

# Diversidad Mineralógica en Biofilms Asociados a Surgencias de Aguas Carbonatadas Sulfatadas (Almería)

/ ANGELES GARCÍA-DEL-CURA (1,2,\*), ESTHER SANZ-MONTERO (2,3), ASUNCION DE LOS RIOS (4), JACEK WIERZCHOS (4), CARMEN ASCASO (4)

(1). Laboratorio de Petrología Aplicada. Universidad de Alicante-CSIC. Ap. 99. 03080, Alicante (España)

(2) Instituto Geología Económica. C SIC-UCM. Facultad de Geología, c/ José Antonio Nováis, 2. 28040, Madrid (España)

(3) Departamento de Petrología y Geoquímica. Facultad de Geología, c/ José Antonio Nováis, 2. 28040, Madrid (España)

(4) Centro de Ciencias Medio Ambientales. CSIC, c/Serrano 115. 28006, Madrid (España)

## INTRODUCCIÓN.

El estudio de mineralizaciones asociadas a biofilms actuales ha despertado gran interés en los últimos años, por una parte para estudiar los análogos actuales de procesos que han tenido gran importancia en las diferentes épocas geológicas y poder así identificar con mayor exactitud las estructuras sedimentarias inducidas por microbios (Noffke, 2009). Por otra parte, su estudio permite identificar los mecanismos de mineralización y la influencia de los seres vivos (principalmente cianobacterias, bacterias no fotosintéticas y, en menor proporción, diatomeas y musgos) en la precipitación de distintos minerales que litifican los biofilms generando unas rocas características (microbialitas). Estos estudios también persiguen diferenciar, en lo posible, las influencias metabólicas, más o menos específicas de cada organismo, o tipo de organismos, y las condiciones físicoquímicas del medio, tanto en vida del organismo u organismos involucrados, como postmortem. Los minerales formados con influencia biológica presentan texturas diagnósticas que son potencialmente observables con técnicas de microscopía electrónica. De modo que estas técnicas son una herramienta clave en el estudio de los procesos de litificación y de los mecanismos de preservación estructuras biogénicas en el registro geológico (por ejemplo, Rainey & Jones, 2010).

En este trabajo se describe la naturaleza y características de los minerales que precipitan en biofilms desarrollados en una surgencia de un acuífero carbonatado en Almería y se analizan las posibles interacciones bio-mineralógicas de estas estructuras. Se considera que estas estructuras organo-

minerales representan buenos análogos de texturas similares en depósitos tipo travertínico asociados a surgencias, en base a su comparación con un complejo travertínico que aflora en sus proximidades (García-del-Cura et al. 2008).

Un estudio preliminar de estos depósitos (García del Cura et al., 2009) indica que se componen de calcita de bajo contenido en Mg, y, en menor cantidad, de dolomita, yeso y barita.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

Se han estudiado tres biofilms que se encontraban tapizando las superficies de una fuente pública en la que se recoge el agua de una surgencia localizada a la entrada del pueblo de Alicún, Almería (36° 58' N, 2° 36' W). La surgencia forma parte del acuífero carbonatado del Bajo Andarax (Sánchez Martos et al. 1999). Se realizaron muestreos de los biofilms y de agua en octubre de 2008. Los análisis del agua llevados a cabo indican que se trata de aguas de tipo (Mg-Ca-Na-SO<sub>4</sub> - Cl - CO<sub>3</sub>H) con un valor de pH de 7,38.

Los materiales fueron estudiados, por microscopía óptica de luz transmitida y de fluorescencia, en sección delgada. Para observar la interfase microorganismo-roca a través del microscopio electrónico de barrido en modo de electrones retrodispersados (SEM-BSE) y por espectroscopía por dispersión de energía de rayos X (EDS) los materiales fueron preparados siguiendo un procedimiento especial denominado "técnica SEM-BSE para el estudio de microbiota en sustratos líticos" introducida por Wierzchos y Ascaso (1994). Para ello, en primer lugar se llevó a cabo la fijación de los fragmentos de roca con glutaraldehído, seguida de una fijación con tetróxido de

osmio. Después de una deshidratación, en una serie creciente de soluciones de etanol, las muestras fueron incluidas en resina, polimerizadas y finamente cortadas, pulidas y recubiertas con carbono. Finalmente, las superficies de las muestras fueron observadas utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM) Zeiss DMS 960 y un Hitachi S 3000 N equipados con un sistema microanalítico ISIS Link EDS un detector de rayos X tipo XFlash 3001 de Bruker para microanálisis (EDS) respectivamente. Las muestras también fueron estudiadas en fractura fresca por SEM en modo de electrones secundarios (SEM-SE).

