

# Mineralogía de arcillas y diagénesis en la Formación de Quintanaloma (Cretácico Superior, Norte de Burgos, España)

*Clay mineralogy and diagenesis in the Quintanaloma Formation sediments (Upper Cretaceous, Northern Burgos, Spain)*

I. Regidor-Higuera, M.C. Zuluaga, F. García-Garmilla y J. Elorza

Dpto. de Mineralogía y Petrología, Universidad del País Vasco, Ap.644, 48080-Bilbao (Spain),  
E-mail: npbrehi@ig.ehu.es

## ABSTRACT

The preliminary results of mineralogical analysis of 28 inner platform carbonate samples taken from the Quintanaloma Formation sediments (Upper Campanian-Lower Maastrichtian) at the Gredilla de Sedano section (northern Burgos) are presented. Calcite is the most important mineral and is represented by both micritic matrix and «blocky» crystals derived from cementation and recrystallization of bioclasts. Ankerite is thought to have been formed under early diagenetic conditions. Its iron source was probably related to continental soils and further flocculation favoured by humic acids at low salinities into a gently dipping carbonate ramp. Detrital siliciclastic minerals indicate the influence of a deltaic system which became less active towards the upper half of the section. Clay minerals are clearly inherited in origin and confirm a very low diagenetic degree. So it is suggested from the presence of kaolinite along the whole studied section and the less-transformed smectite (R0). Smectite is associated to siliciclastic inputs related to distal but not necessarily deep areas of a possible deltaic apparatus. Kaolinite is persistent along the whole section and was probably formed under the humid and warm climatic conditions that largely dominated the Norcastilian Platform during the late Cretaceous. Finally, detrital illite is widely documented in the most part of the less-diagenetized sections of the Basque-Cantabrian Basin.

**Key words:** Clay minerals, Diagenetic degree, Gredilla de Sedano, Upper Cretaceous, Spain

Geogaceta, 34 (2003), 179-182  
ISSN: 0213683X

## Introducción

En una primera etapa, nuestro mayor esfuerzo se centró en la determinación de períodos vitales, microestructura y estimación del grado diagenético sufrido por las conchas de rudistas radiolíticos e hippurítidos presentes en los sedimentos de la sección de Gredilla de Sedano (norte de Burgos) de la Formación de Quintanaloma (Campaniense sup.-Maastrichtiense inf.) (Regidor-Higuera *et al.*, 2002). Actualmente evaluamos la preservación geoquímica vital de sus conchas, lo que precisa del conocimiento cuantitativo y cualitativo de la mineralogía original y de la diagénesis que afectó a la roca que los contiene. En este sentido, se han dado algunos pasos preliminares mediante la caracterización de la materia orgánica que albergan los sedimentos de dicha unidad, que ha puesto de manifiesto que las asociaciones de macerales encontradas (humocolinita, humotelinita y resinita) son indicativas de un bajo grado de maduración diagenética que se sitúa entre el rango de lignito y el de carbón sub-bituminoso (Suárez-Ruiz *et al.*, 2002).

Los rasgos litológicos y de biofacies (calcarenitas con estratificaciones cruzadas, margas arenosas y calizas bioclásticas con ostreidos, equinodermos, briozoos y rudistas) denotan un ambiente de depósito de plataforma marina muy somera en la que se instalaron biostromos de rudistas a diferentes niveles estratigráficos (Floquet, 1991; Regidor-Higuera *et al.*, 2002). Una mención especial merecen las intercalaciones de sedimentos siliciclásticos, especialmente en la parte baja de la unidad, donde llegaron a desarrollarse barras arenosas progradantes de más de siete metros de potencia, situadas fuera de la sección de la Fig.1. En este sentido, las llegadas de terrígenos con cuarzo, feldspatos y filosilicatos pueden confirmarse mediante el análisis mineralógico por difracción de rayos X, dado que la contaminación siliciclástica no resulta tan fácilmente visible en el afloramiento.

