

# Estudio de los filosilicatos de la «Piedra Bateig» (Neógeno de la provincia de Alicante)

*Study of the phyllosilicates of the "Bateig Stone" (Neogene of Alicante, Spain)*

A. La Iglesia (\*) M.A. García del Cura (\*), S.Ordóñez (\*\*) y A. Bernabéu (\*\*).

(\*) Inst<sup>o</sup> Geología Económica. C.S.I.C. Facultad de Geología, 28040 Madrid.

(\*\*) Laboratorio de Petrología Aplicada. Dep. de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Universidad de Alicante. Ap. 99: 03690 Alicante.

## ABSTRACT

*Bateig Stone is a Middle-Late Miocene allochemical calcareous rocks of the Prebetic Zone. It is an historical building rock named Novelda Stone and an ornamental stone to day. The phyllosilicates of five varieties of Piedra Bateig and two similar stones (Almorquí and Portazgo) have been studied. These phyllosilicates are ; Illites, showing diverse evolution grade, glauconite, smectites, interstratified clay minerals and palygorskite.*

**Key words:** Bateig stone, Novelda stone, glauconite, illite, allochemical limestones, Neogene, Alicante.

*Geogaceta* 23(1998), 79-82

ISSN: 0213683X

## Introducción

La denominada comercialmente «Piedra Bateig», es una roca que pertenece al conjunto que ha recibido la denominación genérica de Piedra o Caliza de Novelda, conjunto constituido también por otras rocas de la zona como la Piedra Almorquí y la de Portazgo, de parecidas características petrográficas, que estudiaremos comparativamente en este trabajo.

La Piedra Bateig es una roca carbonática fosilífera explotada en la provincia de Alicante, (Fig.1) profusamente utilizada en edificación desde el siglo XIX principalmente en Madrid (Ministerio de Agricultura, Palacio de Linares, estación de Príncipe Pío, Central de Correos, Central de Telefónica, Catedral de la Almudena, entre otros), Valencia (Central de Correos, algunos elementos del Ayuntamiento) y Alicante (varias casas modernistas). En Novelda existen edificios construidos con este material desde el siglo XIII (Castillo de La Mola, siglo XIII, Iglesia de San Pedro, siglo XVI, Ayuntamiento, siglo XVII, Casa Museo Modernista, 1904, etc...). Esta roca continúa siendo un material constructivo muy utilizado en la actualidad ya que se trata de un material fácilmente trabajable cuyas variedades cromáticas aumentan su posibilidades decorativas. Las piedras de Almorquí y Portazgo también han sido comercializadas ocasionalmente, pero el

volumen que de ellas ha entrado en el mercado ha sido considerablemente menor.

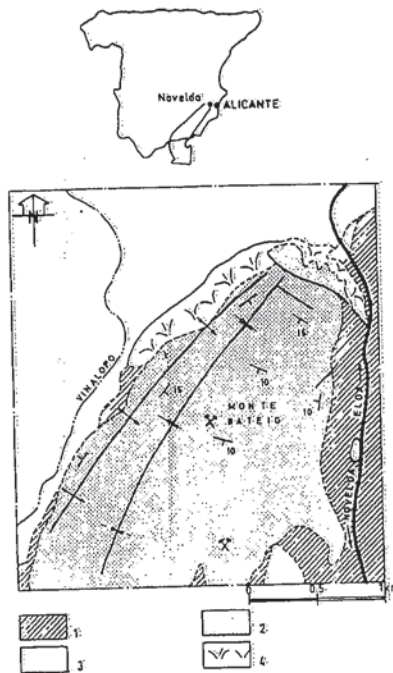


Fig.1.- Esquema de situación geológica. 1: Trias (facies Keuper). 2: Calcarenítas-calizas aloquímicas Mioceno Medio-Superior. 3: Cuaternario. 4: Coluviales actuales y paraactuales.

*Fig. 1.- Geological location map. 1: Triassic (Keuper facies). 2: Calcareous-allochemical limestones, Medium - Upper Miocene. 3: Quaternary. 4: Recent colluviums.*

Las calcarenitas y/o calizas aloquímicas estudiadas se enmarcan dentro de una unidad transgresiva de edad Mioceno Medio - Mioceno Superior en la zona externa de la cordillera Bética, en una zona intensamente afectada por los procesos diapíricos generados por los sedimentos triásicos de facies Keuper infrayacentes.

