

# COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LAS ARCILLAS DEL CRETÁCICO MEDIO DE LOS FLYSCHS DE UBRIQUE Y DEL CORREDOR DEL BOYAR (COMPLEJO DEL CAMPO DE GIBRALTAR): IMPLICACIONES PALEOGEOGRÁFICAS

A.López Galindo (1) y A.Martín-Algarra (2)

(1) Instituto Andaluz de Geología Mediterránea y Dpto. Mineralogía y Petrología. C.S.I.C. Universidad de Granada. 18071.- GRANADA

(2) Dpto. Estratigrafía y Paleontología e I.A.G.M. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. 18071.- GRANADA

## RESUMEN

El estudio por DRX, SEM, TEM y EDX de los materiales arcillosos del Cretácico medio (Aptiense-Cenomaniense) de los flyschs de Ubrique y del Corredor del Boyar pone de manifiesto diferencias apreciables entre ellos, así como de ambos con respecto a las formaciones arcillosas coetáneas depositadas en las Zonas Externas béticas. Tales diferencias mineralógicas y geoquímicas coinciden con otras de mayor escala establecidas a partir del análisis de facies, e ilustran claramente una diversa procedencia de los aportes en cada caso y una distinta batimetría y posición paleogeográfica dentro de la cuenca. Los materiales arcillosos de estos flyschs están esencialmente constituidos por cuarzo y filosilicatos, entre los que predominan la illita, las esmectitas y los interestratificados; la caolinita y los feldspatos son escasos y la clorita aparece como trazas. La calcita es un componente sistemático del Flysch de Ubrique y se presenta sólo excepcionalmente en el Corredor del Boyar.

Ambos conjuntos de materiales se depositaron en el extremo occidental del Surco de los Flyschs Cretácicos, dominio de dependencia paleogeográfica esencialmente norteafricana, cuya alimentación fue netamente diferente a la del margen sudibérico. La presencia sistemática de carbonatos, la mayor abundancia de cuarzo e interestratificados, la menor proporción de esmectitas y la mayor cristalinidad y homogeneidad de las arcillas en el Flysch de Ubrique sugieren que éste se acumuló en una región de la cuenca más cercana al margen norteafricano que el Flysch del Corredor del Boyar. Éste, por su parte, se debió depositar en el borde más interno del extremo occidental del Surco de los Flyschs, en medios químicamente más confinados y cuya alimentación estuvo más bien relacionada con los aportes procedentes de los grandes sistemas turbidíticos profundos del Flysch Mauritaniese, cuyos terrígenos derivaron de la erosión de macizos emergidos que hoy forman parte de diversas unidades tectónicas de las Zonas Internas kábil-bético-rifeñas.

**Palabras clave:** Arcillas, Cretácico medio, Cordilleras Béticas, Complejo del Campo de Gibraltar.

## ABSTRACT

DRX, SEM, TEM and EDX studies of Mid-Cretaceous (Aptian-Cenomanian) claystones of the Ubrique and Corredor de Boyar Flyschs show significative differences between them, and with coetaneous clayey formations of the External Zones of the Betic Cordillera. Such mineralogical and geochemical differences are synchronous with others of larger scale established by means of facies analysis; they clearly illustrate a different provenance of clastic materials and a diverse bathymetry and paleogeographic position inside the basin. Clayey rocks of the formations studied are essentially made-up of quartz and phyllosilicates, predominantly illite, smectite and mixed-layers. Kaolinite and feldspars are scarce and chlorite is also present as traces. Calcite is a systematic component of the Ubrique Flysch but it is only exceptionally found in the Corredor del Boyar Flysch.

Both flyschs were deposited in the westernmost part of the Cretaceous Flyschs Basin, a domain paleogeographically linked to the North-African continental margin. Their terrigenous sources were clearly different from those of the South Iberian margin. The generalized presence of carbonates, the greater abundance of quartz and mixed-layers, the lesser amount of smectites, and the better crystallinity and homogeneity of clay crystals indicate that the Ubrique Flysch was deposited in a part of the basin nearer to the North African margin than the Corredor del Boyar Flysch. The latter, on the other hand was possibly deposited more in the internal part of the Flysch Basin, in environments more restricted chemically. The terrigenous sources of the Corredor del Boyar Flysch were possibly related to great deep-sea turbiditic systems of the Mauritanian Flysch, the terrigenous of which came from

the erosion of emerged massifs, later incorporated to the Kabylo- Bético-Rifian Internal Zones by the alpine tectonics.

**Key words:** Clays, Mid-Cretaceous, Betic Cordillera, Campo de Gibraltar Units.

López Galindo, A. y Martín-Algarra, A. (1990): Composición mineralógica de las arcillas del Cretácico medio de los Flyschs de Ubrique y del Corredor del Boyar (Complejo del Campo de Gibraltar): Implicaciones paleogeográficas. *Rev. Soc. Geol. España*, 3: 53-64.

López Galindo, A. and Martín Algarra, A. (1990): Mineralogical composition of the Mid-Cretaceous clays of the Ubrique and Corredor del Boyar Flyschs (Campo de Gibraltar complex): Paleogeographical implications. *Rev. Soc. Geol. España*, 3: 53-64.

## 1. INTRODUCCIÓN

Al igual que sucede en otras regiones, el estudio de las formaciones depositadas durante el intervalo de tiempo informalmente conocido como "Cretácico medio" presenta un interés especial en las cordilleras alpinas del Mediterráneo occidental, dado que permite poner de manifiesto una serie de fenómenos paleogeográficos particularmente interesantes. Por una parte, durante esta época, se produce primero la reactivación (Aptiense-Albiense) y, más tarde, el cese (Cenomanienense) de la erosión en las áreas continentales, lo que repercute incluso en el depósito en cuencas profundas (Rat, 1982). Este fenómeno coincide con un evento mineralógico de interés, como es el acúmulo, en amplias zonas marinas, de arcillas esmectíticas (cf. Brosse, 1982; Chamley, 1985, etc.). Por otra parte, el "Cretácico medio" es especialmente favorable al depósito de facies oscuras de carácter bituminoso, que constituyen tal vez las mejores rocas-madre de hidrocarburos conocidas. Es admitido de modo general que estos fenómenos paleogeográficos se deben a la convergencia de una serie de factores tectónicos, climáticos y eustáticos que determinaron una máxima extensión y profundización de las cuencas en el margen meridional de la Placa Ibérica (Azema *et al.*, 1979; García Hernández *et al.*, 1980; Martín Algarra, 1987) y la creación de unas condiciones oceanográficas globales especialmente favorables a la restricción de la circulación oceánica y, por lo tanto, al estancamiento de las aguas y al depósito de facies euxínicas, esto es, al desarrollo de los llamados eventos anóxicos oceánicos (Jenkyns, 1980).

En las Cordilleras alpinas del Mediterráneo occidental están bien representados los depósitos del Cretácico medio, sobre todo en las Zonas Externas de la Cordillera Bética (Vera *et al.*, 1982) y de las Cordilleras Norteafricanas del Rif y Tell y, en éstas últimas además, en el Complejo de los Flyschs que jalona el contacto con las Zonas Internas (Wildi, 1983).

