

# Las tobas/travertinos del barranco de Calabozo: Un ejemplo de construcción rápida de un edificio carbonático alimentado por una tubería de regadío

## *The tufa/travertine deposits of Calabozo Gully: An example of a fast carbonate building fed by an artificial irrigation system*

A.M. Alonso-Zarza<sup>1</sup>, A. Rodríguez-Berriguete<sup>1</sup>, M.C. Cabrera<sup>2</sup>, A. Meléndez<sup>3</sup> y L.F. Martín<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Dpto. Petrología y Geoquímica, Instituto de Geociencias (CSIC-UCM), Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. José Antonio Nováis 2, 28040 Madrid, Spain. alonsoza@geo.ucm.es; arberiguete@pdi.ucm.es

<sup>2</sup> Dpto. Física GEOVOL, Campus de Tafira, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 35017. mcabrera@dfis.ulpgc.es

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, amelende@unizar.es

<sup>4</sup> Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria y Dpto. Ingeniería Civil. ULPGC lmartin@dic.ulpgc.es

**Resumen:** El barranco de Calabozo, en la Isla de Gran Canaria, muestra como rasgo excepcional la presencia de un edificio tobáceo/travertínico alimentado por una tubería de un sistema de regadío. La tubería se abasteció de pozos cuyas aguas son ricas en gases de origen volcánico y tienen temperaturas que alcanzan los 31°C. En estas condiciones el agua se mineraliza con rapidez, enriqueciéndose en  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{CO}_3^{2-}$ . Cuando sale de la tubería se desgasifica rápidamente (pierde el  $\text{CO}_2$ ) precipitando el carbonato que forma el edificio carbonático. El edificio del barranco de Calabozo es un edificio bioconstruido colgante, formado por: a) canal abastecedor (la tubería), b) pendiente c) barreras o cascadas y 4) pozas. El edificio funcionó escasas décadas y su tasa de crecimiento fue muy rápida. Esto explicaría los tres aspectos característicos de este edificio: 1) las barreras son bioconstrucciones de macrofitas, 2) las facies cristalinas gruesas son dominantes y responden a un desequilibrio fuerte por pérdida rápida de  $\text{CO}_2$  y 3) se observan rasgos diagénéticos a pesar de lo reciente que es el edificio. Las macrofitas ejercieron un papel de soporte para los precipitados inorgánicos, pero los microorganismos también jugaron un papel importante en la precipitación de las microfacies micríticas.

**Palabras clave:** Tobas, travertino, Gran Canaria, desgasificación, tubería.

**Abstract:** A tufa/travertine building fed by an artificial irrigation system constitutes an outstanding feature of The Calabozo Gully, in Gran Canaria. The drainage system was fed by waters with elevated content in volcanic origin gas and temperature of 31°C. In these conditions the pH of the water decreases, the water mineralizes very fast and increases its  $\text{HCO}_3^-$  and  $\text{CO}_3^{2-}$  contents. As it goes out from the plumber, it degases and loses  $\text{CO}_2$ . This enables the fast precipitation of carbonate and the formation of the building. The building consists of: a) a feeder channel, the plumber, b) slope, c) barriers and waterfalls and 4) pools. The building was active only a few decades and it grew very fast. This explains the main characteristics of the building: 1) the barriers are built by macrophytes, 2) coarse crystalline microfacies are dominant and formed by the strong disequilibrium by the fast  $\text{CO}_2$  loss, 3) some diagenetic features are observed. Macrophytes acted as a support for inorganic precipitation of calcite. In addition microorganisms also had an important role in micrite precipitation.

