

# Yoserías de Mocárabes de la Alhambra. Estudio no Invasivo *in Situ* y de Laboratorio

/ MARÍA JOSÉ CAMPOS SUÑOL (1\*), MARÍA JOSÉ DE LA TORRE LÓPEZ (2), RAMÓN RUBIO DOMENE (3), MARÍA JOSÉ AYORA CAÑADA (4), ANA DOMÍNGUEZ VIDAL (4)

(1) Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación. Universidad de Jaén. Campus Las Lagunillas. 23071. Jaén (España)

(2) Departamento de Geología. EPS Linares. Universidad de Jaén. C/ Alfonso X el Sabio, 28. 23700. Linares (España)

(3) Taller de Restauración Yoserías y Alicatados. Patronato Alhambra y Generalife. C/Real de la Alhambra s/n. Granada (España)

(4) Departamento de Química Física y Analítica. Universidad de Jaén. Campus Las Lagunillas. 23071. Jaén (España)

## INTRODUCCIÓN

La Alhambra, máximo representante del arte nazarí, fue construida y decorada entre los siglos XIII-XV. Este magno complejo palaciego ha sido transformado y restaurado desde entonces en numerosas ocasiones entre las que destaca la intervención llevada a cabo en el siglo XIX.

Este trabajo forma parte de un ambicioso proyecto orientado al estudio de las yoserías y materiales accesorios, originales y añadidos, empleados de las bóvedas de mocárabes de la Sala de los Reyes de La Alhambra, situada en el Palacio de los Leones. La Sala de los Reyes constituía un espacio de entretenimiento y relajación, compuesto por siete bóvedas decoradas con yoserías de mocárabes. Los mocárabes son prismas superpuestos de yeso que recuerdan a estalactitas y que están a su vez decorados con ricas policromías en tonos rojos, azules, negro y dorado contrastando con el blanco del fondo.

Dicho estudio permitirá también determinar las técnicas de ejecución empleadas por los maestros artesanos así como los procesos implicados en el posible deterioro de los materiales.



fig 1. Bóvedas de mocárabes policromadas.

En una primera fase, se realizó un estudio *in situ* empleando un espectrómetro Raman portátil. Así, se obtuvo información en tiempo real de

los pigmentos y productos de alteración de las superficies expuestas de las yoserías de un modo totalmente no invasivo (Domínguez-Vidal et al., 2012). En la segunda fase se han llevado a cabo estudios más completos sobre muestras de muy pequeño tamaño empleando distintas técnicas analíticas. De este modo, es posible obtener información complementaria sobre la existencia de distintas capas pictóricas y su estratigrafía.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el estudio *in situ* se ha empleado un espectrómetro Raman portátil (InnoRaman, B&W Tek) con una sonda de fibra óptica acoplada y un video microscopio. Como fuente de excitación se usó un láser de 785 nm. La zona iluminada por el láser es de 90 µm de diámetro empleando el objetivo de 20x. El movimiento de la sonda Raman y el video microscopio se ajusta por control remoto desplazándose en las direcciones x-y-z mediante un accesorio motorizado instalado sobre un trípode. Este estudio nos permitió seleccionar las zonas de interés y reducir y optimizar la etapa de muestreo posterior.

Se tomaron unas 100 muestras de las yoserías policromadas. Las escamas de muestra extraídas (normalmente de tamaño inferior a 2 mm y muy frágiles) fueron estudiadas sin preparación, consolidadas en resina epoxy, y en láminas delgado-pulidas. Se han aplicado técnicas quasi no destructivas como la microscopía petrográfica, microspectroscopía Raman (Renishaw) y microscopía electrónica de barrido de presión variable FESEM/EDS. El uso de presión variable en los microscopios Zeiss SUPRA40-VP y LEO 1430-VP ha permitido observar muestras de naturaleza no conductora sin necesidad de metalizarlas. De esta forma las muestras pueden analizarse

nuevamente con técnicas espectroscópicas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el estudio *in situ* se han obtenido gran cantidad de espectros Raman de buena calidad a pesar de la dificultad de estar realizado fuera de las condiciones controladas de un laboratorio. Principalmente debe destacarse los problemas derivados de las vibraciones del andamiaje y la dificultad de posicionamiento del videomicroscopio debido a la estrechez de algunos de los motivos de los mocárabes.

En la Tabla 1 se muestra una síntesis de los principales pigmentos identificados en las áreas coloreadas de las bóvedas, así como algunos de sus productos de degradación, concretamente en el caso de las decoraciones en rojo. Especialmente difícil ha sido el estudio de los pigmentos azul-verdoso de los que no ha sido posible obtener espectros de calidad.

Un estudio multianalítico complementario en el laboratorio con instrumentación más completa ha permitido conocer la estratigrafía de las policromías.

