

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA TERMICA DEL EMPLAZAMIENTO DE DOLERITAS (OFITAS) DEL AREA DE ESTOPIÑAN (HUESCA Y LERIDA) EN LOS SEDIMENTOS TRIASICOS ENCAJANTES

POR

J. M. AMIGÓ *, J. BASTIDA *, M. LAGO **, A. POCOVI ***, A. SANZ * y
J. SORIANO ****

RESUMEN

En el área de Estopiñán (provincias de Huesca y Lérida) afloran masas de doleritas triásicas (ofitas) a modo de «sills», en las que se han encontrado estructuras de fluidalidad (LAGO y POCOVI, 1982), emplazadas bajo una reducida lámina de sedimentos durante el Trías superior (LAGO y POCOVI, 1982). En este trabajo se analizan las paragénesis de los bordes enfriados de dolerita, y de los sedimentos encajantes, con particular atención a la fracción arcilla. Estando comprendida la temperatura de cristalización de la dolerita entre 1.200 y 700° C, en los bordes enfriados se han señalado asociaciones que indicarían rangos de temperatura de 400 a 500° C; tanto en bordes enfriados como en sedimentos próximos se señala la presencia de talco, cuya génesis se propone. Las asociaciones de metamorfismo hidrotermal original han quedado enmascaradas por posteriores fenómenos hidrotermales. Los minerales expandibles registrados son compatibles en condiciones hidrotermales, con un amplio rango de temperaturas (hasta 750° C), su mantenimiento fuera de dichas condiciones limita el espesor de la columna litoestratigráfica sobreyacente.

* Departamento de Geología. Facultad de Química. Universidad de Valencia. Burjasot (Valencia).

** Departamento de Petrología. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza.

*** Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Universidad de Zaragoza.

**** Laboratorio Central. C. E. E. O. P. (M. O. P. U.). Madrid.

ABSTRACT

In the Estopiñan area (Huesca and Lérida, Spanish Pyrenees) there are numerous sills of triassic dolerites (ophites) in which fluidal structures had been observed (LAGO & POCOVI, 1982) and whose intrusion happened under a reduced sheet of sediments in the Upper Trias (LAGO & POCOVI, 1982). In this work the mineral associations are studied in the chilled margins of the dolerite and in the nearer sediments of the host rock, with special emphasis to the clay fraction. The temperature of crystallization of the dolerite belongs to the rank 1200-750°C (AMIGO & LAGO, 1985). Mineral associations in the chilled margin suggests temperatures from 500 to 400°C. In the chilled margin and in the nearer sediments talc has been observed, the reaction proposed for producing talc is consistent with temperatures for the chilled margin. The initial hydrothermal metamorphic associations are probably masked by subsequent hydrothermal events. The expandables sheet silicates observed are compatible with a wide rank of temperature (up to 750°C) but their preservation out of hydrothermal conditions suggests shallow burial conditions.

INTRODUCCION

La influencia térmica del emplazamiento de «sills» de doleritas (ofitas) de composición toleítica en materiales margoarcillosos y yesíferos de facies Keuper encajantes es todavía poco conocida y existen apreciables discrepancias en los resultados obtenidos.

Las diversas tentativas de estudio (BOSSIERE, 1968; SUREAU y THIEBAUT, 1969; WALGENWITZ, 1976; LAGO, 1980; LAGO y POCOVI, 1982; RUIZ-CRUZ y LUNAR, 1982; PUGA *et al.*, 1983; RUIZ-CRUZ y BARCELO, 1984; entre otros) traducen la mencionada disparidad. La variedad de los condicionantes presentes en el problema que hacen relación a la naturaleza del intrusivo y litología de los materiales encajantes o a las complejas relaciones de condiciones de emplazamiento, así como a otros factores propios de la historia o régimen de consolidación, ilustran esta problemática. Existe además la dificultad procedente de las transformaciones post-magmáticas que afectan al intrusivo y/o encajante, llegando a trastocar, a veces notablemente, las paragénesis originales. Por otra parte, todavía no se conoce con precisión la litoestratigrafía del encajante, lo que dificulta el reconocimiento de las composiciones originales, y por ende, de las transformaciones debidas a la intrusión. Esta enumeración de problemas nos ha sugerido un nuevo estudio de este metamorfismo en áreas con una notable semejanza de condiciones tanto por parte de

las doleritas como del encajante. Las excepcionales condiciones de afloramiento de las doleritas del área de Estopiñán (provincias de Huesca y Lérida) y el previo y detallado conocimiento existente de las mismas (LAGO, 1980; LAGO y POCOVI, 1982, 1985) sobre sus características petrológicas y de emplazamiento aconsejan efectuar, en esta zona, el estudio preliminar que servirá de base para otros posteriores en las áreas cantábricas y surpirenaicas donde abundan los yacimientos de doleritas.

