

# Caracterización petrofísica de la caliza de Piedramuelle (Oviedo, Asturias).

F. J. Alonso, J. Ordaz, L. Valdeón, A. Rojo, F. Díaz-Pache y R. M. Eibert.

*Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. Jesús Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo.*

Recibido el 30 de Septiembre de 1998. Aceptado el manuscrito revisado el 15 de Diciembre de 1998.

---

**Resumen:** Se estudia desde el punto de vista petrofísico la caliza de Piedramuelle, una de las rocas más utilizadas en el patrimonio arquitectónico de Oviedo (Asturias, España). Dentro de esta litología se distinguen variedades rocosas por su granulometría –denominadas “grano grueso” y “grano fino”–, con distinto comportamiento frente a la alteración. Se analizan las características petrográficas y las propiedades físicas de ambas variedades, y se correlacionan con su alterabilidad como piedra de edificación. El peor comportamiento de la caliza de grano fino se atribuye a su mayor contenido en filosilicatos y a su menor tamaño de poro, lo que favorece la retención de humedad durante el secado.

**Palabras clave:** Caliza, piedra de edificación, petrografía, porosidad, propiedades físicas, alterabilidad, Asturias.

**Abstract:** Piedramuelle limestone, one of the rocks more widely used in the architectural heritage of Oviedo (Asturias, Spain), is studied from the petrophysical point of view. Two rock types, with different decay behaviour: “coarse grain” and “fine grain” types, can be distinguished according its granulometry. Some petrographical characteristics and physical properties, are analysed and results correlated to their weatherability as a building stones. The worst behaviour of the fine grain type is attributed to its greater phyllosilicates content and finest pore size, characteristics which increase humidity retention when drying.

**Key words:** Limestone, building stone, petrography, porosity, physical properties, durability, Asturias.

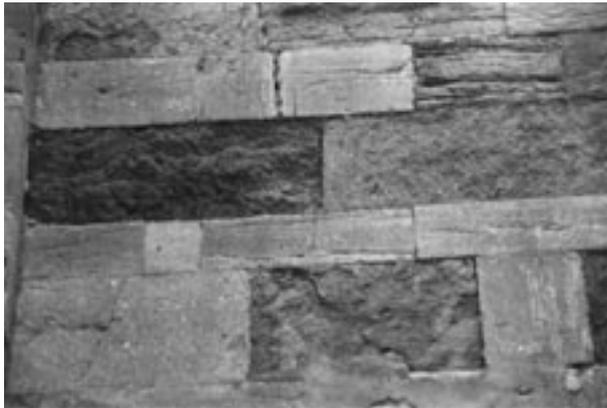
---

Uno de los materiales rocosos más utilizados en el patrimonio arquitectónico de la ciudad de Oviedo es la caliza de Piedramuelle. Se trata de una roca extraída en distintos puntos de los alrededores de la ciudad, de niveles del Cretácico Superior (Cenomanense), en concreto de la denominada Formación Piedramuelle. Dicha formación es mayoritariamente detrítica con carbonatos en su parte superior: presenta areniscas, areniscas calcáreas y calizas arenosas, materiales todos ellos ampliamente utilizados en la arquitectura monumental ovetense (Eibert y Marcos, 1983; Eibert et al., 1992; Gutiérrez-Claverol y Torres, 1995).

De todos esos tipos rocosos los más utilizados en edificación son las calizas arenosas –a veces tam-

bién dolomíticas–, conocidas en el ámbito de la construcción como “piedra de Piedramuelle” (Eibert y Marcos, 1983). Se trata de rocas con variaciones de color y granulometría, por lo que se consideran variedades en relación con las citadas características petrográficas. En los edificios monumentales de Oviedo pueden diferenciarse bastante bien dos variedades extremas, conocidas en trabajos anteriores (Eibert et al., 1996) como “variedad amarilla” y “variedad roja”, aunque también se presenta una amplia gama de variedades intermedias (Fig. 1).