En las decoraciones rojas los estudios sobre láminas delgado-pulidas se confirman las impresiones obtenidas en el estudio *in situ*. De los dos pigmentos rojos identificados se puede establecer que el cinabrio fue utilizado en la policromía original o al menos en las más antiguas, mientras que el rojo de plomo se debe a intervenciones posteriores.

Asimismo, se ha observado cómo estas bóvedas han sufrido diversos procesos de restauración y repinte. A veces podrían pasar desapercibidos, pero es particularmente llamativa la presencia

Decoraciones	Pigmento/Compuesto	Productos de alteración
Rojas	Cinabrio ( $HgS$ )	Calomelanos ( $HgCl_2$ )
	Rojo de plomo ( $Pb_3O_4$ )	Anglesita ( $PbSO_4$ ) Monóxido de plomo ( $PbO$ ) Plattnerita ( $PbO_2$ )
Azules	Lapis lazuli natural Ultramarino artificial ( $Na_8[Al_6Si_6O_{24}]S_n$ )	Estables
Negras	Negro de humo	—
Doradas	Estaño	Óxido estannoso ( $SnO$ ) en áreas ennegrecidas

Tabla 1. Síntesis de los principales compuestos y productos de alteración encontrados en las policromías de las bóvedas de mocárabes.

de capas pictóricas azules de lapislázuli natural sobre decoraciones rojas de cinabrio (fig 2a y b).

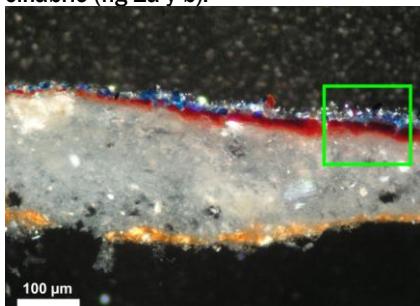


fig 2a. Imagen de microscopía petrográfica en la que se observa la superposición de la capa azul de lapislázuli sobre el pigmento rojo original (cinabrio). El cuadrado señala la zona sobre la que se toma la fig. 2b. Niveles cruzados.

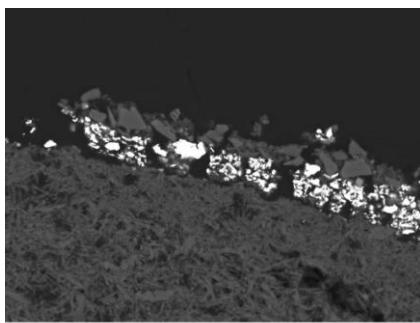


fig 2b. Imagen BSE-SEM detallada de la superposición de lapislázuli sobre cinabrio. Escala 80  $\mu m$ .

En las muestras de color azul intenso, que tras la observación detallada durante el último proceso de restauración consideramos originales, se confirma la presencia de lapislázuli natural (Schmidt et al., 2009) procedente de Asia. En las restauraciones realizadas a partir de finales del siglo XIX se empleó un pigmento azul ultramar de similar composición al lapislázuli aunque

sintetizado artificialmente. En las muestras azul-verdosas, cuyos pigmentos no pudieron ser identificados en el estudio *in situ*, se han detectado restos de azurita muy degradada en una matriz verdosa. Estas muestras presentan mayor complejidad por encontrarse bastante alteradas, por lo que requieren un futuro estudio más detallado.

Los estudios preliminares en las decoraciones doradas revelan la superposición de varias capas que alternan oro y estaño así como productos de degradación como óxido de estaño y oxalato cálcico.

## CONCLUSIONES

La utilización combinada de técnicas analíticas nos permite un mejor conocimiento de los materiales y su estado de conservación. Además, la realización del estudio *in situ* favorece la comunicación en tiempo real con los conservadores. Estos resultados evidencian la existencia de numerosas intervenciones y redecoraciones de las bóvedas de mocárabes de la Sala de los Reyes.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer su colaboración al Patronato de la Alhambra y el Generalife. La financiación de este trabajo procede del Proyecto CTQ2009-09555 del Ministerio de Economía y Competitividad, y de los grupos de investigación del PAIDI RMN-325 y FQM-363, así como al Plan de Apoyo a la Investigación de la Universidad de Jaén para el uso Centro de Instrumentación Científico Técnica de

la Universidad de Jaén.

## REFERENCIAS

- Domínguez-Vidal, A., de la Torre-Lopez, M.J., Rubio-Domene, R. & Ayora-Cañada, M.J. (2012): *In situ noninvasive Raman microspectroscopic investigation of polychrome plasterworks in the Alhambra*. Analyst, **137**, 5763-5769.  
Schmidt, C.M., Walton, M.S. & Trentelman, K. (2009). Characterization of lapis lazuli pigments using a multitechnique analytical approach: Implications for identification and geological provenancing. Anal. Chem. **81**, 8513–8518.