## RESULTADOS.

### Subambientes de sedimentación.

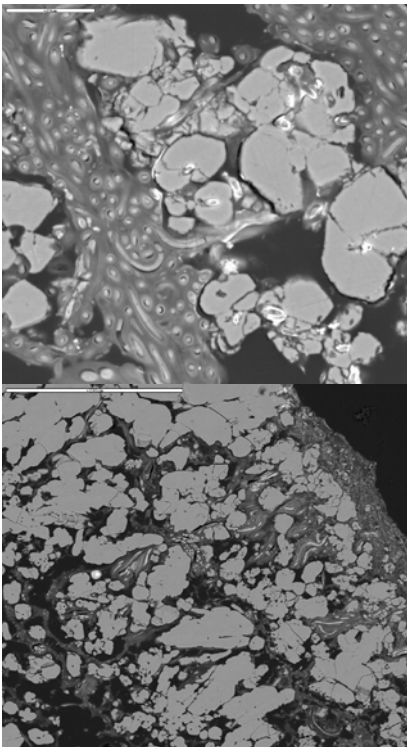
Los materiales estudiados corresponden a dos subambientes dentro del citado medio continental de agua dulce: uno permanentemente cubierto por agua (pilón) y otro con agua variable y etapas de desecación. En este último el tipo de organismo predominante son las cianobacterias, que aparecen asociadas a un depósito de "costra" rosada. La costra está cubierta por un biofilm con diversas cianobacterias filamentosas, embebidas en una matriz de exopolisacáridos, mostrando numerosos tricomas densamente fasciculados, dichos tricomas también pueden ser observados por microscopía de fluorescencia. Estas cianobacterias (Fig. 1) fueron descritas anteriormente (García-del-Cura et al. 2009).

En el medio subacuático, encontramos desarrollo de tobas de musgo acompañadas de diatomeas, mientras que en otros puntos se desarrollan preferentemente costras carbonáticas constituidas por niveles de cristales en empalizada ricos en diatomeas en cuya

**palabras clave:** biofilm, sedimentación continental, mineralogénesis, dolomita, calcita, barita.

**key words:** microbial mat, freshwater sedimentation, mineralogénesis, dolomite, calcite, barite

parte externa se observan restos de EPS (exopolisacáridos o polisacáridos extracelulares) junto con cianobacterias recubiertas de pequeños cristales de carbonato que se van agrandando y constituyendo cristales de mayor tamaño, creando así una superficie externa mamelonar. Los cristales no crecen sobre el sustrato pétreo, sino que lo hacen sobre los organismos que lo colonizan.



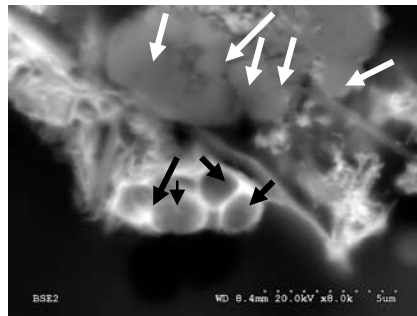
**fig. 1.** Imágenes SEM-BSE de sección transversal de la zona superficial de la costra rosada situada en zona de humedad variable, se observan tricomas fasciculados así como algunos en posición intracristalina (restos de materia viva dentro de los cristales).

En la costra subacuea, los estudios con EDS nos han permitido identificar cristales de dolomita (Fig. 2, flechas blancas), cuya morfología y proximidad a colonias bacterianas son datos a favor de su relación genética.