ANTECEDENTES

En este trabajo sólo se consideran los datos sobre metamorfismo de las doleritas triásicas del área pirenaica debido a su comprobada analogía en características de intrusivo y encajantes. En este sentido, se prescinde de referencias a trabajos análogos en otras áreas que pueden presentar notables diferencias respecto a esta área.

Existen pocos datos sobre la mineralogía de materiales de facies Keuper en el Pirineo. LUCAS (1962) indica que la fracción arcilla de arcillas yesíferas de facies Keuper de varios afloramientos del Pirineo Oriental constan de clorita como mineral predominante. Existen también datos de ROMERO (1967) referidos al área de Amélie-les-Bains (Pirineo Septentrional).

BOSSIERE (1968) señala que las doleritas de Bedous (Pirineo francés) han provocado, en los sedimentos encajantes, la paragénesis clorita, talco y tremolita; indica también la presencia de una moscovita sódica y considera el metamorfismo como situado en la facies «albita-epidota-hornfels». SUREAU y THIEBAUT (1969) describen para el contacto dolerita-Keuper, en Salies du Salat (Francia), la presencia de ortosa, fengita, cuarzo y turmalina, y en las margas yesíferas de Betchat indican la presencia de calcita, dolomita, flogopita, leuchtenbergita, epidota, turmalina y apatito. FONTIELLES y MUFFAT (1970) discuten que las ofitas hayan producido un metamorfismo de bajo grado y proponen que las paragénesis hasta el momento señaladas traducen un metamorfismo regional, de edad más tardía, que afecta al conjunto ofita y encajante, nord-pirenaico. Esta hipótesis, desechada por LAGO (1980) para el ámbito cántabro-surpirenaico, donde tal metamorfismo no estaba demostrado, ha sido recientemente considerada por BERNUS-MAURY (1984).

WALGENWITZ (1976), en su estudio sobre las ofitas del área de Ulzama (Navarra) considera tres situaciones para las relaciones de contacto ofita-Keuper. Los sedimentos arcillosos del Keuper no afec-

tados por las ofitas presentan una asociación monótona: clorita magnesianas e illita (poco abundante) y en ocasiones reducidos porcentajes de caolinita. En sedimentos próximos a las ofitas es constante el contenido en clorita (clinocloro) y en un caso aislado observa flogopita retromorfizada a clorita. A nivel de composición química, señala un enriquecimiento de los sedimentos en hierro procedente de la ofita y que se traduce en una evolución a mayores contenidos de hierro en las cloritas. Por último, las cloritas presentes en enclaves de Keuper dentro de las ofitas tienen mayores contenidos en hierro que las cloritas del caso anterior.

LAGO (1980) observa en sedimentos del Keuper un predominio de yeso, seguido en abundancia por clorita (clinocloro), cuarzo y calcita, y en menor proporción feldespatos e illita. En bordes enfriados de dolerita señala clorita, vermiculita, talco, cuarzo, calcita, mica y epidota. Según análisis químicos, este autor señala que desde la dolerita hacia el encajante aumenta Fe^{3+} , Mg^{2+} y H_2O , decreciendo Fe^{2+} y Ca^{2+} . La ausencia de cambios químicos más significativos puede justificarse por la pobreza en fluidos del magma toleítico, lo que explica la observación aislada de óxidos y sulfuros metálicos (LAGO, 1980) o el citado enriquecimiento en hierro de las cloritas (WALGENWITZ, 1976).

Atendiendo a la presencia de clorita, y tremolita-actinolita \pm epidota, en facies de borde, LAGO (1980) propone unas condiciones metamórficas del orden de 400-500°C y 1Kbar, que concuerdan con las indicadas por BOSSIERE (1968).

Nuevos datos obtenidos por aplicación de termómetros en fases minerales de doleritas facilitan una comprensión del gradiente energético original y de la evolución de las condiciones en su enfriamiento. AMIGO y LAGO (1985), por aplicación del termómetro de LINDSLEY y ANDERSEN (1983), obtienen un máximo de 1.175°C para la augita y de 1.110°C para la pigeonita, que concuerdan con los resultados de BEZIAT (1983), quien para las plagioclasas (termómetro de KUDO y WEILL, 1970) de valores de 1.200-1.100°C, indicando temperaturas de 1.000 a 750°C a partir de cálculos en base a óxidos. En definitiva, la temperatura de cristalización de las doleritas se sitúa en el intervalo 1.200-750°C.

Se ha constatado (LAGO, 1980; LAGO y POCOVI, 1980, 1982, 1984) que las intrusiones doleríticas provocan una intensa compactación por deshidratación, acompañada generalmente de una decoloración en los sedimentos encajantes. La diversidad litológica de estos últimos, con sus correspondientes variaciones en difusividad térmica y en otras propiedades físicas (porosidad, permeabilidad, etc.) posibilitan cierta variabilidad mineralógica por efectos de la intrusión, variabilidad que de momento no es bien conocida.

