

La alteración de la piedra en la Catedral de Jerez de la Frontera (Cádiz, España)

**Fátima Arroyo Torralvo; Rosario Villegas Sánchez;
Jorge Rodríguez Sanchís; Manuel Alcalde Moreno;
Sandra Moreno Pascualvaca**

Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.
Universidad de Sevilla

1. INTRODUCCIÓN

La Catedral jerezana es una construcción del siglo XVII, en concreto, la obra del actual edificio se desarrolla entre 1695 y 1778. La presente catedral se edificó originalmente como Iglesia Colegial,alzada sobre la primitiva Mezquita Mayor de Jerez y la antigua Iglesia del Salvador, cuyo origen data de 1264 [1].

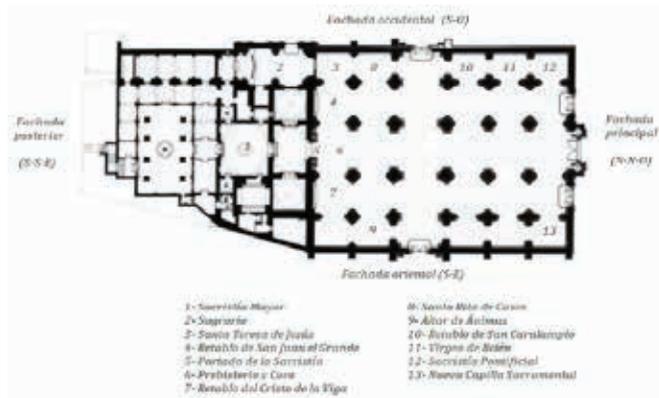
A finales del siglo XVII, la antigua Iglesia Colegial de Jerez amenazaba ruina por lo que el Ayuntamiento y el Cabildo Colegial deciden derribarla para construir una nueva. Esta obra comenzó el 9 de mayo de 1695 bajo la dirección de Diego Moreno Meléndez [2]. Tras algunas interrupciones, el 6 de diciembre de 1778 tiene lugar la inauguración del nuevo templo, si bien, los trabajos continuaron hasta el 19 de junio de 1849 [3].

El levantamiento del templo se prolonga a lo largo de más de ochenta años. La larga duración de su construcción implica que la Catedral jerezana presuma de la impresión en ella de tres estilos arquitectónicos: neoclasicismo gaditano, barroco sevillano y gótico [3].



Fuente: Originalmente publicado en Flickr como "Catedral de Jerez de la Frontera". Autor: Will

Nota de pie de imagen: Vista panorámica de la Catedral de Jerez de la Frontera



Fuente: MORENO MELÉNDEZ, Diego: Planta de la Catedral de Jerez de la Frontera. 1695. Planimetría de Pablo Diáñez Rubio

Nota de pie de imagen: Planimetría de la Catedral de Jerez de la Frontera

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El presente trabajo contempla como principal objetivo el estudio del estado de la piedra de la Catedral de Jerez, de las causas principales de su degradación y de las posibles medidas a adoptar para su conservación. Para ello se han realizado las siguientes tareas:

- Diagnóstico de alteración de la Catedral de Jerez de la Frontera, que incluye la caracterización de los materiales pétreos del templo así como de los índices de alteración.
- Estudio de los agentes de alteración: estudio del entorno ambiental y estudio de anteriores intervenciones que hayan podido influir en dicha alteración.
- Determinación de la eficacia de los tratamientos de conservación (consolidantes e hidrofugantes) en los materiales pétreos mediante ensayos y experiencias sobre las probetas.
- Propuestas de medidas de conservación teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el punto anterior con el fin de contribuir a una mejor conservación del templo

3. RESULTADOS

3.1. Tipología de piedras

La piedra del Puerto de Santa María (PSM) y la martelilla (MA), son los dos litotipos que nos podemos encontrar en la Catedral jerezana. El primero (PSM) consiste en una calcarenita bioesparítica de color marfil, heterogranuda e inegranular, con una porosidad abierta del 35% [4]. Se trata de una piedra blanda y deleznable, hasta tal punto que los granos se desprenden por simple frotamiento. Predomina en ella la macroporosidad, mientras que la microporosidad es prácticamente nula y los poros de tamaño medio escasos. Mientras que la segunda (MA) es una caliza amarilla más compacta, con una porosidad abierta entre 21 y 30% y cuyas canteras se encuentran en Jerez de la Frontera [5]. Se pueden distinguir dos variedades de este litotipo:

- Bioesparita: granos de cuarzo de formas angulosas y pequeño tamaño. Cemento esparítico de tipo granular intersticial y drústico poligonal altamente cristalizado.
- Biomicroesparita: Composición mineralógica muy parecida a la anterior, diferenciándose en aspectos texturales tales como tamaño de grano, tamaño de bioclastos y tamaño de poro.

