

EL ALABASTRO: PATOLOGÍA EN SU USO ARQUITECTÓNICO Y METODOLOGÍA ESPECÍFICA PARA SU ESTUDIO

J. Gisbert¹ & S. Galarreta²

¹ Dpto. Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, gisbert@unizar.es

² Dpto. Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, sagalcor@gmail.com

RESUMEN: El alabastro ha sido utilizado en Aragón desde el S. I de nuestra era, empleándose en distintos tipos de construcciones o en actividades artísticas. Hacemos un repaso de la patología de la piedra natural que está presente en el alabastro. Seguidamente se describen en detalle problemas y alteraciones presentes tan sólo en el alabastro como son la calcinación y el cambio dimensional (tanto contracción como expansión). Se presentan varios ejemplos de cambio dimensional en afloramientos de campo, piezas de patrimonio y aplacados de uso en arquitectura moderna con estimación de tiempos de deformación e hipótesis sobre los mecanismos que controlan los procesos. Se finaliza discutiendo las peculiaridades del alabastro como roca ornamental única y abogamos por la necesidad de unos protocolos específicos y diferenciados de los que apuntamos unas primeras vías de trabajo. Finalmente se argumenta la necesidad de crear todo un paquete de normas tecnológicas específicas para la correcta caracterización (del material y de su patología), conservación y rehabilitación del alabastro.

PALABRAS CLAVE: Alabastro, patología, alterabilidad, durabilidad, cambios volumétricos, ensayos normalizados, petrofísica.

SUMMARY: Alabaster has been used in Aragón from the S. I of our era. It had been used in different types of buildings or artistic activities. We review the pathology of natural stone that are present in alabaster. Problems and abnormalities present only in alabaster are described in detail such as calcination and dimensional changes (both contraction and expansion). Several examples of dimensional change in field outcrops, heritage and laminated pieces used in modern architecture are presented with estimated times of deformation and hypotheses about the mechanisms that control the processes. Just discussing the peculiarities of alabaster as unique ornamental rock and advocate the need for one of specific protocols and differentiated from those who aim a first ways of working. It ends discussing the features of ornamental rock sole alabaster and one advocate the need of specific and different protocols, of which a first working paths are specified. Finally the need to create a package of specific technological standards for the proper characterization (the material and its pathology), conservation and rehabilitation of alabaster argues.

KEYWORDS: Alabaster, pathologys, weatherability, durability, volumetric changes, standardized, petrophysical studies

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Entendemos el término “alabastro” como el término que describe a un yeso natural microcristalino (mayoría de cristales de tamaño inferior a 60 micrones) y que puede presentar grados variables de translucidez.

El alabastro es, en sentido estricto, una roca y como tal incluíble dentro de la piedra natural, pero el yeso y más concretamente su variedad de grano fino (el alabastro) poseen propiedades únicas que requieren de un tratamiento individualizado del resto de la piedra natural.

Existen numerosos antecedentes sobre la patología en piedra natural (ver síntesis de Alonso et al, 2006), pero esta patología y los agentes que la provocan actúan sobre el alabastro con una intensidad y unos resultados realmente diferentes a los de las otras rocas.

En piedra natural hay un comportamiento diferenciado entre rocas carbonatadas y rocas silicatadas, estando las primeras caracterizadas por una solubilidad relativa mayor. El alabastro, con sus 2,6 gr/ litro de solubilidad en agua, está tan lejos de las rocas carbonatadas como estas lo están de las silicatadas.

En la Fig. 1 vemos dos casos de lapiaz sobre alabas-



1 a. Pilar exterior de la iglesia de Santa Isabel de Portugal en Zaragoza (350-400 mm anuales de precipitación). Se observa la generación de un micro lapiaz debido a la disolución del alabastro por circulación de agua de lluvia. Este alabastro se coloca a la intemperie en 1704, no obstante la exposición a la lluvia esta determinada por numerosos factores algunos incontrolables (diversos recubrimientos y barnices de restauraciones, lluvias con más o menos azote de viento en dirección al paramento y morfología de la escorrentía en la superficie de la fachada).



1 b. Placas de alabastro colocadas en un patio a la intemperie (apoyadas en el muro, al descubierto pero sin insolación directa) en Madrid durante 5 años. La placa en primer plano recibe goteo directo de cubiertas y la que hay en segundo plano sólo salpicaduras. Este caso permite hacernos una idea más exacta de la velocidad de disolución del alabastro. Las placas tienen 3 cm de grosor.

tro a la intemperie en un entorno climático con 350 mm de precipitación anual (Zaragoza) y de 400 mm (Madrid).