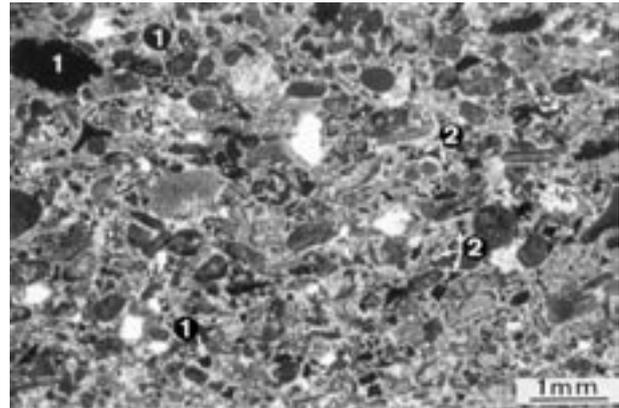
La denominada “variedad amarilla” es una caliza bioclástica arenosa de grano grueso, siendo este último hecho más característico y significativo que el color, por lo que parece conveniente denominarla



**Figura 1.** Detalle de la torre del Monasterio de San Pelayo (Oviedo), construida con los dos tipos de caliza de Piedramuelle. Los sillares bien conservados corresponden a la variedad de grano grueso y los alterados a la de grano fino.

“*variedad de grano grueso*”. Este es el material más abundante en la fábrica de los edificios monumentales de Oviedo (Catedral, Universidad, Palacios de los siglos XVII y XVIII, etc.), sobre todo como sillares en paramentos lisos, y se diferencia bien de otros tipos por su color, granulometría y buen comportamiento frente a la alteración. Esta variedad se identifica fácilmente en los niveles cretácicos mencionados y se ha extraído en distintas localidades (Santa Marina de Piedramuelle, Limanes, Tiñana, etc.).

La conocida hasta ahora como “*variedad roja*” es también una roca carbonatada, fundamentalmente una caliza cristalina impura de grano fino, que puede presentar colores más variables, desde amarillentos a claramente rojizos; se la ha denominado “*variedad de grano fino*”. Esta piedra, debido posiblemente a su menor tamaño de grano y a su facilidad para la labra, es más utilizada en las partes esculpidas y ornamentales de muchos edificios de la ciudad de Oviedo, como puede observarse en el convento de Sta. Clara (Delegación de Hacienda), en el antiguo Hospital Provincial (Hotel de la Reconquista), en el palacio del Duque del Parque, etc.; aunque también se ha utilizado en paramentos lisos: iglesia de San Isidoro, fachada del monasterio de San Pelayo, etc. En edificación esta piedra se distingue bien de la “*de grano grueso*” –independientemente de su color– por la facilidad con que se deteriora y las distintas formas de alteración presentadas. Aunque se le atribuye la misma procedencia estratigráfica que a la anterior, no se ha encontrado en cantidades significativas, por lo que su localización continua siendo objeto de estudio.



**Figura 2.** Caliza de Piedramuelle de grano grueso. Puede observarse la textura granuda, clástica, con abundantes peloides, restos fósiles, granos de cuarzo y distintos tipos de poros: mólicos (1), intergranulares (2) (MOP, LPA).