MARCO GEOLOGICO Y CARACTERISTICAS DE LOS AFLORAMIENTOS

El afloramiento triásico del área de Estopiñan responde a una estructura diapírica con trazado irregular delimitado por materiales del Cretácico Superior y del Eoceno, con desarrollo NO-SE, y por Terciario continental al NE y SO (Fig. 1). En el Triás con facies Keuper, afloran unas cuarenta masas de doleritas con formas y tamaños variables.

El mayor interés de estas doleritas reside en sus particulares condiciones de emplazamiento. En algunos afloramientos se observan es-

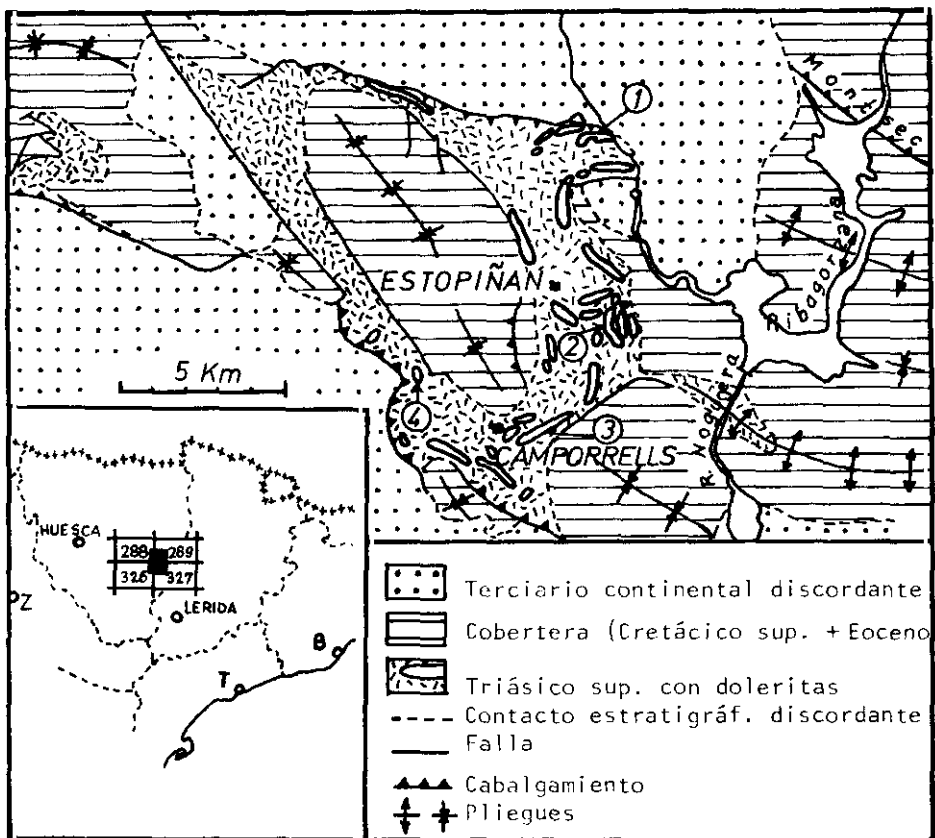


FIG. 1.—Cartografía geológica simplificada con localización de afloramientos: 1) Caserras; 2) Foradada; 3) Camporells, y 4) Seganta.

Simplified geological map, showing the outcrops: 1) Caserras, 2) Foradada, 3) Camporells y 4) Segamba.

estructuras de fluidalidad en doleritas con una lámina de sedimentos triásicos adaptada a los bordes enfriados de estas estructuras (techo) y el desarrollo, en el borde opuesto, de bordes escalonados (base), lo cual indica la polaridad de los «sills».

LAGO y POCOVI (1982) interpretan que el emplazamiento tendría lugar bajo una reducida lámina de sedimentos del Keuper; la edad derivada del hecho anterior concuerda con la datación absoluta K/Ar en el afloramiento de Seganta, establecida en 186 mA (BEZIAT, 1983). Este emplazamiento en condiciones superficiales implica una notable disipación energética y hace suponer una menor influencia térmica sobre el encajante respecto a las condiciones observadas en otros afloramientos del área cántabro-pirenaica (LAGO, 1980).

Las características petrológicas de estas doleritas destacan por su notable uniformidad (LAGO, 1980); no obstante, recientes estudios detallados (LAGO y POCOVI, 1985) han mostrado que existe cierta variabilidad de composición en los piroxenos y plagioclasas, que son los constituyentes mayoritarios.