En las Zonas Externas béticas el Cretácico medio está relativamente bien conocido. La Zona Prebética constituyó durante esta edad una plataforma carbonatada pericontinental a la que accedían esporádicamente terrígenos procedentes de la erosión de los relieves

de la Meseta Ibérica, que se depositaron en ambientes fluviales o fluviomarinos (García Hernández, 1978, 1979). En la Zona Subbética, por el contrario, la sedimentación tuvo lugar en condiciones pelágicas (Vera *et al.*, 1982) y fue de carácter esencialmente margoso o arcilloso, si bien es frecuente encontrar intercalaciones turbidíticas -tanto areniscosas como carbonatadas- que localmente alcanzan un considerable espesor (Fm. Far-des, Fm. Argos, etc. Comas, 1978; Hermes, 1978; Vera *et al.*, 1982). La cuenca subbética no constituyó, pues, una entidad simple durante el Cretácico medio, sino bastante compleja, tanto por lo que se refiere a la forma de la misma como a la batimetría de sus diferentes partes, a la naturaleza e intensidad de los mecanismos de depósito o a la procedencia de los aportes.

Desde el punto de vista de los aportes, la mineralogía permite reconocer la existencia de dos ámbitos sedimentarios diferentes en esta época (López Galindo, 1986a; López Galindo *et al.*, 1987): uno externo o septentrional, de carácter proximal, que muestra claras influencias de los aportes terrígenos procedentes de la Meseta Ibérica (cuarzo + calcita + ilita + caolinita + interestratificados I-S + clorita); y otro interno o meridional, que muestra un carácter mucho más distal y por lo general más profundo que el anterior (esmectitas + ilita + cuarzo + paligorskita + ópalo CT + caolinita + clinoptilolita).

Puede decirse, pues, que los principales rasgos sedimentarios del Cretácico medio de las Zonas Externas béticas son ya conocidos. Por el contrario, los datos disponibles sobre los niveles coetáneos de dominios más internos son muy escasos o inexistentes, lo cual deriva en primer lugar de la escasez de afloramientos, en segundo lugar de su extraordinaria complejidad tectónica y, en tercer lugar, de las dificultades de datación que por lo general plantean. El objetivo del presente trabajo es precisamente cubrir parcialmente esta laguna de conocimientos, procediendo al estudio mineralógico del Cretácico medio de dos unidades tectónicas un tanto particulares pertenecientes al Complejo del Campo de Gibraltar: los Flyschs Cretácicos de Ubrique y del Corredor del Boyar.

## 2. LOS FLYSCHS CRETÁICOS DE UBRIQUE Y DEL CORREDOR DEL BOYAR

Las unidades tectónicas a las que pertenecen los materiales del Cretácico medio aquí estudiados (figura 1) fueron definidas por Bourgois (1970) y Dubois (1971) y afloran a lo largo de una depresión estrecha y alargada, conocida como Corredor del Boyar, que constituye una zona de fallamiento transcurrente dextral mayor que afectó al límite Penibético-Subbético Medio después de la superposición tectónica del Complejo del Campo de Gibraltar sobre las Zonas Externas béticas.

### 2.1. El Flysch de Ubrique

Esta unidad se ha reconocido al W de Ubrique, donde aparece en ventana tectónica bajo materiales triásicos de facies germano-andaluzas intensamente deformados y brechificados. En su serie estratigráfica se pueden diferenciar dos conjuntos litológicos principales, cuyas edades respectivas son Albiense medio a Cenomaniense-Turonense y Senoniense fundamentalmente superior. El primero de ellos es el estudiado aquí y está mayoritariamente constituido por arcillas y margas arcillosas de colores pardo-oliváceos, entre las que se intercalan areniscas micáceas más o menos calcáreas de origen turbidítico, en estratos generalmente finos (centimétricos a decimétricos) así como esporádicos niveles de margocalizas grises. Las arcillas más bajas del conjunto contienen foraminíferos planctónicos y nanoplancton que permiten datar el Albiense medio y superior y el Vraconiense inferior y en ellas la relación arena/lutita es baja. Las intercalaciones areniscosas son de grano fino, contienen matriz arcillosa abundante y muestran un muro neto, con frecuentes estructuras de carga y de corriente (*flute, groove y bounce casts, ripples, etc.*) que indican paleocorrientes procedentes del O y SO y, eventualmente, del NO. Las secuencias turbidíticas suelen estar truncadas por la base y son, mayoritariamente, del tipo Tc-d - Tc-e. En algunos niveles más potentes (hasta 1 metro) se observan secuencias de Bouma completas.

En la parte superior de este conjunto litológico, en niveles de edad Vraconiense y Cenomaniense, las intercalaciones de areniscas se hacen más abundantes y potentes, aumentando el tamaño de grano, la relación arena/lutita y la proporción de clastos carbonatados. Entre éstos abundan los oolitos y fragmentos de calizas de plataforma, además de micritas con calciesferúlidos y foraminíferos planctónicos. Algunos niveles contienen abundantes orbitolinas. El tramo finaliza con un conjunto arcilloso, algo más oscuro que el resto y con escasas intercalaciones areniscosas, depositado durante el evento anóxico del límite Cenomaniense-Turonense (Thurrow, 1987).

En conjunto, los sedimentos aquí estudiados se pueden asignar a la facies G de Mutti y Ricci-Lucchi (1975) en los niveles más bajos y D en la parte superior. Se debieron depositar en una llanura submarina

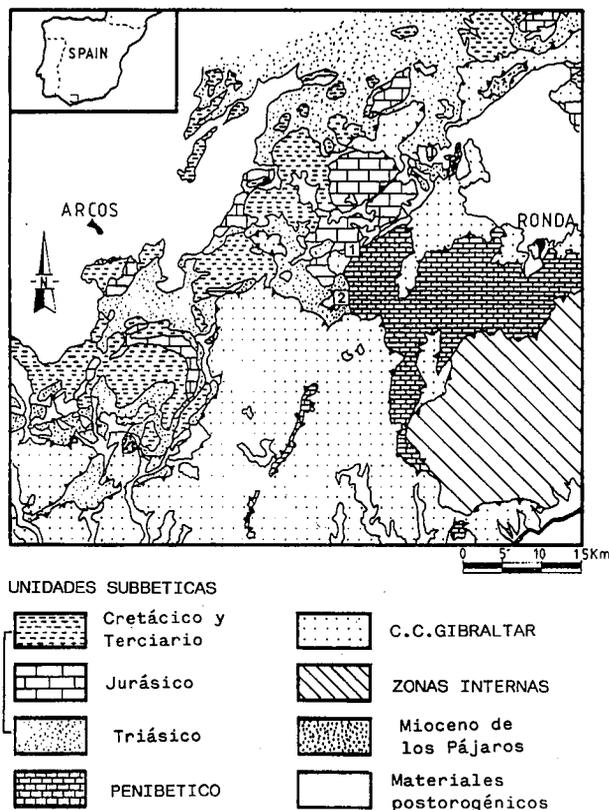


Fig. 1.-Esquema geológico de un sector de la Cordillera Bética occidental. 1: Flysch del Corredor del Boyar; 2: Flysch de Ubrique.

Fig. 1.-Geological sketch of a part of the western Betic Cordillera. 1: Corredor del Boyar Flysch. 2: Ubrique Flysch.

profunda, a la que accedían escasos aportes turbidíticos que, en parte, removilizaban sedimentos procedentes de una plataforma carbonatada somera.