El objetivo de este trabajo es el estudio de la composición mineralógica de los filosilicatos de la «Piedra Bateig» así como la de las piedras de Almorquí y Portazgo, con vistas a determinar su posible influencia en el comportamiento y/o propiedades físicas de estos materiales y las diferencias existentes al respecto entre las variedades comercializadas de dicho material de construcción, ver Ordóñez *et al.*, (1994, 1997 a y 1997b). Las muestras estudiadas corresponden al material comercializado en 1996, que presenta algunas diferencias con material comercializado anteriormente y correspondiente lógicamente a diferentes puntos geográficos y litoestratigráficos de la cantera (Ordóñez *et al.*, 1994). Las muestras de Almorquí y Portazgo han sido tomadas en las correspondientes canteras.

## Materiales y métodos

### Descripción petrográfica:

Las rocas estudiadas son calizas bioclásticas, en muchos casos definibles como calcarenitas, con cantidades varia-

VARIEDAD	B	A	L	D	F	AL	P
%CALCITA	65-70	70-75	65-70	75-80	75-80	85-90	75-80
%DOLOMITA	5-10	5-10	IND	5-10	IND	IND	IND
%CUARZO	15-20	10-15	15-25	5-10	5-10	5-10	10-15
%FILOSILICATOS	5-10	5-10	10-15	5-10	5-10	5-10	10-15

Tabla I.- Composición mineralógica semicuantitativa determinada por difracción de rayos X, método del polvo sobre muestra total.

Table I.- Estimated mineralogical composition of the samples (X Ray diffraction, powder method).

bles de terrígenos: cuarzo (monocristalino de dos tipos: sin inclusiones patentes y con abundantes inclusiones de anhidrita y sales como corresponde a cuarzos autigénicos heredados del Trias, y policristalino de variado tamaño de cristal); algo de feldespato (ortosa y microclina e indicios de plagioclasa también se ha observado, con el microscopio electrónico de barrido, plagioclasa autigénica), y en menor cantidad fragmentos de rocas metamórficas: metacuarcitas y pizarras, e indicios de moscovitas detríticas, turmalina y zircón, así como de

(L), Diamante (D) y Fantasía (F), así como la Piedra Almorquí (Al) y la de Portazgo (P).

*Métodos de estudio:*

La metodología seguida para la caracterización mineralógica de las muestras ha sido la siguiente:

La composición mineralógica global se determinó por difracción de rayos X (método del polvo). El porcentaje relativo de cada fase en la muestra se estimó mediante el uso de los poderes reflectantes y aparece en la Tabla I, donde se recogen los valores extremos encontrados en

VARIEDAD	B	A	L	D	F	AL	P
% DOLOMITA	5-10	IND-5	IND	5-10	IND-5	5	5
%CUARZO	45-50	70-75	35-40	25-30	25-30	70-75	35-40
%FILOSILICATOS	35-40	15-20	55-60	60-65	50-60	15-20	55-60
%FELDESPATOS	IN	IND	5	IND	IND	IND	IND
%CRISTOBALITA	5	5	IND	IND	IND-5	5	5

Tabla II.- Composición mineralógica semicuantitativa determinada por difracción de rayos X sobre polvo total de la fracción residual después de la disolución de la calcita.

Table II.- Estimated mineralogical composition (X Ray diffraction, powder method) of residual fraction after calcite dissolution.

algunos organismos fosfatados. Su asociación faunística (foraminíferos, briozoos, equinodermos, algas rojas,...) así como las estructuras sinsedimentarias presentes denotan un medio marino somero. En el microscopio petrográfico se observa cemento silíceo en forma de cuarzo en roseta y calcedonia (calcedonita y lutcina) llamando especialmente la atención la presencia de masas criptocristalinas de color verde que han sido descritas como glauconita (Louis, 1988).