## Petrografía

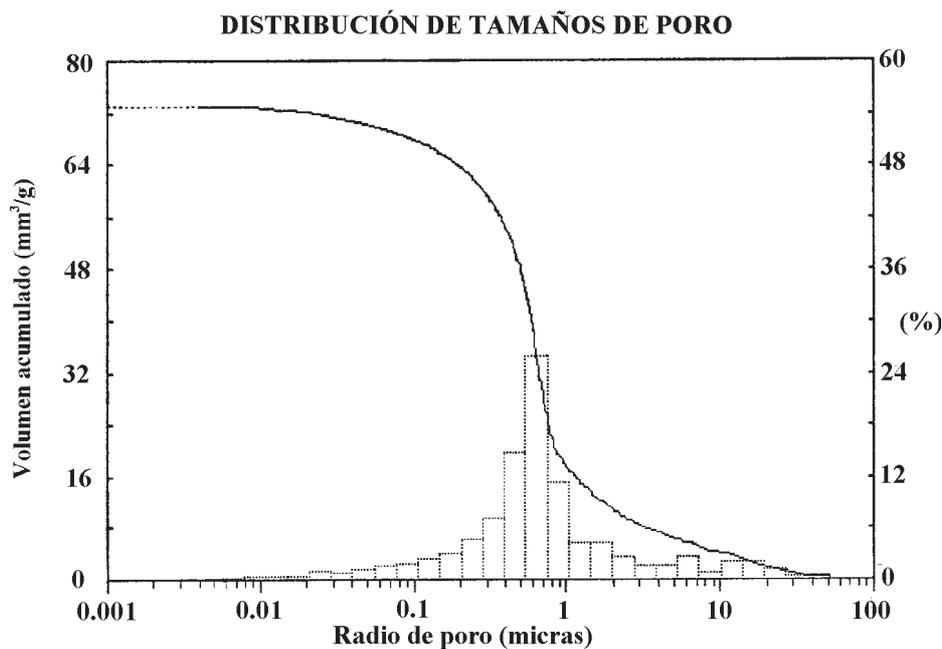
Se indican las características petrográficas de las dos variedades de caliza de Piedramuelle, diferenciando sus aspectos composicionales, texturales y de porosidad. Para ello se han estudiado láminas delgadas, se han analizado mediante difracción de rayos X y se ha obtenido la distribución porométrica mediante técnicas de inyección de mercurio.

### *Piedramuelle de grano grueso.*

Es una caliza masiva, granuda, de color amarillo claro, que a simple vista muestra restos fósiles, poros y algún estilolito. A veces se presenta bandeadada, debido a variaciones en el tamaño de los granos. Los granos y los poros con frecuencia son elongados y están orientados, confiriendo un cierto grado de anisotropía a la roca. La roca es relativamente compacta y perfectamente coherente.

**Composición:** El mineral mayoritario es la calcita (75-90 %), observándose también abundantes granos de cuarzo (5-15 %), así como otros componentes terrígenos (<5 %): feldespatos, fragmentos de roca, moscovita y minerales arcillosos (illita y caolinita). También presenta óxidos de hierro (<5 %), fundamentalmente hematites y goethita. Entre los minerales accesorios destaca la turmalina.

**Textura:** Es de tipo granuda, clástica, granosportada, cementada por calcita espática (Fig. 2). Los granos más abundantes son los peloides, en



**Figura 3.** Distribución porométrica en la caliza de Piedramuelle de grano grueso. Incluye la curva de distribución ( $\text{mm}^3/\text{g}$ ) y el histograma de frecuencia (%). En abcisas se representa el tamaño de acceso de poro y en ordenadas el volumen de poros.

torno a  $500 \mu\text{m}$  de tamaño, formas redondeadas y bajo grado de cristalinidad, en ocasiones pueden atribuirse a algas rojas. En segundo lugar destacan los fragmentos fósiles (bivalvos, crinoideos, foraminíferos), de tamaño similar y formas variadas, si bien las valvas a veces presentan mayor tamaño y formas elongadas, estando orientadas. Entre los granos terrígenos destacan cuarzos, feldspatos y líticos, de alrededor de  $1 \text{ mm}$  de tamaño y formas angulosas. Los óxidos de hierro se encuentran dispersos por la roca, concentrándose en los estilolitos.

El tamaño y calibrado de los granos presenta variaciones de unas muestras a otras y también a veces varía de forma gradual, generando estratificación gradada. Los granos con frecuencia están cementados por calcita espática ( $20\text{-}200 \mu\text{m}$ ), frecuentemente con disposición en drusa, y los crinoideos presentan cementación syntaxial.

