

Travertinos actuales (El Saladillo, Murcia) y fósiles (Azuaje, Gran Canaria): mismas facies en contextos geológicos distintos

Active (El Saladillo, Murcia) and fossil (Azuaje, Gran Canaria) travertines: similar facies in different geological settings

A. Rodríguez-Berriguete¹, M.A. Bustillo² y A.M. Alonso-Zarza¹

¹ Dpto. Petrología y Geoquímica. Fac. CC Geológicas, UCM-IGEO (CSIC). José Antonio Novais 12, 28040, Madrid. * arberiguete@ucm.es.

² MNCN-CSIC. José Gutiérrez Abascal 2, 28006, Madrid

Resumen: En este trabajo se compara un travertino de un sistema activo (El Saladillo, Murcia) con uno fósil (Azuaje, Las Palmas) posiblemente Holoceno. Los dos presentan facies y mineralogías similares. En ambos el mineral dominante en las zonas cercanas a las surgencias es el aragonito (agregados esferulíticos) que disminuye distalmente, a favor de la calcita (morfologías trigonales). Las facies características son: *shrubs*, burbujas calcificadas, costras laminares, granos con cubiertas y micríticas con diatomeas. En conjunto ambos depósitos corresponden a un sistema de pozas y cascadas. El fuerte desequilibrio químico que caracteriza la zona de surgencia y su tendencia a equilibrarse aguas abajo son los responsables de la mineralogía, las facies, y de la variación de ambas a lo largo del sistema.

Palabras clave: aragonito, esferulitos, temperatura, calcita.

Abstract: An active travertine (El Saladillo, Murcia) and a fossil travertine (Azuaje, Las Palmas) have been compared in the present work. Both travertines show similar facies and mineralogy despite their formed under different geological settings (sedimentary and volcanic respectively). Aragonite, usually as spherulitic crystal aggregates, is the dominant mineral phase close to the spring. Aragonite content diminishes distally to spring, whereas trigonal calcite crystals become to be the dominant mineral phase. Characteristic facies found in both deposits are: *shrubs*, coated bubbles, laminated crusts, coated grains, and micrite deposits containing abundant diatoms. These deposits correspond to spring-fed pool-cascade systems. Strong chemical disequilibrium close to spring and downflow trend to chemical equilibrium control facies, mineralogy, and their variations along the system.

Key words: aragonite, spherulites, temperature, calcite.

INTRODUCCIÓN

Se comparan un travertino de un sistema activo (El Saladillo, Murcia) y otro fósil (Azuaje, Gran Canaria) posiblemente Holoceno, formados en contextos geológicos muy diferentes, pero que poseen similitudes en facies y mineralogía. La comparación entre los depósitos del sistema activo y los del fósil proporciona información acerca de las condiciones de formación del último.

El travertino de El Saladillo (Mazarrón, Murcia) (Fig. 1A) comenzó a formarse a partir de un sondeo de 535 m realizado en 1985 sobre arenas, margas y arcillas Miocenas, hasta alcanzar el sustrato Triásico-Paleozoico. Las aguas emergen del pozo con caudales de 12 l/s y temperaturas de 51 °C (Informe IGME). Se han medido temperaturas de 47.2-48.4 °C y pH de 6.88 en la poza adyacente al punto de salida del agua (Pinuaga et al., 2000; Moreno-Merino y Martínez-

Parra, 2003; Bustillo y Aparicio, 2013). La composición del agua ha variado entre sulfatada-sódica y sulfatada-clorurada-sódica (Arana, 2007). Los depósitos se extienden varias decenas de metros, formando una sucesión de pozas y estrechos canales que drenan el agua hacia una rambla cercana (Bustillo y Aparicio, 2013).

El travertino del Barranco de Azuaje (Norte de Gran Canaria) (Fig. 1B) se formó sobre rocas volcánicas Pliocenas a Pleistocenas. El sistema ha sido interpretado como un conjunto de manantiales que tienen su salida en las paredes del barranco formando travertinos *perched*, y un sistema fluvial escalonado con una sucesión de pozas, barreras y cascadas en el fondo del barranco (Rodríguez-Berriguete et al., 2012). Cada depósito individualmente tiene 10-30 m de longitud, mientras que el sistema completo supera los 1.5 km.