Las rocas carbonatadas generan estructuras de disolución semejantes en períodos de tiempo mucho mayores (1000 a 3000 años); por ejemplo, López Martínez (1984) cita valores de 125 mm de disolución cada 1000 años en un clima pirenaico con 2800 mm anuales; señalemos no obstante que hay datos de laboratorio que apuntan una disolución más rápida de calizas porosas que del alabastro (Cardenes et al, 2013), aunque nos parece evidente que estos autores emplearon unas condiciones experimentales

que no modelizan la realidad ya que las evidencias de observación directa son muy contundentes a este respecto.

También es conocido, desde hace tiempo, que otro factor que genera grandes diferencias en la alterabilidad de las rocas es la cantidad y tamaño de poros (Gauri et al, 1988) pudiendo hablarse de unas pautas de alteración en rocas macroporosas y otro en rocas microporosas. El alabastro se sitúa entre las microporosas (porosidades totales máximas de 3% y tamaños de poro generalmente inferiores a 5 micrones).

La facilidad para el cambio cromático es propia



2. Venus de Azuara (S. I antes de Cristo) tallada en mármol de Carrara (microporoso). En el S. II en algún avatar, se rompe la mano derecha, que es sustituida por una mano tallada en caliza del páramo (macroporosa) ensamblada por un vastago metálico. Tal como puede observarse el marmol se tiñe de óxidos de hierro mientras que la caliza no sufre cambio cromático.



3. Retablo de San Bernardo (La Seo, Zaragoza) La mancha amarilla es resultado de la oxidación de un vastago metálico de sujeción en el dorso de los sillares con la talla (30 cm de grueso). El retablo estaba afectado por humedades que provocaron ciclos de cristalización de sales deteriorando la figura central.

de algunas rocas microporosas como los mármoles blancos (conocido y documentado desde hace tiempo; ver por ejemplo, Bams y Dewaele, 2007) (Fig 2) y el alabastro (Fig 3); en este material es conocido aunque está poco estudiado el proceso. En el caso más frecuente, la tinción está provocada por elementos metálicos tales como sujeciones, clavos o pernos que aportan óxidos de hierro y colorean el material al ser transportados por difusión a través de microporos con alta superficie específica.

La cristalización de sales afecta al alabastro aunque no de forma especialmente intensa (Mckenzie et al 2002); sobre este tema no hay datos detallados publicados.

El factor que hace único al alabastro (y cualquier yeso en general) es el hecho de que empieza a perder agua y transformarse en basanita de forma lenta a partir de los 40-45°C y bruscamente a los 110°C pasa a anhidrita, sobre todo en ambientes secos (Fig 4). El proceso ha sido ampliamente estudiado para la fabricación de morteros de yeso pero no se ha documentado en detalle como proceso de deterioro en piezas escultóricas o arquitectónicas.

Esta transformación conlleva desaparición de la traslucidez, cambio de color y pérdida de cohesión (y con ella de todas las propiedades mecánicas).

Estas propiedades dificultan su caracterización, es-



4. Pieza de alabastro con la esquina superior derecha izquierda envejecida en el laboratorio con 36 horas de exposición a luz infrarroja. El ensayo se diseñó de forma que la temperatura de la superficie de la esquina de la placa se estabilizó a 45°C (medida con sensor de contacto). La zona blanca (solo un milímetro superficial) está parcialmente calcinada y ha perdido parte de su cohesión así como el carácter traslúcido



5. Columna de alabastro del Siglo XVI del antiguo convento de las Carmelitas Descalzas de Zaragoza. En enero de 2009 realizamos un reportaje fotográfico y finalmente la columna se desploma en febrero de 2009.

pecialmente si pensamos en emplear ensayos normalizados. La facilidad de calcinación hace inadecuada la forma de secado y los tratamientos térmicos descritos en muchas de las normas para “piedra natural”. La elevada solubilidad compromete la fiabilidad de cualquier ensayo relativo a su interacción con el agua y también a todos los ensayos mecánicos que pretendan explorar la resistencia del material “en mojado”.

Por último, datos muy recientes (Galarreta, 2014) apuntan que, en situaciones concretas y relativamente frecuentes a la intemperie, el alabastro presenta una tendencia al cambio dimensional muy superior al de cualquier otra roca y lo hace con pautas de comportamiento únicas.