Básicamente, pueden considerarse tres zonas petrográficas significativas (LAGO, 1980; LAGO y POCOVI, 1982, 1985): a) Zonas de borde, con texturas porfídicas microdoleríticas en tránsito hacia las subofíticas propias de niveles más centrales en el afloramiento; presentan la paragénesis olivino (pseudomorfizado a clorita)+augita—endiósido+plagioclasas (An₈₀₋₇₀)+opacos. b) Zonas centrales, que son las volumétricamente predominantes, y cuya paragénesis admite ciertas variaciones composicionales dentro de la asociación: olivino (Fo₇₅)+augita—endiósido+pigeonita+plagioclasa (An₈₀₋₆₀)+hornblenda+biotita+opacos. Y c) formaciones pegmatoides aisladas de localización variable y extensión reducida en los afloramientos, en las cuales el olivino está ausente, la plagioclasa tiene menor basicidad.

METODOLOGIA

1. *Muestreo*.—Se han efectuado siete muestreos sistemáticos afectando a espesores sedimentarios inferiores a 10 m., en contacto con la dolerita intrusiva, en cuatro afloramientos del área de Estopiñán: Foradada, Caserras del Castillo, Seganta y Camporells, situados en las hojas n.º 289 (cuadrante III) y n.º 327 (cuadrante IV) del M. T. N. E. 1/50.000 (véase Fig. 1).

Se han muestreado términos lutíticos, margosos, carbonatados, y en ocasiones materiales de textura granular (con granos euhédricos). En conjunto predominan los de textura arcillosa con tonos gris-verdosos que reflejan la existencia de agregados globulares dispersos constituidos por minerales microcristalinos de color verde oscuro. En

ocasiones se reconocen las estructuras primarias del material original, pero no es el caso más frecuente. En la Tabla I se indican las características texturales observables en el campo, expresadas mediante una simbología y la posición de las muestras respecto al contacto.

2. *Análisis mineralógico por difracción de rayos X.*—Los análisis se han realizado en roca total y en fracción arcilla (obtenida en dispersión acuosa de pirofosfato sódico 1N al 10%, de la muestra total molturada para pasar al 100% por un tamiz de 400 μ). De la muestra total se ha efectuado un diagrama de polvo desorientado y en la fracción arcilla se han efectuado difractogramas de agregados orientados (con carácter general tres: normal, calentado a 550°C durante dos horas y glicolado por contacto durante seis horas; y en casos particulares, de la arcilla saturada con KCl).

Condiciones de registro: Difractómetro SIEMENS D500, a 40KV, 20 mA. Ventanas de apertura 0.3 ó 1°. Ventana del detector 0.05°. Barridos de 2 a 14°, y de 14 a 69°2 θ , respectivamente). RM, variable. CT, variable. Velocidad de barrido 1°2 θ /min. Velocidad del papel, 1 cm/min.

3. *Microscopía electrónica de barrido.*—En muestras seleccionadas, y sobre material previamente desecado y convenientemente metalizado, se han efectuado observaciones en un microscopio electrónico de barrido ISI, modelo DS30, dotado de EDAX, a fin de verificar la composición mineralógica y observar las características morfológicas de determinados minerales.

RESULTADOS OBTENIDOS

1. *Composición de la fracción arcilla.*—La Tabla 1 recoge la composición mineralógica semicuantitativa para las muestras analizadas. La estimación de los diferentes filosilicatos se basa en la utilización de los poderes reflectantes recopilados en CABALLERO y MARTIN-VIVALDI (1975). Para los minerales acompañantes utilizamos los poderes reflectantes de BARAHONA (1974) y SCHULTZ (1964). Como criterios de identificación se han empleado los de WARSHAW y ROY (1961).

La identificación de talco se basa en la aparición del espaciado a 9.3Å y de su secuencia racional tanto en difractogramas de agregados orientados como en los de polvo desorientado, encontrándose en éstos todos los espaciados registrados en la ficha JCPDS 13-558. Eventualmente existe un espaciado a 9.6Å (solapante con el de 9.3Å) que se atribuye a paragonita.

T C S C/S CS P I I/S Q D C P1 FK Fx f

S. FORADADA

^ ^		F4J	●●		●●												●●		●●	●●
^		F4M	●●		☆☆												●●		●●	●●
^ ^		F4E	●●		●●												●●		●●	●●
	12	F06	☆☆	☆☆	●●	●●														●●
	19	F07	☆☆	☆☆													☆☆			●●
	25	F09	☆☆	☆☆	●●															●●
	30	F10	☆☆	☆☆	●●												●●			●●
	380	F11	●●														●●		☆☆	●●
	780	F12	●●	●●	●●	●●											●●	●●	●●	●●

^ ^		F14	●●		☆☆	☆☆													☆☆	●●
		F17	●●		●●	●●													●●	●●
		F18	●●		●●	●●													☆☆	●●
		F19	☆☆	☆☆	●●	●●												☆☆	☆☆	●●
		F20	☆☆		●●	●●												☆☆	☆☆	●●
		F21	●●	●●	●●	●●												●●	●●	●●
		F22			●●	●●												●●	☆☆	●●

