

Caracterización petrográfica de los travertinos aragoníticos del Barranco de Azuaje (Gran Canaria)

Petrographic characterization of aragonitic travertines in the Azuaje Gorge (Gran Canaria)

Álvaro Rodríguez-Berriguete ⁽¹⁾, Ana M. Alonso-Zarza ⁽¹⁾, M. Carmen Cabrera ⁽²⁾ y Francisco J. Pérez-Torrado ⁽²⁾

⁽¹⁾ Departamento de Petrología y Geoquímica, Fac. CC Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, España. arberriguete@pdi.ucm.es, alonsoza@geo.ucm.es

⁽²⁾ Departamento de Física GEOVOL, Campus de Tafira, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017 Las Palmas de Gran Canaria, España. mcabrera@dfis.ulpgc.es, fperez@dfis.ulpgc.es

ABSTRACT

The Azuaje Gorge is situated in NE of the volcanic island of Gran Canaria. The Gorge formed by the incision on volcanic deposits younger than 5.5 Ma. The presence of the travertine deposits within the Gorge constitutes an outstanding feature. These travertines consist of fibrous aragonite and minor calcite. The main facies recognised are: laminar, massive porous, coated grains, and tufaceous. Their special textures, the unusual volcanic setting and the fact that the travertine formed in an area lacking previous carbonate deposits make this travertine unique among the spring-related deposits. The main facies and the mineralogy strongly suggest that these deposits formed under the influence of thermogene waters by rapid CO₂ degassing in a cascade-pool system.

Key-words: Travertine, shrub crystals, Canary Islands, hot-spring, volcanic setting, fibrous aragonite.

RESUMEN

El Barranco de Azuaje está situado en el NE de la isla volcánica de Gran Canaria. El barranco se formó por incisión sobre depósitos volcánicos de edad inferior a 5,5 Ma. La presencia de depósitos de travertino situados dentro del barranco constituye un rasgo destacado. Estos travertinos están compuestos por aragonito fibroso y calcita, en menor cantidad. Las principales facies reconocidas son: laminar, masiva porosa, de granos con cubiertas y tobácea. Sus especiales texturas, el infrecuente contexto volcánico y el hecho de que el travertino se haya formado en un área sin depósitos carbonáticos previos, hacen de éste un travertino único entre los depósitos relacionados con manantiales. Las principales facies y la mineralogía sugieren que estos depósitos se formaron bajo la influencia de aguas termógenas por desgasificación rápida de CO₂ en un sistema de cascadas y pozas.

Palabras clave: Travertino, shrub, Islas Canarias, hot-spring, contexto volcánico, aragonito fibroso.

Geogaceta, 51 (2012), 27-30.
ISSN:2173-6545

Fecha de recepción: 15 de julio de 2011
Fecha de revisión: 3 de noviembre de 2011
Fecha de aceptación: 25 de noviembre de 2011

Introducción

El Barranco de Azuaje está situado en la parte Norte de la Isla de Gran Canaria (Islas Canarias, España). Se encuentra encajado sobre materiales volcánicos de la etapa juvenil de desarrollo subaéreo de la isla (Menéndez *et al.*, 2008). El régimen climático es subtropical húmedo, con precipitaciones de 1.000 mm/año (Menéndez *et al.*, 2008). Colgados dentro del barranco se reconocen diversos cuerpos carbonáticos (Mangas *et al.*, 2004; Rodríguez-Berriguete, 2011). Estos depósitos pueden tener unos pocos metros de longitud y potencias de entre 3 y 5 metros como máximo. Están compuestos principalmente por aragonito fibroso y pequeñas cantidades de calcita.

El objetivo de este trabajo es caracterizar petrográficamente las facies carbonáti-

cas encontradas y el sistema de depósito en el que se generaron.

Metodología

Durante las campañas de campo se llevaron a cabo observaciones relativas a la morfología de los cuerpos y su disposición en el contexto del barranco.

Para llevar a cabo el análisis de los distintos componentes del depósito carbonático se han realizado observaciones mediante microscopio óptico de diversas láminas delgadas y *de visu* con muestras de mano. Se seleccionaron algunas facies para su estudio mediante SEM y FEM (*Field Electron Microscopy*). La mineralogía se ha determinado mediante Difracción de Rayos-X, realizada en el CAI de Técnicas Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

Descripción

Se trata de un edificio parcialmente desmantelado tanto por erosión debida a la incisión del barranco, como a acción antrópica, para obtención de cal. No obstante, aún se preservan algunos depósitos de cascada (Fig. 1), y cuerpos con disposición horizontal.