2. PATOLOGÍA ESPECIFICA DEL ALABASTRO

Uno de los casos mejor documentados es el de una columna de alabastro perteneciente al convento de las Carmelitas Descalzas de Santa Teresa. Instalada bajo techo en el interior del convento en el S. XVI permanece en muy buen estado de conservación hasta el S. XX. En 1974 cuando la orden vende el convento situado en el centro de Zaragoza y se traslada a su actual residencia en la carretera del aeropuerto, la columna se instala en una patio interior a la intemperie. En el período 1974-1993 (es decir durante 19 años) la columna permanece intacta (Fig. 5) entre 1994 y 1999 se empieza a deformarse llegando a la situación documentada en la fig 5. Los testimonios visuales de las monjas coinciden que entre 1999 y



6a. Edificio totalmente revestido con placas de alabastro de 3 cm de grosor.



6b. Construido en 1994, parte de las placas de orientación SW comienzan a deformarse con la parte convexa hacia el interior de edificio y la cóncava hacia el lado insolado. En los detalles se aprecia la deformación (b1) y las fisuras abiertas en el lado concavo (b2).

2009, poco a poco, se produce la deformación (se inclina hacia el NE –lado convexo- fisurándose hacia el SW –lado cóncavo-).

Un ejemplo semejante es el del edificio de la Confederación de Empresarios de Aragón (CREA) en Zaragoza, revestido con placas de alabastro e inaugurado para la Expo de Sevilla en 1994. En 1999 se traslada a Zaragoza sin que en este traslado se produzca reposición de las placas. Entre 2011 y 2013, una parte de las placas (Fig. 6; todas ellas en orientación SW) se deforman. En diciembre de 2013, se cambiaron 50 de estas placas, todas fachadas con la misma orientación, ante la amenaza de caída. Señalemos la coincidencia en el plazo temporal (17 años en placas de 3 cm, 19 años en una columna de 35 cm de diámetro), en secuencia del proceso y en orientación respecto al sol, lo que nos hace pensar en la insolación como

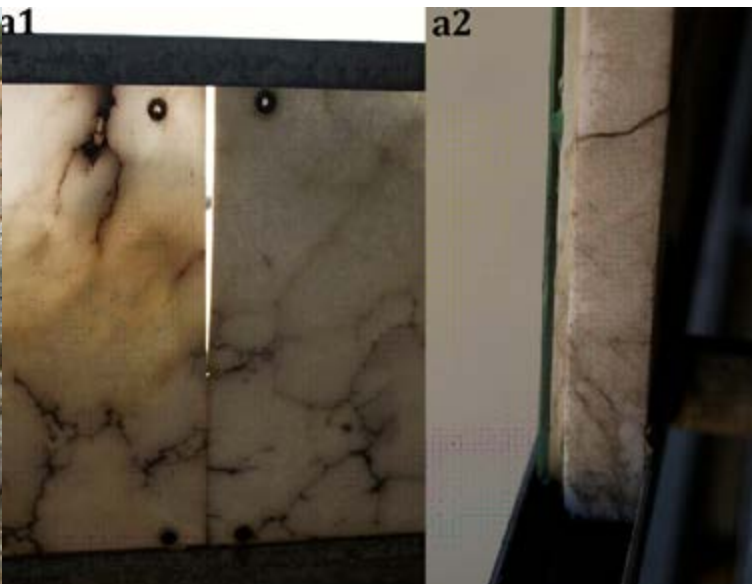
agente activador de la patología.

En cantera y afloramientos de campo (Foto 7) sufre importantes retracciones con pauta en disyunción poligonal (como en la columna) pero en períodos de tiempo más cortos (de 2 a 5 años según los trabajadores de la cantera) probablemente por efecto de los ciclos de humectación-secado que en los afloramientos de campo poseen un período de humectación mucho más prolongado que en paramentos arquitectónicos verticales.

Este efecto acelerante de la humectación ha sido comprobado tanto en ensayos de laboratorio como en un importante deterioro peritado (Gisbert, 2007) en la Estación Intermodal de Zaragoza (Figs. 8A y 8B), lugar donde la expansión hídrica lineal durante el mojado alcanza el 1% (foto 8.A-a1). En este caso el per-



7. Retracción poligonal en bolos de alabastro en las canteras del grupo Arastone en Gelsa (Zaragoza). Según los operarios de la cantera, la retracción poligonal se presenta en los frentes y bloques de alabastro abandonados, en las caras de orientación SW, tras períodos de 3 a 5 años de exposición a la intemperie.



