

El "Crema Marfil" (Pinoso, Alicante) II. Criterios petrográficos de calidad.

Crema Marfil commercial marble (Pinoso, Alicante). II. Petrographic criteria of quality.

M.A. García del Cura (* y **), S. Ordóñez (**), R. Fort (*) & J.A. Pina (**).

(*) Instituto de Geología Económica. C.S.I.C. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid.

(**) Laboratorio de Petrología Aplicada. Universidad de Alicante. AP. 99. 03080 Alicante.

ABSTRACT

Petrographical features determine physical properties and appearance and as a consequence of this fact the quality of ornamental stones. Phreatic cement macrocrystals influence the agreeable light colour of "Crema Marfil Marble". The primary structure of some fossils, mainly Nummulites, determine the presence of mesocrystalline textures and brightness. Veins and stylolites increase the porosity. Stylolites are a negative factor in the module of rupture values but its presence become to be highly estimated by some prescriptors.

Key words: "Crema Marfil", commercial marble, quality parameters, petrographical features, Pinoso, Alicante.

Geogaceta, 20 (3) (1996), 731-734
ISSN: 0213683X

Introducción

Es práctica común en todas las Normas para definir especificaciones de uso de rocas ornamentales incluir los estudios petrográficos entre los ensayos a realizar. Sin embargo, pocas veces se establece la relación entre los parámetros que definen la porosidad, o los parámetros que definen las propiedades mecánicas y los datos que se obtienen a partir del estudio petrográfico, siendo el trabajo de Hudec, 1984 un ejemplo de las posibilidades de este tipo de trabajos.

Los estudios petrográficos presentan una gran ventaja, ya que debido a su bajo coste y, al hecho de que no necesitan sino un fragmento de roca permiten, debidamente utilizados, apuntar algunas propiedades: mineralogía, grado de alteración de las fases minerales, tipos de discontinuidades, orientación de los elementos figurados y discontinuidades, cementación, porosidad,... Incluso en algunos casos en los que la roca ornamental de interés es una subfacies, definida por algún tipo de fábrica o cambio de coloración por un proceso meteórico, puede constituir un elemento importante de prospección y control.

El objeto de este trabajo es plantear la relación existente entre las propiedades petrofísicas y las observaciones al microscopio en rocas carbonatadas. La

Variiedad Crema Marfil	GRANO DE ARROZ	PINTAS	AGUAS OSCURA	CLARO	AGUAS CLARAS
Micrita	6% - 12%	5% - 10%	<5%	25% - 30%	5% - 10%
Esparita	8% - 10%	15% - 25%	25% - 30%	5% -10%	20% - 25%
Macroforamin:	30% - 40%	50% - 60%	25% - 35%	< 5%	5% - 10%
a) <i>Nummulites</i> sp:	20% - 30%	25% - 30%	5% - 10%		5% - 10%
b) <i>Dyscocyclina</i> sp:	10% - 20%	25% - 30%	20% - 25%		< 5%
Microforamin.	30% - 40%	30% - 35%	25% - 30%	30% - 40%	50% - 60%
Equinodermos	6% - 8%	6% - 8%	< 5%	5% - 10%	5% - 10%
Algas Rojas	0% - 2%	2% - 4%	0% - 2%	<5%	0%-2%
Briozoos	0 % - 6%	---	ind	5% - 10%	ind

Tabla 1.- Composición textural de algunas variedades comerciales de Crema Marfil

Table 1.- Textural composition of some commercial varieties of Crema Marfil.

importancia económica del Crema Marfil y el conocimiento que se tiene de sus propiedades petrofísicas, ver Ordóñez *et al.* en este volumen, permite establecer estas comparaciones entre parámetros petrofísicos y observaciones microscópicas. Los parámetros de calidad de una roca ornamental básicamente son: estéticos o aspecto, propiedades mecánicas, y durabilidad. En todos estos puntos el apoyo de los datos petrográficos puede ser eficaz

tanto en prospección, como en seguimiento y control de la extracción, e incluso, en la interpretación de patologías de uso.