La composición mineralógica es fundamentalmente aragonítica, con calcita en proporciones inferiores o en torno al 50%, como fases principales.

Facies primarias

A escala de muestra de mano se han definido 4 facies: (1) laminar, (2) masiva porosa, (3) de granos con cubiertas (*coated grains*) y (4) tobácea. 1. Las facies laminares agrupan varios subtipos que muestran dis-



Fig. 1.- Cascada preservada dentro del Barranco de Azuaje.

Fig. 1.- Cascade deposit preserved in Azuaje Gorge.

tintos tipos de porosidad y laminación: densa, porosa y cristalina.

1.1. En las facies laminares densas y porosas las láminas varían desde micríticas a fibrosas. Presentan espesores desde inferiores al milímetro hasta 2 mm. Frecuentemente se apilan conformando estructuras dómicas. (Fig. 2). Las facies laminares están constituidas por 4 microfases: (a) laminar, (b) de burbujas con cubiertas, (c) *shrubs* (agregados dendríticos de cristales) y (d) *rafts* (plaquetas micríticas con desarrollo de cristales en su cara inferior).



Fig. 2.- Facies laminar con alta porosidad.

Fig. 2.- Laminar facies with high porosity.

La formación de estas facies laminares tiene lugar en dos contextos: 1) bajo flujo rápido de agua, en situaciones de altas pendientes y escalonamientos y, 2) en cuerpos de agua de baja energía, en puntos de poca pendiente (Arenas *et al.*, 2010).

a) La microfases laminar está compuesta por láminas que pueden ser micríticas o fibrosas. Las láminas fibrosas consisten en fibras de aragonito con disposición perpendicular a radial respecto de la orientación de la lámina. Pueden aparecer tapiando obstáculos del sustrato, generando morfologías dómicas (Fig. 3). En algunos casos se observan láminas gruesas com-

puestas por cristales equidimensionales que preservan una textura fibrosa relicta. Asociadas a las facies laminares se dan acumulaciones de esferulitos fibrosos radiales.

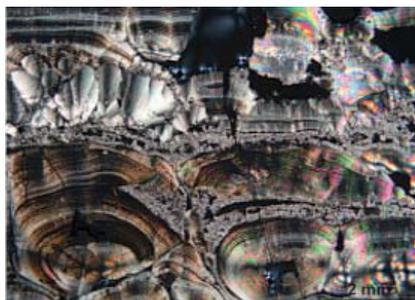


Fig. 3.- Imagen de microscopio de microfases laminar.

Fig. 3.- Laminar microfases under the microscope.

b) La microfases de burbujas con cubiertas consiste en agrupaciones de burbujas litificadas (Fig. 4). Éstas consisten en un anillo formado por una o varias láminas de micrita alternando con láminas fibrosas aragoníticas. La matriz en la que se encuentran puede ser micrítica o cristalina más gruesa. Esta última parece estar relacionada con procesos de cementación y recristalización, preferentemente en zonas de alta concentración de burbujas de mayor tamaño. Se han descrito como producto de actividad biológica en tapices bacterianos o en sedimento de fondos de *pools*, aunque también se producen abiogénicamente por desgasificación de CO₂ en manantiales de agua caliente (Jones y Renaut, 2010).

c) Las microfases de *shrubs* están compuestas por agregados de cristales fibrosos con morfologías dendríticas o arborescentes de tamaños milimétricos (Fig. 5). Las fibras de aragonito se desarrollan sobre fila-



Fig. 4.- Microfases de burbujas con cubierta.

Fig. 4.- Coated bubble microfases.

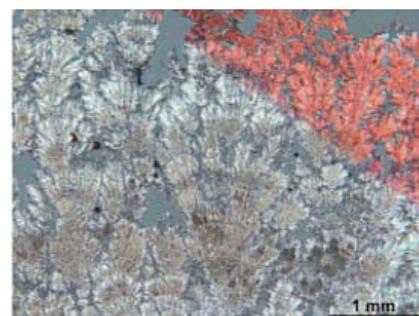


Fig. 5.- Microfases de shrubs.

