

# Uso Constructivo del Sustrato Rocoso del Yacimiento Romano de Augusta Bilibilis

/ HERNANDO ROYO PLUMED (1,\*), MARÍA PILAR LAPUENTE MERCADAL (1), RAMIRO ALLOZA IZQUIERDO (2), JOSÉ LUIS RECUENCO CARABALLO (3)

(1) Área de Petrología y Geoquímica. Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna 12. 50.009, Zaragoza (España).

(2) Laboratorio de Investigación de Bienes Culturales. Dirección General Patrimonio Cultural, Gobierno de Aragón. Polígono Malpica C/ B parcela 73-B. 50.057, Zaragoza (España).

(3) Laboratorio de Calidad para la Edificación. Gobierno de Aragón. Polígono Malpica C/ B parcela 73-B. 50.057, Zaragoza (España).

## INTRODUCCIÓN.

La caracterización del sustrato rocoso de un yacimiento arqueológico es un paso previo necesario para la identificación del material utilizado en el propio yacimiento, su proveniencia y el análisis de uso (constructivo u ornamental).

En este trabajo se aportan las características petrofísicas de las rocas del sustrato del yacimiento romano del *Municipium Augusta Bilibilis*. Se trata de rocas sedimentarias que por su proximidad son susceptibles de haber sido utilizadas en él. La finalidad de este estudio es analizar la calidad de estas rocas como piedra de cantería con uso en la construcción, comparando entre sí los valores obtenidos en las distintas litofacies.

## SITUACIÓN DEL YACIMIENTO.

El yacimiento arqueológico se encuentra en el término municipal de Calatayud, provincia de Zaragoza, a 85 km. de su capital, comunicado con ella por la autovía A-2.

Geológicamente el yacimiento de *Bilibilis* se ubica en el margen septentrional de la cuenca de Calatayud-Teruel, junto a la discordancia entre los materiales pertenecientes al Cámbrico inferior de la rama aragonesa de la Cadena Ibérica y los depósitos miocenos de la propia cuenca (Anadón et al. 2004).

Las muestras (Tabla 1) pertenecen a parte de la serie tipo del Cámbrico inferior de la región, incluyendo el Ovetiene superior, Marianiense y Bilibiliense inferior (Gozalo et al. 2004) que corresponden con las formaciones Jalón, Ribota, Huérmeda y Daroca (nomenclatura estratigráfica revisada y actualizada en Liñán et al. 1992). La de edad más reciente (Formación Daroca), aparece fosilizada por el relleno

mioceno de la Cuenca de Calatayud-Teruel. Toda la serie presenta varias fases de plegamiento con sus familias de diaclasas asociadas a las Orogenias Varisca y Alpina (Guimerà y González 1998).

## METODOLOGÍA.

Se seleccionaron 7 muestras en función de su estabilidad, parámetro relacionado con el grado de meteorización (UNE-EN ISO 14689-1:2003), evitando aquellas litofacies muy diaclasadas o en avanzado estado de degradación. El grado de meteorización se estimó visualmente.

Mediante el estudio de lámina delgada por microscopía óptica se clasificaron litologías de las diferentes muestras seleccionadas.

Se tallaron probetas cúbicas de 7 cm. de lado para realizar los correspondientes ensayos petrofísicos de valoración de las propiedades relacionadas con el sistema poroso: el volumen aparente ( $V_b$ ) en  $\text{cm}^3$ , la densidad aparente ( $\delta_a$ ) en  $\text{g}/\text{cm}^3$ , el índice de absorción a 48 h (W) en %, la porosidad abierta ( $n_0$ ) en % y el coeficiente de capilaridad (C) en  $\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{seg}^{1/2}$  (R.I.L.E.M. 1980).

A su vez, se obtuvo el módulo de rotura (R) en MPa correspondiente a la resistencia mecánica a la compresión simple uniaxial no confinada con la

carga perpendicular a los planos de anisotropía (So, estratificación). (UNE-EN 1926:1999).

## LITOFACIES.

En la Tabla 1 se indica la relación de litofacies estudiadas, la formación geológica a la que pertenecen y los valores petrofísicos de cada muestra, obtenidos en los ensayos hídricos y mecánicos realizados.

## ANÁLISIS DE FUNCIONALIDAD.

Las características petrofísicas y composicionales de una roca determinan su utilidad industrial. Por tanto, el estudio está dirigido a su posible uso artesanal como piedra de cantería con aplicación en la construcción, ya sea con función estructural o de placas de recubrimiento (Bustillo et al. 2004).