8a. Placas de 60cmx60 cm con una extraordinaria expansión hídrica en la estación intermodal de Zaragoza en mayo de 2006, tres meses después de su instalación (a1) Nótese, en la base de las placas, la desaparición de una junta de 2 cm entre dos elementos de 60 cm de anchura). El perfil en “U” acumulaba el agua (a2) por lo que el alabastro estaba en un baño hídrico permanente. A la cara exterior de la placa (de

fil en “U” diseñado para la sujeción acumulaba agua (sin permitir la evaporación de la misma) y mantenía al aplacado de alabastro en un baño permanente.

El alabastro sufre cambios volumétricos que no se deben a la presencia de arcillas como en otros materiales tales como piedra caliza y arenisca, pues se han reproducido expansiones lineales tan grandes como en las de la Intermodal de Zaragoza en probetas de alabastro totalmente exentas de arcillas (Galarreta, 2014).

Por lo tanto, los cambios volumétricos se producen mediante un proceso complejo que implica la deshidratación-rehidratación del material.

Estos cambios necesitan de ensayos normalizados “ad hoc” para caracterizarlos y los autores de este



3 cm de grosor) se había pegado con butilo un cristal del mismo tamaño que la placa. Es muy probable que la presión de vapor influyera –desde luego en el despegue del cristal- y probablemente también acelerando y aumentando la expansión hídrica.

8b. Existían también placas de 60x120cm que se combaban y posteriormente caían.

artículo están trabajando en ello.

3. CARACTERÍSTICAS DEL ALABASTRO: METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Desde un punto de vista mineralógico y petrológico, el alabastro, sulfato de calcio di-hidratado, es un mineral evaporítico generado a partir de la hidratación de anhidrita, sulfato de calcio anhidro, en profundidad.

Está constituido fundamentalmente por cristales alotriomorfos de yeso microcristalino con tamaños de cristal que varían desde 0,1µm a 50µm, aunque también es común que haya cristales de mayor tamaño, hasta 150 µm, de yeso CENU (cristales con extinción no uniforme, Mandado, 1987). Las texturas que puede presentar este material pueden ser variadas, desde texturas esferulíticas a texturas parcialmente orientadas. A pesar de ser un material con baja porosidad (<3%), presenta altos valores de expansión volumétrica que creemos tienen que ver con transformaciones texturales, sobre todo cuando este material está expuesto a la intemperie.

Debido a su naturaleza evaporítica los ensayos con agua destilada siempre generan problema de disolución en la roca ensayada. Por ejemplo, en carbonatos, los efectos empiezan a notarse a los 10-15 días de inmersión en agua (pérdidas de algunos miligramos) (Alonso, 1986), mientras que en rocas ígneas no hay pérdidas apreciables en los tiempos de ensayo.

No obstante en alabastros suele haber pérdidas de peso apreciables a la hora de ensayo (datos propios). La pérdida de peso por disolución deducimos que es más temprana a la detectada al cabo de 60 minutos, pues al sumergir la probeta en agua, en primer lugar hay ganancia de peso por absorción de agua; antes de

observar valores negativos de pérdida de peso se detecta una disminución del incremento de peso por absorción; parte de esa disminución es, obviamente, disolución de masa. Es por esto, que es inviable un ensayo hídrico fiable con estos parámetros en este material.

Por lo tanto, al tratarse de una roca ornamental con unas características especiales, es necesario la instauración de unas modificaciones en paquetes de normas ya existentes para evaluar tanto las propiedades hídricas como físicas de las rocas, y el desarrollo de una serie de normas nuevas para las actuaciones de conservación y limpieza en el campo de la restauración.

Parte de esas modificaciones deben establecerse tras investigar la temperatura máxima tolerable de secado del alabastro, ya que en gran parte de los ensayos normalizados la temperatura puede llegar a superar los 70°C, cuando nosotros hemos comprobado que el proceso de calcinación comienza a las 45°C.

Respecto a la elevada solubilidad, los autores están explorando realizar los ensayos hídricos con agua saturada en yeso.

4. ENSAYOS NORMALIZADOS Y ALABASTRO: ESTADO DE LA CUESTIÓN

Parece lógico hacer referencia y tener como punto de partida al paquete de ensayos normalizados (UNE-EN) existentes para piedra natural. Por su contenido en relación a lo expuesto podemos establecer los siguientes grupos de normas:

A) Normas para ensayos que implican la inmersión en agua: Estos ensayos deben reelaborarse. Si fuera factible el empleo de agua saturada en yeso podrían

mantener un formato semejante pero empleando este tipo de fluido. Sería necesario añadir un ensayo nuevo que mida la velocidad de disolución del material y que pueda correlacionarse con la precipitación en mm del lugar de instalación. Damos por sentado que la modificación incluiría un protocolo de secado con temperaturas inferiores a 40°C.