Fig. 5.- Shrubs microfases.

mentos micríticos. En estos agregados las ramas pueden ser relativamente homogéneas, pero en otros casos se observan texturas fibrosas relictas y/o extinción ondulante. La formación de *shrubs* ha sido atribuida a causas biogénicas y abiogénicas. Se generan en *pools* aterrazados (Pentecost, 2005).

d) Las microfases de *rafts* están formadas por acumulaciones de plaquetas micríticas. Desarrollan cristales y agregados de cristales fibrosos aragoníticos, principalmente abanicos, preferentemente en su cara inferior (Fig. 6). Esas plaquetas nuclean en la superficie del agua, y debido a su peso, caen y se acumulan en el fondo de *pools* con flujo lento de agua (Jones y Renaut, 2010).



Fig. 6.- Microfases de rafts.

Fig. 6.- Raft microfases.

1.2. La facies laminar cristalina está constituida por láminas de espesor milimétrico compuestas por cristales fibrosos de aragonito. La microfases cristalina gruesa consiste en empalizadas de cristales fibrosos-aciculares de aragonito, de longitud milimétrica. Estos cristales presentan recrecimientos y desarrollo de cristales que se disponen radialmente en torno a ellos. Se han descrito como costras en zonas de flujo rápido de agua con precipitación rápida y son comunes en manantiales de agua caliente (Valero-Garcés *et al.*, 2001; Jones y Renaut, 2010)

2. La facies masiva porosa consiste en una matriz micrítica con alta porosidad. Los poros son de tamaños y morfologías variadas y presentan cementos aciculares a fibrosos y botrioidales. Está formada por microfases micríticas con recristalización importante. La microfases micrítica se presenta como bandas irregulares de espesor milimétrico, o sustituyendo a otras facies por micritización. En ocasiones, esta facies incluye diatomeas. Se han descrito en *pools* aunque su origen parece no estar claro (Jones y Renaut, 2010).

3. En la facies de granos con cubiertas (*coated grains*), la distribución de los granos muestra una tendencia vertical grano-decreciente. Los granos presentan tamaños desde inferiores al milímetro hasta centímetros. Estos granos están formados por envueltas regulares y porosas que se disponen en torno a un núcleo carbonático. A escala microscópica, los granos presentan dos tipos de cubiertas: lisas o mamelonadas. Estas últimas pueden desarrollar *shrubs* en su parte externa. Los núcleos, cuando se preservan, suelen consistir en un cuerpo esférico o en uniones de dos o tres cuerpos esféricos, con textura micrítica y/o rasgos de disolución parcial. En otros casos la distinción entre cubierta y núcleo es difícil, o incluso a veces no se reconoce el núcleo. La matriz presente entre los granos consiste en granos con cubiertas y clastos volcánicos de tamaños inferiores a 0,1 mm. Se observa cementación circumgranular de cristales aciculares de aragonito. Estas facies se formaron en *pools* periódicamente agitados, pudiéndose formar bajo influencia bacteriana (Jones y Renaut, 2010)

4. La *facies tobácea* consiste en depósitos con morfologías irregulares de calcita micrítica. Presenta una porosidad irregular y de gran tamaño debida a descomposición de elementos vegetales. Este tipo de facies

se formaría por precipitación de calcita en torno a estructuras vegetales (Jones y Renaut, 2010). Está compuesta por microfases laminares y microfases micríticas que pueden contener diatomeas.

Rasgos diagenéticos

Los rasgos diagenéticos observados son cementación, disolución, micritización, inversión aragonito-calcita y recristalización agradable.

La primera fase de cemento es frecuentemente aragonito acicular.

Precipita en los poros dejados en las acumulaciones de esferulitos fibrosos (Fig. 7) y en microfases laminares. Entre estas agujas de aragonito, así como entre las fibras de esferulitos y otros elementos de aragonito fibroso puede desarrollarse un cemento de calcita. En estadios más avanzados de cementación, se observan calcitas que presentan extinción ondulante y texturas fibrosas relictas (Fig. 8). En algunos casos, se observan fibras de aragonito con nícoles cruzados dentro de estas calcitas. Otro rasgo frecuente son las inclusiones opacas. Esta secuencia indicaría que tras el inicio de la cementación en los agregados fibrosos de aragonito, comenzó a producirse la inversión aragonito-calcita.