## Materiales y métodos

Se han seleccionado 28 muestras de roca para su análisis mineralógico tanto de roca total como de la fracción arcilla. El cri-

terio de recogida de muestras ha sido condicionado por la litología de la sección y se han muestreado los cinco tipos litológicos diferenciados (Fig.1). En el caso de estratos muy potentes se han tomado muestras a varios niveles, tanto intermedios como próximos a muro y techo. El análisis mineralógico se ha llevado a cabo por difracción de Rayos X (DRX) y para ello se ha utilizado un equipo Phillips PW-1710 equipado con anticátodo de Cu, goniómetro vertical, rendija automática, monocromador de grafito, unidad de control automatizada e intercambiador de muestras. El análisis de roca total se ha realizado mediante el método de polvo desorientado. La estimación semicuantitativa se ha basado en la medida de las áreas de ciertas reflexiones características para cada uno de los minerales presentes y posteriormente corregidas por su poder reflectante (Schultz, 1964). Dado el elevado contenido en carbonatos de todas las muestras, ha sido necesario un ataque ácido previo a la extracción de la fracción arcilla. De este modo se resaltan los minerales de la arcilla y se eliminan las reflexiones de los minerales carbonatados, que pueden interferir y disminuir la resolución de los picos de los minerales de la arcilla. El método de de-

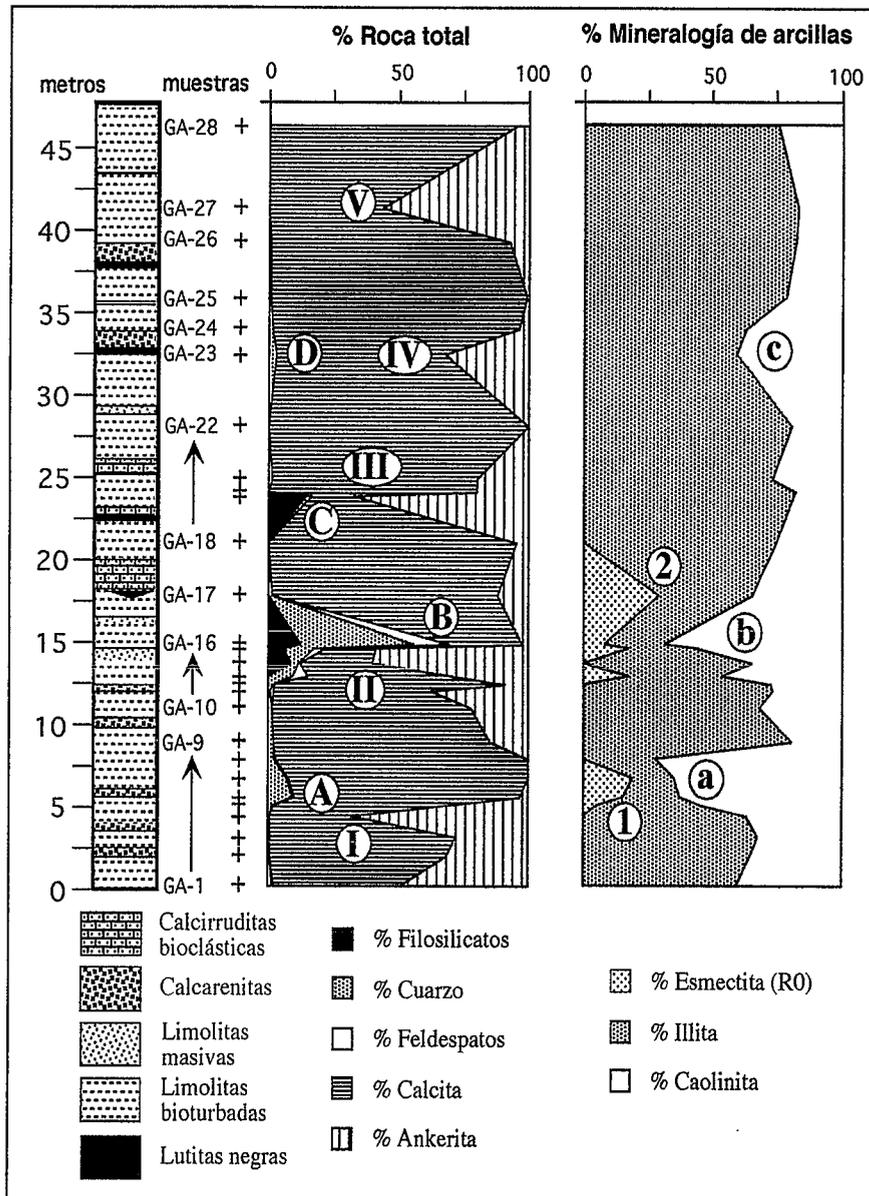


Fig.1.- Sección estratigráfica y composición mineralógica de la Formación de Quintanaloma en Gredilla de Sedano. Se detectan cuatro eventos terrígenos principales (A, B, C, D); cinco de precipitación de ankerita (I, II, III, IV, V); dos de illita (1, 2) y tres de caolinita (a, b, c).

