

Análisis del Estado de Conservación de la Iglesia de Omnium Sanctorum (Sevilla)

/ CARLOS ESCUDERO (1*), PILAR ORTIZ (1), ROCÍO ORTIZ (1), JOSÉ M. MARTÍN (1), M. AUXILIADORA VÁZQUEZ (2), M. AUXILIADORA GÓMEZ (3)

(1) Dpto. de Sistemas Físicos, Químicos y Naturales. Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad Pablo Olavide de Sevilla. Carretera de Utrera Km. 1. 41013 Sevilla (España)

(2) Dpto. de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. Universidad de Sevilla. C/Profesor García González s/n. 41071 Sevilla (España)

(3) Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico. Camino de los Descubrimientos s/n. 41092 Sevilla (España)

INTRODUCCIÓN.

En este trabajo se presenta el análisis de los indicadores de alteración de las tres fachadas de La Iglesia de Omnium Sanctorum, situada en el centro histórico de la Ciudad de Sevilla y su relación con los principales agentes contaminantes y condiciones ambientales. Para ello se ha realizado el estudio sistemático de los materiales y de sus patologías in situ, y el análisis de la calidad de los materiales a través de ensayos de alteración acelerada de la roca empleada en la Iglesia.

La Parroquia de Omnium Sanctorum, de estilo gótico-mudéjar, fue levantada sobre el antiguo solar de una mezquita y fundada por San Fernando a mediados del siglo XIII. A lo largo de su historia a sufrido varios accidentes, como el terremoto del año 1356, debido al cual la parroquia fue reconstruida durante los siglos XIV y XV, o los incendios que sufrió durante la Guerra Civil Española. Posee tres portadas labradas en piedra, situadas en calles diferentes (Feria, Palacios Malaver y Mercado).

MATERIALES Y METODOLOGÍA.

El estudio de los indicadores de alteración se ha realizado mediante una exhaustiva inspección visual y siguiendo la terminología propuesta por la normativa CNR-ICR (1990), NORMAL 1/88, a la que se han añadido otros términos de acuerdo con Ordaz y Esbert (1988), Martín (1990) y Alcalde et al. (1998). La extensión de estas patologías se han cartografiado para las tres fachadas, mediante el programa Autocad (versión 2010) utilizando un medidor láser de distancias marca LEICA (modelo Disto D5).

El análisis de la calidad de los materiales se ha realizado con una caliza extraída de La Cantera "Paraje Cortijo Nuevo": caliza de Jerez situada

en Jerez de La Frontera, Cádiz, de textura similar a la del edificio de acuerdo a los estudios de Colao et al. (2010).

Para el estudio mineralógico-petrográfico se han empleado un microscopio óptico Kyowa acoplado a una cámara digital y un difractor de rayos X Bruker (modelo D8 Advance), de anticátodo de Cu, dotado con rendija automática; así como un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-6460 LV, dotado de analizadores de energías dispersivas de rayos X, modelo INCA X-sight (SEM-EDAX).

La caracterización física de las probetas (11) se ha llevado a cabo mediante: 1) ensayo de inmersión en agua a presión atmosférica (Norma UNE-EN 1936:07), 2) ensayo de succión por capilaridad a presión atmosférica, 3) densidad aparente, 4) medición de la velocidad de propagación de US usando un equipo PROETISA STEINKAMP, modelo BP-5, a 55KHz y 5) medición del color mediante colorímetro marca X-RITE Serie SP60.

Por último se han empleado tres morteros de cal, usados habitualmente en restauración, marca WEBER, CMK (mortero seco tipo M80), TXT (mortero tixotrópico) y PRISMA (mortero monocapa aligerado) y un tratamiento consolidante a base de ésteres de ácido salicílico, TEGOVAKON V100. Los morteros y el tratamiento se han estudiado sobre las probetas.