**Key words:** Tufa, travertine, Gran Canaria, degassing, plumber.

## INTRODUCCIÓN

Las tobas son formaciones carbonáticas continentales, cuya diferenciación de los travertinos no es siempre fácil. Sin embargo, parece haber un consenso en que las tobas son depósitos más porosos que los travertinos, se forman a temperaturas ambiente y el agua del que proceden suele ser meteórica, mientras que en los travertinos el agua suele estar abastecido por fuentes termales y su temperatura suele ser mayor que la ambiental (Arenas et al., 2010; Jones y Renaut, 2010). En terrenos volcánicos, es común la existencia de aportes profundos de gas de origen

volcánico (fundamentalmente  $\text{CO}_2$ ), procedentes de la desgasificación de cámaras magmáticas y que suelen estar ligados a materiales procedentes de emisiones recientes. Este proceso da lugar a aguas subterráneas con altos contenidos en  $\text{CO}_2$ , temperaturas altas (hasta 40°C) y pH bajos (hasta 4-5 en ocasiones). En estas condiciones, la agresividad del agua es muy elevada y se mineraliza con rapidez, aumentando su pH. El agua resultante se enriquece en  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{CO}_3^{2-}$  y en los cationes que correspondan a la roca por la que circule. Cuando este agua sale del acuífero y entra en contacto con el aire, se desgasifica rápidamente (pierde el  $\text{CO}_2$ ), sufre el aumento brusco del pH y el descenso de

temperatura provoca la precipitación rápida de los carbonatos por cambio en los productos de solubilidad de estos minerales en las nuevas condiciones (Custodio, 1978).

En Gran Canaria, existen varias zonas ligadas al volcanismo cuaternario que presentan aguas subterráneas con estas características, que en los pozos dan lugar a aguas con gas (“agua agria” en la terminología local) que suelen ser usadas para embotellar y vender como aguas minero-medicinales. En otras ocasiones, estas aguas se conducen por acequias y tuberías hasta las zonas de regadío (normalmente hacia cotas más bajas). En las tuberías se producen rápidamente precipitados de carbonato que inutilizan estos sistemas en pocos años.

El edificio carbonático del barranco del Calabozo responde a esta casuística y se sitúa al Norte de Gran Canaria ( $x = 4\ 40.870$ ;  $y = 3.112.360$ ;  $z = 215\text{m}$ ) (Fig. 1). El objetivo de este trabajo es caracterizar la morfología y las facies y microfacies de este edificio para proponer su modelo de formación.

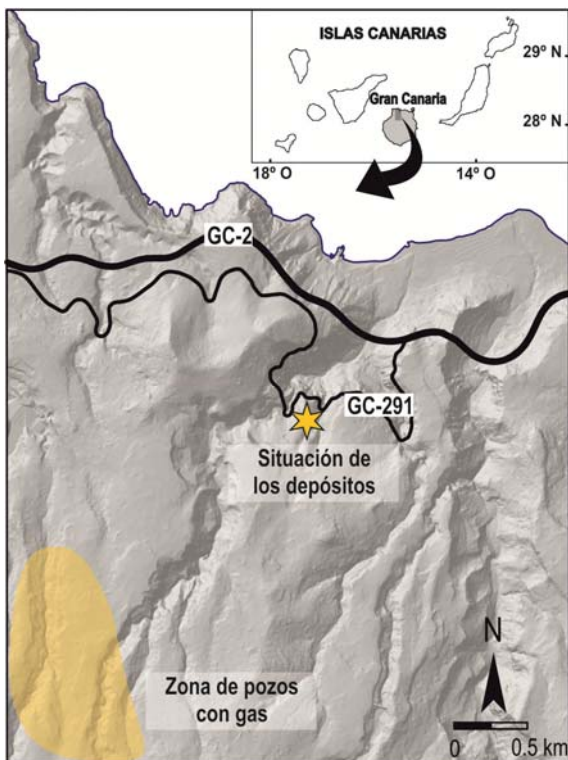


FIGURA 1. Situación del edificio del barranco de Calabozo y ubicación de los pozos que abastecieron a la tubería.

El agua que abasteció al edificio carbonático fue traída por una tubería alimentada por pozos situados al SW de la misma, con fuertes aportes de gases y temperaturas que alcanzan los 31°C. Se trata de pozos tradicionales canarios (de 3 m de diámetro) con profundidades que alcanzan los 370 m. Están emboquillados en basaltos del Grupo Post-Roque Nublo en sus etapas iniciales de actividad de rift (3-2,5

Ma), y explotan la Formación Fonolítica miocena y los materiales del grupo Roque Nublo (5,5-3,0 Ma). Las aguas presentan altas temperaturas y contenidos en CO<sub>2</sub> y son bicarbonatadas magnésicas, con conductividades eléctricas entre 1500 y 2000  $\mu\text{S/cm}$ .

