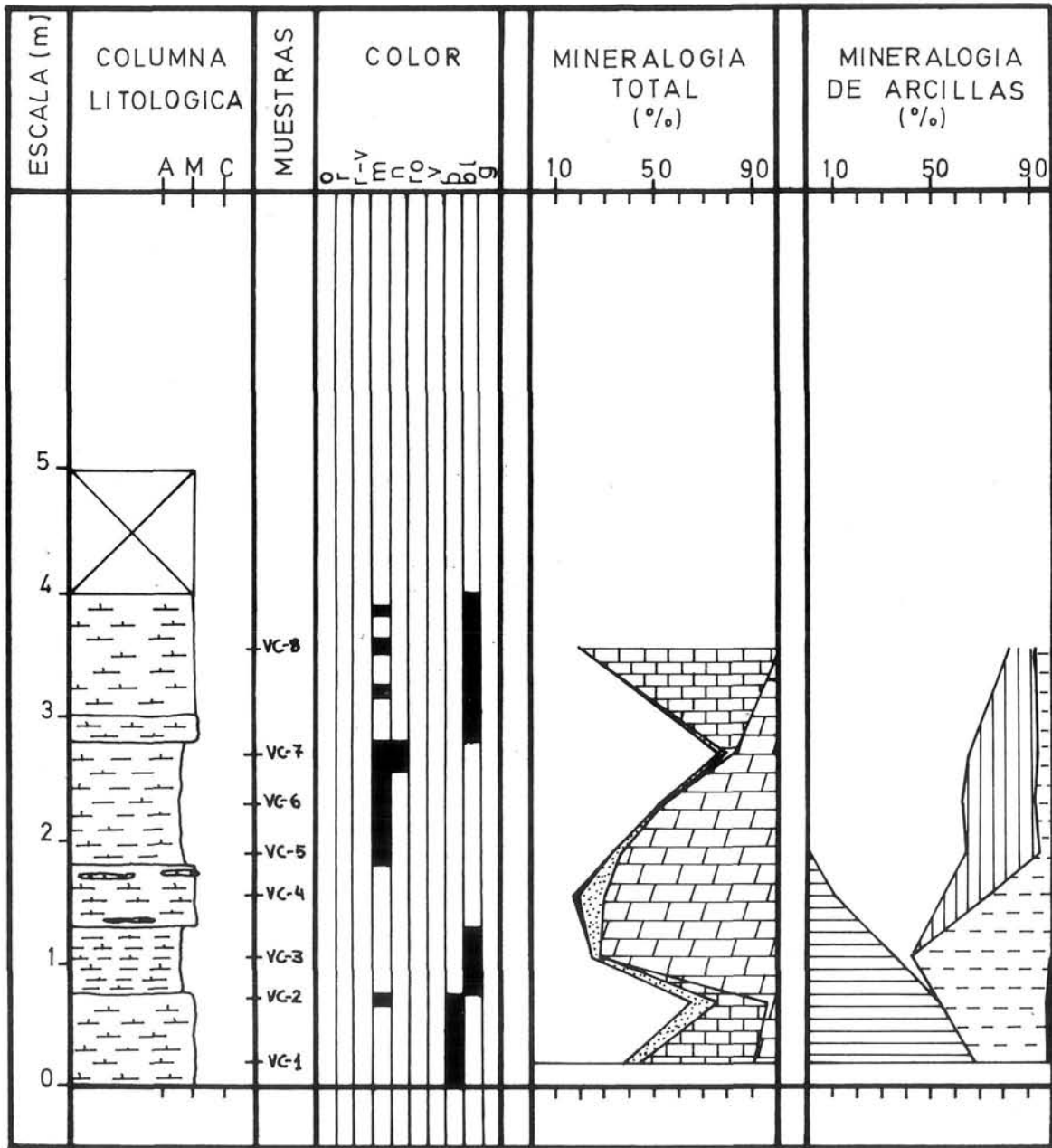


Figura 4. Columna litológica del afloramiento basal de Villamuriel de Cerrato.