### 2.2. El Flysch del Corredor del Boyar

Esta unidad aflora ampliamente al N y NE de Ubrique, donde aparece cabalgada por materiales triásicos y liásicos subbéticos y penibéticos (cf. fig. 1). Sus materiales se encuentran intensamente tectonizados, replegados y, en general, mal expuestos. Dentro de esta unidad se pueden distinguir cuatro formaciones, de edades comprendidas entre el Neocomiense y el Senoniense superior, de las cuales hemos estudiado las de edad Aptiense y Albiense.

La formación arcilloso-arenosa del Aptiense superior está formada por una fina alternancia de niveles centimétricos de arcillas verdes, con abundantes radiolarios, y de areniscas de grano muy fino, con bases netas y techos difusos, que muestran una tenue laminación paralela. Estos depósitos pueden considerarse como turbiditas muy distales (facies D), posiblemente depositadas a gran profundidad, como sugiere su casi nulo contenido en carbonatos y la abundancia de radiolarios.

Las areniscas del Corredor del Boyar, de edad Albiense supuesta por Bourgois (1978) y confirmada mediante radiolarios (Thurrow, 1987) y nannoplancton (este trabajo), forman el conjunto litológico más característico y potente de esta unidad. Está constituido por areniscas cuarzosas y algo feldespáticas, de tonos verdosos, que alternan con arcillas verdes-oliváceas o rojizas. Los estratos de areniscas superan con frecuencia el metro de espesor, presentando bases netas jalonadas de huellas de corriente (*flute, groove y crescent casts*) que indican paleocorrientes dirigidas hacia el N ó NW. Muestran secuencias de Bouma predominantemente del tipo Ta-c con intervalos a y b de gran espesor, que pueden asignarse a las facies C y D de Mutti y Ricci-Lucchi (1975) y su presencia pone de manifiesto la implantación de las partes distales de un gran sistema turbidítico profundo sobre la llanura submarina en la que se depositaron los materiales de la formación infrayacente durante el Aptiense superior.

### 3. METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo han sido fundamentales la difracción de rayos X y la microscopía electrónica, tanto de transmisión como de barrido. Mediante la primera técnica se ha determinado cuali y cuantitativamente la mineralogía, empleando para ello un difractor Philips PW 1710, con rendija automática, radiación CuK  $\alpha$  y una velocidad de exploración de 1°-6°/minuto. Un paso previo a la caracterización de los filosilicatos fue el tratar las muestras con agua oxigenada y con una solución 1N de ácido acético, al objeto de disgregarlas y eliminar la materia orgánica y el carbonato cálcico existente. Mediante el procedimiento standard (cf. López Galindo, 1986) se separaron las fracciones menor de 2 micras y 2-20 micras y se prepararon con ellas agregados orientados para someterlos a diversos tratamientos: solvatación con etilén-glicol y dimetil-sulfóxido y calentamiento a 550° C durante 1 hora. Para la cuantificación de los distintos minerales se emplearon los poderes reflectantes recomendados por Schultz (1964) y Barahona (1972).

El estudio morfológico y químico ha sido llevado a cabo fundamentalmente en un microscopio electrónico de transmisión Zeiss EM 10C, dotado de un detector de Si(Li) y un analizador multicanal KeveX 8000, con una resolución espectral de 150 eV. En cada muestra se analizaron entre 15 y 20 partículas arcillosas de la fracción 2-20 micras por los siguientes motivos: 1.- Se ha comprobado que un estudio químico tradicional por vía húmeda es, en muchos casos, indicativo sólo de la composición media pero no de la composición real de las partículas arcillosas (cf. Paquet *et al.*, 1987) y 2.- El tamaño medio de las partículas arcillosas de estas secuencias es superior a 2 micras (ver la figura 2).

Adicionalmente, algunas características morfológicas fueron estudiadas en un microscopio electrónico de barrido Zeiss DSM 950.

### 3.1. Cálculo de las fórmulas estructurales

Las fórmulas químicas de las arcillas fueron establecidas utilizando las condiciones instrumentales y factores de proporcionalidad indicados por López Galindo *et al.* (1989). Se normalizó el contenido catiónico a una estructura teórica que contiene O10(OH)2 y se supuso que todas las cargas están compensadas. La constatación, mediante la medida del espaciado (060), de la naturaleza claramente dioctaédrica de las esmectitas permitió el asignar una valencia 3 al Fe. El Mg, Ti y Mn han sido colocados en la capa octaédrica, salvo en aquellos casos en que la carga de dicha capa excedía el valor 6. En tales análisis se ha considerado razonable admitir que el exceso de carga correspondía al Mg y parte de éste ha sido colocado en la intercapa.

## 4. MINERALOGÍA

### 4.1. Ubrique.

Los componentes hallados en esta sucesión son, en orden de abundancia, filosilicatos, cuarzo, calcita y feldespatos (figura 3). Por su interés conviene destacar la presencia generalizada de calcita, que localmente alcanza hasta un 35% del total (muestra UB-2) y el elevado porcentaje de cuarzo, cuyos valores oscilan en-

	<2 $\mu$		2-20 $\mu$	
	A	B	A	B
CB-11	0.70	0.18	0.50	0.40
CB-10	0.50	0.26	0.30	0.42
CB-9	0.65	0.32	0.20	0.45
CB-8	0.60	0.27	0.40	0.38
CB-7	0.60	0.25	0.40	0.36
CB-6	0.60	0.25	0.40	0.40
CB-5	0.50	0.20	0.35	0.40
CB-4	0.80	0.19	0.60	0.35
CB-3	0.80	0.18	0.60	0.32
CB-2	0.70	0.20	0.50	0.35
CB-1	0.70	0.17	0.50	0.36
UB-10	0.60	0.30	0.30	0.33
UB-9	0.50	0.50	0.25	0.52
UB-8	0.40	0.45	0.25	0.56
UB-7	0.55	0.50	0.30	0.50
UB-6	0.50	0.50	0.25	0.45
UB-5	0.50	0.40	0.25	0.45
UB-4	0.50	0.50	0.25	0.55
UB-3	0.50	0.45	0.30	0.35
UB-2	0.40	0.40	0.30	0.55
UB-1	0.50	0.50	0.25	0.65

TABLA I.-Índice de cristalinidad de la illita (A) y relación de intensidades I(002)/I(001) del mismo mineral (B) en las muestras y fracciones estudiadas.

TABLE I.-Crystallinity index of illite (A) and I(002)/I(001) of this mineral (B) in the studied samples and fractions.

