

JOSÉ QUEREDA SALA

## LA GELIFRACCIÓN EXPERIMENTAL EN LAS CALIZAS MARMÓREAS DE XERT Y BORRIOL

### RESUMEN

El presente artículo ofrece los resultados de los análisis experimentales de la gelifracción en las calizas marmóreas de Xert y Borriol.

La anomalía presentada por las calizas de Xert, es explicada con ayuda de fotomicrografías, que muestran la concentración de los huecos en microfisuras.

Por último se apunta la influencia de la velocidad de la helada, analizada experimentalmente en las calizas de Xert.

### RÉSUMÉ

Cet article offre les résultats d'analyses expérimentales de la gelifraction sur les calcaires marmorens de Xert et Borriol.

L'anomalie présentée par les calcaires de Xert, est expliquée au moyen de photomicrographies, qui montrent la concentration des trous dans les microfentes.

Enfin, on signale l'influence de la vitesse de la gelée, analysée de façon expérimentale sur les calcaires de Xert.

### *La escala de gelividad*

Cada vez parece más evidente que la gelifracción es un proceso complejo en el que el hielo ve condicionados sus efectos por las características físicas de las rocas. La porosidad, el calibre de los poros, el coeficiente de saturación y la permeabilidad influyen decisivamente en los comportamientos<sup>1</sup>. Así, todos estos caracteres, traducidos en la velocidad de fragmentación, han permitido establecer una escala de gelividad en cuatro grados<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> QUEREDA SALA, J. «Experiencias de gelifracción en medio artificial» *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, Madrid 1980, Tomo CXVI, pp. 53-77.

<sup>2</sup> LAUTRIDOU, J.P. and OZOUF, J.C. «Experimental frost sahttering: 15 years of research at the Centre de Geomorphologie du C.N.R.S.» *Progress in Physical Geography*, Vol. 6, nº 2, 1982, p. 218.

En principio, desde el tipo primero al cuarto, se va pasando a una litificación creciente de la estructura rocosa, desde las cretas a los mármoles cristalinos. En consecuencia, estos cuatro tipos de gelividad corresponden a una sucesión regular de los caracteres físicos de las rocas antes mencionadas<sup>3</sup>. Del tipo primero al cuarto, disminuyen la porosidad, la absorción capilar, la saturación y, consecuentemente, la velocidad de fragmentación. Simplificada en tres categorías aparece en la figura 1.

### *Las calizas marmóreas de Xert y Borriol*

No obstante, esta escala de gelividad no parece responder siempre a una evolución tan regular de los parámetros físicos de las rocas. Al menos esta es la conclusión que se desprende de los resultados experimentales obtenidos con dos clases de facies calizas-marmóreas de otras tantas canteras: Xert y Borriol. Los análisis de porosidad y saturación, realizados en el laboratorio del Centre de Géomorphologie de Caen, han dado los siguientes resultados:

CUADRO I

Muestra	Porosidad Parcial	Porosidad por absorción de agua en vacío	Porosidad a 100 bares	Coefficiente H
Caliza Xert	2'08%	2'29%	2'55%	81'5%
Caliza Borriol	1'83%	2'38%	3'95%	46'3%

La bajísima porosidad de las calizas de Xert contrasta con su elevado coeficiente de saturación. Por su parte, la caliza de Borriol muestra un bajo grado de porosidad así como de saturación. Consecuentemente su velocidad de fragmentación es lenta (fig. 2). Contrariamente, tal y como refleja la gráfica 3, la caliza de las canteras de «mármol» situadas en lo alto de les Moles de Xert<sup>4</sup>, ha tenido una fragmentación sensiblemente activa. Antes de los cien ciclos, el bloque de 10 cm. aparecía totalmente fragmentado (Fotos 1 y 2). Gelividad que se corresponde con la escala anteriormente establecida.