Caracteres petrográficos

Como hemos visto (Ordóñez *et al.*, en este volumen) el Crema Marfil puede definirse como una caliza fosilífera en la que predominan las bioesparitas de foraminíferos, a veces pueden observarse in-

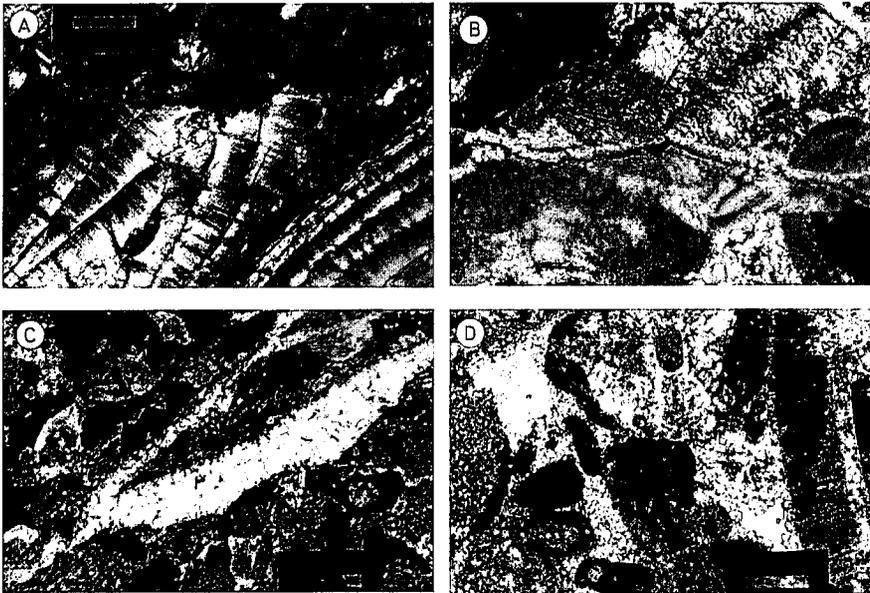


Fig. 1.- Microfotografías de luz transmitida y nícoles paralelos de algunas variedades comerciales del Crema Marfil: A. Estilolito mostrando una superficie de disolución dentada que afecta a un nummulites. Variedad Grano de Arroz. Longitud de la ventana 1 mm. B. Vénula asociada a superficie estilolítica. Variedad Aguas Oscuras. Longitud de la ventana 1 mm. C. Vénulas subparalelas, la mayor muestra relleno politextural. Variedad Crema Marfil Veta. Longitud de la ventana 1 mm. D. Cementación polifásica. Observense los grandes cristales que ocluyen la porosidad interpartícula. Variedad Pintas. Longitud de la ventana 2 mm.

Fig. 1.- Photomicrographs of some commercial varieties of Crema Marfil: A. Stylolite showing a toothed surface that damages a nummulites. Rice Grain variety. Scale bar is 1 mm. B. Vein associate with stylolitic surface. Dark Veins variety. Scale bar is 1 mm. C. Subparallel veins, the widest shows politextural cement. Veins variety. Scale bar is 1 mm. D. Poliphasic cementation. Large clear crystals occur in intergranular porosity. Spots variety. Scale bar is 2 mm.

traclastos de caliza fosilífera (biomicrita-bioesparita); en la tabla I se recogen los porcentajes relativos de los componentes texturales en algunos tipos comerciales de Crema Marfil, correspondientes a materiales extraídos a comienzos de 1995 en la zona del Coto, no se han incluido los intraclastos por ser, en general difíciles de diferenciar estando constituidos por las mismas facies que el conjunto de la roca, por lo que se han cuantificado sus componentes texturales englobandoles en el conjunto, dado que era el dato que nos interesaba analizar en el presente trabajo. Estos valores presentan variaciones espaciales como podemos ver si los comparamos con los porcentajes dados por Llopis y Lopez-Jimeno (1991), sin referirse a variedades de Crema Marfil, y con valores obtenidos por nosotros en materiales extraídos con posterioridad.

a. Rasgos texturales y estructurales singenéticos: Los rasgos texturales primarios del Crema Marfil que más influyen en la calidad, principalmente en aspectos estéticos son:

- La presencia de restos de equinoder-

mos que condiciona los recrecimientos sintaxiales de calcita, siendo ellos mismos, especialmente las placas, elementos cristalinos que por sus características contribuyen a crear el aspecto marmóreo.