3.2. Caracterización química

Un parámetro que nos puede aportar una información esencial en el estudio de estos materiales pétreos, es su composición química. Mediante diversos métodos químicos, Jorge Rodríguez Sanchís [6] obtuvo los elementos mayoritarios de ambos litotipos, recogidos en la siguiente tabla:

Tabla 1. Elementos mayoritarios de los litotipos presentes en la Catedral

	Pérdida por calcinación	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
PSM	26,30	39,41	0,28	0,27	33,09	0,15	0,39	0,18	0,28
MA	41,37	3,93	0,30	0,53	52,51	0,27	0,74	0,18	0,37

3.3. Factores de alteración

Los factores de alteración se definen como parámetros capaces de inducir cambios perjudiciales en ciertas propiedades de la piedra, considerada ésta como elemento de construcción, que se manifiestan en forma de indicadores de alteración, a través de determinados mecanismos. Los factores de alteración condicionan el comportamiento de la piedra en una obra.

En el caso de la piedra de la Catedral, los principales factores de alteración que la afectan son: viento, humedad, temperatura, sales y agentes biológicos.

En la provincia de Cádiz el factor climático más representativo es el viento. Es por ello, que va a jugar un papel importante en la alteración de la piedra. Las principales acciones que provoca son: aumento de la evaporación, erosión, aporte de sales y favorecimiento de la penetración en la misma del agua de lluvia.

La humedad implica contenido de agua en las piedras, la cual va a participar en diversas formas de alteración en la piedra como pueden ser costras, eflorescencias, picado, concreción, incrustación, estriado, alveolización, arenización, descamación, pulverización, hinchamiento, exfoliación, etc.

Los factores térmicos van a dar lugar principalmente a rupturas (fracturación, fisuración y fragmentación), disyunción de placas, combamiento e hinchamientos.

La presencia de sales conlleva la aparición de los siguientes índices de alteración: eflorescencias, costras, cromatización, concreción, estriado, picado, formación de cavernas, cancerización, corrosión, alveolización, hinchamiento, combamiento, ampollas, disyunción de placas, exfoliación, descamación y separación de películas.

Como agentes biológicos, se incluyen desde los microorganismos hasta vegetales y animales, y los indicadores más frecuentes que va a dar lugar son: depósitos, moteado, desagregaciones, picado.

3.4. Indicadores de alteración

Aunque en todo el templo se encuentran signos de degradación, las fachadas que presentan mayores signos de alteración son la principal y la occidental; mientras que la que muestra un mayor deterioro es la situada más al sur. La cúpula y las esculturas de la terraza superior se encuentran en buen estado, habiéndose constatado la aplicación de tratamientos de conservación.

En cuanto a la parte interior del templo, de forma general, en la siguiente tabla, se refleja la mayor o menor extensión de los diversos indicadores de alteración existentes [6].

Tabla 2. Extensión de los diferentes indicadores de alteración del templo

Indicadores de alteración	Extensión
Alteraciones cromáticas	++
Pérdidas de material	+++
Roturas	+++
Incrustaciones	+
Plantas superiores	++

+ Escasa ++ Media +++ Elevada

3.5. Ensayos de laboratorio

El último paso en el estudio del comportamiento de los litotipos presentes en la Catedral ha consistido en aplicar diferentes tratamientos de conservación (consolidantes e hidrófugos) sobre el litotipo del Puerto de Santa María.

A continuación se recogen los resultados que se han obtenido al realizar pruebas de laboratorio para comprobar el comportamiento de diversos productos. La evaluación de los tratamientos se ha realizado valorando tres aspectos: compatibilidad con el material pétreo, eficacia del producto aplicado y resistencia a la alteración. En la Tabla 3 se muestra los resultados obtenidos en base a estos tres aspectos mencionados [4].

Tabla 3. Comportamiento de diversos consolidantes y hidrofugantes sobre la piedra del Puerto de Santa María (PSM)

	Tegovakon	Wacker OH	ARD	Par. B72	290L	BS 28	Baysilone	Tegosivin
Compatibilidad	o	o	-	-	o	o	o	o
Eficacia	++	++	+	+	+	++	++	+
Alterabilidad	+	-	-	-	+	++	+	+

++ *Muy bueno*

+ *Bueno*

- *Negativo*

o *Nulo*

Por último las probetas se han sometido a condiciones que simulan los mecanismos de alteración observados en el edificio, pero de forma concentrada en el tiempo, para obtener resultados en plazos más breves (ensayos de alteración acelerada). Se han utilizado probetas de material de cantera (Puerto de Santa María) y del propio edificio, y se las ha sometido a ciclos de cristalización de sales y ataque químico con soluciones o atmósferas contaminadas. Los principales resultados obtenidos de los ensayos anteriores se incluyen en el siguiente apartado.

4. DISCUSIÓN

Como conclusión del estudio realizado, se proponen una serie de actuaciones que conviene llevar a cabo para la buena conservación de la Catedral:

- Los lugares con arenización o sometidos a una fuerte acción eólica deben tratarse con productos consolidantes que contribuyen a una mayor consistencia. Para la piedra del Puerto de Santa María, los ensayos de cristalización de sales, han demostrado que el consolidante Tegovakon presenta un mejor comportamiento que el consolidante OH.