Se estudian las cinco variedades que actualmente se comercializan de la Piedra Bateig: Blanca (B), Azul (A), Llana

Variiedad	B	A	L	D	F	Al	P
%ESMECTITA	35-40	20-25	25-30	25-30	25-30	5-10	45-50
%MICA	60-65	65-70	70-75	65-70	70-75	90-95	50-55
PALIGORSKITA	< 5	5	IND	5-10	5-10		
CLORITA	--	IND	IND	IND	-	-	IND

Tabla III.- Composición mineralógica semicuantitativa de los filosilicatos presentes en la fracción residual (Difracción de rayos X, técnica AO).

Table III.- Estimated mineralogical composition of the phyllosilicates in residual fraction (X Ray diffraction, oriented aggregates).

las diferentes muestras estudiadas de la misma variedad.

Con objeto de eliminar los carbonatos de las muestras totales se trataron éstas con una disolución 1N en ácido acético y acetato sódico y lavado posterior con agua desionizada, operación que se repitió cuatro veces. El material resultante fue estudiado por difracción de rayos X haciendo un estudio específico de la fracción < 20 µm utilizando agregados orientados solvatados con etilenglicol secados al aire y agregados calentados a 550°C durante 1 hora.

En las distintas fracciones inferiores a 20 µm, obtenidas de las muestras tratadas como se ha expuesto anteriormente, se realizaron microanálisis elementales de partículas utilizando un microscopio electrónico de transmisión (MET) provisto de un espectrómetro de energías dispersivas EDAX. Estos análisis nos han permitido calcular la fórmula estructural de los filosilicatos (micas, paligorskita, interestratificados y esmectita).

Para comprobar la identificación de algunos filosilicatos se hicieron determinaciones composicionales en las muestras en fractura de roca fresca usando un microscopio electrónico de barrido (MEB) provisto de (EDAX).

**Resultados experimentales**

*Difracción de rayos X:*

La mineralogía global de las variedades rocosas estudiadas es: calcita, dolomita, cuarzo y filosilicatos (Tabla I). En algunas muestras se observa también la presencia de feldespato y cristobalita.

En las tablas II y III se muestra la composición semicuantitativa de la fracción insoluble en acético/acetato, datos obtenidos a partir del polvo total y agregado orientado respectivamente (dichas tablas recogen los valores extremos en-

contrados en las diferentes muestras estudiadas de la misma variedad).

Los diagramas de difracción de rayos X correspondientes indican la presencia mayoritaria de mica acompañada de esmectita, ambos minerales de muy baja cristalinidad según ponen de manifiesto los picos anchos y asimétricos. También se aprecia como fases minoritarias paligorskita y clorita. Los difractogramas de polvo total con amplias bandas con máximos hacia los 3 Å indican la existencia de fases silíceas amorfas.

*Caracterización de los filosilicatos por el microscopio electrónico de barrido (MEB):*

Con el microscopio electrónico de barrido pueden observarse agregados esferulíticos de tamaños muy homogéneos con diámetros de 5 a 6 µm, que a veces constituyen aglomerados que observados al microscopio petrográfico presentan el color verde característico de la glauconita. Estos aglomerados rellenan muchos fósiles, especialmente foraminíferos y otros poros de carácter primario (Fig. 2a) y cuya posición relativa es un dato a favor de su génesis por relleno-sustitución de elementos esqueléticos. Este relleno tuvo lugar en una etapa muy temprana, cuando aún se conservaba la parte orgánica de la concha, como ponen de manifiesto la presencia y características de poros móldicos. También se observan algunos de estos esferulitos dispersos asociados a cemento calcítico, evidencia petrográfica del origen autigénico de dichos esferulitos (Fig. 2b). Con el MEB también pueden observarse paligorskita y esmectitas si bien su presencia es más esporádica (Fig. 2c y d)

*Caracterización de filosilicatos por el microscopio electrónico de transmisión (MET):*

El estudio por microscopía electrónica de transmisión de la fracción silicatada, dispersada previamente con ultrasonido, de las diferentes variedades de la Piedra Bateig pone de manifiesto la existencia de una alta proporción de partículas irregulares de tamaño inferior a 5 µm con hábito laminar, en las que son distinguibles los siguientes tipos:

a) Grandes láminas delgadas de dimensiones superiores a 3 µm, fuertemente plegadas, que en difracción de electrones producen halos de difracción, comportamiento típico de las partículas de esmectita (Fig. 3a).