Por todo ello, la caliza de Borriol presenta unos parámetros regulares y que permiten incluirla en la familia cuarta, es decir en aquella en que la litificación es completa y manifestada en los bajos valores de porosidad, permeabilidad y coeficiente de saturación. En consecuencia con ello, la velocidad de fragmentación es

<sup>3</sup> LAUTRIDOU, J.P. «Principaux resultats des expériences de gélifraction expérimentale effectuées au Centre de Géomorphologie» *Inter-Nord*, Caen, n° 15, 1978, p. 7.

<sup>4</sup> QUEREDA SALA, J. «Les Moles de Xert, análisis geomorfológico», *Millars III*, 1976, pp. 81-92.



### DIAGRAMA CALIZA de BORRIOL

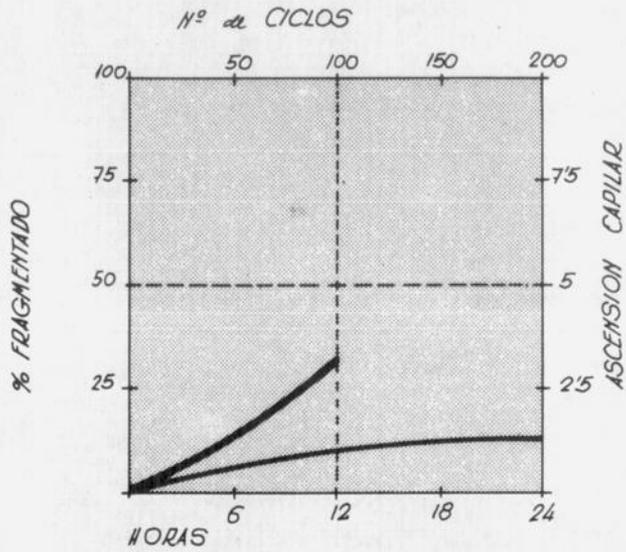


Figura 2.—Diagrama de gelividad en las calizas marmóreas de Borriol.

### DIAGRAMA CALIZA de XERT.

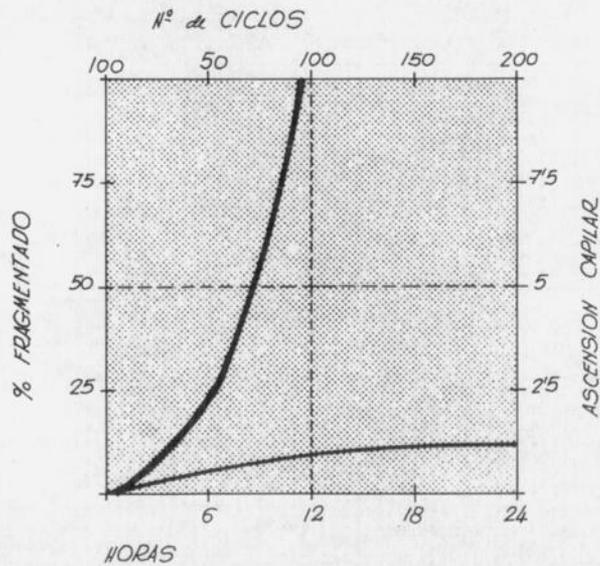


Figura 3.—Diagrama de gelividad en las calizas marmóreas de Xert.

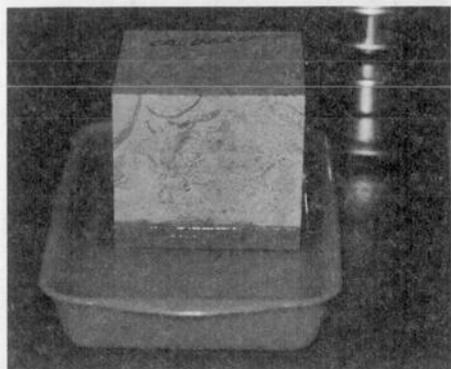


Foto 1. — Bloque marmóreo de Xert, 10 cm de arista, al comienzo de los ciclos.