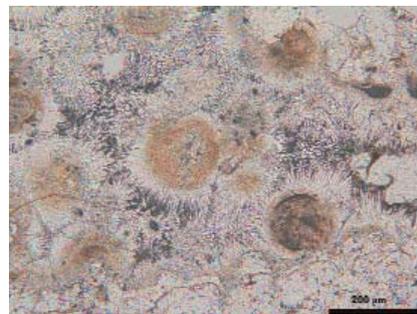


Fig. 7.- Acumulación de esferulitos fibrosos, con la primera fase de cementación aragonítica.

Fig. 7.- Fibrous spherulite accumulation with the aragonitic first phase of cementation.

Las recristalizaciones agradables son un rasgo común, dándose en cristales aciculares de aragonito y en calcitas (producidas por el proceso de cementación-inversión), entre otros.

Se observa disolución tanto en componentes primarios como diagenéticos. Frecuentemente la porosidad generada es cementada parcial o totalmente por cristales y agregados de cristales fibrosos a aciculares.

La micritización afecta preferentemente a los componentes primarios aragoníticos (Fig. 9), pero no de forma exclusiva, pues también se observan zonas calcíticas micritizadas.



Fig. 8.- Esferulitos fibrosos y calcita sobreimpuesta, con relictos de aragonito fibroso

Fig. 8.- Fibrous spherulites and calcite overimposed with aragonite relicts.

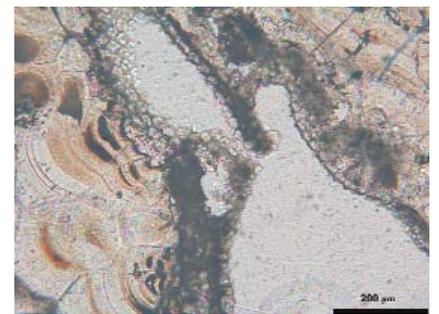


Fig. 9.- Facies laminares micritizadas

Fig. 9.- Micritized laminar facies

Discusión

Las facies y microfases del Barranco de Azuaje se corresponden con las descritas por Jones y Renaut (2010) en depósitos de surgencias calientes. Las surgencias abastecen un sistema de cascadas y pozas.

El sistema de depósito consistiría en un sistema de pozas de pequeño tamaño, unidas por cortos saltos de agua.

El hecho de que los componentes iniciales tengan textura fibrosa y morfologías en abanico, dendriformes o esferulíticas se ha relacionado con precipitación en desequilibrio fuerte. Puede tener como causas más frecuentes una alta saturación en CaCO₃ producida por la desgasificación brusca de CO₂ (Jones y Renaut, 2010).

Las diferencias en las condiciones de precipitación que generan cada polimorfo de CaCO₃ han sido atribuidas a diversos factores, principalmente a la temperatura,

pero también a la presencia de iones inhibidores o catalizadores y a precipitación en desequilibrio por desgasificaciones rápidas de CO₂ (Pentecost, 2005).

La función de la temperatura no está muy clara. Si bien el aragonito es característico de depósitos de manantiales de agua caliente (*hot springs*), se han descrito depósitos calcíticos de altas temperaturas en este tipo de sistemas (Pentecost, 2005). De igual forma, se ha descrito la precipitación de aragonito a baja temperatura, controlada por la composición del sustrato (Martín-García *et al.*, 2009).

La nucleación y crecimiento de los cristales de aragonito pueden estar condicionados por la cantidad de Mg respecto a Ca que hay en el medio. Relaciones Mg/Ca altas favorecen la precipitación de aragonito frente a la de calcita (Jones y Renaut, 2010), aunque el aragonito apenas incorpora el Mg en su estructura. En una situación como ésta se produciría un enriquecimiento del agua en magnesio al precipitar aragonito, aumentando la relación Mg/Ca en el agua. Este aumento podría favorecer procesos de dolomitización, rasgo que por ahora no se ha observado en los carbonatos del Barranco de Azuaje.

Los diversos elementos encontrados en las muestras estudiadas, se han generado por mecanismos biogénicos y abiogénicos. Es el caso de *shrubs*, algunas facies laminares o los *coated grains*. Los filamentos micríticos sobre los que se nuclean los *shrubs* podrían tener origen, o al menos, influencia orgánica (Chafetz y Folk, 1984). La precipitación de aragonito fibroso se pudo producir inorgánicamente sobre los sustratos biológicos. La escasez de rasgos biológicos de temperaturas próximas a la ambiental, como restos vegetales, limitaría la presencia biológica a cianobacterias y otros microorganismos.