## MORFOLOGÍA Y FACIES DEL EDIFICIO

El edificio de Calabozo cubre 2000 m<sup>2</sup> de la ladera oeste del barranco (Fig. 1), se desarrolla en una rotura de una tubería de riego. Actualmente el edificio no es funcional y está seco. Consta de tres elementos principales:

1: Ladera con pendiente relativamente homogénea, situada en la parte más alta del edificio y en contacto directo con la rotura de la tubería. Sobre ella se reconocen finos recubrimientos de carbonato de color amarillento, formados por: a) costras finas de carbonato con estructura interna laminada y b) material amarillento pulverulento que tapiza la pendiente. Localmente se encuentran finos parches de bioconstrucciones (*framestones*) entre las que quedan incluidos algunos granos con cubiertas laminadas (oncoides), en uno de los que el núcleo es poliespán.



FIGURA 2. Parte del edificio del barranco de Calabozo mostrando al menos 3 pequeñas barreras (1 a 3). A: Fonolitas Miocenas.

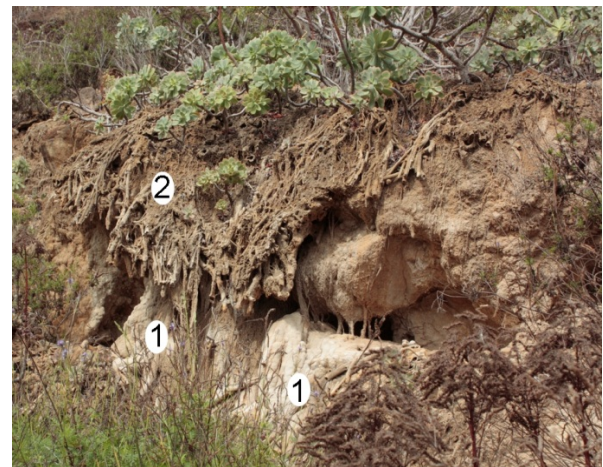


FIGURA 3. Detalle de una de las barreras. 1: Parte inferior formada por tallos gruesos, posteriormente englobados formando una cortina, 2: Visera constituida por tallos más finos, posiblemente arrastrados.

2: Barreras con morfología semicircular y alturas de unos 80 cm (Fig. 2). Constituyen el elemento que da mayor visibilidad al edificio y son una verdadera bioconstrucción (*framestone*). Las barreras coalescen a una misma altura formando pequeñas paleocascadas y/o terrazas. Están formadas por: a) incrustaciones de tallos verticales o algo oblicuos de macrofitas. Los tallos son más gruesos en la base de las barreras y disminuyen progresivamente de dimensiones en la parte alta; b) cortinas formadas por la coalescencia de tallos que se cementan entre sí y engrosan tanto que su morfología se pierde. Se sitúan en la parte alta de las barreras y tienen pequeños surcos superficiales; c) viseras situadas en la parte alta de las barreras y formadas por mallas de restos vegetales (raíces o pequeños tallos) incrustados por carbonato (Fig. 3).

3: Pozas. Son espacios semicirculares de entre 1 y 2 m de diámetro, delimitados por las barreras. Actualmente están secas y cubiertas por vegetación.