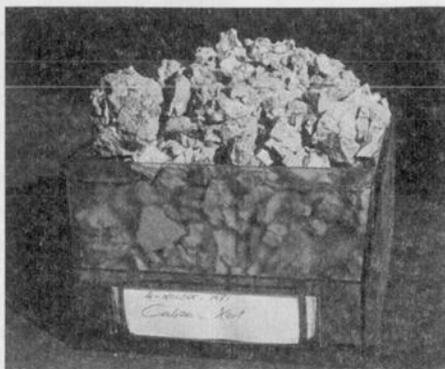


Foto 2. — El mismo bloque de Xert a los 100 ciclos diarios (+20-15° C).

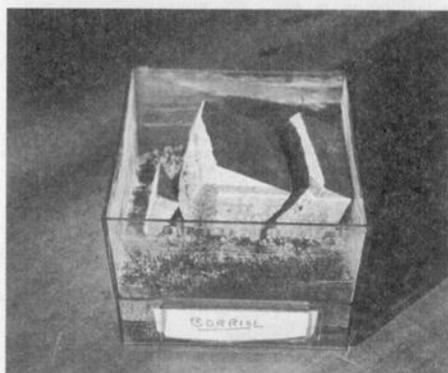


Foto 3. — Bloque de caliza de Borriol a los 100 ciclos.

lenta. A los 100 ciclos, apenas un 25% del bloque inicial se ha fragmentado (fotografía 3).

La comparación entre todos los ensayos efectuados y especialmente los resultados sobre los «mármoles» de Xert y Borriol ponen de manifiesto que el coeficiente de Hirschwal o de saturación es un elemento clave de la gelifracción ya que, en sus altos valores, significa una escasa existencia de espacios que contengan aire. Consecuentemente el aumento volumétrico que supone la helada carece de cavidades de expansión y sus presiones son más eficaces en la destrucción rocosa.

Esta aparente anomalía entre porosidad y saturación se explica en las fotomicrografías 4 a 8. La fotomicrografía 4, caliza marmórea de Xert, está tomada en el límite entre una zona fosilífera y otra inorgánica. En ella se observa la densa cristalinidad del carbonato en la parte fosilífera, así como el gran desarrollo de