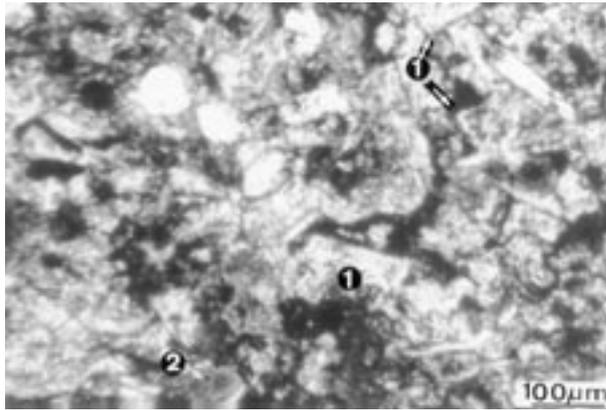
**Porosidad:** La roca muestra abundantes poros, predominando los de origen móldico y los intergranulares de menor tamaño. También se observan poros mayores –de algunos milímetros– abarcando varios granos (poros vacuolares), que indican procesos de disolución generalizada en la roca. La porosidad abierta es elevada, alrededor del 20 %, variando del 16 al 23 % de unas muestras a otras. La distribución de la porosidad en función

del tamaño de acceso a los poros es unimodal y simétrica (Fig. 3). El radio de acceso de poro presenta un valor medio alrededor de  $1 \mu\text{m}$  (variando de  $0,7$  a  $1,8 \mu\text{m}$ ), y la porosidad con acceso  $<0,1 \mu\text{m}$  es escasa. La superficie específica, en consecuencia, es baja, en torno al  $0,5 \text{ m}^2/\text{g}$  (variando de  $0,38$  a  $0,62 \text{ m}^2/\text{g}$ ).

#### *Piedramuelle de grano fino.*

Roca carbonatada de aspecto masivo, cristalino, de grano fino y coloración más variable: del rojo al amarillo. Entre los granos se observan láminas de moscovita y también pequeños poros elongados. Más esporádicamente presenta núcleos de calcita espática y estilolitos. La roca es relativamente compacta, menos coherente y más alterable que la de grano grueso. En edificación muestra distintas formas de alteración, que pueden relacionarse con el color: las variedades más amarillas tienden a descamarse, mientras que las rojas presentan acanaladuras.

**Composición:** La roca está formada mayoritariamente por carbonatos (70-80 %), predominantemente calcita, y en menor proporción dolomita ferrrosa y ankerita. Entre los minerales terrígenos abunda el cuarzo (8-15 %) y los filosilicatos (6-15 %): moscovita, biotita alterada, clorita, glauconita



**Figura 4.** Caliza de Piedramuelle de grano fino. Puede observarse la textura esencialmente cristalina, con cristales de calcita, granos de cuarzo, pseudomorfos de dolomita (1), y granos de glauconita (2) (MOP, LPNA).

y minerales arcillosos. Son característicos de esta variedad los agregados de glauconita. Entre las arcillas se identifica illita y, en menor proporción, calolinita. Otros componentes significativos son los óxidos de hierro (4-6 %), principalmente goethita y hematites, a los que se atribuye el color de la roca. Entre los minerales accesorios presenta turmalina.

**Textura:** Se trata de una roca esencialmente cristalina, en la que destacan granos dispersos de tamaño fino y uniforme, de distinta naturaleza (cuarzo, moscovita y glauconita, Fig. 4). Los cristales de calcita constituyen los componentes de mayor tamaño (200 a 300  $\mu\text{m}$ ), aunque también se presentan en cristales menores con disposición intersticial y aspecto sucio por su contenido en inclusiones. El cuarzo se presenta en granos angulosos de 50 a 100  $\mu\text{m}$ , y la glauconita en granos redondeados de tamaño parecido (100  $\mu\text{m}$ ). Los óxidos de hierro están asociados a la fracción fina de los carbonatos y muestran disposición intersticial.