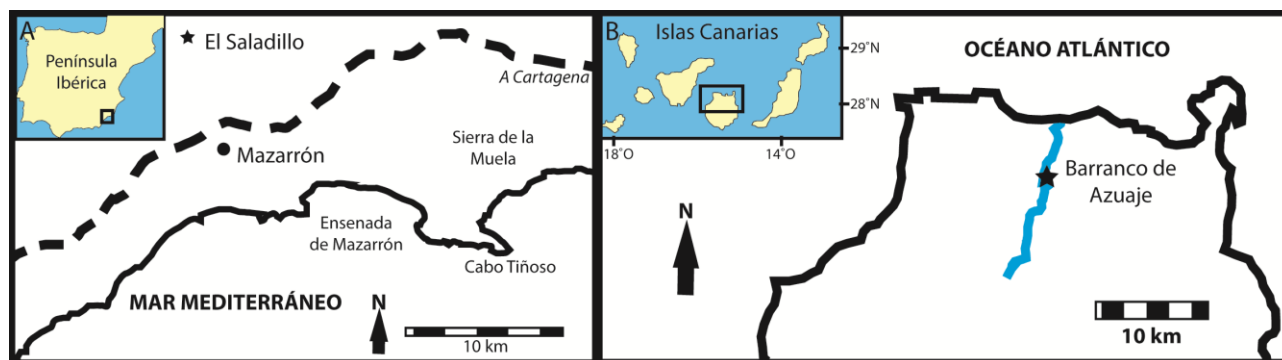


FIGURA 1. Localización de las dos áreas de estudio. A. El Saladillo, en la provincia de Murcia, al Norte de Mazarrón (La línea discontinua es la AP-7). B. Barranco de Azuaje en el Norte de la isla de Gran Canaria.

METODOLOGÍA

El estudio mineralógico se llevó a cabo mediante Difracción de Rayos X (DRX), mediante diagramas de polvo total, utilizando un Equipo PHILIPS modelo PW1710, equipado con monocromador de grafito. El estudio petrológico fue realizado por microscopía óptica convencional y microscopía electrónica de barrido (MEB). En MEB se trabajó sobre fragmentos de muestras metalizadas con oro, con un equipo FEI Inspect, realizándose a la vez análisis químicos puntuales por energía dispersiva (EDS), con un equipo OXFORD Inca.

MINERALOGÍA Y MICROFACIES

En ambos travertinos es difícil encontrar facies formadas únicamente por aragonito o por calcita, siendo normal que los depósitos sean mixtos, aunque en función de las zonas predomine uno u otro (proximal >80% aragonito). Los óxidos y oxihidróxidos son comunes (Azuaje < 10%; Saladillo, hasta 15%) en ambos casos, principalmente los de Fe, aunque en Azuaje aparecen también de Mn. Se observan además cantidades menores de filosilicatos y minerales de origen volcánico en Azuaje, mientras que en El Saladillo aparecen cantidades menores de cuarzo, y a veces yeso, thenardita y otras sales, correspondientes a eflorescencias comunes en ramblas de la zona. En ambos casos se observa una tendencia de proximal (en o cerca de la/s surgencia/s) a distal (partes más alejadas de la/s surgencia/s) a la disminución en la proporción de aragonito y oxihidróxidos, y al incremento en la cantidad de calcita. Varias de las microfacies encontradas en El Saladillo son similares a las de los depósitos fósiles del Barranco de Azuaje. Ejemplos de esto son:

Shrubs: en el depósito fósil de Azuaje se encuentra una gran diversidad de morfologías de agregados arborescentes con texturas tanto fibrosas primarias, como masivas debidas a cementación-recristalización. Estas últimas también se encuentran en El Saladillo (Fig. 2). En todos los casos se observan extinciones ondulantes con nícoles cruzados.

