

Formación temprana de recubrimientos silíceos en calcarenitas expuestas en distintos contextos climáticos

Javier Martínez-Martínez (1*), Berta Ordóñez-Casado (1), Eduardo Molina-Piernas (2), Anna Echeverría (3), Sky Vías-Varela (1), Miguel Gómez-Heras (4)

(1) Instituto Geológico y Minero de España, 28760 Tres Cantos (Madrid, España)

(2) Universidad de Cádiz, 11519 Puerto Real (Cádiz, España)

(3) Andorra Recerca + Innovació, AD600 Sant Julià de Lòria (Andorra)

(4) Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid (España)

* corresponding author: javier.martinez@igme.es

Palabras Clave: Alteración superficial, Recubrimiento silíceo, SEM, Bateig, Piedra de Novelda. **Key Words:** Surface weathering, Si-rich coating, SEM, Bateig, Novelda stone.

INTRODUCCIÓN

Los recubrimientos superficiales en materiales pétreos constituyen un elemento clave en los procesos de alteración y conservación del patrimonio construido. Estos pueden clasificarse en función de su composición y origen en diferentes tipos, incluyendo costras sulfatadas, películas de polvo, recubrimientos ricos en metales o recubrimientos silíceos (Sanjurjo Sánchez et al., 2008). En particular, los recubrimientos ricos en sílice (Si-rich coatings) han sido descritos tanto en contextos naturales como antrópicos, asociados a procesos de alteración superficial, deposición atmosférica y, en algunos casos, actividad microbiana (Sanjurjo Sánchez et al., 2008).

Diversos estudios han señalado que estos recubrimientos pueden formarse mediante la interacción entre soluciones acuosas y materiales minerales, dando lugar a geles de sílice que posteriormente se transforman en fases amorfas tipo ópalo (Aftabi y Atapour, 2018). También se ha propuesto que la sílice puede mobilizarse por disolución incongruente de minerales y redepositarse en superficie, incluso en escalas temporales relativamente cortas (Chemtob y Rossman, 2014).

A pesar de estos avances, la formación de recubrimientos silíceos sobre sustratos carbonatados en condiciones ambientales reales y en escalas temporales cortas sigue siendo poco documentada, estando la mayoría de los trabajos disponibles contextualizados en largos periodos de exposición (siglos a milenios). Este trabajo aborda esta cuestión mediante un experimento de exposición controlada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se empleó una calcarenita comercial (piedra Bateig o piedra de Novelda), ampliamente utilizada en patrimonio a escala nacional a partir del siglo XIX. Se trata de una roca carbonatada porosa que contiene, además de calcita, fases menores silicatadas, incluyendo cuarzo euhedrales y fracciones arcillosas.

Se preparó una batería de ocho muestras que fueron expuestas durante dos años en dos emplazamientos urbanos con condiciones climáticas contrastadas: Puerto Real (Cádiz; clima mediterráneo costero) y Santa Coloma (Andorra; clima de montaña). En cada localización, las muestras se orientaron según los cuatro puntos cardinales (N, S, E, O). Tras el periodo de exposición, las muestras fueron examinadas mediante microscopía electrónica de barrido y analizadas mediante espectroscopía de energía dispersiva (SEM-EDS) en los Laboratorios del IGME.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En ambos emplazamientos se ha observado la formación de recubrimientos de naturaleza silíceos en un periodo de tiempo muy corto (2 años). Este resultado es coherente con los modelos de silicificación superficial de baja energía propuestos para ambientes naturales y antrópicos (Sanjurjo Sánchez et al., 2008; Aftabi y Atapour, 2018). Sin

embargo, aportan una nueva perspectiva puesto que el recubrimiento no se desarrolla sobre rocas de base silíceas (e.g., granitos, basaltos) ni en climas exclusivamente desérticos o áridos (e.g., Andorra).