B) Normas para ensayos mecánicos: Podrían mantener su formato incorporando las precauciones anteriores de secado y agua saturada en yeso para ensayos en roca húmeda.

C) Normas para ensayos de envejecimiento: Algunos como el de choque térmico y resistencia al fuego habría que cambiarlos completamente; en este campo se podrían elaborar los nuevos en base a los ensayos para aplacados de yeso.

También habría que rediseñar los ensayos de expansión hídrica y abombamiento de placas tras comprender como se producen estos fenómenos en el alabastro; en cualquier caso y visto lo conocido incluirían al menos una norma sobre ensayos de cambio dimensional por ciclos de mojado y otro para cambio dimensional y alteración por radiación solar.

D) Normas sobre “Sistemas de “instalación y recomendaciones de uso”. De nueva creación, serían de primera importancia para regular un empleo apropiado de este material.

E) Procedimientos de evaluación del deterioro y protocolos de actuación para restauración/ rehabilitación del alabastro: Aprovechando la norma de reciente aprobación sobre restauración de la piedra (UNE 41810 Criterios de intervención en materiales pétreos), habría que especificar los protocolos concretos para el alabastro en actuaciones de limpieza,

reintegraciones, tratamientos y protocolos de conservación.

5. Conclusiones

El alabastro presenta un disolución más rápida que otras rocas, una sensibilidad especial a la radiación solar y a las temperaturas elevadas. También posee una tendencia al cambio dimensional tanto en forma de expansión como de retracción. Proponemos unas estrategias para investigar y caracterizar estos procesos y unos criterios generales para enfocar la elaboración de una normativa específica que regule su uso arquitectónico y su rehabilitación/restauración.

Bibliografía

ALONSO F.J. (1986): Caracterización petrofísica y alterabilidad de calizas y dolomías. Tesis doctoral, Univ. de Oviedo, 309 pp.

ALONSO FJ, ESBERT RS, ORDAZ J. Y VAZQUEZ P (2006) Análisis del deterioro de los materiales pétreos de edificación. Analysis of Stone material damages in building. RECOPAR Rev. Electrónica nº 3 .

BAMS V. and DEWAELE S. (2007) "Staining of white marble" Materials Characterization 58, 1052-1062 pp

CARDENES V., MATEO F.J., PARADELO R. (2013) "Degradability of building stone: Influence of the porous network on the rate of dissolution of carbonate and evaporitic rocks" Journal of Cultural Heritage 14 (2013) 89–96

GALARRETA S. (2014) "Evaluación de las propiedades físicas del alabastro como material constructivo y/o decorativo" Trabajo de fin de grado 31pp. Dpto Ciencias de la Tierra. Repositorio Biblioteca de la Universidad de Zaragoza.

GAURI, K.L; CHAWCHURY, AN. KUSHRESHTHA, N.P. y PUNURU, AR. (1988).- "Geologic features and the durability at the Sphinx". Eng Geol. of Anc. Works, Monuments and Hist. Sites. Balkema, Rotterdam, pp. 723-729

GISBERT AGUILAR, J. (2007): Estudio de las patologías de revestimientos de alabastro en la fachada oeste de la estación intermodal en Zaragoza. Informe pericial al colegio de Arquitectos de Aragón. 14pp.

LOPEZ MARTINEZ J (1984) "Disolución de rocas carbonatadas. Cuantificación del proceso actual de karstificación en el Macizo de la Pierre de San Martín (Pirineo Occidental). Cuadernos de investigacion geografica X(1-2) pp 127-138

- MANDADO JMA. (1987). "Litofacies yesíferas del sector Aragonés de la Cuenca Terciaria del Ebro. Petrogénesis y Geoquímica". Tesis Doctoral Univ. Zaragoza. 442 pp.
- MATEOS ROYO I. (2004). Metodologías y evaluación de tratamientos de conservación en materiales pétreos del patrimonio aragonés. Memoria Tesis de Licenciatura. Dpto. Ciencias de la Tierra Facultad de Ciencias. 147 pp.
- MCKENZIE A., LABORDE A. y MATEOS I. (2002) «Problemática de la limpieza del alabastro. El inicio de un trabajo de investigación», Sautuola, VIII, Santander, pp. 435-442.