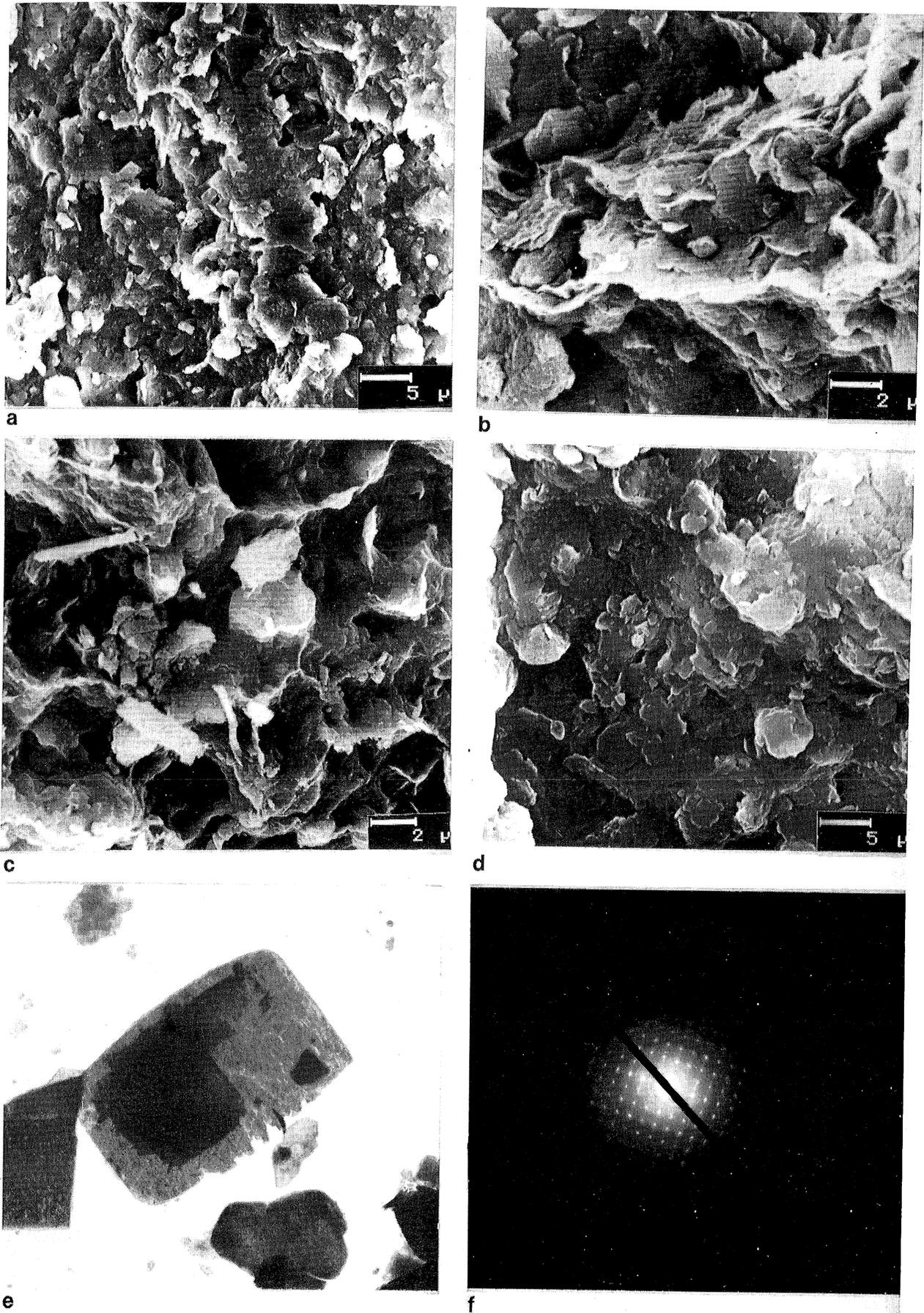


Fig. 2.-Aspecto de los materiales en el microscopio electrónico de barrido (a,b,c,d) y de transmisión (e,f). a) Muestra UB-3. b) UB-8. c) CB-2. d) CB-8. e) Cristal hipidiomorfo de apatito (x 10000). f) Difracción de electrones del cristal anterior.

Fig. 2.-SEM (a,b,c,d) and TEM (e,f) photos of studied samples. a) Sample UB-3. b) UB-8. c) CB-2. d) CB-8. e) Hipidiomorphic crystal of apatite (x10000). f) Electron diffraction of crystal in e.

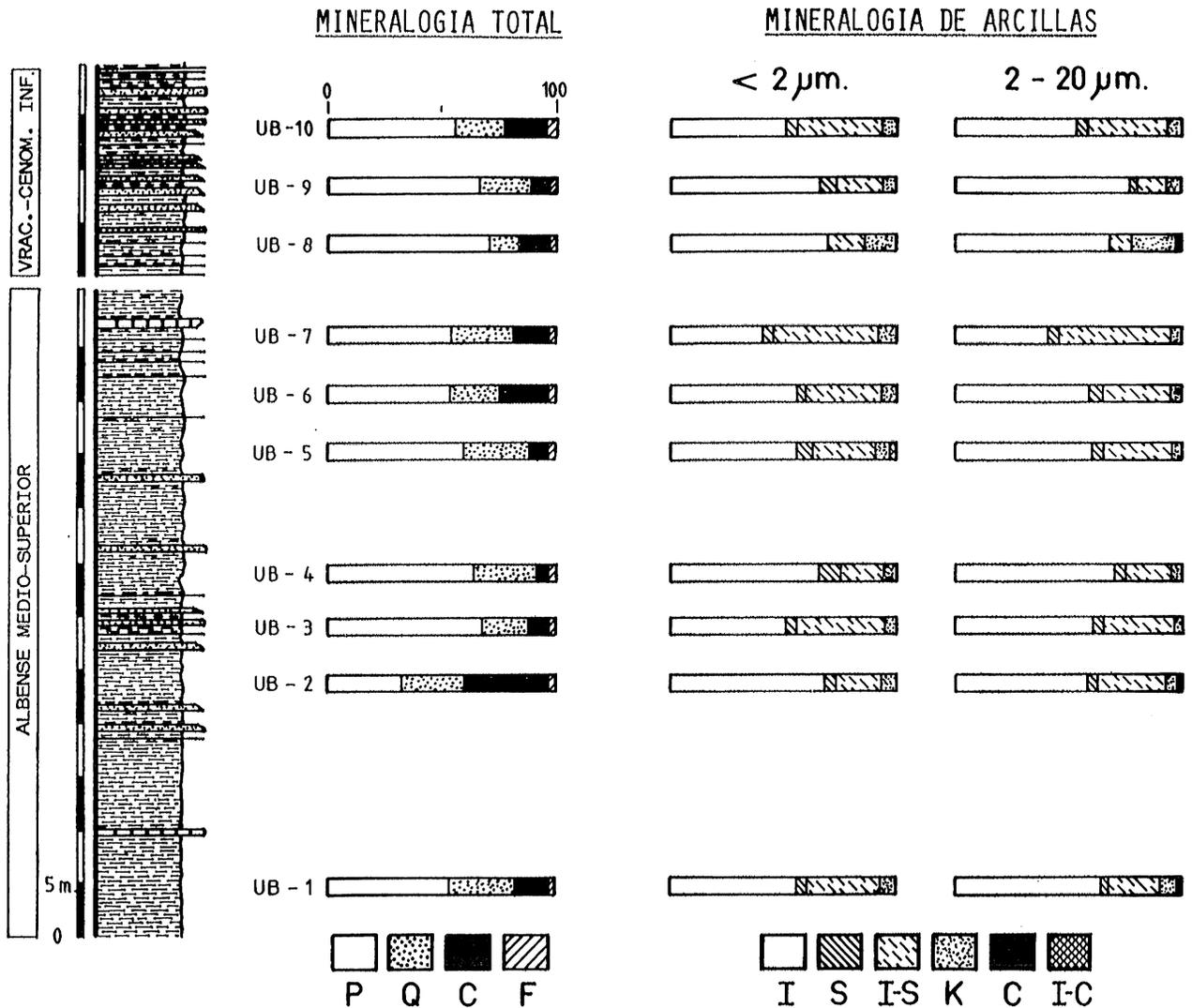


Fig. 3.-Mineralogía total y de arcillas de los materiales analizados en la secuencia del Flysch de Ubrique. P= filosilicatos; Q= cuarzo; C= calcita; F= feldespatos; I= illita; S= esmectitas; I-S= interestratificados illita-esmectita; K= caolinita; C= clorita; I-C= inter. illita-clorita.