S. CASERRAS, I, II, III.

v/p

20	C29	●●	●●	●●														●●	☆☆	●●
	C30		●●	●●	●●													●●	☆☆	●●
	C31			●●				●●										●●	☆☆	☆☆
5	C44	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆			●●	●●									●●	☆☆	☆☆
	C45	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆			●●	●●									●●	☆☆	☆☆
	C46							●●	●●									●●	☆☆	☆☆
	C47	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	●●		●●	●●									☆☆	☆☆	●●
50	C48	●●	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆		●●	●●									●●	●●	●●

3	C54				●●	●●												●●	☆☆	●●
	C55				●●	●●												●●	☆☆	●●
	C56				●●	●●												●●	☆☆	●●
	C57	☆☆						●●	●●											●●
	C58	☆☆		●●	●●	●●												●●	☆☆	●●
	C59		●●	●●	●●															●●
111	C60	☆☆	☆☆	●●	●●													☆☆	☆☆	●●

S. CASERRAS, IV.

10	101	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	●●											●●		●●
	102	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	●●				☆☆							●●		●●
	103	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	●●											●●		●●
	104	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	●●											●●		●●
	105	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	●●											●●	●●	●●
	106	☆☆			☆☆		●●											●●	●●	●●
	107	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	●●											●●	●●	●●
	108	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	●●											●●	●●	●●
	109	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	●●											●●	●●	●●
	110	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	●●											☆☆	☆☆	●●
210	111	☆☆	☆☆				●●											☆☆	☆☆	●●

S. SECANTA

3	120	★ ★ ★ ★			● ●			★ ★		●		★ ★ ★ ★			● ●
	121	★ ★ ★ ★			● ●			★ ★		★ ★		★ ★ ★ ★			● ●
	122	★ ★ ★ ★			● ●			★ ★		★ ★		★ ★ ★ ★			● ●
	123	★ ★ ★ ★			● ●			★ ★		●		★ ★ ★ ★			● ●
	124	★ ★ ★ ★			● ●			★ ★				★ ★ ★ ★			● ●
	125	★ ★ ★ ★			● ●			★ ★	●			★ ★ ★ ★			● ●
	126	★ ★ ★ ★			● ●		●	★ ★		●		★ ★ ★ ★			● ●
	127	★ ★ ★ ★			● ●			★ ★		★ ★		★ ★ ★ ★			● ●
	128	★ ★ ★ ★			● ●			★ ★				★ ★ ★ ★			● ●
	129	★ ★ ★ ★			● ●			★ ★				★ ★ ★ ★			● ●
255	130	★ ★ ★ ★			● ●			★ ★				★ ★ ★ ★			● ●
	127*	★ ★ ★ ★			● ●			★ ★				★ ★ ★ ★			● ●

S. CAMPORELLS

17	CA3	★ ★ ★			● ●					●		★ ★			● ●
	CA4	● ●			● ●							● ●			● ●
	CA5	★ ★			● ●							● ●			● ●
	CA6				● ●							● ●			● ●
	CA7				● ●							★ ★			● ●
	CA8	★ ★			● ●							★ ★			● ●
	CA9							★ ★				● ●			● ●
190	CA10	● ●			● ●							★ ★			● ●

SIMBOLOGIA CORRESPONDIENTE A 1.

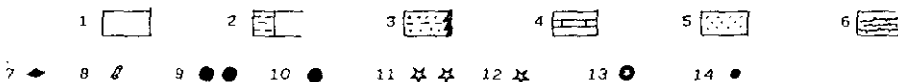


TABLA 1.—Composición mineralógica de los materiales estudiados.—Litología: 1. Dolerita (borde enfriado). 2. Arcillita. 3. Lutita más o menos arcillosa. 4. Material de textura arenosa o granular más o menos compacto. 5. Material margoso. 6. Material carbonatado. 7. Concreciones carbonatadas. 8. Burrows. d=Distancia al borde enfriado; n=Número de muestra. T=Talco. C=Clorita. S=Esmectitas. C/S=Interest. clorita-esmectita, irregular. CS=Interest. clorita-esmectita, regular. P=Paragonita, v/p=Índice de cristalinidad de la esmectita según BISCAYE (1965). I=Illita. I/S=Interest. desordenado illita-esmectita. Q=Cuarzo. C=Calcita. D=Dolomita. Pl=Plagioclasa. FK=Feldespató potásico. Px=Piroxeno. f=Filosilicatos.

Simbología semicuantitativa:
9=40%, 10=14-40%, 11=5-14%, 12=1-5%, 13=Indicios, 14=Dudoso.

