

# Estudio Mineralógico del Deterioro del Trasaltar de la Catedral de Burgos

/ JESÚS MEDINA (1), FERNANDO RULL (1)\*, AURELIO SANZ (1), CARLOS SANZ (2), FERNANDO GÁZQUEZ (1)

(1) Unidad Asociada UVA-CSIC al Centro de Astrobiología, Universidad de Valladolid, Parque Tecnológico Boecillo, 47151, Valladolid (Spain).

(2) Arquitectura y Conservación de Monumentos, S.L. 40002, Segovia (Spain).

## INTRODUCCIÓN

Las composiciones escultóricas que decoran el trasaltar de la catedral de Burgos fueron labrados en su mayor parte por el escultor francés Felipe de Vigarny (s. XV-XVI). Durante sus más de cinco siglos de historia, los cinco retablos esculpidos en roca caliza de Briviesca (Burgos) han sido objeto de multitud de trabajos de restauración y limpieza, que en muchos casos han empeorado considerablemente su estado de conservación (Lamperez, 1920). Durante el s. XX el deterioro de algunos de estos paneles se vio agravado, apareciendo eflorescencias de minerales secundarios sobre la superficie de la roca (Esbert et al., 1998). En ocasiones este mecanismo ha dado lugar a la disgregación y fracturación mecánica de la roca caliza original.

En 2012, el Cabildo catedralicio, en colaboración con la Junta de Castilla y León y el Banco Santander pusieron en marcha un Proyecto de restauración destinado a identificar y paliar los procesos de degradación del conjunto escultórico del Trasaltar. En el marco de dicho Proyecto, se ha llevado a cabo la caracterización mineralógica de la roca caliza así como de las eflorescencias, pátinas y tratamientos superficiales que aparecen sobre los paneles del trasaltar mediante técnicas analíticas *in situ*, de carácter no destructivo (espectroscopía Raman) y en laboratorio (espectroscopía de IR y Raman en modos macro y micro, así como difracción de RX) con el fin de identificar los procesos que han dado lugar a su deterioro. Por otro lado, se han estudiado los pigmentos presentes en las policromías que aparecen en algunos de los retablos.

## METODOLOGÍA

La etapa de muestreo del Trasaltar consistió en la toma de muestras en distintos puntos de los paneles (Fig. 1A), intentando abarcar la mayor diversidad

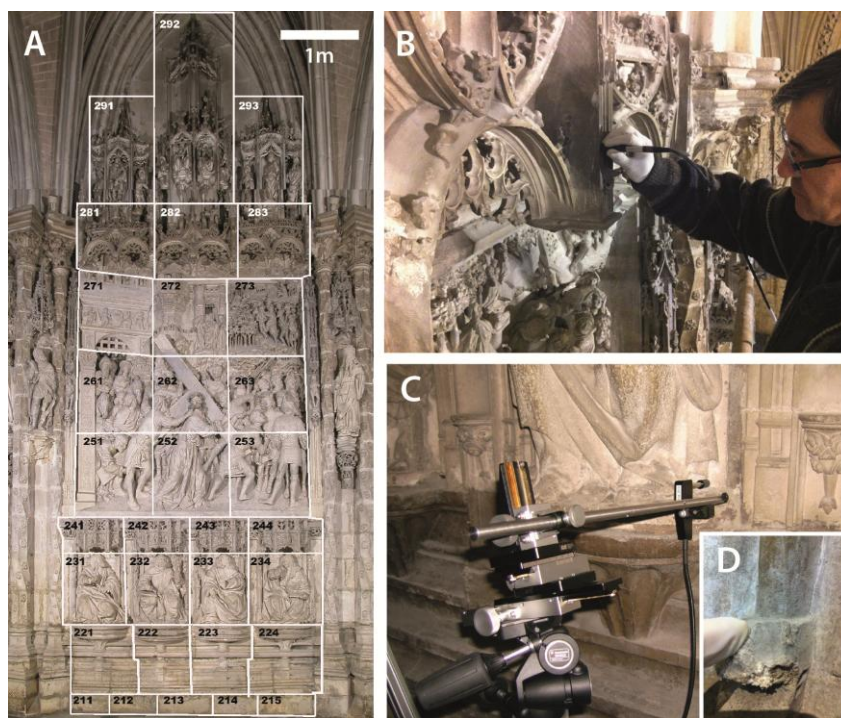


fig 1. A. Despiece del segundo tramo del Trasaltar de la catedral de Burgos; B y C. Análisis *in situ* de pátinas y minerales mediante espectroscopía Raman portátil; D. Eflorescencias de sulfatos y nitratos.