La existencia de varias familias de diaclasas que llegan a concentrarse con espaciados menores de 20cm, dificulta la extracción de grandes bloques de roca.

Los diagramas comparativos de los valores obtenidos se muestran en la Fig.1. La calidad de la roca como piedra de cantería la estimamos en función de tres parámetros (porosidad, capilaridad y resistencia mecánica).

Formación	Muestra	Clasificación	$V_b$ (ml)	$\delta_a$ (g/cm <sup>3</sup> )	W (%)	$n_0$ (%)	C (media)	R (MPa)
Jalón	FB-1	Grauvaca Kfs	345,9	2,55	1,22	3,87	0,73	96,04
	FB-2	Grauvaca lit.	345,2	2,56	1,54	5,79	0,81	63,08
	FB-4	Lutita	351,6	2,63	1,56	4,47	0,85	49,22
Ribota	FB-5 A	Dolomía	356,3	2,84	0,15	0,48	0,93	169,43
	FB-5 B		356,8	2,90	0,34	1,49	0,96	151,61
Huérmeda	FB-6	Lutita esquist.	360,7	2,66	1,12	2,50	0,88	110,18
	FB-8	Lutita	359,4	2,71	0,92	1,75	0,89	43,65
Daroca	FB-9	Subarcosa	360,4	2,54	2,29	6,24	0,81	82,16

Tabla 1. Relación de muestras estudiadas, su clasificación petrográfica y valores de los ensayos hídricos y de resistencia a la compresión.

Los límites establecidos para estos parámetros son una baja porosidad (<5%), un coeficiente de capilaridad menor de  $100\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$  (R.I.L.E.M. 1980) y un valor de Resistencia a la compresión simple  $>20\text{MPa}$  (Winkler 1997).

La **Densidad Aparente** ( $\delta_a$ ) está claramente relacionada con la litología de la roca.

Entre las rocas detríticas, las de grano fino (lutitas (Lt): muestras FB-4, FB-6 y FB-8) son las que presentan los valores de densidad más altos. Las de mayor tamaño de grano (arenitas (Ar): muestras FB-1, FB-2 y FB-9) tienen los valores más bajos de densidad. Mientras que la dolomía (DI) (FB-5) tiene la característica de tratarse de una roca de muy alta densidad, en concordancia con la recristalización que manifiesta.

La gráfica del comportamiento hídrico valorado por el **Índice de Absorción** (W) es semejante a la que muestra la porosidad abierta, denotando la estrecha relación entre ambos valores. Como es lógico, a mayor porosidad abierta, mayor capacidad de absorción de agua por parte de la roca.

El porcentaje de **Porosidad Abierta** ( $n_0$ ), alcanza un valor máximo en torno al 6% en las muestras FB-2 (6,24%) y FB-9 (5,79%) siendo de composición arenítica las dos, mientras que las rocas cristalinas (FB-5) presentan valores de porosidad, aunque variables, inferiores al 1,5%.

El **Coefficiente de Capilaridad** (C) presenta valores muy bajos. Ninguna muestra supera el valor de  $1\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$  por lo que cualquiera de ellas podrían ser utilizadas incluso para zócalos de los edificios (la situación más crítica en una construcción), teniendo en cuenta únicamente este parámetro (R.I.L.E.M. 1980).

Nótese que las muestras que presentan los valores más altos de C (siempre muy por debajo del umbral recomendado) se corresponden con las rocas que tienen una menor porosidad, poniendo de manifiesto que el tamaño de los poros responde a la categoría de microporo.

El **Módulo de Rotura** (R) es en todos los casos muy superior al valor mínimo recomendado para su uso estructural. Se han obtenido valores medios de  $43,7\text{MPa}$  en FB-8 y  $49,2\text{MPa}$  en FB-4 (litofacies lutíticas); valores altos de  $82,2\text{MPa}$  en FB-9 y  $96,0\text{MPa}$  en FB-1 (litofacies areníticas) y valores muy altos de hasta  $169,4\text{MPa}$  en FB-5 la muestra más densa y de menor porosidad (dolomía).

**CONCLUSIONES.**

Se ha constatado que los diferentes parámetros petrofísicos se encuentran relacionados entre si, siendo el reflejo de la naturaleza de la roca.

A partir de los valores obtenidos en los diferentes ensayos se verifica que todas las rocas presentan unas propiedades aptas para su uso como piedra de cantería, realizando una función estructural.