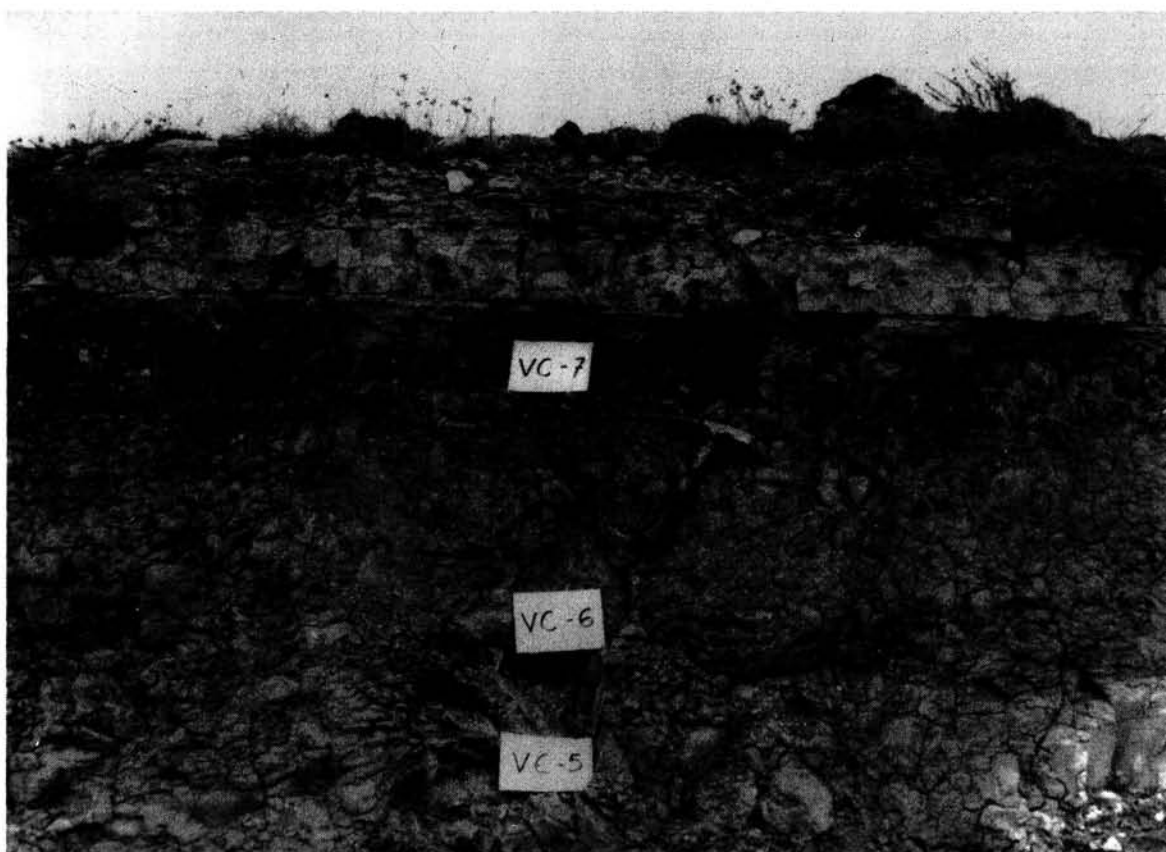


Figura 5. Vista parcial del afloramiento que aparece a muro de la serie.

Para ello se seleccionaron 6 muestras (VC-2 a VC-7) representativas de las diferentes asociaciones mineralógicas. En este estudio también se pudo observar el progresivo aumento hacia el techo del afloramiento de sepiolita y paligorskita ya indicado por los resultados de DRX.

Muestra VC-2

En ella se ha observado un material arcilloso con microfábrica laminar, conteniendo terrígenos y fragmentos de ostrácodos de composición calcítica. Destaca la presencia de romboedros de dolomita con fenómenos de disolución en sus núcleos, que se disponen dispersos en una pasta arcillosa, donde se reconocen filosilicatos laminares (Esmectita-illita). Aparece porosidad secundaria debido a perforaciones o moldes de vegetales, observándose también cuarzo en pequeñas proporciones.