Fig.1.- Stratigraphic section and mineralogical composition of the sediments of the Quintanaloma Formation at Gredilla de Sedano. Four terrigenous events (A, B, C, D); five stages of ankerite precipitation (I, II, III, IV, V); two of illite (1 and 2) and three of kaolinite (a, b, c) can be observed.

carbonatación utilizado es el llevado a cabo habitualmente en el Laboratorio de Mineralogía de la Universidad del País Vasco, el cual no altera las posibles esmectitas existentes (Sangüesa, 1998). Una vez eliminados los carbonatos, se ha procedido a la separación de la fracción <math> < 2\mu m </math> correspondiente a la fracción arcilla, que se realiza mediante centrifugación durante 100 s a 1000 rpm basada en la ley de Stokes (Arostegi et al., 1990). La suspensión obtenida se concentra nuevamente por centrifugación para preparar tres agregados orientados por cada muestra, los cuales se dejan secar a temperatura ambiente para ser

utilizados en posteriores tratamientos. Se han analizado agregados orientados sin tratamiento y agregados orientados solvatados con etilenglicol, estos últimos con objeto de estudiar el comportamiento de los minerales hinchables. El agregado sobrante se reserva para posteriores tratamientos, si éstos fueran necesarios. La identificación de los minerales de la arcilla se resolvió de acuerdo con los criterios de Srödon (1984), y Moore y Reynolds (1989). En la estimación semicuantitativa se utilizó el mismo método que en la roca total con los poderes reflectantes correspondientes de cada mineral.

Composición mineralógica

Las fases mineralógicas identificadas en los sedimentos de la Formación de Quintanaloma en la sección de Gredilla de Sedano son las siguientes:

A) En roca total, el cuarzo está presente en cuatro eventos terrígenos principales (A, B, C, D en Fig.1, columna izquierda), tres de los cuales se concentran en la mitad inferior de la unidad y alcanzan valores de hasta 43% con una media de 4.2%. Hacia la mitad superior de la misma, al igual que los feldespatos y filosilicatos, su presencia es testimonial o incluso está ausente. Los feldespatos (feldespato potásico y plagioclasa) son más bien escasos en la unidad, concentrándose, como el cuarzo, en la mitad inferior. Su valor máximo alcanza un 13%, con una media de 1%. La plagioclasa está siempre presente y resulta mayoritaria; en cambio, algunas muestras carecen de feldespato potásico. Dado que el cuarzo y los feldespatos tienen un origen detrítico, ambos muestran una buena correlación positiva de  $r=0.936$  (Tabla I). La presencia de filosilicatos está limitada a los intervalos terrígenos B y C (Fig.1, columna izquierda) con valores máximos del 13% en B y el 15% en C. En esencia, consisten en moscovita, identificada por sus reflexiones características en rayos X, cuyo tamaño de grano también permite su reconocimiento en la muestra de mano.

La calcita es el componente mayoritario, especialmente en la mitad superior de la sección de Gredilla de Sedano, pudiendo llegar a constituir la práctica totalidad de algunas muestras. Incluso en los intervalos más ricos en terrígenos, esta fase mineral sigue siendo claramente predominante. El análisis de microfacies revela su presencia fundamentalmente en forma de barro carbonatado (micrita). Los cristales de esparita se localizan solamente en pequeñas geodas, o bien como resultado de la recristalización de la matriz micrítica y/o de las partes esqueléticas previamente aragoníticas.

La ankerita parece concentrarse en cinco eventos principales (I, II, III, IV, V en Fig.1, columna izquierda), con un valor medio de 25%. Muestra una correlación claramente negativa de  $r=-0.856$  con la calcita (Tabla I). Su aparición en microfacies en forma de pequeños cristales con hábito rómbico (Fig.2) sugiere un origen autigénico en todos los casos. Es habitual observar dichos cristales crecidos en el seno de la matriz micrítica (Fig.2A), alojados en el interior de la estructura celular («honeycomb») de los rudistas radiolíticos (Fig.2B), o bien reemplazando mayores volúmenes de la roca con generación de porosidad intercristalina en la misma (Fig.2C).

B) La mineralogía de arcillas comprende esmectita, illita y caolinita. La primera no corresponde a una esmectita «sensu stricto» (100% de capas hinchables), sino más bien a un interstratificado I/S al azar tipo R0 con alto contenido en capas hinchables. En la sección estudiada, se concentra en dos episodios situados en la mitad inferior (1 y 2 en Fig.1, columna derecha), con valores medios de 13.6% en el primer episodio y 18.4% en el segundo. Su correlación con la illita es negativa de  $r=-0.759$  (Tabla I) y su posición en la columna sugiere una sedimentación que persiste en el tiempo y se asocia a los depósitos más ricos en siliciclásticos.