De las facies areníticas, la muestra FB-1 es la que mejores propiedades presenta. La muestra dolomítica FB-5, de alta cristalinidad, es la que manifiesta una mejor calidad, por su alta resistencia a la compresión y densidad. Sin embargo estos mismos parámetros dificultan el tallado de elementos estructurales regulares (sillares y sillarejos).

En todas las litologías, la presencia de varias familias de diaclasas, que llegan a concentrarse en espaciados menores de 20cm, intensifica la dificultad del tallado de piezas al fracturarse la roca por las discontinuidades.

Esto comporta que el tipo de elemento estructural idóneo, en función de las características obtenidas, será en forma de bloques irregulares de piedra (mampuesto).

**BIBLIOGRAFÍA.**

Anadón, P., Sanz-Rubio, E., Alcalá, L., Alonso-Zarza, A.M., Calvo, J.P., Orti, F., Rosell, L. (2004): Cuenca de Calatayud. En *Geología de España* (J.A. Vera, Ed.), SGE-IGME, Madrid, pp 563-565.

Bustillo, M., Calvo, J.M., Fueyo, L. (2004): *Rocas Industriales. Tipología, aplicaciones en la construcción y empresas del sector. Rocas y Minerales*, Madrid.-

Gozalo, R., Liñán, E., Gámez-Vintaned J.A., Díes, M.E. (2004): *La transgresión cámbrica y sus fluctuaciones. En Geología de España* (J.A. Vera, Ed.), SGE-IGME, Madrid pp 471-173.

Guimerà, J. y González, A. (1998): *El relieve de la Cadena Ibérica como un producto de la compresión alpina. Geogaceta*, **24**, 163-166.

Liñán, E., Gozalo, R., Gámez-Vintaned, J.A., Álvaro, J. (1992): *Las formaciones del Grupo Mesones (Cámbrico Inferior-Medio) en las Cadenas Ibéricas. III Congr. Geol. España y VIII Congr. Latinoamer. Geol.*, **1**, 517-523.

UNE-EN 1926:1999 (1999): *Métodos de ensayo para la piedra natural. Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial. AENOR* (Eds.), Madrid.

UNE-EN ISO 14689-1:2003 (2003): *Investigación y ensayos geotécnicos. Identificación y clasificación de rocas. Parte 1: Identificación y descripción. AENOR* (Eds.), Madrid.

R.I.L.E.M. (1980): *Essais recommandés pour mesurer l'alteration des pierres et évaluer l'efficacité des méthodes de traitement. Matériaux et Constructions, Bulletin. R.I.L.E.M.*, **13** (759) 216-220.

Winkler, E.M. (1997): *Stone in Architecture. Properties, durability. Springer-Verlag, Berlín.*

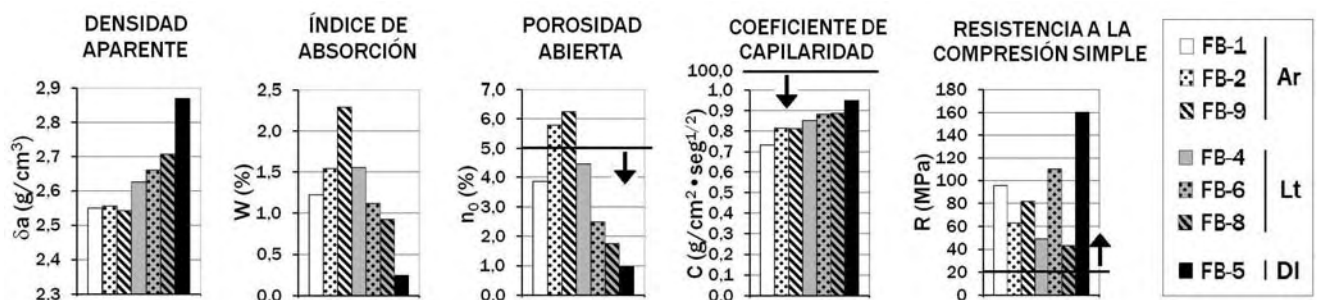


fig 1. Diagramas comparativos de los diferentes valores obtenidos en los ensayos hídricos y de resistencia mecánica para cada una de las litofacies estudiadas. Una línea gruesa marca el valor límite permitido para un uso como piedra de cantería. Ar: arenitas; Lt:lutitas; DI: dolomía.