b) Partículas laminares con bordes difusos o incluso desflecados, de mayor espesor que las anteriores (Fig. 3b). Estas partículas son idénticas a los interstratificados illita/esmectita estudiados por

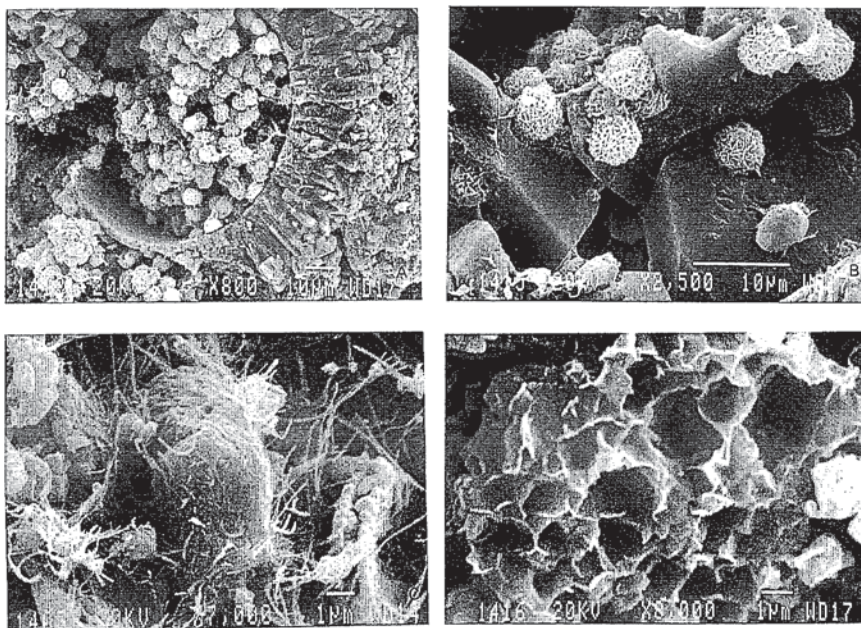


Fig. 2.- Fotomicrografías realizadas con el MEB de filosilicatos de la Piedra Bateig: A) Foraminífero relleno de esferulitos de glauconita. Variedad Diamante. B) Esferulitos de glauconita sobre cristales de cemento calcítico. Variedad Diamante. C) Paligorskita asociada a calcita. Variedad Azul. D) Esmectita. Variedad Blanca.

Fig. 2.- SEM micrographs of Piedra Bateig phyllosilicates: A) Foraminifera shell filled with glauconite spherulites. Diamond variety. B) Glauconite spherulites growing on calcite cement. Diamond variety. C) Paligorskite associated with calcite. Blue variety. D) Smectite. White variety.

microscopía electrónica de transmisión por Page y Wenk (1979) y Bell (1986). En ocasiones pueden observarse pequeñas agrupaciones de cristales, inferiores a 0,2 µm, cuyo eje c está orientado perpendicularmente al haz electrónico.

c) Delgadas láminas de bordes nítidos e irregulares, aunque en ocasiones conservan el hábito hexagonal de la moscovita (Fig. 3c). En difracción de electrones producen un diagrama con simetría hexagonal característico de las micas.

d) Agregados de fibras de 2 a 5 µm de longitud con un espesor medio de 15 nm, de excelente morfología, característica de la paligorskita (Fig. 3d). A veces aparecen fibras entremezcladas con las partículas laminares de esmectita e interstratificados.

*Composición química de los filosilicatos por MET.-EDAX:*

A partir de un promedio de 3 análisis químicos realizados a la misma partícula en microscopía electrónica de transmisión, empleando el EDAX, se han podido ajustar las fórmulas químicas de las distintas partículas.

**Discusión y conclusiones**

En el diagrama de Odin y Matter (1981), se diferencian minerales ílfíticos y

glauconíticos en función del contenido (expresado en tantos por ciento) en cationes interlaminares y en hierro total. En este diagrama se han incluido las composiciones de 33 partículas analizadas en este trabajo. La mayoría de las composiciones de las 33, caen en la zona de los minerales ílfíticos en el citado diagrama.