- La presencia de macroforaminíferos implica un gran porcentaje de grandes poros susceptibles de cementarse y los cristales que componen su estructura son de un tamaño que, por el mismo motivo antes indicado, mejora las características de la roca ornamental.

- Por contra, en el Crema Marfil los foraminíferos de gran tamaño, especialmente Nummulites y Discocyclina, si muestran una orientación preferente, pueden llegar a crear superficies que se comportan desde el punto de vista mecánico como discontinuidades.

- La composición química y mineralógica de algunos fósiles, como las algas rojas, inducen los procesos de micritización, que influyen en aspectos estéticos de la roca ornamental.

- Los procesos de recristalización son escasos, la micritización, asociada principalmente con algas rojas, es frecuente, también muchos restos de foraminíferos

están micritizados. La estructura original de algunos fósiles, principalmente Nummulites determina la presencia de mesocristales.

b. Rasgos texturales y estructurales diagenéticos: Los rasgos petrográficos postsingenéticos que más influyen en las propiedades físicas de las rocas ornamentales son:

- Cementaciones relacionadas con la diagénesis de enterramiento y la diagénesis meteórica o hipergénesis.
- Estilolitos relacionados con la diagénesis de enterramiento.
- Vénulas, en las que pueden influir los dos procesos citados.

Cementos: La cementación condiciona la presencia de macrocristales y la calcita esparítica es abundante, en algunos casos alcanza tamaños de cristal milimétricos (2 - 4 mm de diámetro), siendo su tamaño medio de 0,5 mm. Se pueden observar en el Crema Marfil tres tipos principales de cemento: cemento esparítico en mosaico (equant sparite cement), cemento en recrecimiento marginal sintaxial (syntaxial rim cement), asociado a restos de equinodermos, ambos cementos pueden considerarse de diagénesis de enterramiento; y cemento macrocristalino, interpretado como cemento freático

El valor de sus porcentajes relativos es más homogéneo que el de los porcentajes de aloquímicos en las diferentes variedades del Crema Marfil.

Los cementos freáticos son comúnmente claros siendo su mineralogía calcita de bajo contenido en hierro. En la zona freática los poros están permanentemente rellenos con agua y como resultado de estas condiciones los cristales crecen lenta y continuamente, resultando cristales de mayores tamaños que los de la zona vadosa (Tucker & Wright, 1990) (Fig. 1.D). Frecuentemente los cementos freáticos homogenizan las discontinuidades de origen diagenético y tectónico.

Vénulas y estilolitos: Las vénulas de calcita son abundantes, pudiendo observarse dos tipos predominantes de vénulas: unas cuyo grosor medio es de 0,2 mm, algunas de las cuales tienen un relleno politextural (Fig. 1.C.), pero que en general están rellenas con esparita mesocristalina equigranular y otro tipo constituido por vénulas más finas, cuyo grosor varía entre 0,02 mm y 0,04 mm que están rellenas de esparita en mosaico microcristalino, en la variedad «Aguas Oscuras» estas vénulas presentan

en su borde inferior un tapizado cripto-cristalino, posiblemente debido a su asociación con estilolitos (Fig. 1.B).