Fig. 3.-Bulk and clay mineralogy of the Ubrique Flysch sequence. P= phyllosilicates; Q= quartz; C= calcite; F= feldspars; I= illite; S= smectite; I-S= mixed-layers of illite-smectite; K= kaolinite; C= chlorite; I-C= mixed-layers of illite-chlorite.

tre el 15% y el 30%. La microscopía electrónica de transmisión ha revelado, además, la existencia de cristales hipidiomorfos de apatito (ver fig. 2e y 2f) en el nivel UB-7.

Por lo que respecta a los minerales de la arcilla hay que indicar que illita e interestratificados illita-esmectita son las fases dominantes en las fracciones arcilla (menor de 2 micras) y limo (2-20 micras). Las proporciones del primero varían entre el 40% y el 75%, en tanto que el segundo lo hace entre el 10% y el 50%, sin que se observen tendencias diferenciales entre las fracciones menor de 2 micras y de 2 a 20 micras a lo largo de la sucesión. La medida del índice de Kübler de la illita (Kübler, 1964) y de su relación I(002)/I(001) (Esquivin, 1969) (cf. tabla I) pone de manifiesto que ésta es bastante homogénea, cristalina y aluminica. Por otro lado, la existencia en los difractogramas de bandas an-

chas e, incluso, de dos o tres picos diferentes en la zona 11Å-14Å, nos induce a pensar que coexisten interestratificados illita-esmectita con porcentajes variables de la fase expandible.

Las esmectitas y la caolinita están siempre presentes. Su concentración no supera el 7%, a excepción de la muestra UB-8, cuya fracción limo contiene hasta un 20% de caolinita.

Clorita e interestratificados illita-clorita se presentan ocasionalmente, aunque siempre como trazas.

#### 4.2. Corredor del Boyar

En todas las muestras analizadas dominan claramente dos componentes: los filosilicatos, cuya proporción varía entre el 68% y el 82%, y el cuarzo, que lo



tajes en los tramos inferior y superior anteriormente citados. Al igual que en la secuencia anterior, coexisten interestratificados illita-esmectita de distintos tipos.

La caolinita no suele superar el 10%, salvo en las muestras CB-2 y CB-3, en donde se asocia a notables cantidades de illita-esmectita. La clorita aparece normalmente como trazas.

## 5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS ESMECTITAS E INTERESTRATIFICADOS I-S

Para representar gráficamente la composición química de estas arcillas se han elegido diversos tipos de diagramas, todos ellos recogidos en las figuras 5 y 6.

En la columna A se muestra la naturaleza de la capa octaédrica y su déficit de carga en las distintas partículas analizadas por muestra -la línea discontinua con un valor 1.3 representa el límite inferior de las esmectitas dioctaédricas, según Weaver y Beck (1977). La columna B exhibe, en sendos diagramas triangulares, la distribución Si<sup>IV</sup>-Al<sup>VI</sup>-Fe<sup>VI</sup>-Mg<sup>VI</sup>. Finalmente, la columna C evidencia cómo se reparten los iones Si y Al en la capa tetraédrica (parte inferior) y cómo lo hacen el K, Ca y Mg en la intercapa (parte superior).

### 5.1. Esmectitas e interestratificados I-S de Ubrique (figura 5)

La naturaleza de las arcillas contenidas en esta se-

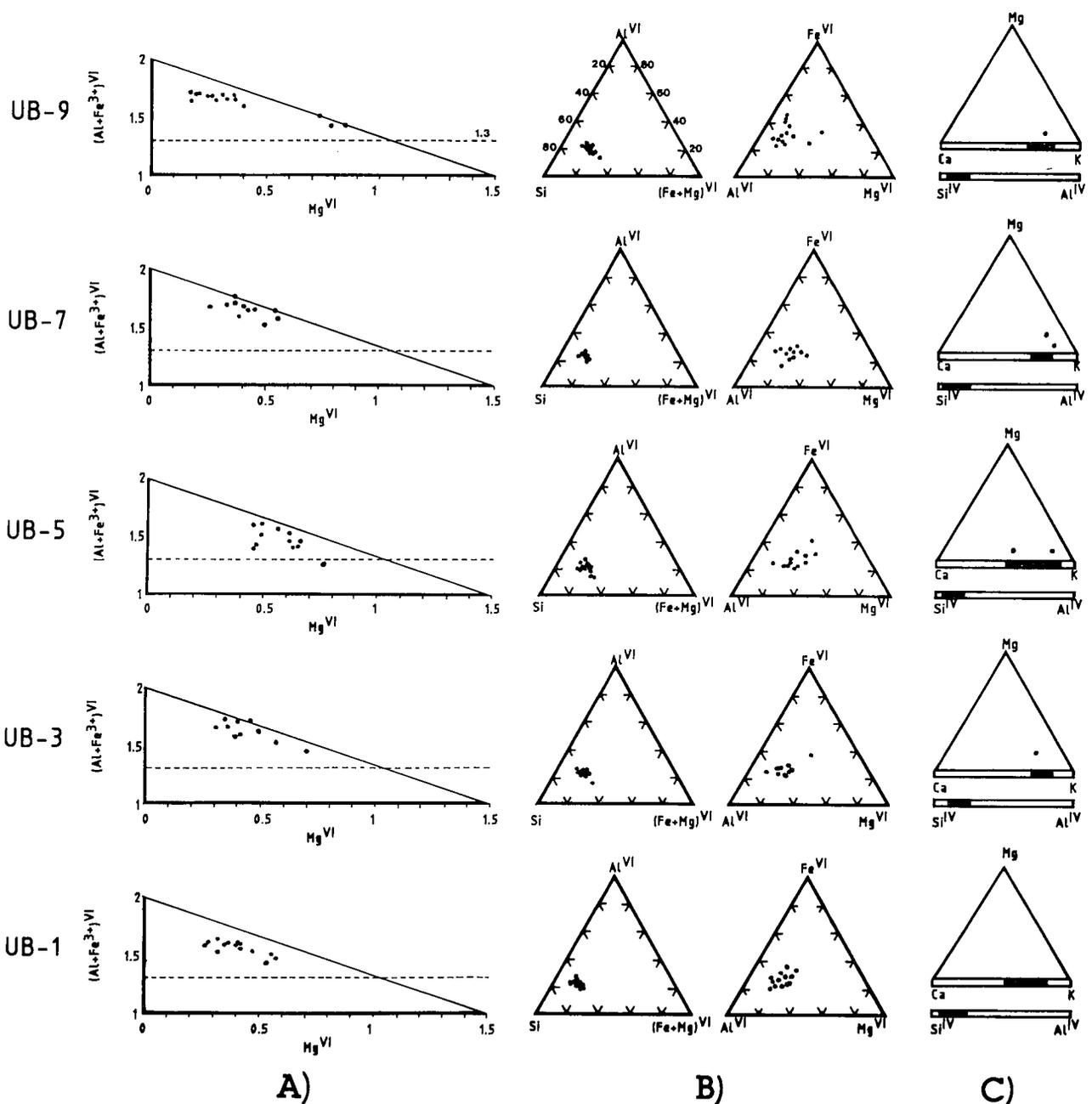


Fig. 5.-Composición química de las esmectitas e interestratificados illita-esmectita de las arcillas analizadas en el Flysch de Ubrique.  
Fig. 5.-Chemical composition of smectites and mixed-layers of illite-smectite. Ubrique flysch.