A partir de la evolución de las patologías y del estudio histórico, se decidieron llevar a cabo los siguientes ensayos: 1)

ensayo de choque térmico para simulación del incendio aplicando temperaturas de 300°, 400°, 600° y 750°C en una mufla THERMOLYNE TYPE 46100, 2) ensayo de cristalización de sales por capilaridad con Na₂SO₄ (10% p/v) durante 22 horas, secado por lámpara infrarroja durante 2 horas y lavado tras 4 ciclos, 3) ensayo de ataque químico mediante atmósfera contaminada según Norma UNE-EN 13919:03; y 4) ensayo a la intemperie de bioalteración para generación de biocostra mediante aplicación de medio nutritivo semanalmente y aumento de la humedad por pulverización diaria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La tabla 1 recoge la extensión de los principales indicadores de alteración en las tres fachadas, de acuerdo con los planos levantados mediante el programa Autocad. Las Fachadas de la calle Feria y Palacios Malaver presentan como principal patología las costras negras ($\geq 40\%$), seguida del depósito superficial (10-20%) y, en menor porcentaje, de las incrustaciones ($\approx 5\%$). En la Fachada Palacios Malaver también son destacables las pérdidas de material y la erosión ($\approx 5\%$). La Fachada del Mercado es la que se encuentra en mejor estado de conservación presentando como patologías más extendidas la alteración cromática y la erosión (3-5%) y, puntualmente rubefacción y cavernización.

La caliza de Jerez empleada para los ensayos es una biosparita con abundantes restos fósiles, cuarzo (2-15%) y presencia de trazas de óxidos de

Indicador	Costra negra	Depósito superficial	Incrustación	Pérdida de material	Erosión	Alteración Cromática
Feria	40	19	7		2	
Palacios Malaver	44	11	5	5	5	0,5
Mercado					3	5

Tabla 1. Extensión de los principales indicadores de alteración en las tres fachadas (expresado en %).

palabras clave: Indicadores de alteración, Morteros, Caliza, Ensayos de alteración.

key words: Weathering forms, Mortar, Limestone, Weathering test.

hierro (Fig. 1), con porosidad abierta en torno a 4,5%, 0,28 Kg/m² min^{1/2} de coeficiente de succión capilar; y velocidad de propagación de US 4,2 Km/s.

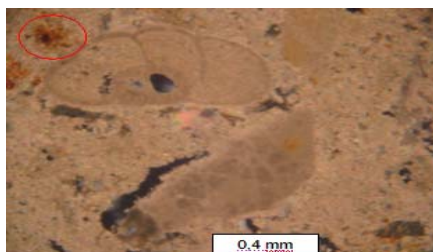


fig 1. Caliza bioesparita de Jerez. Polarizador y analizador, objetivo 5/0,10.

Esta caliza torna a tonos rosáceos, en los ensayos de choque térmico, debido a la presencia de óxidos de hierro, cuando alcanza 300°C (L=66,14; a*=6,13; b*=10,1) y 400°C (L=63,68; a*=6,44; b*=11,32), tonos blanquecinos-grisáceos a los 600°C (L=62,71; a*=3,14; b*=8,24) y en torno a los 750°C se producen transformaciones mineralógicas con formación de portlandita (DRX: 32% calcita, 26% cuarzo y 42% portlandita), así como fisuración y fracturación. Estas transformaciones son más acentuadas en la parte exterior que se presenta blanquecina (L=50,51; a*=2,87; b*=10,03), quedando el interior más oscuro (L=64,9; a*=4,6; b*=14,03) sin presencia de portlandita (Fig. 2). La tabla 2 resume las variaciones medias de color (C*ab, de acuerdo a Grossi et al. 2007) y peso (AP) en función de la temperatura.



fig 2. Probeta sometida a 750°C, presenta facturación y doble coloración.

Tª (°C)	300	400	600	750
AP (%)	-0,66	-1,02	-1,77	-11,21
C*ab	3,66	3,53	5,51	3,02

Tabla 2. Variación de color(C*ab) y peso (AP) según la temperatura.

Se ha comprobado que los cambios de humedad relativa tras el ensayo a 750°C, producen una intensificación en la fracturación; que se minimiza con la aplicación del tratamiento consolidante

organosilíceo.

Las probetas sometidas al ensayo de cristalización de sales presentan eflorescencias de tenadita con hábito acicular (SEM-EDAX, Fig. 3) desde el primer ciclo, que proliferan con el paso de los mismos. Las pérdidas de material en las muestras se hacen apreciables a partir del 8º ciclo (AP≈-0,59%), generalizándose a partir del ciclo 12º (AP≈-0,96), finalizando con valores medios de pérdida de peso sobre el 1-2% para las probetas sin tratamiento y 1,5-4% para las que tienen aplicado Tegovakon. Hacia el 4º ciclo, los morteros añadidos a las muestras, tienden a desprenderse completamente, por la acumulación de eflorescencias.