Los recubrimientos estudiados presentan dos morfologías principales (Fig. 1): (a) películas continuas; (b) estructuras esféricas de 5–10 μm , frecuentemente asociadas a cristales euhedrales de cuarzo de la roca. La distribución de estos recubrimientos está controlada por la orientación de exposición. En Andorra se identifica este recubrimiento en todas las orientaciones excepto la norte. El mayor desarrollo se alcanza en la orientación oeste, en la que se observa además precipitación de calcita (agregados radiales) sobre el recubrimiento silíceo (Fig. 1). En esta orientación se identificó puntualmente una estructura orgánica con crecimiento arborescente de calcita asociado. Por el contrario, en Cádiz se desarrolla preferentemente en la cara sur (con crecimiento asociado también a sulfato cálcico), y en menor medida en el oeste (limitado a estructuras esféricas sobre superficies de cuarzo). Además de estos recubrimientos silíceos, en las superficies de roca expuestas se reconocen otras partículas tales como: barita, yeso/anhidrita, halita y óxidos/hidróxidos de Fe y Ti en Cádiz (especialmente en la cara norte), y óxidos/hidróxidos de Fe, Ti, Ti-Cr y arcillas en Andorra (mayor concentración en la cara este).

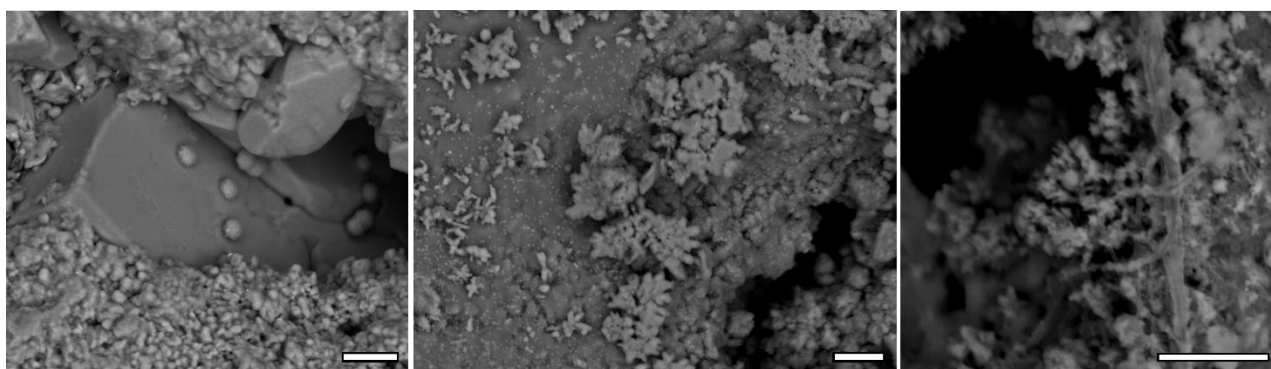


Fig 1. Fotomicrografías de SEM mostrando estructuras esféricas de sílice (izquierda), agregados de calcita sobre recubrimiento silíceo (centro) y estructuras arborescentes de calcita asociadas a estructuras orgánicas (derecha). Escala: 10 μm .

La dependencia clara con la orientación sugiere un fuerte control de factores microambientales, como la frecuencia de humectación–secado, la insolación, la incidencia de lluvia dirigida y el aporte de aerosoles. La similitud morfológica de los recubrimientos en dos climas tan distintos apunta a mecanismos comunes, posiblemente relacionados con la interacción entre agua meteórica y componentes silicatados presentes tanto en la roca (cuarzo, arcillas) como en el polvo atmosférico, sin poder descartar la influencia de procesos biogeoquímicos, como ya ha sido sugerido por Sanjurjo Sánchez et al. (2008).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los proyectos de I+D+i PID2020-116896RB-C21 y PID2020-116896RB-C22, financiados por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades de España) y del proyecto TEC Heritage-CM (TEC-2024/TEC-39), financiado por la Comunidad de Madrid.

REFERENCIAS

- Aftabi, A., Atapour, H. (2018): A new record of silica-rich coating on carbonate substrates in southeast-central Iran. *Sediment. Geol.*, **372**, 64–74.
- Chemtob, S.M., Rossman, G.R. (2014): Timescales and mechanisms of formation of amorphous silica coatings on fresh basalts at Kilauea Volcano, Hawaii. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **286**, 41–54.
- Sanjurjo Sánchez, J., Vidal Romani, J.R., Fernández Mosquera, D., Alves, C.A. (2008): Study of origin and composition of coatings in a monument built with granitic rocks. *X-Ray Spectrom.*, **37**, 346–354.