- Las zonas bajas de la Catedral deben tratarse con productos hidrofugantes que impidan la penetración del agua en el interior de la piedra, evitando así la formación de sales. En este sentido, los productos silicónicos, según ensayos de alteración acelerada, dan los mejores resultados, en especial el BS.
- Tanto el Tegosivin HL 100 como el 290L responden muy bien a la cristalización de sales pero no tanto a las experiencias en atmosferas controladas. A pesar de este hecho son también adecuados para el tratamiento del edificio, ya que su entorno ambiental no está muy contaminado de SO₂. Sin embargo, los productos acrílicos (Paraloid B72 y ARD) no son recomendables para la conservación de la Catedral jerezana.
- En aquellas zonas que requieran un tratamiento hidrófugo, es conveniente aplicar previamente un producto consolidante, para aumentar su eficacia.

Además de las consideraciones anteriores, se considera importante también:

- Realizar una revisión periódica de los tratamientos de conservación aplicados, reaplicándose estos en aquellos casos que sea necesario.
- Emplear morteros mas porosos que ambos litotipos, para que las acciones destructivas de las sales actúen sobre ellos y no sobre la piedra. Evitar el empleo de yeso, proveedores de sulfatos.
- Limpiar la Catedral de plantas superiores que daña a las piedras con sus raíces.
- Acondicionamiento tanto del edificio como de sus alrededores
- Tener en cuenta que la sustitución de balaustres pétreos por otros de cemento Portland no es adecuada debido a la oxidación que se produce de los vástagos de hierro de su interior y, la contaminación salina y de alúmina de bases y barandas de las balaustradas.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio está siendo realizado gracias a la subvención por el Obispado de Asidonia-Jerez.

BIBLIOGRAFÍA

RÍOS, E. de los. “Hernán Ruiz II y la reforma renacentista frustrada de la Iglesia Colegial de Jerez de la Frontera (Cádiz).” *Atrio: Revista de historia del Arte*, nº 5, 15-23.

JAVIERRE, J.M.; et al.2 *Gran Enciclopedia de Andalucía*. Tomo V. Ed. Promociones culturales andaluzas S.A. Sevilla, 1979, 2148-2151.

REPETTO, J.L. *La obra del Templo de la Colegial de Jerez de la Frontera*. Diputación Provincial de Cádiz, Cádiz, 1978.

VILLEGAS, R. “Estudio de la alterabilidad y respuesta a tratamientos de conservación de los principales tipos de piedra utilizados en Catedrales andaluzas”. Tesis doctoral, 400 p., Servicio de Publicaciones Universidad de Sevilla. Sevilla, 1989.

RUBIO, L.; BELLO, M.A. “Evaluación de las características relacionadas con la absorción de agua para diversas piedras de España tratadas con productos de conservación”. *Mater Construcc*, nº 239, p. 41-52, 1995.

RODRÍGUEZ, J. “La Catedral de Jerez de la Frontera. Estudio y caracterización de la piedra y sus alteraciones. Propuestas de medidas de conservación”. Proyecto Fin de Carrera Universidad de Sevilla, 1998.

Otras bibliografías consultadas

ALCALDE, M.; VILLEGAS, R. et al. *Diagnosis y tratamiento de la piedra*. Monografía nº 400. ICCET. Madrid, 1990.

MARTÍN, A. *Ensayos y experiencias de alteración en la conservación de obras de piedra de interés histórico-artístico*. Ed. Ceura. Madrid, 1990.

AMOROSO, G.G.; FASSINA, V. *Stone Decay and Conservation*. Ed. Elsevier. Amsterdam, 1983

FITZNER, B. *Porosity properties and weathering behaviour of natural stones methodology and examples. Stone material in monuments: diagnosis and conservation 2nd Course*. Heraklion-Crete, p. 24-30,

May 1993. Ed. Mario Adda. Bari Italia, 1994.

ASHURT, J.; DIMES, G. *Stone in building*. The Architect. Press, London, 1977.

RILEM. *Recommended tests to measure the deterioration of stone and to asses the effectiveness of treatment methods. Commission 25-PEM: Protection et Erosion des Monuments*. 1980, p. 175-253.

VALE, J.; MARTÍN, A. *Ensayos de materiales en atmósferas controladas*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla, 1985.

ALCALDE, M.; MARTÍN, A. “Morfología macroscópica de alteración acelerada de algunos materiales pétreos de monumentos de Andalucía (España)”. *Mater Construcc*, nº 218, 1990.

VALE, J.F. “Un sistema universal para experiencias de simulación ambiental, aplicación al estudio de la alteración de materiales pétreos en atmósferas contaminadas”. Tesis doctoral. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla, 1982.

VILLEGAS, R.; VALE, J.; ALCALDE, M. “Evaluación de tratamientos de hidrofugación aplicados a piedras calizas de Catedrales andaluzas”. *Mater Construcc*, nº 223, p.19-27, 1991.

TORRACA, G. *Porous Building materials. Materials Science for architectural conservation*. ICCROM, Rome, 1982.