El diagrama de Velde en Newman y Brown (1987), permite clasificar a los minerales laminares 2:1 dioctaédricos en función de la carga interlaminares y la composición química. Al representar en este diagrama las composiciones químicas de las partículas analizadas, los distintos valores se agrupan en tres zonas diferenciadas que corresponden a los tres grupos siguientes: 1) micas, 2) interstratificados illita/esmectita y 3) esmectitas. A continuación se estudian cada uno de los grupos:

**Grupo 1, Micas:** dentro de este grupo se pueden distinguir dos tipos de partículas: 1) caracterizado por un elevado número de átomos de aluminio en la capa tetraédrica, bajo número de átomos de hierro en la octaédrica y alto número de iones potasio interlaminares; presenta una composición química propia de illita o moscovita. 2) se caracteriza por un elevado número de átomos de aluminio en la capa tetraédrica y un elevado contenido en hierro en la octaédrica, con una rela-

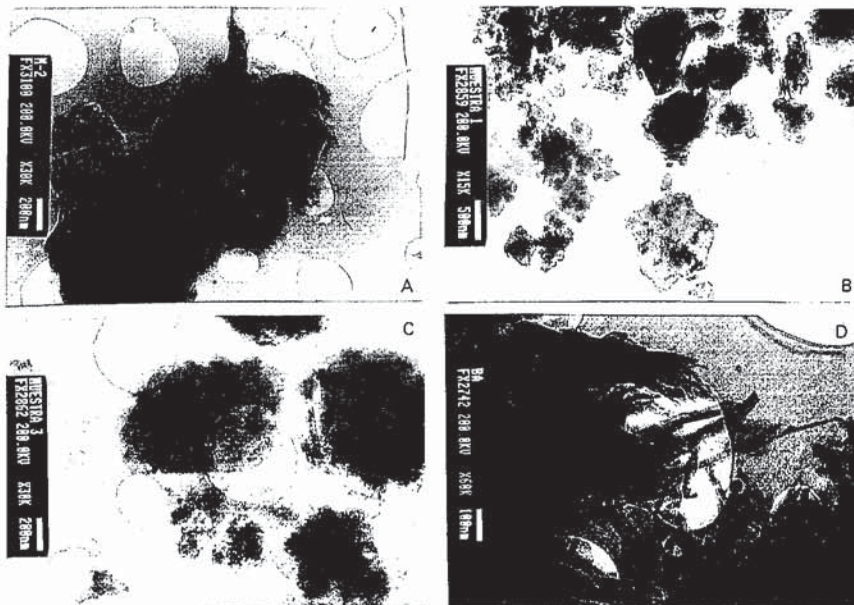


Fig. 3.- Fotomicrografías realizadas con el MET de filosilicatos de la Piedra Bateig: A) Lámina fuertemente replegada de esmectita. Variedad Azul. B) Partículas laminares de bordes difusos de interestratificados mica-esmectita junto con una lámina de mica de bordes irregulares. Variedad Blanca. C) Partícula laminar con hábito hexagonal de mica junto con partículas irregulares de interestratificados mica-esmectita. Variedad Llana. D) Agregados de fibras de palygorskita. Variedad Llana.

Fig. 3.- TEM micrograph of phyllosilicates of Piedra Bateig: A) Strongly bending plate of smectite. B) Not sharp rimmed plates of smectite-mica interstratified with an irregular rimmed plate of mica. White variety. C) Hexagonal habit of mica together with irregular mica-smectite interstratified. Llana variety. D) Fibrous aggregates of palygorskite. Llana variety.

ción  $R^{3+}:R^{2+}$  próxima a 2, que según Odom (1984) es propia de glauconita.

En relación con las partículas de mica es necesario señalar que con el microscopio petrográfico, se observan moscovitas detríticas de gran tamaño, frecuentemente flexuradas por deformaciones relacionadas con la singénesis. Por tanto, algunas de las pequeñas partículas analizadas en el MET pueden proceder de la rotura de estos grandes cristales.

**Grupo 2, Interestratificados:** caracterizado por un elevado número de átomos de aluminio en la capa tetraédrica, un aumento importante del contenido en hierro y magnesio en la capa octaédrica y una disminución de los iones potasio interlaminares.

**Grupo 3, Esmectita:** caracterizado por la ausencia o pequeña presencia de átomos de aluminio en la capa tetraédrica, una relación  $R^{3+}:R^{2+}$  en la capa octaédrica próxima a 2:1 y un pequeño número de iones interlaminares.