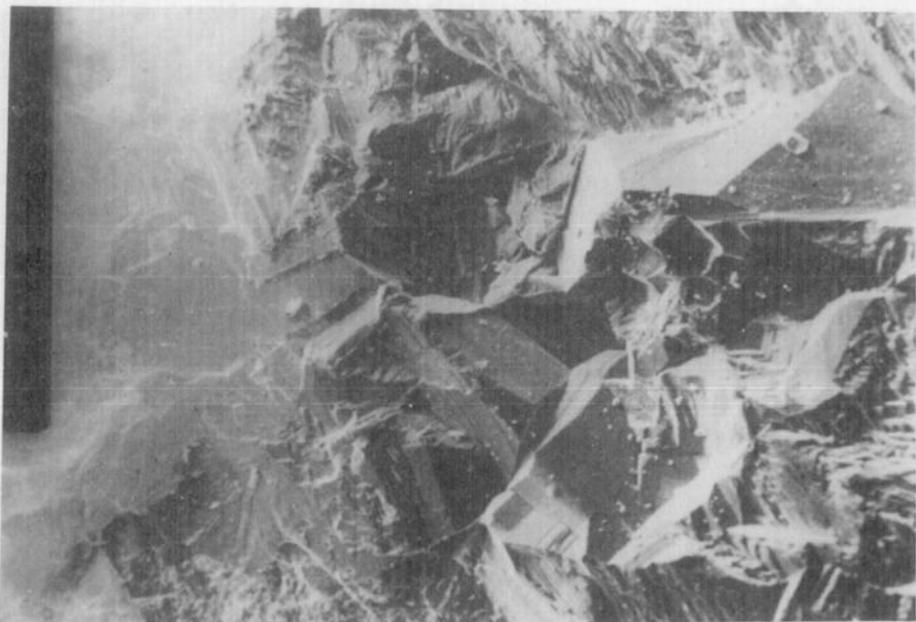
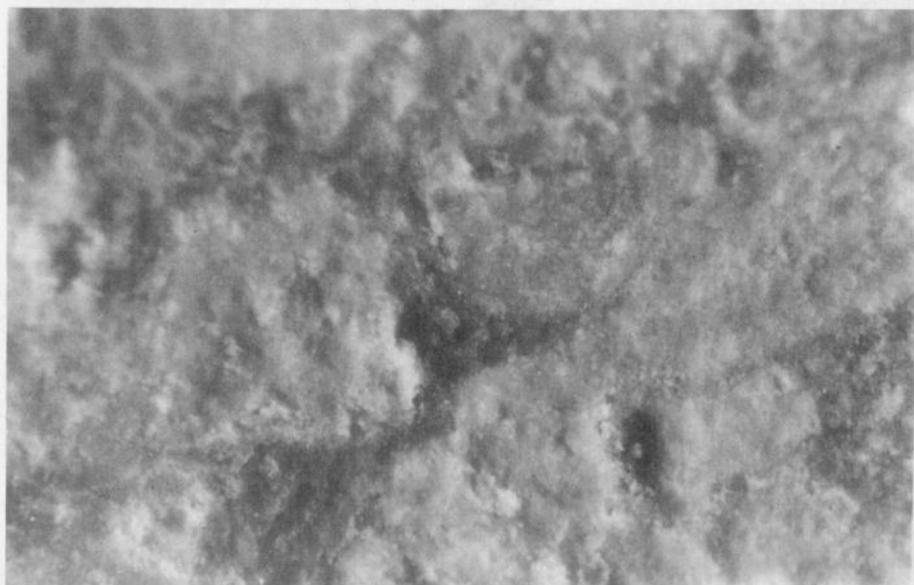


Foto 4.—Fotomicrografía de la caliza de Xert (x 100). Neta distinción entre la cristalinidad fosilífera y los romboedros «inorgánicos».



Foto 5.—Fotomicrografía de la caliza de Xert (x 500). Detalle de una microgrieta.



Fotos 6 y 7.—Fotomicrografías de la caliza de Borriol (x 200).

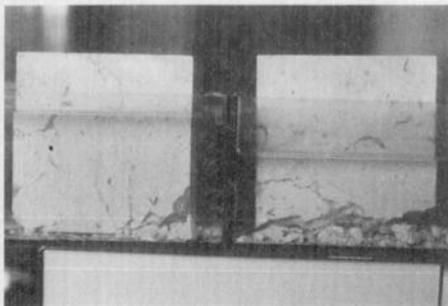


Foto 8. — La velocidad del descenso térmico se traduce en una fragmentación más o menos activa. Bloque izquierdo  $5^{\circ} \text{h}^{-1}$ , bloque derecho  $10^{\circ} \text{h}^{-1}$ .



Foto 9. — Bloque caliza de Xert, 8 cm de arista, a los 50 ciclos.



Foto 10.—El mismo bloque a los 100 ciclos.

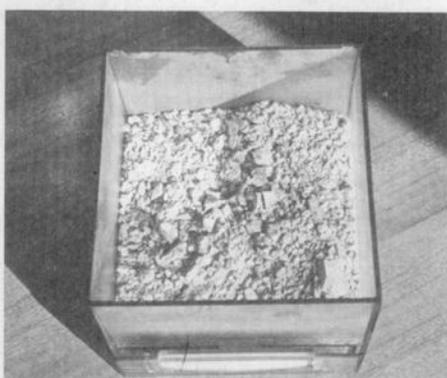


Foto 11.—La muestra anterior a los 150 ciclos.



Foto 12. — Bloque de calizas del Mas de Clara a los 200 ciclos.