Mineralogical composition of the materials.—Lithology: 1. Dolorites (cooled border). 2. Siltstone. 3. Silty clays. 4. Materials with sandy or granular texture. 5. Marls. 6. Carbonates. 7. Carbonate nodules. 9. Burrows. d=distance to the cooled border; n=Sample number. T=Talc. C=Clorite. S=Smectite. C/S=Clorite/Smectite Interstratified, irregular. CS=Clorite/Smectite Interstratified, regular. P=Paragonite, v/p=Smectite crystallinity index, according to BISCAYE (1965) I=Illite. I/S=Illite/Smectite irregular interstratified. Q=Quartz. C=Calcite. D=Dolomite. PL=Plagioclase. FM=Potassium feldspar. PX=Pyroxen. f=Phyllosilicates.

Semiquantitative symbols:
9=40%, 10=14-40%, 11=5-14%, 12=1-5%, 13=Presence, 14=Doubtful.

Las esmectitas (representadas por S en la Tabla 1) de la serie Seganta son dioctaédricas, atendiendo al valor del espaciado d_{060} . Por otra parte, el d_{001} en agregado normal es ≈ 14 , y saturado en K es 12.5\AA , lo cual indicaría (THOREZ, 1976) una composición de montmorillonita ferrífera.

Las esmectitas de las series de Caserras y Camporells presentan buena cristalinidad; cuando la medida ha sido posible, se han recogido (Tabla 1) los valores del índice de cristalinidad v/p de BIS-CAYE (1965).

Los interestratificados regulares a 29\AA clorita-esmectita (CS en la Tabla 1), corresponderían a $Cl_N I I M O$ de MARTIN-VIVALDI y McEWAN (1968).

Junto con estos interestratificados, en las series de Caserras y Seganta es probable la existencia de interestratificados a 28\AA , 14_C-14_G , cuyas reflexiones 002 y 003 son muy patentes, no sucediendo lo mismo con las 001 y 004.

En ocasiones aisladas, aparecen interestratificados irregulares clorita-esmectita (C/S en la Tabla 1), que de acuerdo con los diagramas experimentales de HOWER (1981) constarían de 20-40% de láminas cloríticas.

En las series de Seganta, Caserras y Camporells aparece illita como muy minoritaria; el hecho de ser minoritaria, y el solapamiento de su reflexión 001 con la 001 del talco ha impedido la medición del índice de Kubler de la illita.

No se ha determinado la presencia de minerales del grupo de la caolinita.

2. *Composición de la muestra total.*—En los sedimentos, los minerales predominantes son calcita y plagioclasas. Eventualmente, se han detectado indicios de feldespatos y/o de cuarzo. Destaca la inexistencia de dolomita, yeso y anhidrita en todo el conjunto analizado. En una muestra se han señalado indicios de tremolita.

La calcita presenta un bajo contenido en Bgo, inferior al 4% en moles de $MgCO_3$ (determinación a partir de b_{11-0} , GOLDSMITH et al., 1955).

3. *Otras consideraciones.*—Nos parece oportuno señalar que los análisis de los filosilicatos se han efectuado sobre fracción arcilla, que no es necesariamente la predominante en todos los materiales analizados. En posteriores trabajos se analizarán fracciones mayores para determinar minerales interestratificados e intentar establecer sus posibles vías de evolución. A título de ejemplo en la serie de Camporells se observa talco en la fracción $2-50\mu$, mientras que casi no se observa en la fracción $< 2\mu$.

El solapamiento entre espaciados de las cloritas y de otros minerales acompañantes, nos ha impedido determinar su composición, y extraer conclusiones comparables a las de WALGENWITZ (1976).

En todas las series se observa la presencia de talco y clorita, sin que se aprecie una gradación de contenidos en dichos minerales; tampoco se observa que los contenidos en esmectitas y/o interestratificados coincidan con disminuciones de talco y/o cloritas ni viceversa.

En las series de Seganta, Camporells y Caserras existen pequeñas cuantías de feldespato potásico y cuarzo; en la primera, se han observado megacristales de plagioclasas alterados a talco, interestratificados regulares clorita-esmectita, clorita e illita.

En muestras del borde enfriado de la dolerita (Muestra FOR4, Tabla 1) se han determinado talco y esmectitas, y calcita, talco e interestratificado regular 14_c-14_s. En muestras del afloramiento de Estopiñan, LAGO (1980) determinó clorita (clinocloro), vermiculita, talco, cuarzo, calcita, mica y epidota. Mediante microscopía de luz reflejada, LAGO (1980) determina la presencia de hematites y magnetita, y menos frecuentemente piritita y especularita que aumentan progresivamente desde la periferia de la dolerita hacia el encajante sedimentario.