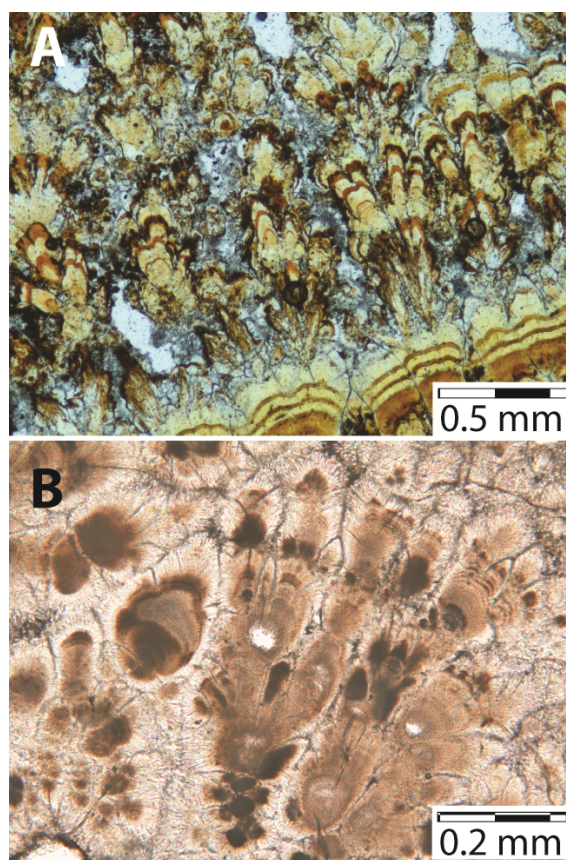


FIGURA 2. Shrubs mostrando un desarrollo arborescente en A. el travertino activo de El Saladillo; B. en el travertino fósil de Azuaje.

Burbujas calcificadas: En ambos travertinos se encuentran facies de burbujas recubiertas por 10-50 μm de micrita-microesparita que frecuentemente se engrosa hacia la parte inferior (Fig. 3). En Azuaje, algunas burbujas tienen recubrimientos formados por cristales aciculares, e incluso prismáticos que crecen dentro de matrices micríticas o cristalinas gruesas (en parte por cementación y/o recristalización).

Costras laminadas: son laminaciones alternantes claro-oscuro. Presentan morfologías de adaptación al sustrato, y se caracterizan por tener morfología ondulada (crenulación). En ocasiones las láminas son micríticas aunque son habituales las formadas por

cristales aciculares de 70-400 μm dispuestos en empalizada. En algunos casos estas laminaciones aparecen dentro de una estructura formada por abanicos adosados los unos a los otros lateralmente.

Granos con cubiertas: Los oncoides son comunes, presentando núcleos intraclásticos en El Saladillo y Azuaje. Las envueltas alternan entre láminas porosas, generalmente de mayor espesor, y láminas densas y de poco espesor. El tamaño de los oncoides de ambos depósitos varía desde pocos milímetros a varios centímetros.

Micrita con diatomeas: Es frecuente encontrar abundantes diatomeas mezcladas con aragonito y calcita en depósitos de poza de ambos travertinos. Las diatomeas aparecen en pozas en posición distal al manantial, donde el agua tiene una temperatura inferior a 36 °C. La proporción de diatomeas es baja, constituyendo menos del 5% de esta facies.

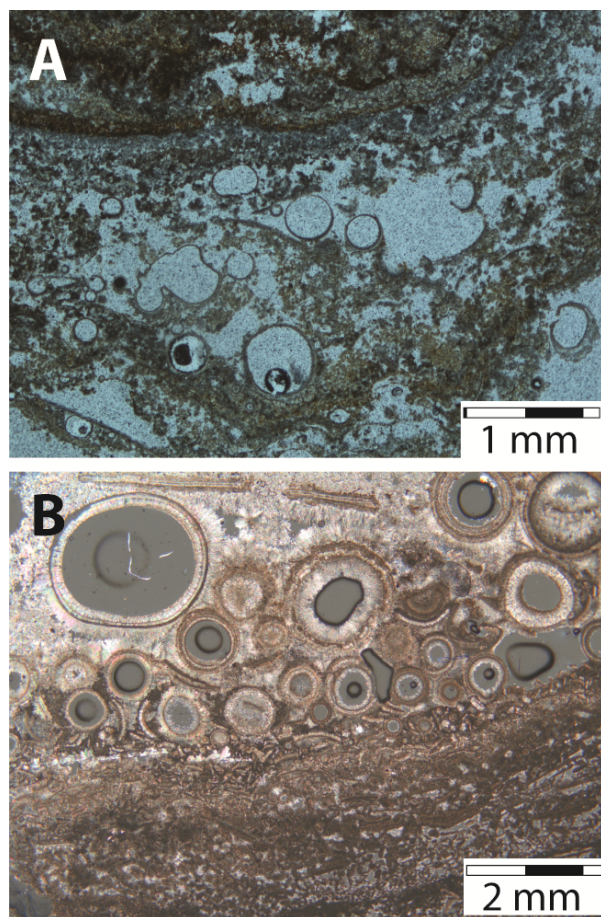


FIGURA 3. A. Burbujas calcificadas micríticas de El Saladillo; B. Burbujas calcificadas micríticas y esparíticas de Azuaje.

