

UN FENÓMENO GEOLÓGICO EXCEPCIONAL

ESTROMATOLITOS DE MANGANESO

En la cueva de El soplao (Cantabria)

CARLOS ROSSI¹
RAFAEL PABLO LOZANO²
NÚRIA ISANTA³

¹ Departamento de Petrología y Geoquímica, Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense, 28040, Madrid. E-mail: rossi@geo.ucm.es

² Museo Geominero. Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas, 23, 28003, Madrid. E-mail: rlozano@igme.es

³ Investigación en Cambio Global. Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas, 23, 28003, Madrid.

La cueva de El Soplao se localiza en la Sierra de Arnero, al suroeste de San Vicente de la Barquera (Cantabria). La cueva se desarrolla principalmente en dolomías del Aptiense y contiene al menos 20 kilómetros de conductos kársticos, una pequeña parte de los cuales están habilitados para la visita turística desde 2005.

La caverna se descubrió accidentalmente a principios del siglo XX durante las labores de extracción de sulfuros de plomo y zinc en el distrito minero de La Florida. De origen diagenético, los sulfuros de la Florida representan un ejemplo típico de yacimiento tipo "Mississippi Valley". Las minas de la Florida estuvieron activas desde el siglo XIX hasta 1978, y de ellas aún se conservan más de 30 kilómetros de galerías, rampas, pozos y vaciados. Los mineros utilizaron algunas zonas de la cueva de El Soplao como galerías de acceso y transporte y para disposición de escombros, confiriendo a estos sectores un aspecto muy peculiar. En la década de los 70, con la mina aún en funcionamiento, espeleógrafos del Espeleoclub Cántabro comienzan la exploración y topografía de la cueva, descubriendo galerías vírgenes y documentando sus magníficos espeleotemas. Posteriormente la cueva fue declarada Monumento Natural por la comunidad autónoma de Cantabria.

Con frecuencia se califica a la cueva de El Soplao como "única" debido a la extraordinaria abundancia y belleza de



Fig. 1. Campo de estromatolitos de manganeso en una galería remota de la cueva de El Soplao. Foto: Carlos Rossi.

sus helictitas de aragonito. Estos espeleotemas, conocidos vulgarmente como "excéntricas", crecen en cualquier dirección, generando formas sorprendentes. El origen de estos espeleotemas no es tan misterioso como muchos piensan, ya que en la mayor parte de los casos su peculiar crecimiento está condicionado por fenómenos capilares. Aunque estos espeleotemas se conocen desde antiguo en muchas otras cuevas, es cierto que normalmente no aparecen con tanta profusión como en El Soplao.

No obstante, lo que realmente hace a la cueva de El Soplao única en el mundo son sus estromatolitos, cuyo descubrimiento se ha dado a conocer recientemente a la comunidad científica. Estos estromatolitos se formaron en la propia cueva, en total oscuridad, y su desarrollo es extraordinario: forman varios niveles intercalados entre sedimentos detríticos, con una extensión lateral de más de 2 km, a lo largo de la galería principal de la cueva. No se trata pues de algo anecdótico, sino de un depósito volumétricamente muy importante. Su interés geológico es claro: **es la primera vez que se describen estromatolitos formados en cuevas.**

Para valorar la relevancia de este descubrimiento, conviene revisar antes el origen e importancia geológica de los estromatolitos en general. Los estromatolitos son rocas sedimentarias laminadas generadas como resultado de la actividad de microbios bentónicos, que por una parte atrapan y consolidan partículas clásticas y por otra inducen la precipitación mineral, cementando así el depósito. La mayoría de los estromatolitos se generan en fondos marinos y fluvio-lacustres y están ligados a la actividad de microbios fotosintéticos (cianobacterias). La fotosíntesis es normalmente clave para la formación de estromatolitos, ya que el consumo de CO₂ por parte de las cianobacterias eleva el pH en su entorno más próximo, causando la cristalización de carbonato cálcico (calcita o aragonito). De este modo, el tapiz de cianobacterias se cubre por sedimento y cementa con carbonato, hasta que una nueva etapa de crecimiento microbiano causa que se repita el proceso,



Fig. 2. Rafael P. Lozano observando un espectacular domo estromatolítico. La cara abrupta indica el sentido de la paleocorriente. Foto: Carlos Rossi.

formándose así la siguiente lámina estromatolítica. Con el tiempo, las láminas del estromatolito se van curvando progresivamente, para maximizar la superficie expuesta al agua donde puedan vivir la máxima cantidad de cianobacterias. De este modo, se generan estructuras con forma de domo, normalmente de altura centimétrica o decimétrica.