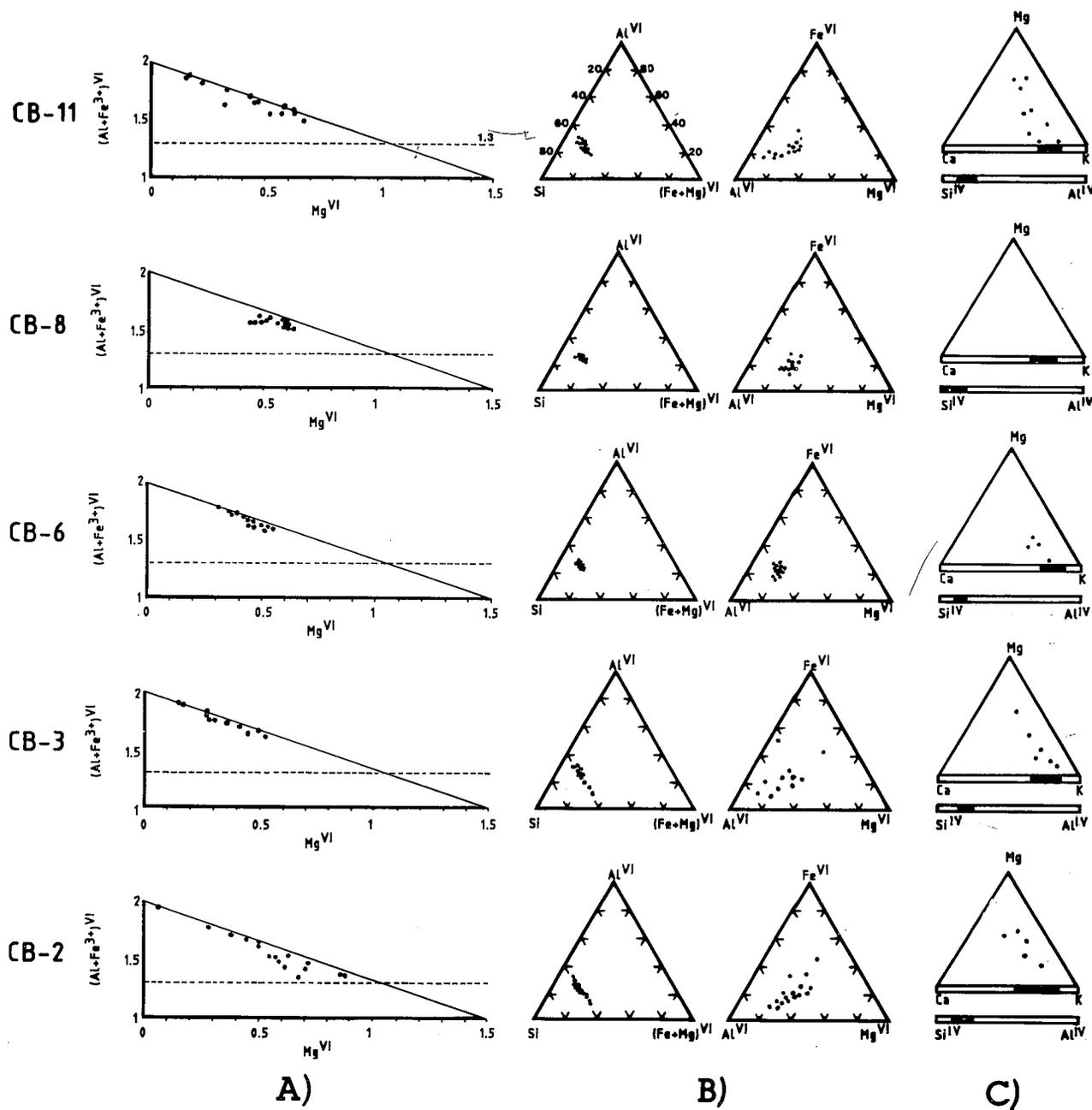


Fig. 6.-Composición química de las esmectitas analizadas en las arcillas del Flysch del Corredor del Boyar.  
 Fig. 6.-Chemical composition of smectites. Corridor de Boyar Flysch.

rie es claramente dioctédrica, pudiendose encuadrar la fase hinchable en los términos montmorillonita-beidellita, si bien no existe gran homogeneidad composicional (nótese la dispersión de puntos en todos los diagramas). La composición química de detalle pone de manifiesto tanto el marcado déficit de carga existente en la capa octaédrica (la práctica totalidad de los puntos caen por debajo de la línea teórica de carga 0 en las diagramas A) como el predominio de K y Ca en la intercapa.

**5.2. Esmectitas del Corredor del Boyar (figura 6)**

En la secuencia existen tres ciclos muy marcados,

que coinciden con los ya señalados en el apartado correspondiente a la mineralogía de esta secuencia. El primero de ellos, que incluye las muestras CB-2 y CB-3, contiene esmectitas cuya composición varía apreciablemente entre sí (el contenido de Mg octaédrico oscila entre 0.05 y 0.9 por media celdilla unidad) y que poseen una notable cantidad de Mg interlamilar. Durante el segundo ciclo -muestras CB-6 y CB-8- se homogeneizan las composiciones de las esmectitas y desaparece prácticamente el Mg como catión interlamilar. Finalmente, en el techo de la secuencia -muestra CB-11- aparecen de nuevo distintos tipos de esmectitas, cuya composición se asemeja bastante a la observada en el muro.

## 6. DISCUSIÓN

De la observación detallada de las características sedimentológicas y mineralógicas de las dos secuencias estudiadas en este trabajo, así como de las particularidades de la composición química de esmectitas e interstratificados I-S y de los parámetros cristalográficos de la ilita, pueden realizarse diversas apreciaciones de interés.

En primer lugar debe destacarse la desigualdad que estos materiales exhiben frente a los depositados más al norte, en lo que hemos denominado "Surco Meridional" de la Zona Subbética (cf. López Galindo, 1986a). Efectivamente, tal y como se indicó en la introducción, estos sedimentos se caracterizaban, en general, por presentar: 1) alta proporción de esmectitas (mayor del 50% de las fracciones arcilla y limo); 2) típica asociación esmectitas + paligorskita + clinoptilolita + ópalo CT en los niveles hemipelágicos; y 3) relativa homogeneidad composicional de las esmectitas (véase, al respecto, la figura 7 en donde, con excepción de los afloramientos 2 y 5 en los que el componente detrítico es mayoritario, destaca la similitud en todas las sucesiones: López Galindo, 1986b).