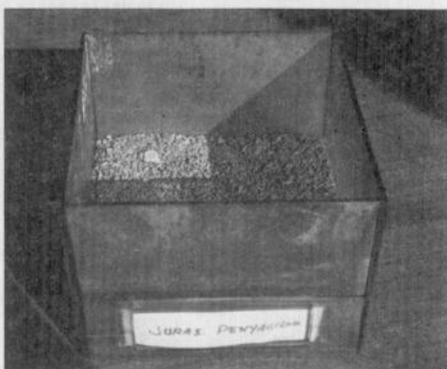


Foto 13. — Muestra de caliza jurásica de Penya-gosa a los 200 ciclos.

los romboedros «inorgánicos». La fotomicrografía 5, de la misma roca, está tomada en una zona no fosilífera y muestra una de las escasas microgrietas observadas. Por el contrario, las fotomicrografías 6 y 7 corresponden a los mármoles de Borriol, en los que la red de microporosidad queda más patente.

La conclusión que se desprende de estas microestructuras es que, en las calizas de Xert, los escasos huecos corresponden a microgrietas de 20 ó 30  $\mu$ m., porosidad fisural<sup>5</sup> en las que la saturación se puede alcanzar fácilmente y con un potencial matricial, pF, inferior a 1<sup>6</sup>; una buena alimentación en agua puede explicar la efectividad de la gelificación. Como ha señalado Kinishchev<sup>7</sup>, delgadas películas de agua absorbida sobre las paredes de las microgrietas pueden generar presiones considerables a través de su continuo helamiento y deshielo o proceso criohidratacional. Sin embargo, a causa de la diversidad de la forma y tamaño de las grietas y poros se puede asumir razonablemente que el fallo de la roca no tendrá lugar a una sencilla presión crítica. Así, el fallo local y microscópico de una roca se puede iniciar en grietas que están orientadas convenientemente en relación con la línea de presiones generadas. Estas grietas se propagan hasta encontrar otras grietas cuyas dimensiones y orientación pueden hacer o bien que cese la propagación o, por el contrario, que se desarrolle una red de discontinuidades a través de la cual se producirá el fallo microscópico de la roca. En este proceso, las rocas con microgrietas pueden ser llevadas hacia la rotura a través de presiones inducidas por la expansión volumétrica de agua helada o, alternativamente, por presión hidráulica del agua en las puntas de las grietas<sup>8</sup>.

### *La capacidad destructiva del hielo*

Las experiencias sobre el «mármol» de Xert nos han permitido contrastar, asimismo, la influencia de la velocidad en la helada<sup>9</sup>. La fotografía 8 nos muestra la diferente fragmentación, a sólo 25 ciclos, entre el bloque de la izquierda, con descenso térmico de 5°/h y el de la derecha 10°/h, en ciclos de 20 a (-15° C.).

Finalmente, las fotografías 9 a 13 vienen a darnos una imagen de esa capacidad destructiva que hace del hielo el principal agente de fragmentación rocosa. Sobre esa significativa serie de facies rocosas de la Provincia de Castellón, se revela la extraordinaria reducción en el calibre de los clastos cuando el número de ciclos, hielo-deshielo, supera los dos centenares.

<sup>5</sup> CORRALES ZARAUZA, I, *et alii*. *Estratigrafía*. Ed. Rueda. Madrid 1977, p. 97.

<sup>6</sup> DUCHAUFOUR, P. *Manual de edafología*, Toray-Masson, Barcelona 1975, p. 52.

<sup>7</sup> KONISHCHEV, V.N. «Frost weathering» *U.S.S.R. Contribution: Permafrost, Second International Conference*, Yakust, 1973, Washington D.C. National Academy of Sciences, pp. 176-81.

<sup>8</sup> MCGREEVY, J.P. «Some perspectives on frost shattering» *Progress in Physical Geography*, Vol. 5, n° 1, 1981, pp. 56-75.

<sup>9</sup> DELEAYE et FAUVEL, A. «Influence de la vitesse du gel sur la gélivité de la Pierre de Caen» *Rap. 9. Laboratoire de Cryoclastie*, Caen, 1979.