Muestra VC-3

En esta muestra se observó un material dolomítico constituido por romboedros euhédricos que se disponían originando elevada porosidad. Se han observado indicios de cuarzo y feldespato. Destaca la existencia de incipientes fibras de sepiolita que parecen crecer sobre los cristales de carbonato tapizándolos con longitudes de fibra del orden de 2-3 μ m.

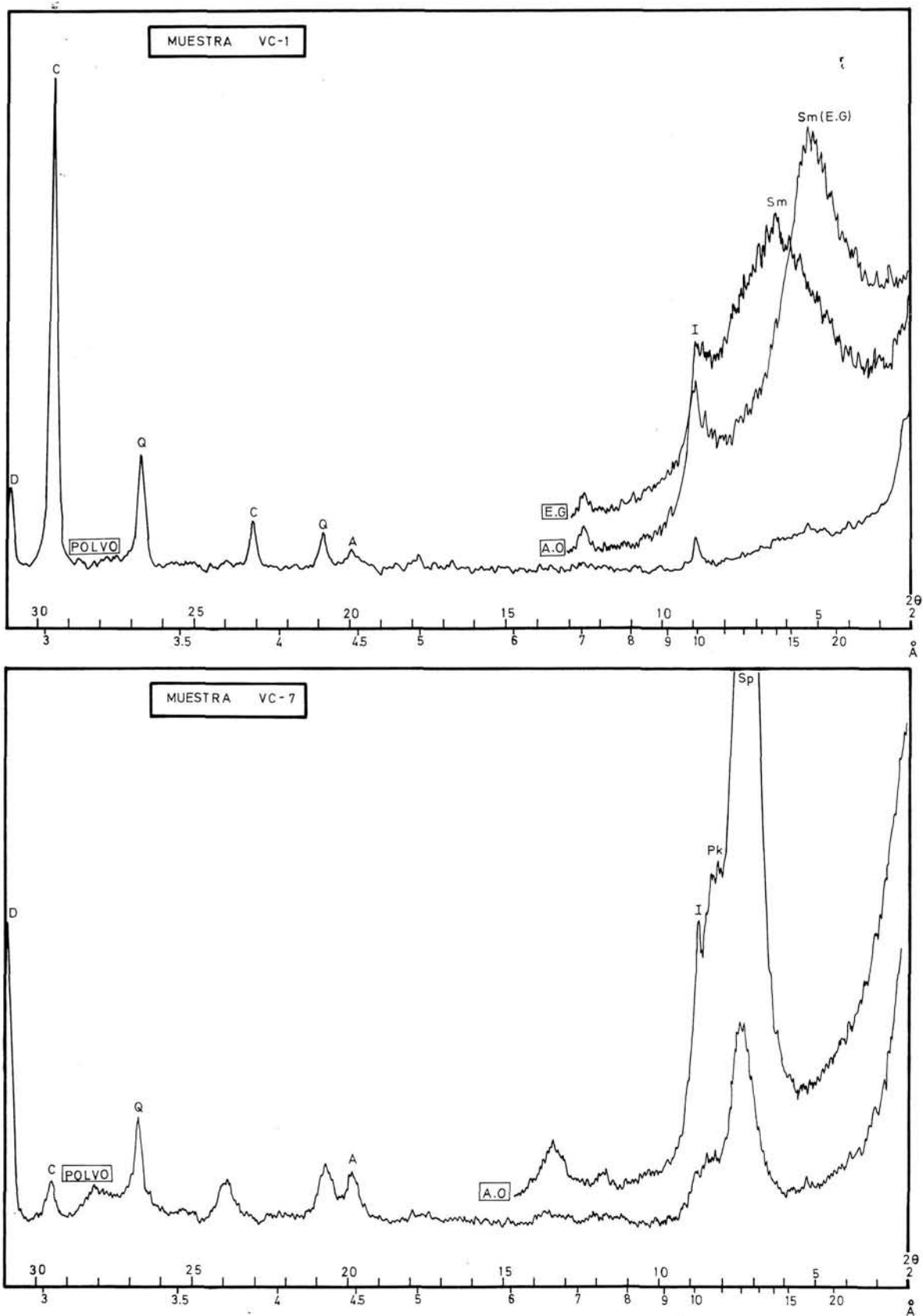


Figura 6. a) Difractograma de la muestra VC-1. b) Difractograma de la muestra VC-7. MT = Muestra total. A.O = Agregado orientado. E.G = Agregado orientado glicolado. (I = Illita, Sm = Esmeclitas, Sp = Sepiolita, Pk = Paligorskita, k = Kaolinita).

Muestra VC-4

Material dolomítico constituido por cristales subeuhédricos a euhédricos algo redondeados y de tamaño inferior a 5 μm . que se disponen en agregados que sugieren procesos de desecación. Puntualmente se detectan agregados de fibra de sepiolita algo mayores que los de la muestra precedente (= 4-5 μm) que, ocasionalmente, adoptan aspecto de láminas por compactación.

Muestra VC-5

Material carbonatado formado por cristales euhédricos a subeuhédricos de dolomita de tamaño inferior a 5 μm . Destaca la existencia de morfologías subredondeadas de agregados dolomíticos alrededor de los cuáles se disponen cementos de sepiolita («pore-lining»), con tamaño de fibras que pueden superar los 5 μm .

Detalle de VC-5. Figura 7

Detalle de la muestra anterior donde se observa el cemento de sepiolita. Las fibras de sepiolita, de tamaño menor de 5 μm , parecen surgir de un material geliforme que recubre el carbonato y en el que se han detectado contenidos importantes de sílice.

