

ESTUDIO QUÍMICO Y MINERALÓGICO DE LAS ROCAS CONSTRUCTIVAS PERTENECIENTES A LA «IGLESIA DE SANTA MARÍA DEL AZOGUE», EN BENAVENTE (ZAMORA)

J.L. PEREZ-SAN MILLAN DIAZ ⁽¹⁾, A. DEL VALLE GONZALEZ ⁽²⁾, M.A. CORDOBES ALONSO ⁽¹⁾ Y M.P. NIÑO SACRISTAN ⁽²⁾.

⁽¹⁾ CESECO S.A. Laboratorio de Control de Calidad. C/ Turquesa 18 (Polígono San Cristóbal). 47012 Valladolid.

⁽²⁾ Área de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias. Universidad de Valladolid. 47011 Valladolid.

INTRODUCCION

Por encargo de la FUNDACIÓN DEL PATRIMONIO HISTORICO DE CASTILLA Y LEON, se afronta el estudio de químico y mineralógico de los distintos tipos de rocas constructivas pertenecientes a la «Iglesia de Santa María del Azogue» en Benavente (Zamora). El objetivo del estudio es la caracterización de los materiales, la descripción de su estado actual, y la propuesta de soluciones constructivas enfocadas a su inminente restauración.

El edificio objeto de estudio esta formado por una iglesia en planta de cruz, con la nave principal orientada aproximadamente en la dirección Este-Oeste, y con el ábside de la cabecera hacia el Este. Entre el ábside de la cabecera y cada uno de los transeptos se disponen dos absidiolos de menor tamaño que el principal.

La iglesia esta construida con tres tipos básicos de piedra: Arenisca, Arenisca cementada con carbonato cálcico y Arenisca cementada con ópalo. La designación de estos tipos de roca será, en adelante y en el mismo orden, «Piedra de Morerueta», «Ojosa de Villalpando» y «Arenisca de Zamora». La piedra se distribuye básicamente en dos alturas. En planta baja se dispone la «Piedra de Morerueta» junto con alguna antigua reparación realizada con «Arenisca de Zamora». El resto de la edificación en altura (a excepción del cuerpo sobre el cabecero, construido con «Piedra de Morerueta»), está realizada con piedra «Ojosa de Villalpando».

Para una aproximación al problema, se realiza previamente una inspección visual de la que se extraen las siguientes conclusiones:

- a) En una primera aproximación, se observa una gran variedad cromática en la arenisca constructiva de la planta baja, lo que hace pensar en una posible diversidad de tipos de roca constructiva (García de los Ríos, et al, 2001), (VV.AA. Mapa Geol. Castilla y León, 1997).
- b) Se observa un problema de humedad, reflejándose como una mancha perimetral en la totalidad de la zona basal del templo, esta mancha llega a alcanzar en algunos puntos los dos metros de altura. Muy probablemente, la constancia de esta humedad en el tiempo haya sido el origen de un antiguo deterioro y posterior restauración con la piedra designada como «Arenisca de Zamora», como así indica la disposición de ésta en la zona basal del templo.
- c) Existen alteraciones en la denominada «Piedra de Morerueta» consistentes en exfoliaciones, desplazaciones, «acolchamiento» y pérdida de material. Estas alteraciones se distribuyen en las zonas pro-

piensas a humedad como son los encuentros entre muros, zonas de escorrentía de pluviales, zonas umbrías, etc.

d) La reparación ejecutada en «Arenisca de Zamora» (Martín Patino, 1996) en la zona basal del templo, presenta alteraciones puntuales de disgregación de la capa superficial.

e) La obra realizada con la piedra «Ojosa de Villalpando» (plantas superiores del templo), presenta pérdidas severas de material en zonas propensas a humedad como son los encuentros entre muros, zonas de escorrentía de pluviales, zonas umbrías, etc.

PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO

La sistemática de ensayos se enfoca a la caracterización elemental y mineralógica de los distintos tipos de roca constructiva. Se toman varias muestras pertenecientes a los distintos tipos de roca sana y sus alteraciones. Una vez preparadas, se aplican posteriormente las técnicas analíticas de difracción de rayos X (DRX) para la identificación de fases (De Saja, 1978), y la fluorescencia de rayos X (FRX) para la cuantificación de los elementos con masa atómica mayor de 11. La interpretación de los difractogramas ha sido realizada mediante cotejo con las tablas ASTM (JCPDS, 1980). Con los resultados obtenidos, se trata de elucidar los posibles procesos de alteración en virtud de las variaciones de las especies minerales presentes y de sus proporciones.