Los estilolitos son otra estructura diagénica que encontramos en el **Crema Marfil** (Fig. 1.A.), su presencia llega a ser estimada por motivos estéticos, pero resulta muy negativa su influencia en las propiedades físicas de la roca, tal como se ha observado en otras rocas (Mancini *et al.* 1994), habiendo comprobado como siempre se rompen a flexotracción por las superficies de los estilolitos. Estas superficies contienen óxidos de hierro y en algunos casos sobre ellas crecen cristales de calcita. (García del Cura *et al.*, 1995) Hemos cuantificado el número de estilolitos por cm en sección de corte, pero éste no es un parámetro que influya en la resistencia a flexotracción. En las superficies de rotura de las probetas hemos podido comprobar que lo que más influye son las características específicas de la superficie correspondiente al estilolito, especialmente si se trata de superficies con porosidad asociada y/o con procesos de cristalización de cemento en dicha superficie.

De acuerdo con estos hechos es posible hablar de superficies de disolución (solution clivage), principalmente en las variedades **Crema Marfil Fantasia** y **Crema Marfil Veta**.

Si la intensidad de los procesos de disolución es débil las superficies de disolución muestran la forma dentada típica de los estilolitos (Fig. 1.A), cuando el proceso de disolución es más intenso la «longitud de onda» de las estructuras en forma de «diente de sierra» aumenta, a la vez que se amortigua el carácter dentado (Alvarez *et al.* 1978).

Influencia de los caracteres petrográficos en las propiedades físicas

- El porcentaje de poros pequeños es directamente proporcional al porcentaje de micrita en las rocas estudiadas, otras rocas micríticas muy homogéneas como la dolomía micrítica de Laspra muestran abundante microporosidad (Esbert *et al.*, 1991).

- Los procesos de recristalización parecen disminuir la porosidad total, a pesar de que haya un predominio de recristalización degradante en el **Crema Marfil**.

- El porcentaje de poros mayores de 100 µm decrece cuando aumenta el cemento freático macrocristalino. Los macrocristales de cemento freático están libres de inclusiones, lo que influye en sus características estéticas.

- La porosidad total aumenta con el

Tipo de cemento	GRANO DE ARROZ	PINTAS	AGUAS OSCURAS	CLARO	AGUAS CLARAS
Esparítico en mosaico	70%	55%	75%	80% *	60%
Freático Macrocristal.	20%	35%	20%	—	20%
Sintaxial Marginal	10%	10%	5%	20%	20%

Tabla 2.- Tipos de cemento de algunas variedades comerciales de Crema Marfil. * Microesparita

Table 2.- Types of cement of some commercial varieties of Crema Marfil. * Microsparite.

número de vénulas y estilolitos.

- Las características de los estilolitos pueden influir negativamente en el módulo de ruptura como hemos visto en el apartado anterior.

El color del Crema Marfil

Los datos obtenidos en las variedades estudiadas han sido recogidos en la tabla 3. Estas medidas de colores se han realizado utilizando un espectrofotómetro (Minolta CM-2002). El iluminante utilizado ha sido el estándar D65 y un ángulo de visión de 10°. El número de medidas para cada tipo de piedra ha sido de 25 utilizando un campo de análisis en cada determinación de 50,3 mm². Las determinaciones fueron realizadas en condiciones ambientales (t = 20±1°C y H = 49±2%). Comparando estos datos con las características petrográficas se puede hacer una consideración sobre que probablemente las zonas meteorizadas son las que presentan colores más claros, valores más altos de L* (luminosidad, ver Fort, 1996), y por lo tanto los materiales con cementos freáticos dan los bloques de

mejor calidad, puesto que no sólo están más cementados, sino que este cemento, al tener un bajo contenido en hierro presenta colores más claros, por otra parte se produce un proceso de oxidación en el resto de las rocas que elimina los tonos oscuros que, en general, son menos apreciados.

Consideraciones finales

Un resumen de la relación de los parámetros de calidad con las características petrográficas en el Crema Marfil puede verse en la tabla 4.