Muestra VC-7. Figura 8

Material arcilloso con escaso contenido en dolomita que muestra con frecuencia fenómenos de disolución, a veces completa, quedando el molde. Destaca en la arcilla el desarrollo de agregados fibrosos de sepiolita-paligorskita, con cierto grado de compactación, que engloban a la dolomita.

En las muestras se observa un progresivo aumento de la proporción de minerales fibrosos, a medida que ascendemos en el afloramiento (VC-2 a VC-7). En las primeras muestras (VC-2 a VC-4) observamos incipientes fibras de sepiolita y paligorskita, tapizando o recubriendo cristales de dolomita. Igualmente se observa una disolución en los bordes y núcleos de la dolomita. En las muestras siguientes: VC-5, VC-6 y VC-7, la concentración de fibrosos es mayor, pero además se observa la existencia de un gel de sílice o pasta silicatada que recubre al carbonato y de la cual parecen surgir las fibras de sepiolita. En la fotografía de la muestra VC-7 los procesos de disolución de dolomita son mucho más acusados llegando incluso a ser completa. Al mismo tiempo el gel de sílice y los minerales fibrosos se han desarrollado de tal manera que constituyen la práctica totalidad de la muestra.

Con la recopilación de estos datos estamos en condiciones de suponer, al menos para estas muestras, que la génesis de sepiolita y paligorskita está relacionada con fenómenos de disolución de dolomita.