Una característica distintiva de esta roca es la presencia de grandes cristales de carbonato (0,5 mm), euhedrales, con inclusiones zonadas de óxidos de hierro, todos ellos rasgos típicos de dolomitización. No obstante, dichos cristales presentan recrecimientos o son policristalinos, siendo de calcita y no de dolomita, lo que indica un proceso posterior de desdolomitización. La textura resultante, entre granuda y cristalina, es típica de una desdolomía.

**Porosidad:** Presenta algunos poros móldicos, en relación a veces con los granos (formas redondeadas)

y otras con los cristales de dolomita (formas rómbicas). También se observan espacios vacíos de mayor tamaño (varios milímetros), consecuencia probablemente de que los granos sean más blandos o estén peor cementados. La porosidad abierta en este caso se sitúa alrededor del 10 %, variando del 5 al 15 %. La distribución de la porosidad en función del radio de acceso a los poros es unimodal y sesgada hacia los finos (Fig. 5). El radio de acceso de poro se sitúa alrededor de 0,13  $\mu\text{m}$  (entre 0,07 y 1  $\mu\text{m}$ ), y la porosidad con acceso  $<0,1 \mu\text{m}$  es abundante. En consecuencia, la superficie específica es elevada, en torno al 1,8  $\text{m}^2/\text{g}$  (entre 1,4 y 2  $\text{m}^2/\text{g}$ ).

### Propiedades físicas

Se han determinado diferentes propiedades físicas, fundamentalmente aquellas relacionadas con procesos de sorción de agua y transmisión de fluidos por la roca. Dichas propiedades son de interés para conocer el comportamiento de las rocas frente a los procesos de alteración, ya que el agua es el principal agente de deterioro.

Seguidamente se relacionan las propiedades determinadas, indicándose en cada caso los ensayos realizados –junto con las normas o procedimientos seguidos para su determinación– y los parámetros obtenidos:

**Densidad y porosidad.** Se han obtenido mediante el ensayo de la pesada hidrostática, el cual incluye la saturación forzada al vacío de las muestras. El ensayo se ha realizado de acuerdo con las recomendaciones RILEM (1980). Los parámetros determinados mediante dicho ensayo son los siguientes: a) Densidad de la roca seca o densidad aparente ( $P_d$ ); b) Porosidad abierta, accesible al agua ( $n_o$ ); y c) Contenido en agua en saturación ( $W_s$ ).

**Absorción libre de agua (imbibición).** Ensayo realizado por inmersión total de las muestras en agua, de acuerdo con la norma: Normal 7/85. Se han obtenido las curvas de absorción libre de agua y los correspondientes parámetros: a) Contenido en agua, para un tiempo dado ( $W_t$ ); y b) Grado de saturación, para un tiempo dado ( $St$ ).

**Desorción de agua (evaporación).** Ensayo realizado en atmósfera controlada, de acuerdo con la norma: Normal 29/88. Se han obtenido las curvas de secado y los correspondientes parámetros: a) Con-