Es notorio, pues, que tanto la naturaleza de los minerales acumulados como la composición química de las arcillas -comparar, a este respecto, las figuras 5 y 6 con la figura 7- difieren en los márgenes ibérico y nor-

teafriano. Es importante destacar que el notable acúmulo de esmectitas observado en el margen sudibérico y en otras zonas del Atlántico Central-Norte durante esta época del Cretácico (cf. Brosse, 1982) no tuvo, en general, correspondencia en el margen norteafricano. Sólo en los niveles CB-6, CB-8 y CB-9, incluidos en el tramo central de la secuencia, ya aludido por sus características mineralógicas, se aprecia un mayor contenido en esmectitas, cuya composición química es bastante similar a la encontrada en los materiales del Subbético Medio Meridional y Subbético Interno.

Por otro lado, si se consideran los depósitos del propio margen norteafricano, se constatan diferencias importantes entre los Flyschs de Ubrique y del Corredor del Boyar. En efecto, la cristalinidad de la ilita -mayor en Ubrique- y su grado de fengitización -más elevado en Boyar-, así como los altos porcentajes de interstratificados alcanzados en el primero, parecen evidenciar una mayor proximidad al continente africano del depocentro en el que se ubicaron las arcillas de Ubrique, e incluso una diferente procedencia de al menos cierta parte de los aportes en cada caso. Esta hipótesis está avalada además por la presencia de fragmentos de foraminíferos bentónicos (orbitolinas) y de clastos de rocas carbonatadas, claramente procedentes de ambientes de plataforma carbonatada somera, en las turbiditas calcáreas albo-vraconienses del Flysch de Ubrique (Martín Algarra, 1987). Por el contrario, en el Flysch

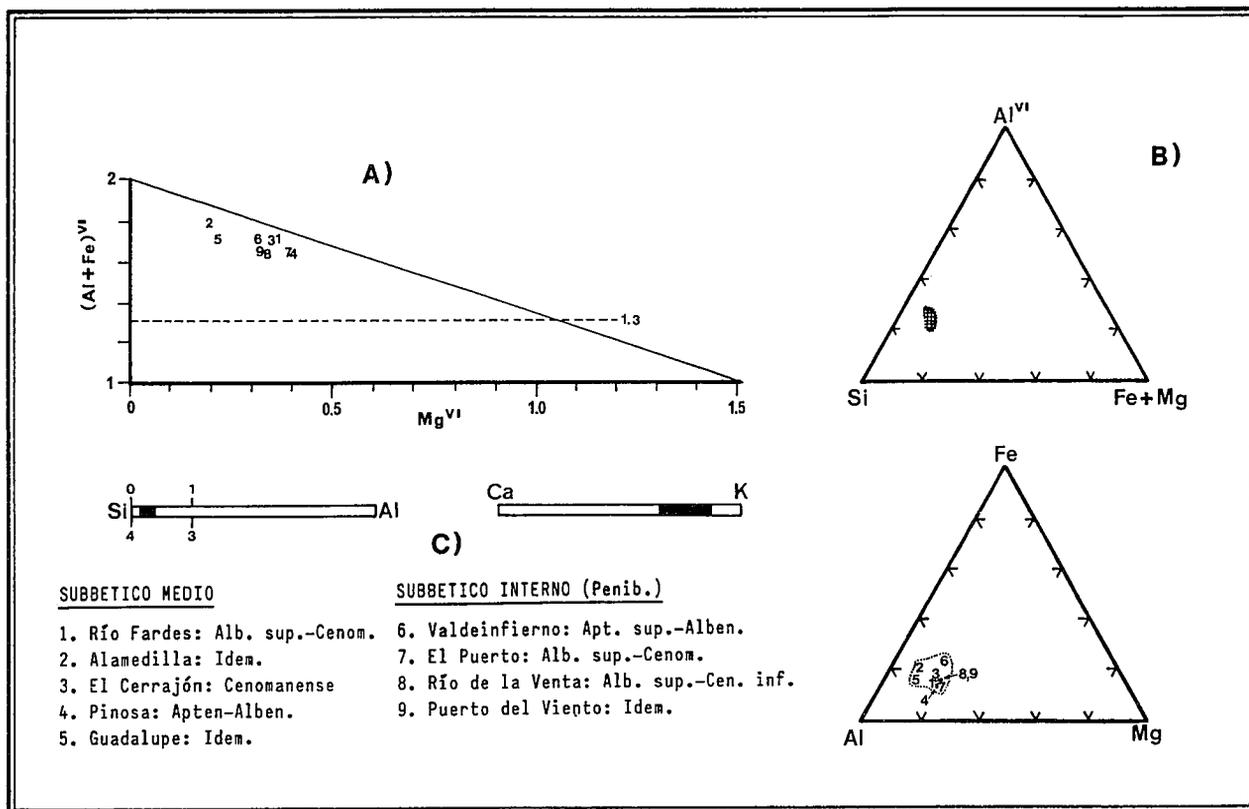


Fig. 7.-Composición química media de las esmectitas de igual edad (Cretácico medio) acumuladas en el margen meridional de la Placa Ibérica (Dominios Subbético Medio Meridional y Subbético Interno).

Fig. 7.-Average chemical composition of smectites of the same age (Mid-Cretaceous) from the Southern margin of the Iberian Plate (Southern Median Subbetic and Internal Subbetic Realms).

del Corredor del Boyar tales depósitos turbidíticos carbonatados no existen y los materiales turbidíticos coetáneos son de carácter terrígeno, lo que evidencia de modo especialmente manifiesto una neta disparidad de los aportes, al menos para una parte de los sedimentos albienses representados en cada una de las secuencias estudiadas.

Algunas precisiones respecto a la paleobatimetría de las cuencas en que se depositaron ambas secuencias pueden aportarse considerando el contenido en carbonatos. En efecto, la proporción media de calcita encontrada en los sedimentos del Flysch de Ubrique es del 15%, sensiblemente superior a la observada en el Flysch del Corredor del Boyar, donde frecuentemente está ausente. Dado que su conservación está condicionada fundamentalmente por la profundidad de la cuenca de depósito -acúmulo sobre o bajo la CCD- y teniendo en cuenta que, para esta época del Cretácico, las estimaciones para la CCD en el Atlántico (cf. Van Andel, 1975) sitúan este nivel entre 3.200 y 3.500 metros, es razonable suponer que la primera secuencia se localizara por encima de este nivel, en tanto que la segunda estaría ubicada en torno a las cifras aludidas. Esta mayor profundidad pudo traducirse en un mayor confinamiento, lo que probablemente favoreció la entrada de Mg en la intercapa de las esmectitas y la génesis de interstratificados illita-vermiculita en las arcillas del Flysch del Corredor del Boyar.