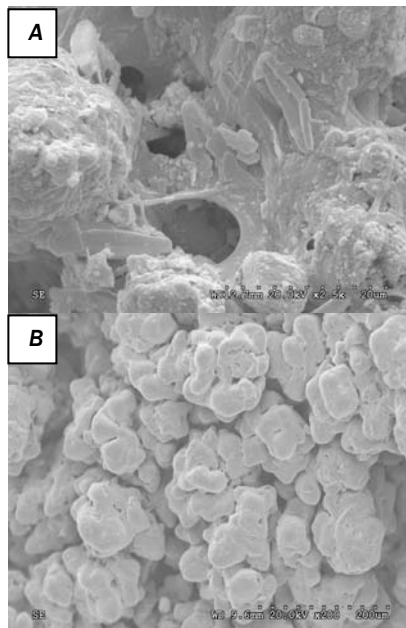
Las formaciones subacueas presentan más variedad mineralógica, junto con dolomita citada, de hábitos similares a los cristales de calcita (Fig. 2) se ha detectado barita y yeso, así como numerosas diatomeas en buen estado de conservación (Fig. 3A).

### CONCLUSIONES.

La presencia de microorganismos vivos incluidos en los cristales de carbonato, así como la abundancia de cristales



**fig. 2.** Imagen SEM-BSE de cristales de dolomita (flechas blancas) y algunas estructuras correspondientes a células bacterianas (flechas negras).



**fig. 3.** Imágenes SEM-SE de cara externa (A) e interna (B) del depósito estromatolítico subacueo mostrando agrupaciones de cristales de carbonato con morfologías ligadas a cianobacterias. En A se ven restos de EPS así como diatomeas.

embebidos en una matriz de EPS sugiere una activa participación de distintos microorganismos en la precipitación de carbonatos con distintas texturas. Concretamente, las texturas columnares calcíticas se relacionan con cianobacterias filamentosas del orden de las Oscillatoriales mientras que algunos agregados microcristalinos dolomíticos pueden relacionarse con colonias bacterianas (Fig. 2, flechas negras).

Estos resultados sugieren que dentro de un biofilm se pueden crear distintos subambientes en los que predominen determinados organismos y condiciones geoquímicas que permitan la formación de minerales de distintos grupos, como son los carbonatos y los sulfatos, que

pueden, por tanto, coexistir en un espacio muy reducido sin mostrar relaciones de reemplazamiento.

La formación de dolomita con participación microbiana se ha descrito en distintos ambientes superficiales, en los que no estaban incluidos hasta la fecha las surgencias kársticas por lo que estos resultados amplían el rango de tipologías de ambientes potencialmente conducentes a la formación de dolomita.

La trascendencia de los resultados de este estudio son amplias ya que la asociación de minerales descrita y/o las texturas cristalinas observadas en los carbonatos han sido descritas en el registro sedimentario de travertinos (por ejemplo los de Alhama de Almería) y de carbonatos lacustres del Mioceno de las Cuencas del Duero y Tajo.

### AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo ha sido subvencionado por los Proyectos del MEC: CGL2006-05027/BTE, CGL2007-62875 y CTM2009-12838-C04-C03).

### REFERENCIAS.

- García-del-Cura, M.A., Sanz-Montero, M.E., Benavente, D., Martínez-Martínez, J., Bernabéu, A., Cueto, N. (2008): Sistemas travertínicos de Alhama de Almería: características petrográficas y petrofísicas. *Geo-Temas*, **10**, 1555-1558.
- García-del-Cura, M.A., De Los Ríos, A., Sanz-Montero, M.E., Ascaso, C. (2009): Microbe-mineral interactions: carbonate precipitation in biofilms associated with spring waters (SE Spain). 27<sup>th</sup> IAS Meeting of Sedimentology (Alghero, Italy), p. 519.
- Noffke, N. (2009): The criteria for the biogenicity of microbially induced sedimentary structures (MISS) in Archean and younger, sandy deposits. *Earth-Science Reviews*, **96**, 173-180.
- Rainey, D.K. & Jones, B. (2010): Preferential soft-tissue preservation in the Hot Creek carbonate spring deposit, British Columbia, Canada. *Sedimentary Geology*, **227**, 20-36.
- Sanchez Martos, F., Pulido Bosch, A., Calaforra, J. M. (1999): Hydro geochemical processes in an arid region of Europe (Almería, SE Spain). *Applied Geochemistry*, **14**, 735-745.
- Wierzchos, J. & Ascaso, C. (1994): Application of back-scattered electron imaging to the study of the lichen-rock interface. *J Microsc.*, **175**, 54-59.