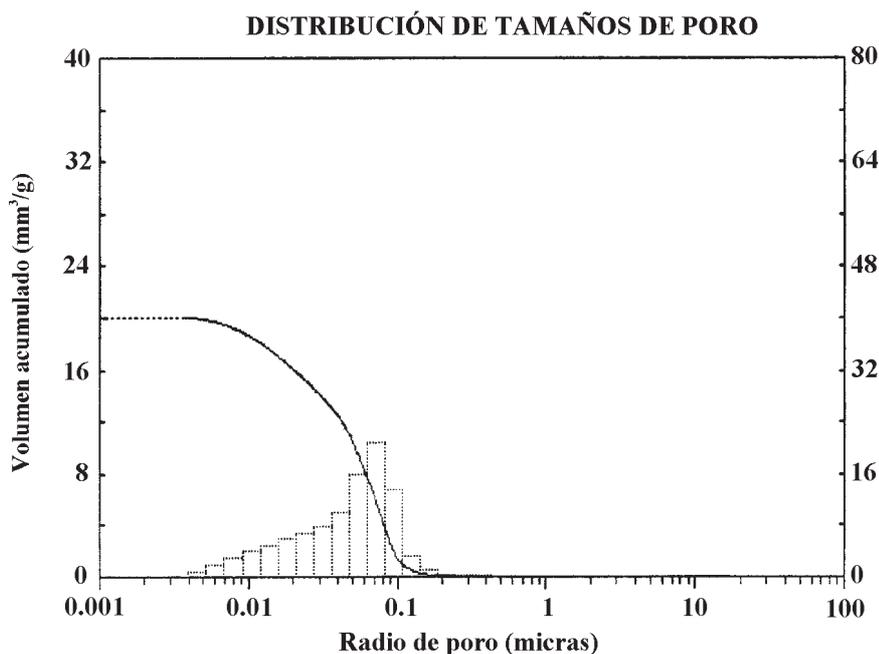


Figura 5. Distribución pométrica en la caliza de Piedramuelle de grano fino. Incluye la curva de distribución (m<sup>3</sup>/g) y el histograma de frecuencia (%).

tenido en agua, para un tiempo dado (Wt); y b) Grado de saturación, para un tiempo dado (St).

*Absorción de agua por capilaridad (succión capilar).* Ensayo realizado de acuerdo con la norma: Normal 11/85. Se ha determinado el coeficiente de capilaridad (C).

*Permeabilidad al vapor de agua.* Ensayo realizado de acuerdo con la norma: Normal 21/85. Se ha obtenido el coeficiente de permeabilidad al vapor de agua (Kv).

Las determinaciones se han realizado sobre muestras tomadas de sillares sin alterar procedentes de monumentos (la roca de grano grueso de la Catedral de Oviedo y la de grano fino del Monasterio de San Pelayo). Cada propiedad se ha medido en 4 probetas, indicándose en la Tabla I el valor medio y la desviación típica de los parámetros obtenidos, y en las figuras 6 y 7 las curvas de absorción y desorción de agua.

**Correlación petrofísica**

La densidad de la roca seca, la porosidad abierta y el contenido en agua en saturación son parámetros dependientes entre sí. En el caso de las muestras estudiadas, la caliza de Piedramuelle de grano grueso admite cuatro veces más agua en saturación

que la de grano fino, de acuerdo con su porosidad y densidad.

Respecto a la cinética de absorción de agua, la variedad de grano grueso toma el agua más rápidamente en el momento inicial, debido al mayor tamaño de sus poros. La cantidad de agua absor-

**TABLA I**  
Propiedades físicas de la caliza de Piedramuelle

	Piedramuelle de "grano grueso"		Piedramuelle de "grano fino"	
<b>Saturación al vacío (ensayo de la pesada hidrostática):</b>				
Densidad de la roca seca (Kg/m <sup>3</sup> )	2163±16		2570±20	
Porosidad abierta (%)	19,1±0,8		5,6±0,8	
Contenido en agua en saturación (%)	8,8±0,4		2,2±0,3	
<b>Absorción libre de agua (imbibición):</b>	<i>1 día</i>	<i>7 días</i>	<i>1 día</i>	<i>7 días</i>
Contenido en agua (%)	5,1	5,4	1,8	1,9
Grado de saturación (%)	57	60	85	88
<b>Desorción de agua (evaporación):</b>	<i>1 día</i>	<i>7 días</i>	<i>1 día</i>	<i>7 días</i>
Contenido en agua (%)	1,5	0,02	0,80	0,36
Grado de saturación (%)	17	0,2	36	16
<b>Absorción de agua por capilaridad:</b>				
Coeficiente (Kg/m <sup>2</sup> .h)	2,1±0,1		0,23±0,1	
<b>Permeabilidad al vapor de agua:</b>				
Coeficiente (g/m <sup>2</sup> .24h)	75±6		44±3	