En definitiva, las arcillas del Flysch de Ubrique se debieron depositar en una cuenca que se alimentaba de material terrígeno procedente, en última instancia y

esencialmente, del continente africano. A dicha cuenca llegaban esporádicos aportes turbidíticos de neto carácter distal, que removilizaban sedimentos de la plataforma adyacente al continente. Por su parte, las arcillas del Flysch del Corredor del Boyar se depositaron en una región del margen más alejada del continente africano y de los depósitos que lo circundaban y, posiblemente además, más profunda. A ella accedieron fundamentalmente materiales turbidíticos terrígenos que, por sus características sedimentológicas y petrográficas, pudieron estar ligados a los grandes y activos sistemas turbidíticos del Cretácico inferior del Flysch Mauritaniense, formados en el borde más interno del Surco de los Flyschs Norteafricanos (Chiocchini *et al.*, 1980; Raoult *et al.*, 1982; Gübeli *et al.*, 1984). Las areniscas albienses del Flysch del Corredor del Boyar podrían representar los términos más distales y occidentales de estas formaciones terrígenas, que fueron alimentadas esencialmente a partir de macizos parcialmente emergidos que hoy día forman parte de las unidades tectónicas superiores de las Zonas Internas kabilo-bético-rifeñas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento más sincero a los Sres. R. Aguado Merlo y L. O'Dogherty Luy por las dataciones micropaleontológicas por ellos amablemente realizadas. Este trabajo ha sido financiado por los proyectos PB87-0271 y PB87-0971 de la CICYT.

## BIBLIOGRAFÍA

- Azema, J., Foucault, A., Fourcade, E., García-Hernández, M., González Donoso, J.M., Linares, A., Linares, D., López-Garrido, A.C., Rivas, P. y Vera, J.A. (1979): *Microfacies del Jurásico y Cretácico de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas*. Secr. Publ. Univ. Granada, 83 p.
- Barahona, E. (1974): *Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: evaluación de algunos ensayos de materias primas*. Tesis Univ. Granada, 398 p.
- Brosse, E. (1982): *Contribution à la minéralogie et à la géochimie des sédiments pélagiques profonds. Comparaison des "black-shales" du Crétacé dans l'Atlantique central nord et des dépôts du Malm et du Crétacé en Briançonnais*. Thèse. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 474 p.
- Comas, M.C. (1978): *Sobre la Geología de los Montes Orientales. Sedimentación y evolución paleogeográfica desde el Jurásico al Mioceno inferior (Zona Subbética, Andalucía)*. Tesis, Univ. Bilbao, 323 p.
- Chiocchini, V., Franchi, R., Guerrera, F., Ryan, W.B.F. y Vanucci, S. (1980): Geologia di alcune successioni torbiditiche Cretaceo-Terziarie appartenenti ai "Flyschs Maurétaniens" e alla "Nappe Numidienne" del Rif Settentrionale (Marocco). *Stud. Geol. Camerti*, 4: 37-66.
- Esquevin, J. (1969): Influence de la composition chimique des illites sur la cristallinité. *Bull. Centre Rech. Pau S.N.P.A.*, 3: 147-154.
- García-Hernández, M., López-Garrido, A.C., Rivas, P., Sanz de Galdeano, C., y Vera, J.A. (1980): Mesozoic paleogeographic evolution of the External Zones of the Betic Cordillera. *Geol. Mijnbouw*, 59: 155-168.
- Gübeli, A.A., Hochuli, P.A. y Wildi, W. (1984): Lower Cretaceous turbiditic sediments from the Rif Chains (Northern Morocco) - palinology, stratigraphy and paleogeographic setting. *Geol. Rundschau*, 73: 1081-1114.
- Hermes, J.J. (1978): The stratigraphy of the Subbetic and Southern Prebetic of the Vélez Rubio-Caravaca area and its bearing on transcurrent faulting in the Betic Cordillera of the Southern Spain. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch.*, 81: 41-72.
- Jenkyns, H.C. (1980): Cretaceous anoxic events: from continents to oceans. *Jour. Geol. Soc. London*, 137: 171-188.
- Kübler, B. (1964): Les argiles, indicateurs de métamorphisme. *Rev. Inst. Franc. Pétrole*, 19: 1093-1112.
- López Galindo, A. (1886a): *Las facies oscuras del Cretácico medio en la Zona Subbética. Mineralogía y sedimentación*. Tesis Univ. Granada, 267 p.
- López Galindo, A. (1886b): Mineralogía de series cretácicas de la Zona Subbética. Algunas consideraciones paleogeográficas derivadas de la composición química de las esmectitas. *Estudios Geol.* 42: 231-238.
- López Galindo, A., Comas, M.C. y Fenoll Hach-Ahí, P. (1987): Subbetic, Middle Cretaceous, dark mudstones on the Southern Iberian Palaeomargin: analysis of the clays and their

- palaeogeographic implications. *VI Meeting of the European Clay Groups, Proceedings* 342-345.
- López Galindo, A., Segura, E., Sánchez Navas, A., Guerrero, M.J y Ortega Huertas, M. (1989): Puesta a punto del microanálisis EDX con el microscopio electrónico de transmisión Zeiss EM 10C. *Rev. Soc. Geol. España*, 2: 153-159.
- Martín Algarra, A. (1987): *Evolución geológica alpina del contacto entre las Zonas Internas y las Zonas Externas de la Cordillera Bética*. Tesis Univ. Granada, 1171 p.
- Mutti, E. y Ricci-Lucchi, F. (1975): Turbidite facies and facies associations. In: *Examples of turbidite facies and facies associations from selected formations of the Northern Apennines* (E. Mutti *et al.*, Eds.). *IX Int. Congr. Sedim., Nice-75, Field Trip A-11*.
- Paquet, H., Duplay, J., Valleron-Blanc, M.M., y Millot, G. (1987): Octahedral compositions of individual particles in smectite-palygorskite and smectite-sepiolite assemblages. *Proceedings of the Intern. Clay Confer., Denver*, 73-77.
- Rat, P. (1982): Factores condicionantes en el Cretácico de España. *Cuad. Geol. Ibérica*, 8: 1059-1076.
- Raoult, J.F., Renard, M. y Melières, F. (1982): Le flysch mauretania de Guerrouch: cadre structural, données sédimentologiques et géochimiques (Petite Kabylie, Algérie). *Bull. Soc. Geol. France* (7), 24: 611-622.
- Schultz, L.G. (1964): Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical data for the Pierre Shale. *U.S. Geol. Surv. Profes. Paper 391-C*, 31 p.
- Thurrow, J. (1987): *Die kretazischen Turbiditserien im Gibraltarbogen: Bindeglied zwischen atlantischer und tethyalen Entwicklung*. Tesis Univ. Tübingen, IX+496 p.
- Van Andel, T.J. (1975): Mesozoic/Cenozoic calcite compensation depth and global distribution of calcareous sediments. *Earth Planet. Sci. Lett.* 26: 187-194.
- Vera, J.A., García-Hernández, M., López-Garrido, A.C., Comas, M.C., Ruiz-Ortiz, P.A. y Martín Algarra, A. (1982): El Cretácico de la Cordillera Bética. In: *El Cretácico de España*, Univ. Complutense, Madrid, 515-632.
- Weaver, C.E. y Beck, K.C. (1977): Miocene of the SE USA: A model for chemical sedimentation in a perimarine environment. *Devel. in Sedim.*, 22, Elsevier. 234 p.
- Wildi, W. (1983): La chane tello-rifaine (Algerie, Maroc, Tunisie): structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. *Rev. Geol. dyn. Geogr. phs.*, 24: 201-297.

*Recibido el 5 de septiembre de 1989  
Aceptado el 15 de noviembre de 1989*