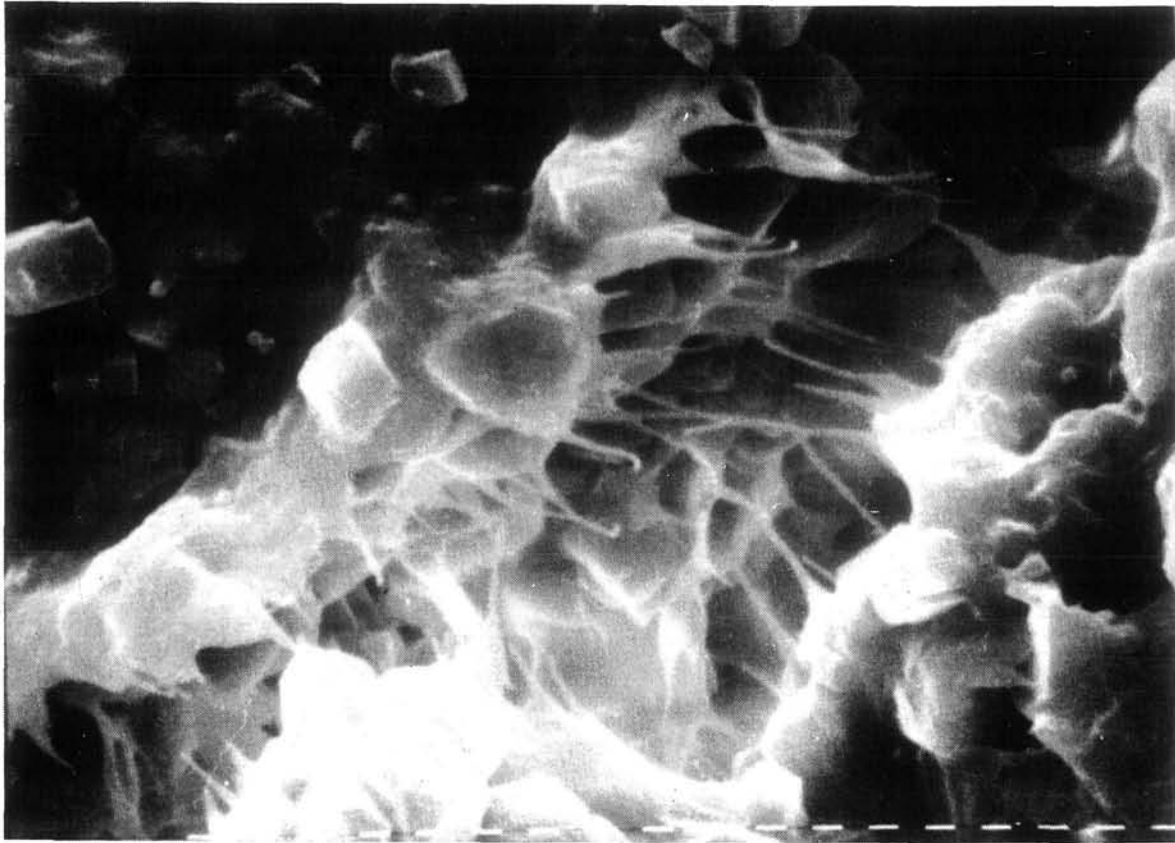


Figura 7. Detalle de la muestra VC-5 ($\times 2500$) Barra $1\mu\text{m}$. Obsérvese el desarrollo de fibras de sepiolita y paligorskita a partir de un gel silicatado aluminico-magnésico (EDAX) que recubre los cristales de dolomita.