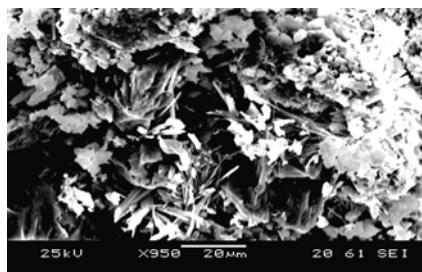


fig 3. Eflorescencias de thenardita con hábito acicular (SEM-EDAX).

En el ensayo de ataque químico, ampliado a 192 días, no se observan indicadores de alteración, si bien en el estudio por SEM-EDAX se detecta azufre, probablemente debido a la formación de yeso (CaSO₄.2H₂O). Esta atmósfera rica en SO₂ afecta a la adherencia mortero-piedra y cohesión del mortero, desprendiéndose los tres morteros y disgregándose.

La respuesta al ensayo de bioalteración ha sido la aparición de biocostra generalizada y una disminución del peso de las probetas (AP≈-1,5%), debido a la pérdida de granos, por lluvia y/o viento, haciéndose más pronunciado en aquellas muestras que previamente habían sufrido un choque térmico a 400°C.

CONCLUSIONES.

De las tres fachadas estudiadas, las portadas de la calle Feria y Palacios Malaver presentan un estado de alteración medio-alto, pudiendo ser debido al alto tráfico rodado en estas calles y a la aplicación de morteros de restauración con adherencia muy baja. EL indicador más frecuente es la costra negra, producido por la combinación de hollín y polvo con el yeso generado en la

superficie de la piedra. Las patologías que presenta la Portada del Mercado, situada en una calle peatonal, corresponden con indicadores propios de la bioesparita (erosión, rubefacción y cavernización), debido al paso del tiempo.

El ensayo de choque térmico para simulación al fuego permite la obtención de información sobre los posibles fenómenos que pudieron ocurrir durante el incendio acontecido en la Guerra Civil. El uso de los morteros empleados no es aconsejable puesto que presenta baja resistencia a fenómenos de cristalización de sales y de ataque químico. La aplicación de tratamiento consolidante organosilíceo no mejora significativamente la calidad técnica de la bioesparita. Las zonas muy afectadas deben ser restituidas con nuevos sillares de piedra.

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo ha sido posible gracias al Proyecto de Excelencia RIVUPH (HUM-6775, Junta de Andalucía) y a la Beca MEC de Colaboración de C. Escudero.

REFERENCIAS.

- Alcalde, M.; Terreros, G. G.; Villegas, R. "Morfología macroscópica de alteración de la piedra de la Catedral de Baeza, Jaén (España)" Mater. Construcc., Vol. 48, n° 252, octubre/noviembre/diciembre 1998.
- CNR-ICR. (1990): Alterazione macroscopiche dei materiali lapidei: Lessico. Normal 1/88, 1-36.
- Colao, F.; Fantoni, R.; Ortiz, P.; Vázquez, M. A.; Martín, J. M.; Ortiz, R.; Idris, N. (2010): Quarry identification of historical building materials by means of laser induced breakdown spectroscopy, X-ray fluorescence and chemometric analysis. Spectrochimica Acta Part B, 65, 688-694
- Grossi, C.M.; Brimblecombe, P.; Esbert, R. M.; Alonso, F. J. "Color changes in architectural limestones from pollution and cleaning". Color Research and Application, 32(4) (2007), pp. 320-331.
- Martín, A. (1990): Ensayos y experiencias de alteración en la conservación de obras de piedra de interés Histórico-Artístico. Ed. Fundación Ramón Areces, Madrid, 609 pp.
- NORMA UNE-EN 1936:2007. Método de ensayo para piedra natural. Determinación de la densidad real y aparente y de la porosidad abierta y total.
- NORMA UNE-EN 13919:2003. Método de ensayo para piedra natural. Determinación de la resistencia al envejecimiento por la acción de SO₂ en presencia de humedad.
- Ordaz, J. & Esbert, R.M. (1988): Glosario de términos relacionados con el deterioro de las piedras de construcción. Materiales de Construcción, Madrid, 38, 209, 39-45.