Las características petrográficas en las calizas son función de:

a) Las facies sedimentarias primarias (componentes texturales y composición mineralógica y textural de cada uno de los aloquímicos). Los componentes texturales dependen de las características paleogeográficas y paleoambientales en que se depositó el sedimento original que dió lugar a la roca considerada, su distribución va a venir regida por los modelos establecidos por la sedimentología. La textura y/o estructura interna de los fósiles va a ser un carácter inherente a cada

Variedad	L*	a*	b*	IA	Munsell
Grano de Arroz	80.68	1.87	8.85	15.38	0.3Y 8.0/1.3
Pintas	83.25	2.07	8.48	14.43	9.7YR 8.2/1.3
Claro	85.89	1.47	8.47	13.96	0.5Y 8.5/1.2
Aguas claras	81.45	2.21	9.91	16.97	10YR 8.0/1.5
Honey	79.96	2.31	7.88	13.94	9.2YR 7.9/1.3
Primera	84.77	1.87	8.32	13.93	9.5YR 8.4/1.2
Veta	80.93	2.08	7.94	13.88	9.5YR 8.0/1.2

Tabla 3.- Cromatismo de algunas variedades comerciales de Crema Marfil.

Table 3.- Colour co-ordinates of some commercial varieties of Crema Marfil.

tipo de fósil.

b) Los procesos diagenéticos definidos en un sentido amplio: diagénesis de enterramiento, procesos de disolución bajo presión, cementación freática, karstificación, meteorización e incluso procesos tectónicos.

De ahí que la definición de procesos sedimentológicos, diagenéticos y paleohidrológicos y su distribución pueda servir no sólo para establecer criterios petrográficos de calidad, sino también para estudiar su variación espacial y por tanto su ubicación en cantera.

Los estudios petrográficos son un método fácil y barato para definir la calidad de potenciales rocas ornamentales y son una referencia necesaria para interpretar los datos porosimétricos y los resultados de los tests de durabilidad.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado dentro del Proyecto CICYT: AMB 93 0019.

Referencias

- Alvarez, W., Engelder, T. & Geiser, P.A. (1978). *Geology*, 6, 263-266.
- Esbert, R., Montoto, M. & Ordaz, J. (1991). *Mat. Con.* 41, 61-73.
- García del Cura, M. A., Ordóñez, S., Fort, R. y Pina, J. A. (1995). *Com. Ist Int. Cong. Natural Stone*. Lisboa, 37-45.
- Hudec, P.P. (1984). *Bull. I.A.E.G.* 29, 381-385.
- Fort.R. (1996). En «Degradación y Conservación del Patrimonio Arquitectónico». Ed. F. Mingarro. Editorial Complutense (en prensa).
- Llopis, L., Lopez Jimeno, C. (1991). *Canteras y Explotaciones*, 289: 50-58.
- Mancini, R. Marini, P. & Morandini, A. (1994). *III Cong. Italo Brasiliano di Ingegneria Mineraria*. Verona. 1994.298-300.
- Ordóñez, S., García del Cura, M. A., Fort, R. y J.A. Pina.(1996). *Geogaceta* (este volumen).
- Tucker, M.E. & Wright, V.P. (1990). *Carbonate Sedimentology*. 482 pags. Blackwell Sci. Pub. Oxford.

PARAMETROS DE CALIDAD

* ASPECTO

▲ **Colores claros** → ▲ **Cemento freático y meteorización.**

▲ **Aspecto "fantasía"** → ▲ **Densidad de estilolitos**

▲ **Aspecto nacarado** → ▲ **% Macroforaminíferos**

▲ **Aptitud para el pulido** → ▲ **Cementos "rim" o freático.**

* RESISTENCIA MECÁNICA.

▲ **Modulo de Ruptura** → ▼ **Apertura de superficies estilolíticas.**

▲ **Módulo de ruptura** → ▼ **Orientación preferente de microfósiles**

* DURABILIDAD.

▼ **Porosidad total** → ▲ **Cementación**

▼ **Porosidad total** → ▲ **Recristalización.**

▲ **Microporosidad** → ▲ **% Micrita.**

▲ **Macroporosidad** → ▲ **% Macroforaminíferos.**

▼ **Macroporosidad** → ▲ **% Cemento freático.**

Tabla 4.- Relación de los parámetros de calidad con las características petrográficas en el Crema Marfil.

Table 4.- Quality parameters versus petrographic features in the Crema Marfil commercial marble.