RESULTADOS

Previamente a los resultados, designamos las muestras y su localización en la *tabla 1*:

Los resultados obtenidos según las distintas técnicas de ensayo (son los siguientes) se encuentran en las *tablas 2 y 3*:

CONCLUSIONES

Los resultados de ensayo obtenidos, permiten elucidar los siguientes procesos patológicos:

- A) La «Piedra de Morerueta» consiste en una arenisca más o menos metamorfozada, con algo de contenido en feldespatos (plagioclasa), caolinita, moscovita, illita y cloritas. Las variaciones de color se deben a procesos de difusión de cationes cromóforos (hierro, manganeso, titanio, etc.) durante la formación del yacimiento.

En principio, la presencia de caolinita intentaría asociarse a la descomposición de los feldespatos, y la illita se podría justificar por alteraciones similares de la moscovita. Sin duda estos procesos se dan en cierto grado, pero la abundancia relativa de caolinita e illita y, la

aparente independencia de la aparición de las mismas respecto a si la piedra esta alterada o no, indica que son componentes inherentes a la composición mineralógica, y no el resultado en exclusividad de una caolinización o una illitización.

Designación	Localización	Descripción
BE-1	Zona norte. Nave adosada a nave principal.	Piedra de Moreruela alterada
BE-2	Zona norte. Nave adosada a nave principal.	Piedra de Moreruela sana
BE-3	Zona norte. Nave adosada a nave principal.	Piedra de Moreruela alterada
BE-6	Transepto norte. Hornacina. Rascado superficial.	Piedra de Moreruela alterada
BE-7	Transepto norte. Hornacina.	Piedra de Moreruela alterada
BE-8	Transepto norte. Moldura de portada.	Piedra de Moreruela alterada
BE-9	Transepto norte. Columna rosa de portada	Piedra de Moreruela alterada
BE-10	Transepto norte. Portada. Arenisca orientada.	Piedra de Moreruela alterada
BE-11	Entre transepto norte y absidiolo nº1.	Arenisca de Zamora sana
BE-12	Absidiolo nº1.	Arenisca de Zamora alterada
BE-13	Columna entre ábside de cabecero y absidiolo nº 4.	Piedra de Moreruela sana
BE-14	Abside. Poyata en ventanal sur.	Piedra de Moreruela alterada
BE-15	Zona sur. Nave adosada a nave principal.	Ojosa de Villalpando sana
BE-16	Zona sur. Nave adosada a nave principal	Ojosa de Villalpando alterada

Tabla 1: Designación, localización y descripción de las muestras (exterior del templo).

Designación	Cuarzo	Ortoclasa	Plagioclasa	Moscovita	Clorita	Caolinita	Calcita	Otros
BE-1	Abundante	-	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	-	*(yeso)
BE-2	Abundante	-	-	Trazas	Trazas	-	-	*(yeso)
BE-3	Abundante	-	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas	-	*(yeso)
BE-6	Abundante	-	Apreciable	Trazas	Trazas	Trazas	-	-
BE-7	Abundante	-	Apreciable	Apreciable	Trazas	Trazas	-	-
BE-8	Abundante	-	Apreciable	Apreciable	-	Trazas	-	-
BE-9	Abundante	-	Trazas	Apreciable	Trazas	Trazas	-	-
BE-10	Abundante	-	Trazas	Trazas	Trazas	-	-	-
BE-11	Abundante	Apreciable	-	-	-	Apreciable	Apreciable	*(yeso) y *(ópalo)
BE-12	Abundante	-	-	-	-	Apreciable	-	*(ópalo)
BE-13	Abundante	-	Apreciable	Apreciable	Apreciable	Trazas	-	-
BE-14	Abundante	-	Trazas	Trazas	Trazas	-	-	-
BE-15	Notable	-	Trazas	Apreciable	Trazas	-	Abundante	-
BE-16	Notable	-	Trazas	Notable	Trazas	-	Abundante	-

(*) Apreciable

Tabla 2: Resultados de la DRX. Tabla de abundancias estimadas.