CONCLUSIONES

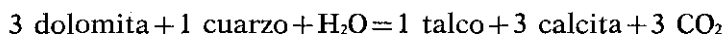
Las asociaciones minerales observadas en bordes enfriados de la dolerita son: A) Clorita + talco + mica + calcita + epidota (LAGO, 1980); B) La anterior + tremolita-actinolita (LAGO, 1980); y C) Talco + esmectitas + plagioclasas + piroxenos + interestratificados regulares clorita-esmectita + clorita. En los sedimentos encajantes se han observado las asociaciones: A') Talco + cloritas + esmectitas o interestratificados irregulares clorita-esmectita + calcita + plagioclasas ± feldespato potásico; B') Talco + clorita + esmectita + interestratificado regular clorita-esmectita + plagioclasa ± illita ± feldespato potásico ± cuarzo ± paragonita; y C') La anterior pero sin esmectita.

Respecto a las asociaciones observadas en bordes enfriados, consideramos significativa la B), que para una presión de 1Kbar correspondería a temperaturas del orden de 400-500° C (WINKLER, 1976).

Las asociaciones señaladas en sedimentos encajantes sugieren los siguientes comentarios. Primero, reincidir en que al ser desconocida la litoestratigrafía del Keuper del Pirineo, es difícil evaluar los cambios de composición debidos a la intrusión de la dolerita. Por otra parte, no se han observado zonalidades claras en la naturaleza de la fracción arcilla de los sedimentos próximos a los bordes enfriados.

Los datos contenidos en LUCAS (1962) referentes únicamente a los filosilicatos de la fracción arcilla no permiten caracterizar la mineralogía de las lutitas de facies Keuper del Pirineo. ROMERO (1967) señala la presencia de illita, esmectita, clorita, calcita y dolomita, como componentes de lutitas de facies Keuper en el Pirineo francés (Amélie-les-Bains).

En las series estudiadas por nosotros llama la atención la ausencia de dolomita y la escasez de cuarzo. Las litofacies de dolomías, y la presencia de dolomita en las lutitas es frecuente en las facies Keuper de otras zonas (BASTIDA *et al.*, 1985), por ello parece plausible la desaparición de la dolomita original, para originar talco (siempre presente en las series estudiadas) según la reacción:



que para una presión de 2Kbar determinaría una temperatura de 300-380° C (METZ *et al.*, 1963); en nuestro caso, a menor presión, cabe suponer temperaturas mayores.

Por otra parte, la génesis de esmectitas en condiciones hidrotermales es posible hasta la temperatura de 750° C (AMES y SAND, 1958).

Dado que las doleritas (LAGO, 1980) han experimentado procesos tardíos de hidrotermalismo, determinando rellenos a favor de fracturas que afectan a la roca y al encajante, resulta difícil por el momento, separar los efectos de ambos fenómenos.

Teniendo en cuenta la inestabilidad de los minerales expandibles, fuera de condiciones hidrotermales, a temperaturas superiores a 200° C (VELDE, 1979) hay que admitir que después de generarse las asociaciones observadas, la columna sedimentaria soportada por estos sedimentos no ha sido suficiente para generar por gradiente geotérmico normal temperaturas superiores a la señalada, lo cual está de acuerdo con la situación paleogeográfica de la zona.

BIBLIOGRAFIA

- AMES, L., y SAND, L. B. (1958): «Factors affecting maximum hydrothermal stability in montmorillonites». *Amer. Mineralog.*, 43, pp. 641-648.
- AMIGO, J. M., y LAGO, M. (1985): «Clinopyroxene geothermometry of Triassic dolerites from Estopiñan area (Huesca-Lérida, Spain)». *Reunion Soc. Franç. Mineralog et Cristallogr. Les pyroxenes*, Fontainebleau.
- BARAHONA, E. (1974): «Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: evaluación de algunos ensayos de materias primas». *Tesis doctoral Universidad de Granada*, núm. 49.
- BASTIDA, J.; INGLÉS, M., y ORTÍ, F. (1985): «Observaciones sobre Mineralogía y Geoquímica de lutitas del Keuper de Valencia». *Cuadernos de Geología Ibérica* (en prensa).