Los agregados de cristales de aragonito observados tanto en El Saladillo como en Azuaje, presentan frecuentemente morfologías radiales de tipo esferulítico (Fig. 4), en abanico, y en mancuerna entre otros. Estos agregados de cristales presentan tamaños de 5 a más de 50 μm y están asociados a facies tales como costras laminares, e incluso a facies de poza. En

Azuaje además es común encontrar fibras de aragonito en empalizada (disposición normal a la superficie sobre la que se desarrollan). La calcita se encuentra frecuentemente con morfologías trigonales en ambos depósitos. En Azuaje también se encuentran cristales prismáticos y, más frecuentemente, equidimensionales. Estos últimos en ocasiones engloban en su interior agregados radiales de fibras aragoníticas, que pueden estar preservadas o no (este último caso, inversión aragonito-calcita).

DISCUSIÓN

En los dos sistemas estudiados, el aragonito es el mineral principal (>80%) en las zonas proximales y disminuye distalmente, conforme aumenta la proporción de calcita. Los principales factores que favorecen la precipitación de aragonito en lugar de calcita son (a) temperaturas superiores a 40-45 °C (Jones y Renaut, 2010), o (b) relaciones Mg/Ca superiores a 1 (Nader, 2007).

En El Saladillo la temperatura del agua sería favorable para la precipitación de aragonito, pero no así la relación Mg/Ca (< 0.5) (Arana, 2007). Por el contrario, la relación Mg/Ca > 1 de Azuaje sería favorable para la formación de aragonito, pero no así la temperatura estimada (<40 °C) (Rodríguez-Berriguete et al., 2012). La transición mineralógica sugiere que el aragonito precipita donde el agua tiene un desequilibrio químico más fuerte. Este desequilibrio queda reflejado en la morfología de los agregados cristalinos (esferulitos, dendritas, etc.) que van dejando paso a agregados de cristales más equidimensionales (Fernandez-Díaz et al., 1996; Jones y Renaut, 2010) aguas abajo. Además, la existencia de abundantes diatomeas en pozas distales al manantial indica el enfriamiento de esas aguas por debajo de los 36 °C.

La diferencia en contexto geológico se refleja en los minerales accesorios de ambos travertinos, siendo fácilmente relacionables con los respectivos sustratos de cada área. A pesar de la total diferencia de contextos geológico e hidrogeológico, la similitud de facies y mineralogías podría deberse a condiciones semejantes en ambos casos: aguas con altas saturaciones con respecto a calcita y aragonito, temperaturas relativamente elevadas y pH ligeramente ácidos a neutros. La tendencia a la disminución del grado de saturación, temperatura, pCO_2 , e incremento en pH entre otros parece darse en ambos depósitos, tal y como ocurre en sistemas similares (Kele et al., 2011).

Las modificaciones diagenéticas (cementación, recristalización agradante, inversión aragonito-calcita) no solo se observan en los travertinos fósiles, sino también en los de sistemas activos. Esto sugiere que estos procesos diagenéticos son muy tempranos con respecto a la precipitación primaria.