Designación	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	SO ₂	CO ₂
BE-1	81.53	7.50	3.59	0.14	1.11	0.16	1.19	0.16	0.7	2.0
BE-2	82.27	6.57	2.68	0.13	1.63	0.17	0.94	0.19	0.4	2.4
BE-3	81.78	6.74	2.02	0.15	1.40	0.20	1.05	0.23	0.7	2.2
BE-6	80.78	11.97	1.37	0.17	0.15	0.33	2.55	0.19	0.7	0.8
BE-7	80.53	11.09	1.46	0.20	0.14	0.23	2.69	0.24	1.1	0.6
BE-8	86.03	6.81	1.65	0.13	0.34	0.23	1.23	0.19	1.1	0.6
BE-9	82.51	8.40	1.34	0.16	0.01	0.17	1.94	1.31	1.5	0.6
BE-10	88.04	4.68	1.06	0.07	0.28	0.20	0.84	0.10	0.7	1.0
BE-11	63.28	10.35	1.27	0.42	3.05	1.24	1.39	0.10	4.4	3.4
BE-12	68.76	10.20	1.09	0.41	1.28	1.82	1.26	0.10	2.9	1.0
BE-13	87.39	7.52	1.63	0.11	0.26	0.00	1.09	0.17	0.7	0.4
BE-14	88.01	6.39	1.52	0.10	0.32	0.05	0.86	0.14	0.7	0.6
BE-15	25.76	5.42	4.82	0.78	30.20	0.25	1.08	0.16	23.1	0.8
BE-16	31.40	5.25	3.49	0.76	30.62	0.26	0.99	0.16	17.6	0.6

Tabla 3: Resultados del análisis elemental. Elementos más significativos.

Se puede decir que en este tipo de piedra, el proceso patológico principal no es una alteración química, ya que en todos los difractogramas aparecen las mismas especies minerales, aunque variando levemente sus proporciones. Así, por ejemplo, entre la muestra BE-13 (Piedra de Moreruela sana) y la BE-14 (Piedra de Moreruela muy arenizada), la mineralogía presente es la misma, con una ligera disminución de caolinita y de feldespatos y un aumento de la sílice en la muestra alterada con respecto a la sana, es decir, hay una pérdida de cementantes. Esto se explica por el lavado de la piedra, posterior al desprendimiento del grano de sílice, debido a su disposición en zona de escorrentía de pluviales.

Existe una diferencia con respecto al resto, en la composición química de las muestras de la piedra de Moreruela designadas como (BE-1, BE-2 y BE-3), y consiste en la presencia de trazas de yeso. Teniendo en cuenta que la composición mineralógica de todas las muestras se corresponde con mucha exactitud a un patrón tipo, el yeso que aparece, tiene que ser necesariamente de origen externo, el cual ha podido ser aportado por un tratamiento de revoco que presentó la zona de muestreo en su día.

B) La «Arenisca de Zamora», se ha utilizado en una antigua reparación localizada en la planta baja del templo, en la zona de ábsides y absidiolos. Se trata de un conglomerado de tamaño de grano muy variable, el cual se encuentra cementado con caolinita y ópalo. En esta piedra no existen evidencias de alteración química, las muestras alterada y sin alterar presentan la misma composición mineralógica y en proporciones muy semejantes. La degradación podría ser causada por el desprendimiento de grano debido a acciones de satu-

ración-hielo-deshielo, choques térmicos, etc. Aparecen trazas de yeso en una de las muestras (BE-11), decantándonos, al igual que en el apartado anterior, por un origen de aporte externo (posible revoco).

C) La piedra «Ojosa de Villalpando» está formada por granos de sílice, cementados principalmente con carbonato cálcico y en menor proporción por illita. En este caso, aunque la composición mineralógica es la misma entre la muestra alterada y sin alterar, existe una diferencia importante en el contenido de carbonato cálcico, siendo un 25% menor en la muestra alterada que en la sana. Esto indica un ataque químico a la piedra y consiste, con toda probabilidad, en la dilución del CO₂ atmosférico en el agua de lluvia y su posterior ataque al carbonato cálcico, solubilizándolo y produciendo la descementación de la roca y el desprendimiento del grano.

REFERENCIAS

- JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards). International Centre for Diffraction Data (1980): Mineral Powder Diffraction File. Data Book and Search Manual (ASTM). Swarthmore.
- Martín Patino, M^a. T., Madruga, F., Saavedra, J. (1996). La arenisca dorada de Salamanca. Consejería de Fomento. Junta de Castilla y León. Valladolid. 107 pp.
- VVAA (1997). Mapa Geológico y Minero de Castilla y León. Escala 1:400.000. SIEMCALSA. Valladolid. 459 pp.
- García de los Ríos, J.I., Báez Mezquita, J.M. (2001). La Piedra en Castilla y León. Junta de Castilla y León. 346 pp.
- De Saja, J.A. (1978). Difracción de muestras policristalinas. Método de Debye-Scherrer. Universidad de Valladolid. 195 pp.