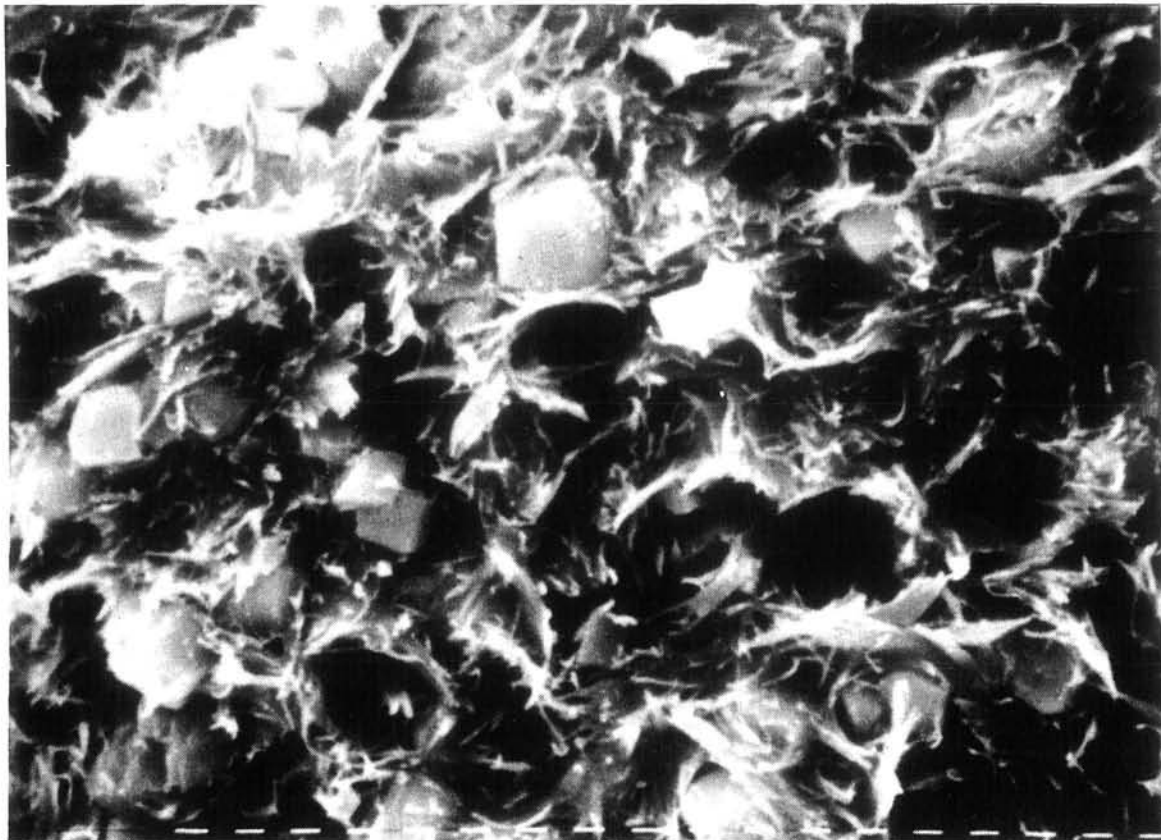


Figura 8. Muestra VC-7 ($\times 2500$) Barra $1\mu\text{m}$. Agregados laminares de sepiolita y paligorskita junto con cristales de dolomita. Se pueden observar diferentes estados de disolución en la dolomita, siendo estas a veces completa quedando los moldes.

5. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados generales ya expuestos podemos obtener las siguientes conclusiones.

La columna estudiada debe pertenecer a un ambiente lacustre somero de tipo «Playa-Lake» o «Mud Flat», con fenómenos expansivos y retractivos.

La sedimentación es predominantemente carbonatada, bien sea calcítica o dolomítica con yesos, a veces de considerable tamaño asociados a los mismos. Los aportes de Ca^{2+} y Mg^{2+} pueden proceder de la Cordillera Cantábrica y sierras colindantes a la Depresión del Duero, donde se conoce la existencia de los citados materiales carbonatados.

La sedimentación se desarrolla bajo una lámina de agua somera que puede evaporarse en épocas de desecación, formando zonas pantanosas donde se desarrollan vegetales y procesos de tipo edáfico. Los niveles carbonosos de color oscuro con gran cantidad de materia orgánica, que se intercalan en los materiales margosos, corroboran este episodio.

En cuanto a la mineralogía total, se puede decir de forma general que predomina la dolomita sobre la calcita, especialmente a techo de la columna. El yeso solamente aparece en la mitad inferior de la misma, desapareciendo progresivamente o siendo sustituido por carbonatos hacia techo. El hecho de que aparezca dolomita asociada a yesos no es raro en estos ambientes donde la salinidad y basicidad alta permiten la abundancia de iones SO_4^{2-} , Ca^{2+} y Mg^{2+} . El yeso desaparece en la parte superior probablemente debido a procesos diagenéticos posteriores con sustitución de SO_4^{2-} por CO_3^{2-} , como lo prueba la existencia de los ya mencionados pseudomorfos de yeso.