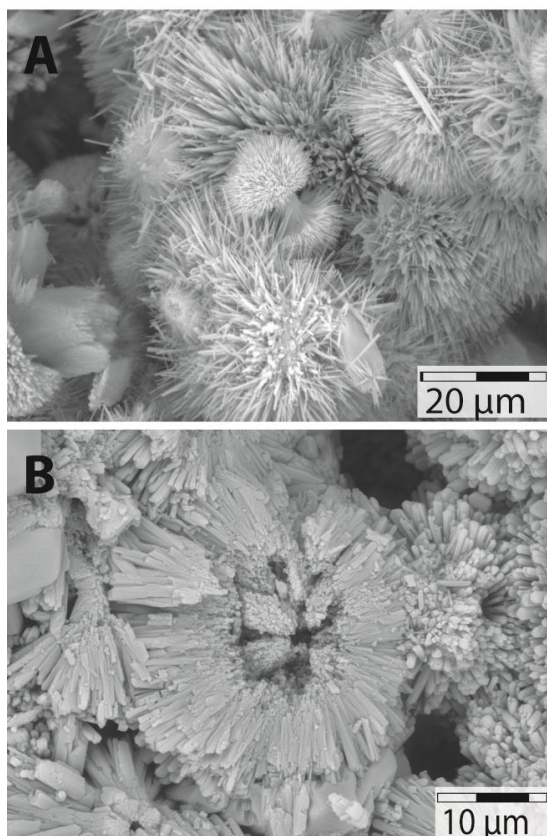


FIGURA 4. Esferulitos observados al microscopio electrónico de barrido, formados por cristales aciculares de aragonito de A. El Saladillo; B. Azuaje.

CONCLUSIONES

La formación de aragonito en lugar de calcita en zonas proximales de travertinos estaría en relación con precipitación bajo fuerte desequilibrio químico. Dicho desequilibrio podría estar favorecido por la relativamente alta temperatura del agua y la elevada diferencia de $p\text{CO}_2$ entre agua y atmósfera. A medida que se tiende al equilibrio aguas abajo, se forma solo calcita.

La similitud mineralógica y textural entre dos sistemas formados en contextos geológicos tan diferentes sugiere que las condiciones físico-químicas del agua son el principal control del tipo de microfacies y su mineralogía (composición y morfología). La composición del sustrato ejerce un bajo control en dichos depósitos.

La observación de tendencias similares conforme aumenta la distancia al manantial, así como la similitud en microfacies sugieren condiciones similares de formación para ambos: temperaturas del agua de 40-50 °C tendiendo a disminuir distalmente y pH cercanos a 7.

La diagénesis en este tipo de sistemas es muy temprana, llegando a ocurrir poco tiempo después de la precipitación primaria.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos CGL2014-54818-P (MINECO) y CGL-2011-27826-CO2-02 (MICINN). Es una contribución al Grupo de Investigación UCM 910404. Agradecemos a los Drs. C. Arenas y P. Huerta sus comentarios y sugerencias.

REFERENCIAS

- Arana Castillo, R (2007): *El patrimonio geológico de la región de Murcia*. Academia de Ciencias de Murcia, 69 p.
- Bustillo, M.A., y Aparicio, A. (2013). Estudio petrológico de los travertinos hidrotermales del sondeo geotérmico de "El Saladillo" (Mazarrón, Murcia). *Macla* 17, 25-26.
- Fernandez-Diaz, L., Putnis, A., Prieto, M., Putnis, C. V. (1996). The role of magnesium in the crystallization of calcite and aragonite in a porous medium. *Journal of Sedimentary Research*, 66(3).
- Jones, B., Renaut, R.W. (2010): Calcareous spring deposits in continental settings. En *Carbonates in continental settings*. Developments in Sedimentology 61, 177-224.
- Kele, S., Özkul, M., Fóziz, I., Gökgöz, A., Baykara, M.O., Alçiçek, M.C., Németh, T., 2011. Stable isotope geochemical study of Pamukkale travertines: new evidences of low temperature non-equilibrium calcite-water fractionation. *Sedimentary Geology* 238, 191-212.
- Moreno-Merino, L., Martínez Parra, M. (2003): Contenido en algunos elementos minoritarios de interés terapéutico o ambiental en las aguas minerales de la región de Murcia. *Schironia* 2, 10-17
- Nader, F.H., 2007. Petrographic and geochemical study on cave pearls from Kanaan Cave (Lebanon). *International Journal of Speleology* 36, 39-50.
- Pinuaga Espejel, J.I., Martínez Parra, M., Gonzalez Casal, I. (2000): Potencial hidromineral de la región de Murcia. En *Panorama actual de las aguas minerales y minero-medicinales en España*, López Geta J.A. y Pinuaga Espejel J.L. ed. Ministerio de Medio Ambiente IGME. 361-373.
- Rodríguez-Berriguete, A., Alonso-Zarza, A.M., Cabrera, M.C., Rodríguez-González, A. (2012): The Azuaje travertine: an example of aragonite deposition in a recent volcanic setting, Gran Canaria Island, Spain. *Sedimentary Geology* 277-278, 61-71.