Paradójicamente, los microbios que inducen los estromatolitos raramente fosilizan, lo que ha llevado a algunos a cuestionar el origen microbiano de algunos

estromatolitos antiguos. Esta cuestión es relevante, ya que los estromatolitos más antiguos que se conocen tienen 3500 millones de años de antigüedad, pudiendo representar por tanto la primera evidencia de vida en la Tierra. Los estromatolitos son relativamente abundantes en rocas sedimentarias precámbricas, especialmente hace ~1250 millones de años, durante el Mesoproterozoico. A partir de

entonces, su registro fósil experimenta un claro declive, probablemente relacionado con la aparición de organismos más complejos que se alimentaban de los microbios constructores de estromatolitos. En la actualidad, los estromatolitos “vivos” son muy escasos, y normalmente sólo se forman en medios con condiciones extremas, como por ejemplo albufeiras hipersalinas.

Hasta su descubrimiento reciente en El Soplao, se desconocía que se pudieran formar estromatolitos en el interior de las cuevas. De hecho, tal posibilidad no parece factible, ya que en el interior de las cuevas reina la oscuridad perpetua, impidiendo la fotosíntesis y, por tanto, el desarrollo de tapices de cianobacterias. Además, los ecosistemas espeleanos son típicamente muy pobres en nutrientes y materia orgánica, lo que limita considerablemente el desarrollo de otros posibles microbios no fotosintéticos que pudieran generar estromatolitos.

Aún así, en la cueva de El Soplao los estromatolitos son excepcionalmente abundantes. Los estromatolitos de El Soplao no están formados por carbonatos, sino por óxidos de manganeso. Son por tanto de color oscuro (negro o marrón), por lo que apenas destacan en el interior de la cueva. Es posible que ésta sea una de las causas por las que han pasado desapercibidos durante tanto tiempo.

Fig. 3. Núria Isanta examinando los detalles de una sección de estromatolito. Las láminas más claras contienen un predominio de microestructuras dendríticas, repletas de microfósiles bacterianos. Foto: Rafael P. Lozano.



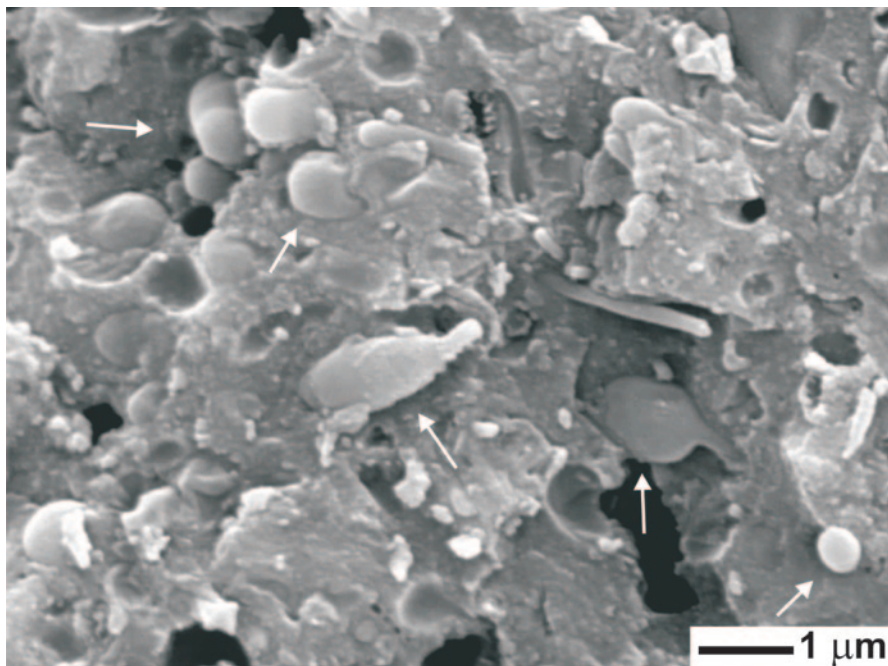


Fig. 4. Bacterias fosilizadas en las capas dendríticas (señaladas por flechas blancas). Imagen de microscopio electrónico de barrido. Foto: Carlos Rossi y Rafael P. Lozano.