La mineralogía de la fracción menor de 2μ está caracterizada por la presencia casi constante de los minerales fibrosos de la arcilla (sepiolita y paligorskita), siendo el ambiente tipo «Playa-Lake» en episodios retractivos con desecación, óptimo para el desarrollo de dichos minerales.

Al determinar las diferentes asociaciones mineralógicas deben considerarse la illita y caolinita como minerales heredados, las esmectitas bien heredadas o bien de transformación y la sepiolita y paligorskita como minerales neoformados. Es de destacar que dichas asociaciones se repiten a lo largo de la columna, lo que indica un ambiente sedimentario que se repite cíclicamente en el tiempo.

De modo general se puede decir que la sepiolita se relaciona preferentemente con dolomita y la paligorskita con calcita, aunque siempre se presentan casos donde dicha relación no se confirma.

En cuanto a la génesis de sepiolita y paligorskita en la serie de Villamuriel de Cerrato, consideramos íntimamente relacionada la formación de estos dos

minerales, siendo necesario un menor aporte de Mg^{2+} en el caso de la paligorskita.

En el ambiente considerado, la sedimentación de arcillas junto a la precipitación de carbonatos, se ve favorecida por la alta salinidad del medio. Las arcillas de tipo heredado (illita, esmectitas y caolinita) ligadas a aportes detríticos, aparecen junto con carbonatos en épocas de expansión del ambiente lacustre. En estas etapas se produce un aporte de aguas de escorrentía superficial, ligeramente ácidas por su contenido en CO_2 , que provocan una disolución parcial de cristales de carbonatos preexistentes, en nuestro caso principalmente dolomita.

Los materiales constituyentes de los bordes circundantes a la Depresión, aportan minerales silicatados y especies iónicas en disolución bien de los propios silicatos o bien de las rocas carbonatadas.

En el momento que cesan los aportes, en el inicio de las fases reactivas y dado el clima árido o semiárido existente, comienza una evaporación de la lámina de agua con la consiguiente pérdida del CO_2 , a la vez que el pH iría progresivamente aumentando.

Los silicatos detríticos aportados al medio durante las etapas de expansión, se van degradando progresivamente en estas condiciones de basicidad, liberando SiO_2 , Al_2O_3 y otros cationes. A lo largo de sucesivos ciclos de expansión-retracción se produce un aumento de la concentración de estas especies en disolución formándose en un momento expansivo de bajo pH, un material geliforme silicatado que tapiza los cristales de carbonato.

En una etapa posterior, postsedimentaria y de diagénesis precoz, coincidiendo con épocas de retracción y desecación se alcanzarían las condiciones de basicidad y concentración óptimas para el desarrollo de fibras incipientes de sepiolita y paligorskita a partir del material silicatado geliforme. Figura 7.

Así pues, la génesis de sepiolita y paligorskita, en nuestro caso, se ve íntimamente relacionada a procesos de disolución de dolomita con liberación de Mg^{2+} . El mayor o menor aporte de este elemento, condicionaría el que se genere sepiolita o paligorskita respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean expresar su agradecimiento al «referee» D. Santiago Leguey por las sugerencias recibidas, así como por el interés puesto en la corrección del manuscrito original.