- BEZIAT, D. (1983): «Etude pétrologique et géochimique des ophites des Pyrénées. Implications géodynamiques». *Thèse 3è. cycle Université «Paul Sabatier», Toulouse*.
- BERNUS-MAURY, C. (1984): «Etude des paragenèses caractéristiques du métamorphisme mésozoïque dans la partie orientale des Pyrénées». *Thèse 3è. cycle Univ. Paris VI*, 253 pp.
- BISCAYE, P. E. (1965): «Mineralogy and sedimentation of Recent Deep-Sea Clay in the Atlantic Ocean and Adjacent Seas and Oceans». *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 76, pp. 803-832.
- BOSSIERE, G. (1968): «Etude pétrographique des ophites de la région de Bedou». *Thèse 3è. cycle Univ. Paris VI*, 113 pp.
- CABALLERO, M. A., y MARTÍN-VIVALDI, J. L. (1975): «Estudio mineralógico de la fracción fina del Triás español». *Memorias del IGME*, t. 87.
- GOLDSMITH, J. R.; GRAF, D. L., y JOENSUU, O. I. (1955): «The occurrence of magnesian calcites in nature». *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 7, pp. 212-230.
- FONTEILLES, M. J., y MUFFAT, S. (1970): «Etude pétrographique de deux dolérites (ophites) à pigeonite et olivine des Pyrénées occidentales». *Bull. Soc. Franç. Mineral. Cristallogr.*, 93, 555-570.
- HOWER, J. (1981): «X-ray diffraction identification of mixed layer clay minerals», in Longstaffe, F. J. (editor): *Clays and the Resource Geologist*, Short Course Handbook, v. 7, Mineralogical Association of Canada.
- KUDO, A. M., y WEILL, D. F. (1970): «An igneous plagioclase thermometer». *Contrib. Mineral. Petrol.*, 25, pp. 52-65.
- LAGO, M. (1980): «Estudio geológico, petrológico, geoquímico y de aprovechamiento industrial de rocas ofíticas en el norte de España». *Tesis doctoral Universidad de Zaragoza*, 2 vols., 444 pp.
- LAGO, M., y POCOVÍ, A. (1982): «Nota preliminar sobre la presencia de estructuras fluidales en las ofitas del área de Estopiñán (provincia de Huesca)». *Acta Geológica Hispánica*, 17 (4), pp. 227-233.
- LAGO, M., y POCOVÍ, A. (1984): «Aspectos geológicos y petrológicos de las doleritas triásicas (ofitas) de Cantabria». *I Congreso Español de Geología*, 2, pp. 147-161.
- LAGO, M., y POCOVÍ, A. (1985): «Magmatismos en el límite del Triás superior-Lías inferior del área cantábrica y de los Pirineos: Características geológicas, petrológicas y consideraciones estructurales». *Cuadernos de Geología Ibérica* (en prensa).
- LUCAS, J. (1962): «Les transformations des minéraux argilleux dans la sédimentation. Etudes sur les argiles du Triás». *Mem. du Service de la Carte Geol. d'Alsace et de Lorraine*, núm. 23.
- MARTÍN-VIVALDI, J. L., y MCEWAN, D. M. G. (1960): «Corrensite and swelling chlorite». *Clay Minerals Bulletin*, 4, pp. 173-181.
- METZ, E. V., y WINKLER, M. G. F. (1963): «Experimentelle gesteins metamorphosen VII. Die bildung von talc aus Kieseling dolomit». *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 27, pp. 431-457.
- PUGA, E.; MORTEN, L.; BUNDI, M.; BARBOSSI, J. M.; RUIZ-CRUZ, M. D., y DÍAZ DE FEDERICO, A. (1983): «Metamorphoses ophytes from Archidona region Subbetic Zone (Spain)». *Est. Geol.*, 39, pp. 307-317.
- ROMERO, A. (1967): «Etude mineralogique des formations argileuses des bassins d'Amélie-les-Bains (Pyrénées Orientales)». *Bull. Soc. Franç. Min. Cristallogr.*, 90, pp. 364-376.
- RUIZ-CRUZ, M. D., y LUNAR, R. (1982): «Datos mineralógicos relativos a las "ofitas" triásicas del Sector central de la Cordillera Subbética y a los sedimentos arcillosos que las engloban». *Bol. Geológico y Minero*, 93, pp. 172-186.

- RUIZ-CRUZ, M. D., y BARCELÓ, G. (1984): «Zonación mineralógica en el contacto de un cuerpo intrusivo básico (Trías de la Dorsal Bética)». *Boletín Geológico y Minero*, 98, pp. 255-267.
- SCHULTZ, L. G. (1964): «Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical data for the Pierre Shale». *Geological Survey, Prof. Paper*, 391-C, C1-C31.
- SUREAU, B., y THIEBAUT, J. (1969): «Les ophites de la region de Salies du Salat». *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 90, pp. 23-32.
- THOREZ, J. (1976): *Practical identification of clay minerals*. Edit. G. Lelotte, Dison (Bélgica).
- VELDE, B. (1979): «Clays and Clay Minerals in natural and synthetic systems». *Developments in Sedimentology*, Elsevier, núm. 21.
- WALGENWITZ, F. (1976): «Etude petrologique des roches instrusives triasiques, des écailles du socle profond et des gites de chlorite de la region d'Elizondo (Navarre espagnole)». *Thèse Fac. Sc. Techn. Univ. Besançon*, 167 pp.
- WARSHAW, C., y ROY, R. (1961): «Classification and scheme for the identification of layer silicates». *Geol. Soc. of America Bull.*, 72, pp. 1455-1492.
- WINKLER, H. G. F. (1976): *Petrogénesis de rocas metamórficas*. Ed. Blume, 346 pp.