La illita es el mineral de la arcilla mayoritario en todas las muestras, con la excepción de los eventos a y b (Fig.1, columna derecha). Su valor medio es del 60%, y su correlación es claramente negativa con la caolinita ( $r=-0.948$ ) y la esmectita ( $r=-0.759$ ) (Tabla I). Por su parte, la caolinita está presente en toda la sección estudiada y muestra tres máximos de contenido (a, b, c en Fig.1, columna derecha), de 72, 68.5 y 40.6%, respectivamente, siendo los dos inferiores los más representativos.

#### Procedencia y diagénesis de los sedimentos

La presencia de minerales detríticos siliciclásticos (cuarzo y feldspatos) en los sedimentos de la sección de Gredilla de Sedano es compatible con la relativa proximidad de aparatos deltaicos que descargaron sedimentos a la zona desde el sur y el oeste (Floquet, 1991). Alonso (1981) y Floquet (*op.cit.*), definieron en la Plataforma Norcastellana un dominio occidental de carácter esencialmente litoral sometido a la influencia de terrígenos («Golfo de Segovia»), y un dominio oriental igualmente litoral, pero con sedimentación carbonatada predominante. La sección estudiada se sitúa en una posición intermedia entre ambos, si bien con un estilo sedimentario más próximo al del dominio oriental, por lo que la esporádica llegada de arenas siliciclásticas se traduce en las contaminaciones episódicas registradas en nuestros análisis. Es significativo que los episodios más ricos en terrígenos se dejan sentir en la mitad inferior de la sección, lo que hace pensar que la actividad deltaica no llegó a afectar a los términos superiores probablemente debido a una progresiva distalización propiciada por causas climáticas (menor descarga de aportes) y/o por un aislamiento geográfico relativo debido a la instauración de barreras de carácter detrítico o a la presencia de

biostromos de rudistas en un contexto de rampa extensa y muy poco pendiente.

La calcita constituye la fase mineralógica mayoritaria en la sección de Gredilla de Sedano. Comúnmente en forma de micrita, su origen puede ser mixto mecánico/biogénico. Dada la riqueza del contenido fósil, buena parte de la micrita puede proceder de la fragmentación de las conchas de moluscos (rudistas y ostreidos) y de los tejidos algales; de la perforación orgánica («boring») sobre diferentes tipos de organismos, a veces muy intensa en las conchas de rudistas (Regidor-Higuera *et al.*, 2002); y, por último, de la redistribución del sedimento por corrientes mareales, que, en ocasiones, debieron cobrar especial relevancia a juzgar por la envergadura de algunos lechos arenosos con estratificación cruzada que se sitúan por debajo y en tránsito lateral con la sección levantada (Floquet, 1992). La calcita espática, claramente minoritaria, proviene de la recrystalización de la matriz micrítica original y la de diversos fragmentos de moluscos, especialmente el «hipostracum» aragonítico de los rudistas. Su origen también se encuentra en la precipitación de cemento de esparita (calcita «blocky»), tanto en la porosidad intergranular de la roca como en las cavidades orgánicas de los bioclastos, ocupando las celdillas («honeycomb») de los rudistas radiolíticos como *Bournonia* sp. y *Praeradiolites ciryi* (Floquet, 1998; Regidor-Higuera *et al.*, este volumen).

Los cinco máximos de ankerita (I-V) detectados en la sección pueden obedecer a la propia intensidad de muestreo, antes que a episodios localizados de ankeritización. En todo caso, las texturas observadas al microscopio (Fig.2) sugieren que su origen es claramente diagénético, y la manifiesta correlación negativa con la calcita ( $r=-0.856$ , Tabla I) hace pensar que se trata de un producto de reemplazamiento de ésta. Sin embargo, conviene señalar que el origen del hierro resulta aún problemático. Dada la ausencia de indicios de hierro próximos en la zona como fuente de este elemento, una posibilidad sería la lixiviación de suelos ubicados en la zona continental, que debía encontrarse relativamente próxima a la sección estudiada. De hecho, es aceptado que el clima en la Plataforma Norcastellana durante el Cretácico fue subtropical y consiguientemente favorable para la formación de suelos potentes con horizontes ricos en hierro, al igual que ocurre hoy día en bajas latitudes. Así lo sugieren los restos de raíces «in situ» y