Así mismo queríamos agradecer a D. Manuel Pozo Rodríguez la excelente labor realizada en las observaciones por microscopía electrónica.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, J.I., y GALVÁN, J. (1961). Nota sobre la existencia de sepiolita en las cuencas del Duero y Ebro. *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 59, 162-172.
- ARMENTEROS, I., FERNÁNDEZ MACARRO, B., RECIO, C., y BLANCO, J.A. (1986). Análisis sedimentológico y paleogeografía en el Mioceno del sector Sacramenia (Segovia)-Peñañiel (Valladolid). *Studia Geol. Salmanticensia* 22: 247-262.
- BARAHONA, E. (1974). *Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada. Evaluación de algunos ensayos de materias primas*. Tesis Doctoral. Univ. de Granada. 398 pp.
- CORROCHANO, A., FERNÁNDEZ, B., RECIO, C., BLANCO, J.A., y VALLADARES, I. (1986). Modelo sedimentario de los lagos Neógenos de la Cuenca del Duero. *Studia Geol. Salmanticensia* 22: 93-110.
- DÍEZ TORRES, J.A. (1988). *Presencia de minerales fibrosos de la arcilla en la Facies de Las Cuestas del Sector Central de la Cuenca del Duero (Área de Venta de Baños-Dueñas)*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Geología. Universidad de Salamanca. (Inédita). 160 págs.
- EZQUERRA DEL BAYO, J. (1845). Indicaciones geognósticas sobre las formaciones terciarias del centro de España. *An. Minas* tomo III, 300-315.
- GALÁN, E., y CASTILLO, A. (1984). Sepiolite-Paligorskite in Spanish Tertiary Basins: genetical patterns in continental environments. En: Paligorskite-Sepiolite. Ocurrences, Genesis and Uses. (Ed. A. Singer y E. Galán). *Dev. in Sedimentology* 37: 87-124. Elsevier.
- HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1915). Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia. Junta Ampl. Est. e Inv. Cientific. *Mem. Com. Paleont. Prehist.* 5: 1-295.
- MARTÍN POZAS, J.M. (1978). *Análisis cuantitativo de fases cristalinas por D.R.X. III Seminario sobre: Difracción por muestras policristalinas. Método de Debye-Scherrer*. Instituto de Ciencias de la Educación. Univ. de Valladolid. 10/13 de Abril de 1978. Ed. José A. de Saja.
- MARTÍN POZAS, J.M., MARTÍN VIVALDI, J., y SÁNCHEZ CAMAZANO, M. (1983). El yacimiento de Sepiolita-Paligorskita de Sacramenia, Segovia. *Bol. Geol. Min.* 94(2), 113-120.
- MARTÍN DE VIDALES, J.L., POZO, M., MEDINA, J.A. y LEGUEY, S. (1988): Formación de sepiolita-paligorskita en litofacies lutítico-carbonáticas en el Sector de Borox-Esquivias (Cuenca de Madrid). *Estud. Geol.*, 44: 7-18.
- NAVARRETE, J., SUÁREZ, M., PERALTA, M., MARTÍN POZAS, J.M., y ARMENTEROS, I. (1987). «Geochemical and sedimentological aspect of the presence of special clays (sepiolite and paligorskite) from the Neogene of the Duero Basin (C.W. Spain)». «Abstracts of 8th regional meeting of Sedimentology» Túnez.
- NAVARRETE, J., PERALTA, M., SUÁREZ, M., MARTÍN POZAS, J.M., y ARMENTEROS, I. (1987). «The paligorskite deposits of Bercimuel (Segovia, Spain). Resúmenes «The sixth meeting of european clay groups»; p. 404-405.

- ORDÓÑEZ, S., LÓPEZ AGUAYO, F., y GARCÍA DEL CURA, M.A. (1980). Contribución al conocimiento del Sector Centro Oriental de la Cuenca del Duero. (Sector Roa-Baltanás). *Estud. Geol.* 36: 361-369.
- POZO RODRÍGUEZ, M. (1987). *Mineralogía y sedimentología de la "Facies de Las Cuestas" en la zona central de la Cuenca del Duero: Génesis de sepiolita y paligorskita*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- ROYO GÓMEZ, J. (1926). Edad de las formaciones yesíferas del Terciario Ibérico. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* 26: 259-279.
- SÁNCHEZ CAMAZANO, M., y GARCÍA RODRÍGUEZ, A. (1971). Atapulgita y sepiolita en suelos sobre sedimentos calizos de Salamanca (España). *Anal. Edaf. Agrob.* 30: 357-373.
- SUÁREZ BARRIOS, M. (1987). *Estudio mineralógico de arcillas especiales en el sector oriental de la Cuenca del Duero*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Geología. Universidad de Salamanca. (Inédita).

Entregado el 5-Septiembre-1989

Aceptado el 12-Febrero-1990