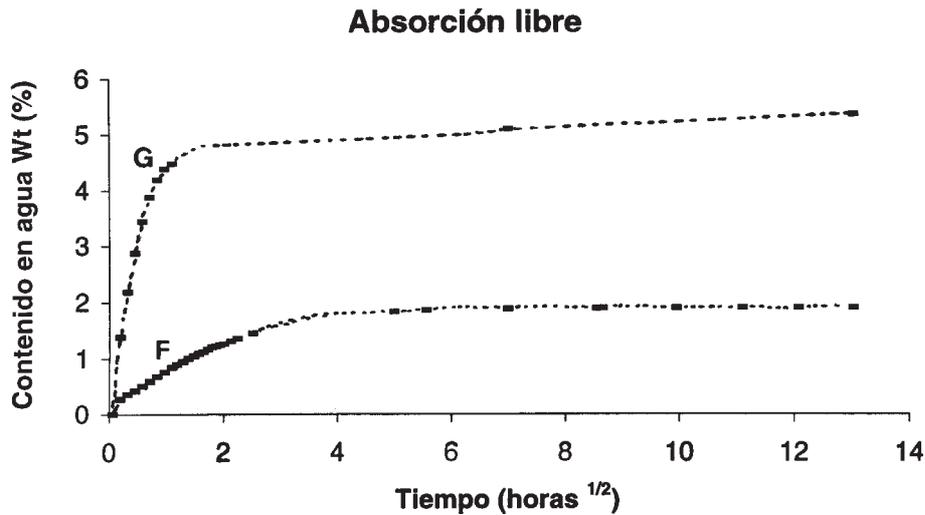


Figura 6. Curvas de absorción libre de agua en la caliza de Piedramuelle: grano grueso (G) y grano fino (F). Variación del contenido en agua en función del tiempo de inmersión de las muestras en agua.

bida también es mayor en la de grano grueso ( $W_{7\text{días}}: 5,4 \%$ ), de acuerdo con su mayor porosidad; sin embargo, se satura más la de grano fino ( $S_{7\text{días}}: 88 \%$ ), debido a que sus poros son más pequeños y con accesos menores.

Las curvas de evaporación muestran que el grado de secado alcanzado es elevado, siendo la variedad de grano grueso –a pesar de absorber más agua– la que seca mejor ( $W_{7\text{días}}: 0,02 \%$ ,  $S_{7\text{días}}: 0,2 \%$ ). La de grano fino retiene más agua ( $W_{7\text{días}}: 0,35 \%$ ), sobre todo cuando se considera en términos relativos ( $S_{7\text{días}}: 16 \%$ ), lo cual indica mayor capacidad de absorber vapor de agua de la atmósfera. Este hecho es consecuencia también del menor tamaño de los poros y de sus accesos, y está relacionado con la mayor superficie específica que presenta.

El coeficiente de absorción capilar es unas diez veces mayor en la variedad de grano grueso, esto es debido a la suma de dos factores: su mayor porosidad y su mayor tamaño de acceso de poro. La permeabilidad al vapor de agua también es mayor en la variedad de grano grueso, aproximadamente el doble, debido también a ambos factores.

### Conclusiones

Entre los materiales conocidos en el patrimonio monumental de Oviedo como “piedra de Piedramuelle”, se diferencia esencialmente dos tipos rocosos, que presentan distinto comportamiento frente a la alteración. Piedramuelle de “grano grueso”: es una caliza amarillenta, bioclástica, are-