La presencia de fibras de aragonito y los relictos fibrosos dentro de algunas formas de calcita, así como la extinción ondulante en la gran mayoría de muestras de calcita

observadas, son indicativos de que se estarían produciendo cambios diagenéticos en los componentes fibrosos primarios, de composición aragonítica, que culminan con su transformación en calcita.

El proceso de transformación, tras la formación y depósito de los distintos componentes de aragonito fibroso, comenzaría con la precipitación de calcita entre las fibras. Éstas presentan la misma disposición de los ejes cristalográficos con respecto a la fibra sobre la que crece. El resultado es un cristal de calcita que engloba fibras de aragonito con disposición radial. La orientación de la calcita va cambiando en el cristal formado, conforme lo hace la orientación relativa de las fibras primarias sobre las que crece, dando así la extinción ondulante. La inversión de aragonito a calcita se comenzaría a producir tras el inicio de la cementación en una situación de baja permeabilidad y por vía húmeda (Pentecost, 2005).

Conclusiones

Se han descrito 4 facies. La facies laminar agrupa las microfacies laminar, de *rafts*, de *shrubs*, de burbujas y cristalina gruesa. La facies masiva porosa se correspondería con una facies micrítica que ha sufrido recristalización importante. La facies de *coated grains* presenta a escala microscópica dos tipos diferentes de granos (envueltas regulares y mamelonadas). La facies tobácea está compuesta por microfacies laminares y microfacies micríticas con diatomeas.

Los travertinos del Barranco de Azuaje tienen como componentes primarios, distintos tipos de agregados de cristales fibrosos de aragonito.

El principal factor de control en la precipitación podría ser la desgasificación de CO₂. No obstante, otros factores como la temperatura del agua o la actividad biológica pudieron desempeñar un papel importante en la formación de este depósito. Probablemente el mecanismo principal de precipitación fue la desgasificación, pero los

microorganismos presentes, como por ejemplo las diatomeas, pudieron actuar como sustrato para la nucleación y precipitación en algunos casos. La diagénesis dificulta la observación de rasgos biológicos al enmascarar las texturas primarias. No obstante hay indicios de posible presencia biológica, probablemente bacteriana, en diversos elementos que componen las diversas facies descritas.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado por los proyectos CGL-2008-05584-C02-02 y Grupos UCM-BSCH 910404. Los autores agradecen los comentarios y correcciones propuestas por las revisoras M.A. Bustillo y C. Arenas.

Referencias

- Arenas, C., Vazquez, M., Pardo, G. y Sancho, C. (2010). En: *Carbonates in Continental Settings* (A.M. Alonso-Zarza y L.H. Tanner, Eds.). *Developments in Sedimentology*, Elsevier, 61, 133-175.
- Chafetz, H.S. y Folk, R.L. (1984). *Journal of Sedimentary Petrology*, 54, 289-316.
- Jones, B. y Renaut, R.W. (2010). En: *Carbonates in Continental Settings* (A.M. Alonso-Zarza y L.H. Tanner, Eds.). *Developments in Sedimentology*, Elsevier, 61, 177-224.
- Mangas, J., Marrero, A. y Suárez, C. (2004). *Geotemas*, 6, 83-86.
- Martín-García, R., Alonso-Zarza, A.M. y Martín-Pérez, A. (2009). *Sedimentary Geology*, 221, 141-149.
- Menéndez, I., Silva, P.G., Martín-Betancor, M., Pérez-Torrado, F.J., Guillou, H. y Scaillet, S. (2008). *Geomorphology*, 102, 189-203.
- Pentecost, A. (2005). *Travertine*. Springer, 445 p.
- Rodríguez-Berriguete, A. (2011). *Travertinos aragoníticos en contextos volcánicos: El Edificio de Azuaje (Gran Canaria)*. Proyecto de Máster (Inédito), Univ. Complutense de Madrid, 46 p.
- Valero-Garcés, B.L., Arenas, C. y Delgado-Huertas, A. (2001). *Canadian Journal of Earth Sciences*, 28, 1263-1283.