de materiales en base a los colores y texturas de las eflorescencias y pátinas (Fig. 1D). El conjunto estuvo constituido por más de 70 muestras que fueron clasificadas en tres grupos atendiendo a su origen: materiales base (roca caliza), productos de alteración (eflorescencias y pátinas), y otros materiales (pigmentos, adhesivos...). Los análisis por DRX se realizaron mediante un equipo Philips PW1710. El espectrómetro Raman empleado para los análisis macro fue un FT-Raman Bruker RFS100/S mientras que para los análisis microscópicos se utilizó un Kaiser OSI HoloSpec f/1.8i. Los análisis por espectrometría de IR se realizaron con un equipo Perkin Elmer Spectrum 100 FT-IR.

En cuanto a los análisis *in situ*, éstos se llevaron a cabo con un espectrómetro

BWTEK Prime T BTC661E-785CUST acoplado a un láser BWTEK BRM-OEM-785 (785 nm) (Fig. 1B y C).

Por otro lado, se realizó un muestreo de agua en el entorno de la Catedral de Burgos, tanto en pozos como en conducciones subterráneas. Los elementos mayoritarios fueron analizados mediante cromatografía iónica y espectrometría de emisión óptica (ICP-OES).

## RESULTADOS

### Materiales base

La roca caliza en la que se talló el Trasaltar está constituida por calcita, que en ocasiones contiene pequeñas cantidades de cuarzo, feldespatos e illita. Frecuentemente aparecen señales

**Palabras clave:** restauración, catedral de Burgos, espectroscopía Raman

**Key words:** restoration, Burgos cathedral, Raman spectroscopy

Raman en torno a 1360 y 1590  $\text{cm}^{-1}$  que indican la presencia de carbón amorfo (Fig. 2).

### Productos de alteración

Hasta 15 minerales distintos han sido identificados en las eflorescencias y pátinas mediante las técnicas empleadas, la mayoría de ellos sulfatos hidratados, nitratos y cloruros (Fig. 2). Sulfatos cálcicos con distintos grados de hidratación (yeso, basanita y anhidrita) han sido detectados, así como sulfatos magnésicos hidratados (epsomita y hexahidrita) y otros sulfatos (barita, polihalita, humberstonita, singenita thenardita). En cuanto a minerales carbonáticos, ankerita y dolomita fueron identificadas en un número reducido de muestras. Lo nitratos detectados fueron nitratina y nitro, mientras que cloruros como halita y silvina también fueron identificados mediante DRX.

### Otros materiales

El estudio de los pigmentos que constituyen las policromías del Trasaltar reveló la presencia de cinabrio (gotas de sangre sobre la frente de Cristo, frecuentemente acompañado de polidimita), carbón (cabello y corona de Cristo), anatasa y rutilo (mezclados con los pigmentos anteriores, aportando una coloración más clara) e hidrocerusita (pátinas plateadas en la túnica de Cristo). Por otro lado, se han identificado compuestos orgánicos de carácter adhesivo en algunos puntos de los paneles, como el acetato de polivinilo.

### Muestras de aguas

Las muestras de aguas subterráneas y conducciones que circulan por el subsuelo de la catedral presentan concentraciones considerables de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{Cl}^-$ , de hasta 62 ppm, 169 ppm y 23 ppm, respectivamente, mientras que las concentraciones de Mg, Na y K presentaron valores de hasta 6 ppm, 23 ppm y 33 ppm, respectivamente.