**Grupo 4, Palygorskita:** caracterizadas por un alto contenido en silicio de la capa tetraédrica (próximo a 8 e incluso superior), un número de cationes octaédricos comprendido entre 3,82 y 4,11, una relación  $R^{3+}:R^{2+}$  próxima a 2 típicos de un palygorskita.

Es pues necesario concluir, que los filosilicatos contenidos en la Piedra Bateig son mayoritariamente materiales iliticos con diverso grado de evolución. En todo caso se han encontrado también en MET algunas partículas de micas con alto contenido en hierro cuya composición cae dentro del campo composicional de la glauconita.

La composición química calculada para la capa octaédrica de estos minerales justifica su carácter dioctaédrico, con un espaciado para la reflexión 060 próximo a 1,50 Å. En buen acuerdo con los valores de Moore y Reynolds (1984) para illita y montmorillonita de 1,499 y 1,492 a 1,504 Å respectivamente.

La presencia conjunta de fases de mica cristalina altamente potásica, con mica de baja cristalinidad, hinchable de bajo contenido en potasio y esmectita, sugiere un proceso de glauconitización, si bien, dadas las características de los minerales resultantes en los que la glauconita en sentido mineralógico es escasa, habría que hablar de pseudoglauconitización.

De los filosilicatos presentes en la Piedra Bateig, y en la Piedra de Novelda en su conjunto, la glauconita es el que tiene un mayor significado sedimentológico ya que,

dado su hábito y situación relativa, tal y como pudimos observar en el microscopio electrónico de barrido, nos encontramos básicamente ante glauconita autigénica, no existiendo datos de observación que apoyen la presencia de glauconita perigénica (Fisher, 1990) o paraautóctona (Amorosi, 1997) y menos aún de glauconita alóctona. La glauconita de estas características corresponde a depósitos de plataforma marina con profundidades entre 50 y 500 µm, ver McRae (1972), Odin y Fullagar (1988) y Amorosi (1997).

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por la DGICYT. Proyecto PB 95-0680.

#### Referencias

- Amorosi, A. (1997): *Sedimentary Geology*, 109: 135-153.
- Bell, T.E. (1986): *Clays and Clay Minerals*, 34: 146-154.
- Fischer, H. (1990): *Eclogae geol. Helv.*, 83: 1-6.
- Louis, M. (1988): *Tesis Doctoral*. Universidad de Alicante. 443 pp
- McRae, A.G. (1972): *Earth-Sci Rev.*, 8: 397-440.
- Moore, D.M. and Reynolds, R.C., Jr. (1989): *X Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. Oxford. Univ. Press. 332 pp.
- Newman, A.C.D. and Brown, G. (1987): In «*Chemistry of Clays and Clay Minerals*» Ed. A.C.D. Newman. Min. Society of America, Monograph, 6: 1-128.
- Odin, G.S. and Matter, A. (1981): *Sedimentology*, 28: 611-641.
- Odin, G.S. and Fullagar, P.D. (1988): In Odin, G.S. Ed. «*Green Marine Clays*». Dev. in Sedimentology, 45: Elsevier. Amsterdam. 295-332.
- Odom, I.E. (1984): In Bailey, S.W. Ed. «*Micas*». Reviews in Mineralogy, 13. Min. Soc. of America, Virginia, 545-572.
- Ordóñez, S. García del Cura, M.A., Louis, M., Fort, R. López de Azcona, M.A. and Mingarro, F. (1994): *7th Int Cong. IAEG*. Lisboa. 3595-3603.
- Ordóñez, S., Fort, R. and García del Cura, M.A. (1997a): *Quart. Jour. Eng. Geology*, 42: 3, 221-230.
- Ordóñez, S., García del Cura, M.A. Bernabéu, A. y Rodríguez, M.A. (1997b): En *Avances en el Conocimiento del Terciario Ibérico*. Eds J.P. Calvo y J. Morales. 141-144.
- Page, R and Wenk, H.R. (1979): *Geology*, 7: 393-397.
- Reynolds, R.C. and Hower, J. (1970): *Clays & Clay Minerals*, 18: 25-36.