

# Las eflorescencias del interior de la catedral de Cádiz

Pilar Ortiz Calderón (1\*), Rocío Ortiz Calderón (1), Mónica Moreno Falcón (1), Dolores Segura Pachón (1)

(1) Departamento de Sistemas Físicos, Químico y Naturales, Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad Pablo de Olavide, 41013, Sevilla (España)

\* corresponding author: [mportcal@upo.es](mailto:mportcal@upo.es)

**Palabras Clave:** Vulnerabilidad, riesgo, interior edificios. **Key Words:** Vulnerability, Risk, Indoor Environment

## INTRODUCCIÓN

La catedral de Cádiz, Obra Maestra diseñada por Vicente Acero y Arebo en 1721, ha sufrido a lo largo de su historia importantes patologías relacionadas con la cristalización de sales. Ya en 1839 aparece una nota del Cabildo, referente al desprendimiento de relieves de las bóvedas en el interior de la iglesia, que se bautiza como "lluvia de piedras". En este trabajo se evalúan los agentes salinos causantes de esta vulnerabilidad en función de estudios previos (Ortiz, 1998), en los que se recoge la caracterización química-mineralógica de las eflorescencias tomadas en el interior de la catedral de Cádiz. La evaluación de la distribución espacial y temporal de las sales precipitadas forma parte del desarrollo de un modelo de vulnerabilidad para interiores de edificios afectados por sales en vías de desarrollo.

## MATERIALES Y METODOLOGÍA

Las eflorescencias se tomaron en el interior de la catedral de Cádiz en cuatro niveles diferentes correspondientes a diferentes espacios constructivos (cripta, nave de la catedral en planta baja, cornisas a 10 m de altura y espacios entre bóvedas). El muestreo se repitió cada tres meses durante dos años, siguiendo las recomendaciones de la comisión técnica CNR-ICR NORMAL 3/80. Además, se inspeccionó visualmente cada zona de muestreo para registrar las formas de meteorización de las rocas y morteros presentes. La descripción de las patologías macroscópicas siguió la terminología de la normativa NORMAL 1/88 y Fitzner et al (1995). El estudio mineralógico se llevó a cabo mediante un difractómetro de rayos X (X Philips PW 1130/90) utilizando  $\text{CuK}\alpha$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la cripta, las eflorescencias cristalizadas sobre aplacados y juntas están constituidas fundamentalmente por sulfatos de naturaleza sódica (mirabilita y thenardita), sódico-potásica (glaserita), cálcica (yeso) o cálcica-potásica (singenita). Los bicarbonatos y carbonatos como la trona y la termonatrita son menos frecuentes y la presencia de haluros no es significativa.

La mirabilita, con diez moléculas de agua de hidratación, tiende a aparecer durante el verano, primavera y otoño, pero no se ha detectado durante el invierno.

La singenita, que aparece asociada a las muestras tomadas en juntas, presenta una estacionalidad preferente hacia los meses más calurosos y húmedos. El resto de las sales cristalizadas no presentan una marcada tendencia.

De los resultados del análisis mineralógico de las muestras tomadas en la nave de la catedral, destacan las eflorescencias de carácter sulfatado (thenardita) o carbonatado (trona y termonatrita), siendo el sodio el catión común en ambos casos. Las sales con potasio son menos frecuentes, mientras que los haluros (halita) no tienden a cristalizar.

En este nivel la naturaleza químico-mineralógica de las sales es independiente del tipo de soporte del que se han extraído.

En las muestras tomadas en cornisas, a unos 10m de altura, se diferencian dos grupos de productos de neoformación. El primero formado por eflorescencias puntiformes que afloran en los poros de la caliza oolítica blanca del segundo cuerpo y el segundo por productos más o menos compactos encontrados en juntas de morteros de cal y arena. Estas muestras están constituidas por halita o trona, que no suelen aparecer simultáneamente. En las juntas es posible apreciar otras sales, como natrón, yeso y glaserita, si bien su frecuencia es escasa. El segundo grupo, las concreciones o costras en capas están formadas por carbonato cálcico, en forma de calcita y en ocasiones acompañado de cuarzo, dolomita y/o yeso, que posiblemente proceda de morteros y reparaciones.

En un gran número de muestras procedentes de sillares con pérdida de material o de morteros disgregados sólo se aprecia por difracción de rayos-X los materiales propios del mortero y o de la roca: calcita, cuarzo y dolomita.

En el segundo cuerpo, donde los problemas de pérdidas de material son más graves, priman los procesos de alteración por la presencia de halita y trona, lo que lleva a pensar en que los morteros originales estuvieran ya contaminados con sales.

Las sales recogidas en el entrebovedado se dividen en tres grupos según su morfología: 1) eflorescencias blancas plumosas de milímetros a varios centímetros, que suelen aparecer en juntas y sobre la biocalcarenita comúnmente conocida como "ostionera" o sobre la caliza oolítica blanca del suelo; 2) eflorescencias blancas, formando películas fuertemente adheridas a los morteros de enfoscado; y 3) costras endurecidas, a veces incluso con estalactitas, sobre ladrillo, ostionera o mortero.

En el primer grupo aparece halita independientemente de la época de muestreo y en algunas muestras está acompañada de silvina.

Sobre los enfoscados del techo puede aparecer halita, sin embargo, en estos morteros de yeso, cercanos al techo, predomina la trona. En algunas muestras aparecen otras fases minerales como thenardita, termonatrita, natrón o silvina.

Las costras procedentes de la filtración de aguas están compuestas fundamentalmente por calcita acompañada de yeso, cuarzo y esporádicamente halita.

De los resultados expuestos se puede concluir, que la composición mineralógica varía en función de la zona, posiblemente relacionado con las fuentes salinas y las condiciones termohigrométricas de los microclimas del interior del templo. Estas sales son las causantes de las distintas formas de alteración, relacionadas con pérdidas de cohesión en los litotipos de cada nivel, por lo que se deben tener en cuenta su composición mineralógica en el desarrollo de evaluaciones de vulnerabilidad del interior de la catedral de Cádiz.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca en el proyecto ATLAS: Studying symbiotic scenarios linking Heritage assets and green areas to prepare Historic Cities to face Climate Changes (PCI2024-153441) financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y cofinanciado por la Unión Europea así como por el Grupo de investigación PAI TEP 199 Patrimonio, Medioambiente y Tecnología de la Junta de Andalucía.

## REFERENCIAS

- Ortiz, P. (1998). Influencia del entorno ambiental en los procesos de degradación de la piedra de la catedral de Cádiz. Aproximación teórica y recomendaciones para la conservación. PhD Thesis of The University of Seville.
- CNR-ICR.(1980). "Materiali lapidei: Campionamento". Normal 3/80, 1-6.
- CNR-ICR.(1990). "Alterazione macroscopiche dei materiali lapidei: Lessico". Normal 1/88, 1-36.
- FITZNER, B.; HEINRICH, K; KOWNATZKI, R. (1995). "Weathering forms - Classification and mapping". Denkmalpflege und Naturwissenschaft. Natursteinkoservierung I. Ed. Ernst & Sohn, 41-88.