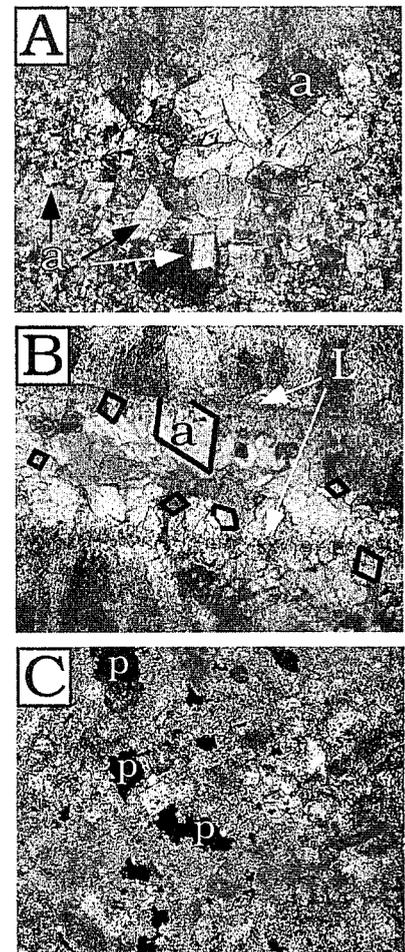


Fig.2.- Microfacies con ankerita: A) cristales (a) crecidos en el seno de la matriz micrítica; B) cristales (a) precipitados en las cavidades celulares («honeycomb») de los rudistas radiolíticos; se observan las líneas de crecimiento (L) de la concha; C) cristales reemplazantes con generación de porosidad intercrystalina (p) en la roca. Anchura de las fotos: A y B: 0.5 mm.; C: 1 mm.

Fig.2.- Ankerite microfacies: A) crystals (a) that grew into the micritic matrix; B) crystals (a) that precipitated inside cellular cavities («honeycomb») of radiolitic rudists; the growth lines (L) of the shell can be observed; C) replacing crystals together with intercrystalline porosity (p). Photo widths: A and B: 0.5 mm.; C: 1 mm.

materia orgánica presentes en la unidad (Regidor-Higuera *et al.*, 2002). En esta misma línea, la coloración rojiza amarillenta de los niveles de arenisca infrayacentes a la sección muestreada parece apoyar una procedencia continental del hierro. La posterior floculación en ambientes de rampa carbonatada estaría favorecida por la presencia de ácidos húmicos junto con descensos en la salinidad provocados por la revitalización de las descargas del aparato deltaico, de modo similar a como argumentan

%	Filosilicatos	Cuarzo	Feldespatos	Calcita	Ankerita	Esmectita	Illita	Caolinita
Filosilicatos	1							
Cuarzo	0.563	1						
Feldespatos	0.522	<b>0.936</b>	1					
Calcita	-0.697	-0.375	-0.431	1				
Ankerita	0.363	-0.147	-0.058	<b>-0.856</b>	1			
Esmectita	0.045	0.362	0.339	-0.057	-0.116	1		
Illita	-0.125	-0.589	-0.498	0.129	0.15	<b>-0.759</b>	1	
Caolinita	0.142	0.6	0.491	-0.143	-0.14	0.512	<b>-0.948</b>	1

Tabla I.- Matriz de correlación entre los componentes de la roca total y la mineralogía de las arcillas. Con caracteres en negrita se destacan las mejores correlaciones.

Table I.- Correlation matrix between the whole-rock and clay minerals. The better correlations appear in bold characters.

Holliday y Liss (1976) para el estuario de Beaulieu. Además, el balance entre Fe y Mg en las aguas marinas pudo, en términos relativos, haber sido favorable al primero, debido al alto consumo de Mg que precisaron los rudistas para la construcción de sus conchas; este es un hecho aún más evidente si se tiene en cuenta que estos organismos proliferaron en no muy potentes pero sí extensos biostromos repartidos por la rampa carbonatada (Regidor-Higuera *et al.*, este número).