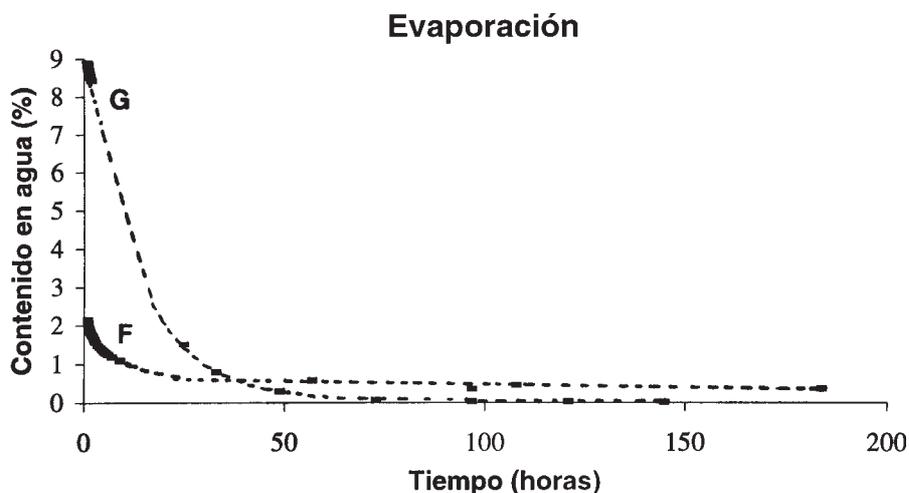


Figura 7. Curvas de evaporación en ambas variedades de Piedramuelle: grano grueso (G) y grano fino (F). Variación del contenido en agua de las muestras en función del tiempo de secado.

nosa, con una elevada porosidad (20 %) y poros relativamente bien comunicados (radio de acceso 1  $\mu\text{m}$ ), que se presenta normalmente muy bien conservada. Piedramuelle de “grano fino”: es una caliza dolomítica amarillenta a rojiza, cristalina heterométrica (desdolomía), impura (con cuarzo y filosilicatos), de menor porosidad y con los poros peor comunicados, que se presenta con frecuencia alterada, con desarrollo de costras negras, que a su vez causan problemas de disgregación, descamación y acanaladuras.

Esta diferencia de comportamiento puede ser atribuida a la composición y a la porosidad: la caliza Piedramuelle de “grano fino” presenta mayor contenido en filosilicatos y poros más pequeños y peor comunicados que la de grano grueso. Dichas características petrográficas influyen en el comportamiento de la roca frente al agua. Así, dicha variedad de grano fino –a pesar de tener menor porosidad y absorber menos agua– retiene mayor cantidad de agua durante el proceso de secado, lo que favorece su alteración.

#### Agradecimientos

A la Consejería de Cultura del Principado de Asturias por la financiación de los informes: “*Estudio alterológico de la piedra de la fachada de San Isidoro (Oviedo)*” y “*Deterioro/Conservación de la piedra del Monasterio de San Pelayo (Oviedo)*”.

#### Referencias

- Esbert, R. M. y Marcos, R. M. (1983): *Las piedras de la catedral de Oviedo y su deterioración*. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos técnicos de Asturias, Oviedo, 143 p.
- Esbert, R. M., Ordaz, J., Alonso, F. J. y Suárez del Río, L. M. (1992): *Estudio diagnóstico del deterioro de las piedras del antiguo Hospicio Provincial de Oviedo*. Cong. Int. de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación, Islas Canarias, I: 123-126.
- Esbert, R. M., Ordaz, J., Alonso, F. J., Valdeón, L. y Díaz-Pache, F. (1996): *Estudio alterológico de la piedra de la fachada de San Isidoro (Oviedo)*. Departamento de Geología, Área de Petrología Geoquímica, Universidad de Oviedo, 68 pp.
- Gutiérrez-Claverol, M. y Torres, M. (1995): *Geología de Oviedo*. Ediciones Paraíso, Oviedo, 276 p.
- Normal 7/81 (1981): *Absorción de agua por inmersión total. Capacidad de imbibición*. CNR-ICR, Roma.
- Normal 11/85 (1985): *Absorción de agua por capilaridad: coeficiente absorción capilar*. CNR-ICR, Roma.
- Normal 21/85 (1985): *Permeabilidad al vapor de agua*. CNR-ICR, Roma.
- Normal 29/88 (1988): *Medida del índice de secado (Drying Index)*. CNR-ICR, Roma.
- Rilem (1980): *Essais recommandés pour mesurer l'altération des pierres et évaluer l'efficacité des méthodes de traitement*. Matériaux et Constructions, Bull. RILEM, 13 (75): 175-252.