### DISCUSIÓN

Las técnicas mineralógicas empleadas en este trabajo, han permitido identificar una gran cantidad de compuestos distintos a la roca caliza original en los retablos del Trasaltar, en muchos casos *in situ* y de forma no destructiva. Los primeros resultados derivados de este estudio revelan que la presencia de sales, especialmente

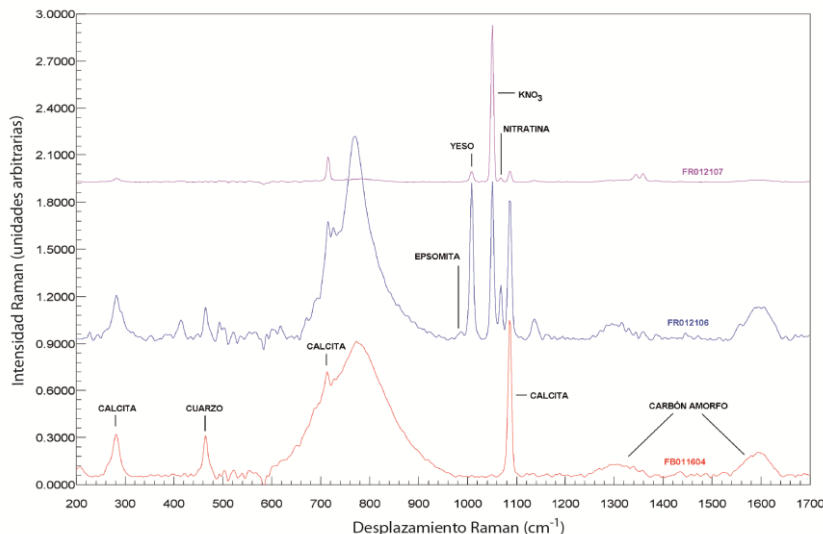


fig 2. Ejemplos de espectros Raman obtenidos en las muestras del trasaltar de la catedral de Burgos.

salitre ( $\text{NaNO}_3+\text{KNO}_3$ ), sulfatos (yeso y epsomita) y cloruros (halita), muchos de ellos minerales típicamente relacionados con procesos de intensa evaporación, es generalizada en la superficie del Trasaltar.

Los análisis químicos de las aguas que circulan por el subsuelo de la catedral indican la presencia abundante de algunos de los iones que componen las sales identificadas en el Trasaltar. Por lo tanto, el ascenso capilar de agua freática podría ser una posible explicación a la aparición de estas eflorescencias y pátinas, especialmente en el caso de los nitratos. Por otro lado, la presencia de cloruros y sulfatos también podría tener su origen en las concentraciones relativamente altas de  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  que presenta la roca en la que fue esculpido el Trasaltar (Esbert et al., 1998), sin descartar posibles contribuciones relacionadas con productos de limpieza y restauraciones posteriores.

Las técnicas analíticas utilizadas también han permitido identificar los pigmentos que fueron empleados en las policromías que adornan el Trasaltar, así como otros materiales utilizados en labores de restauración, probablemente llevadas a cabo durante el siglo XX, como es el caso del acetato de polivinilo, así como la presencia de carbón amorfo.

### CONCLUSIONES

Las técnicas espectroscópicas tanto *in situ* como en laboratorio a la escala

micro y macro tienen un gran potencial para identificar los materiales presentes en las figuras del Trasaltar. Se puede distinguir claramente entre materiales de alteración que se pueden asociar con procesos naturales de envejecimiento de la roca por acción del agua, y otras sustancias que son producto de la presencia de compuestos químicos agresivos. Estos últimos productos podrían proceder de agua freática que asciende por capilaridad desde el subsuelo, así como de procesos de limpiezas y tratamientos de restauración previos. Los resultados obtenidos podrán ser usados para establecer modelos de degradación de los materiales y posibles métodos de remediación.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto de Investigación incluido dentro del acuerdo de colaboración entre la Junta de CyL, el Cabildo Catedralicio y el Banco Santander.

### REFERENCIAS

- Esbert, R.M., Alonso, F.J., Díaz-Pache, F. (1998) Caracterización de la piedra de Briviesca. Deterioro en el Trasaltar de la Catedral de Burgos. Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. 76 pp.
- Lamperez, V. (1920) Proyecto de conservación de algunas obras de arte de la Catedral de Burgos. 5 pp.