En relación con el origen de los minerales de la arcilla determinados, éstos son claramente heredados. Soterramientos importantes del sedimento hubieran supuesto una mineralogía esencialmente diferente de la actualmente preservada, implicando la desaparición de la caolinita y la formación de nuevos minerales como la clorita, no detectados en esta sección pero sí en otras de la Cuenca Vasco-Cantábrica con mayor grado de diagénesis. En general, se admite que la esmectita proviene de la erosión de sedimentos y suelos en climas templados estacionalmente húmedos (Chamley, 1989). Floquet (1991) la atribuye en la Plataforma Norcastellana a períodos de máximos transgresivos y/o condiciones de una mayor distalidad. En nuestro caso, dada la escasa batimetría que reflejan los sedimentos y la posición de la esmectita sucediendo en la vertical a los depósitos más ricos en terrígenos, hace pensar en eventuales condiciones de máxima distalidad relativa localizadas al menos en dos intervalos de la mitad inferior de la sección estudiada.

La caolinita se atribuye clásicamente a climas templados y húmedos en condiciones subtropicales o tropicales (Chamley, 1989). A juzgar por la persistencia de este mineral en la sección de Gredilla de Sedano, dichas condiciones climáticas debieron perdurar durante el tiempo de depósito de la Formación de Quintanaloma, como también ha sido señalado por Floquet

(1991). Por último, la illita es un mineral heredado común que se mantiene en las secciones de la Cuenca Vasco-Cantábrica que no han llegado a sufrir un enterramiento importante (Arostegi *et al.*, 1991; Sangüesa, 1998; Gómez-Alday, 2002).

**Conclusiones**

Las principales conclusiones de este estudio son:

1) Se constata la influencia de un sistema deltaico que aporta materiales terrígenos a la rampa carbonatada y subsiste en todo el registro estudiado; su influencia disminuye hacia la mitad superior de la sección de Gredilla de Sedano. La principal evidencia del mismo se encuentra en los minerales detríticos detectados mediante DRX.

2) La asociación de los minerales de la arcilla confirma el bajo grado de diagénesis sufrido por los sedimentos de la Formación de Quintanaloma en la sección estudiada. Este hecho está en consonancia con el bajo grado de maduración de la materia orgánica presente en el sedimento, que ya fue evaluado en trabajos anteriores.

3) La ankerita determinada es claramente diagenética. Su origen está relacionado con la maduración de la materia orgánica presente en el sedimento, favorecida por las eventuales condiciones de baja salinidad de las aguas debida a las entradas periódicas de aguas dulces aportadas por el sistema deltaico. Además, el alto consumo de Mg necesario para la edificación de extensos biostromos de rudistas pudo provocar un aumento notable de la relación Fe/Mg de las aguas, lo que contribuyó a la precipitación de carbonatos ricos en hierro.

**Agradecimientos**

A la Universidad del País Vasco por la financiación de este trabajo a través de los

Proyectos de Investigación UPV 130.310-EB034/99 y 9/UPV00130.310-14596/2002. Al Gobierno Vasco por la concesión de la Beca Predoctoral del primer firmante de este trabajo.

**Referencias**

Alonso, A. (1981): *Seminarios de Estratigrafía. Univ. Complutense. Serie Monografías 7*, 271 pp.

Arostegi, J.; Zuluaga, M.C. y Velasco, F. (1990): *Bol. Soc. Esp. Miner.*, 13, 19-20.

Arostegi, J.; Zuluaga, M.C.; Velasco, F.; Ortega-Huertas, M. y Nieto, F. (1991): *Clay Miner.* 26, 535-548.

Chamley, H. (1989): *Clay Sedimentology*. Springer-Verlag, 623 pp.

Floquet, M. (1991): *Mém. Géol. Univ. Dijon*, 14, 1-925.

Floquet, M. (1992): *International Symposium «Sequence Stratigraphy of Mesozoic-Cenozoic European Basins»*: 1-130.

Floquet, M. (1998): *Geobios. Mém. Spec.*, 22, 111-123.

Gómez-Alday, J.J. (2002): *Tesis Doctoral Univ. País Vasco*. 232 pp.

Holliday, L.M. y Liss, P.S. (1976): *Estuarine Coastal Mar. Sci.*, 4, 349-353.

Moore, D. y Reynolds, R. (1989): *X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. Oxford University Press, 332 pp.

Regidor-Higuera, I; García-Garmilla, F. y Elorza, J. (2002a): *Geogaceta*, 32, 285-288.

Sangüesa, F.J. (1998): *Tesis Doctoral. UPV/EHU*, 238 pp.

Schultz, L.G. (1964): *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.* 391-c.

Srödon, J. (1984): *Clays Clay Miner.* 32, 337-349.

Suárez-Ruiz, I.; Regidor-Higuera, I.; Zuluaga, M.C. y García-Garmilla, F. (2002): *Geogaceta*, 32, 297-300.