Los estromatolitos se encuentran en diferentes tramos de la galería principal de la cueva, intercalados entre sedimentos fluvio-kársticos arenosos y arcillosos. En algunos sectores de la galería, la erosión parcial de los sedimentos clásticos permite observar los estromatolitos en tres dimensiones: forman conjuntos de grandes domos (de hasta 60 cm de altura) interconectados entre sí que generan represas similares a las que se forman en tobas fluviales y travertinos. Los domos tienen normalmente forma de seta asimétrica, con el margen más abrupto apuntando en el sentido de la paleocorriente. La superficie exterior de los domos suele ser de un profundo color negro, localmente muy brillante, y jalonada con bultos, mamelones y acanaladuras, éstas últimas orientadas en la dirección de la paleocorriente.

A pesar de estar formados por óxidos de manganeso, las características micromorfológicas de los espeleo-estromatolitos de El Soplao son sorprendentemente muy similares a las de muchos estromatolitos carbonáticos. El interior de los estromatolitos presenta una laminación muy evidente, debido a la alternancia de capas con diferentes colores, texturas y grosores. Alternan láminas negras compactas con otras marrones más friables y porosas. En detalle, las bandas porosas presentan texturas dendríticas, similares a las que caracterizan a muchos estromatolitos carbonáticos de origen cianobacteriano. Las ramas cilíndricas que forman las dendritas contienen a su vez una laminación interna muy fina, de escala micrométrica, curvada y con la convexidad orientada hacia el exterior de las ramas.

Para obtener información sobre la visita turística a la cueva: www.elsoplao.es

Para ampliar información sobre los estromatolitos de El Soplao puede consultarse el siguiente artículo (que puede obtenerse por petición a sus autores):

Rossi, C.; Lozano, R.P.; Isanta, N. y Hellstrom, J. 2010. Manganese stromatolites in caves: El Soplao (Cantabria, Spain): *Geology*, v. 12, p. 1119-1122.

Para ampliar información sobre la historia de exploración de la cueva:

<http://www.aer-espeleo.com/EL-SOPLAO-Pagina-oficial-de-la.html>

Speleo Club Cántabro. (2003). "El Soplao (Rionansa, Valdáliga)". *Boletín Cántabro de Espeleología*-15:99-106.

Sin embargo, los estromatolitos de El Soplao presentan una característica muy poco común en otros estromatolitos: una extraordinaria abundancia de fósiles de microbios, con un grado de preservación realmente excepcional. La presencia de estos restos es la prueba más concluyente del origen microbiano de estos estromatolitos. Usando el microscopio electrónico de barrido, en el interior de las dendritas se observa una auténtica infinidad de restos de microbios fósiles, huecos en su mayoría. El grado de preservación de los microbios es tal, que se conservan los detalles ornamentales de las paredes celulares de algunos de ellos. Esta espectacular preservación se debe en gran parte a que los microbios se recubrieron por partículas extraordinariamente finas de óxidos de manganeso, cuando los microorganismos aún estaban vivos. De hecho, su fosilización es una consecuencia de su propia actividad vital, como se explica a continuación.

Teniendo en cuenta la gran abundancia de estromatolitos en el Soplao y las ya comentadas limitaciones para la vida en las cuevas ¿cómo es posible que tantos microorganismos prosperasen en la cueva de El Soplao, en total oscuridad y con una disponibilidad limitada de materia orgánica? La respuesta a esta pregunta es lo que hace realmente apasionantes a los estromatolitos de El Soplao: los microbios que los forman son quimiosintéticos, es decir emplean una reacción química como fuente de energía. En ausencia de luz, los microbios fosilizados en los estromatolitos de El Soplao sintetizaban sus compuestos orgánicos usando la energía producida por la oxidación del manganeso disuelto en el agua de un antiguo río subterráneo. Este tipo de microbios también recibe el calificativo, más específico, de quimiolitótrofos, ya que obtienen lo necesario para vivir de la disolución de las rocas en el subsuelo, sin depender de la luz del sol o del aporte de materia orgánica procedente del exterior de la cueva. El subproducto de la oxidación de este elemento es la formación de óxidos de manganeso insolubles, que precipitaban alrededor de las bacterias como consecuencia de su propia actividad vital. Esto explica no sólo la excelente preservación de los microbios, sino la propia formación y crecimiento de estos espectaculares estromatolitos. ●