## MINERALOGÍA Y PETROLOGÍA DE LOS DEPÓSITOS

La composición mineralógica de estos carbonatos es relativamente homogénea y está formada esencialmente por calcita, pero además hay filosilicatos, granos de cuarzo y de fragmentos de rocas volcánicas y óxidos de Fe y Mn. En cuanto a la petrología se distinguen dos tipos de microfacies:

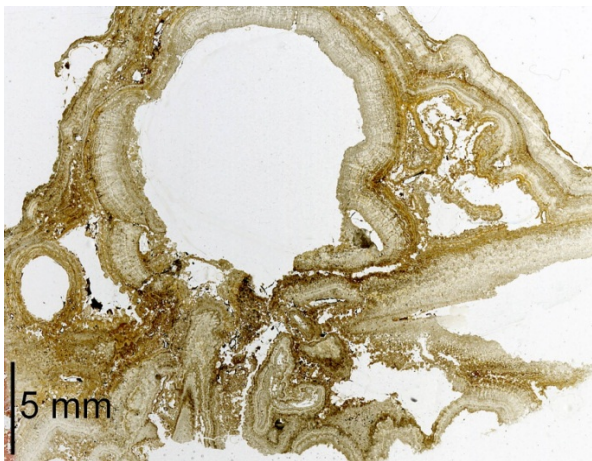


FIGURA 4. Microfotografía de las facies cristalinas gruesas. Se observa la porosidad dejada por la destrucción de los vegetales originales sobre las que se apoyan los cristales fibrosos de calcita.

1) Las *microfacies cristalinas gruesas* están formadas por cristales de calcita de tamaños superiores a 0,1 mm (Fig.4). Se reconocen: a) sobre los tallos de las macrofitas, dando lugar a formas columnares muy duras, los tallos generalmente no se conservan y queda su porosidad, b) en los tapices de las laderas formando costras de cristales relativamente finas y espesor cm y c) en las cortinas. Atendiendo a la morfología de los cristales se distinguen: microfacies cristalinas gruesas fibrosas y microfacies cristalinas gruesas con cristales

más equidimensionales. En las *microfacies fibrosas* los cristales se disponen perpendicularmente sobre un soporte que suele ser el tallo u otros restos vegetales o sobre la ladera. Los cristales tienen una longitud media de 0,6 mm y anchura de 0,25 mm. Presentan bandeado interno. Mediante SEM se observa que los cristales fibrosos están formados por unidades cristalinas menores, con morfología trigonal y que se alinean para formar las fibras. En las *microfacies equidimensionales* algunos cristales están zonados y se reconoce difusamente la laminación. Estas microfábricas pasan lateral (en mm) y gradualmente a las fibrosas a las que parecen neomorfiar. Los rasgos biogénicos son relativamente escasos en estas dos microfacies .

2) Las *microfacies micríticas* (Fig. 5) tienen mucha porosidad, que corresponde a los componentes vegetales iniciales sobre los que se dispone la micrita. Se reconocen en las zonas de tallos más finos, mallas de raíces y otros restos vegetales (acículas y espinas), y entre la porosidad de las microfábricas cristalinas. Esta microfacies está formada por pequeños cristales (<1 micra) de calcita y tiene importantes cantidades de diatomeas y filamentos y esferas microbianas.

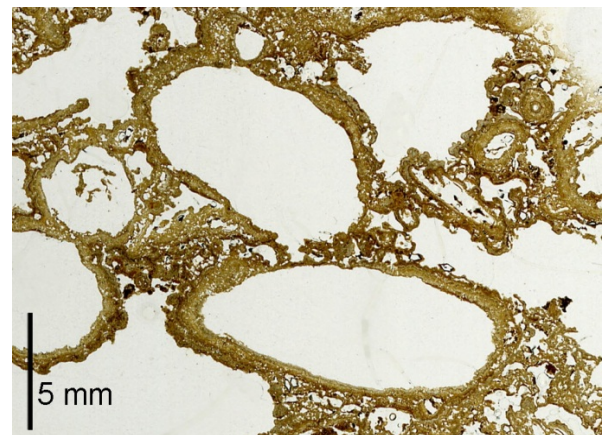


FIGURA 5. Microfotografía de las facies micríticas. Se observa la porosidad dejada por las componentes vegetales iniciales.

## INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

Los depósitos carbonáticos estudiados presentan rasgos típicas de edificios tobáceos colgantes (Pedley, 1990), que son relativamente abundantes en muchos valles fluviales de la península Ibérica (Pedley et al., 2003). Aunque de menor tamaño, este sistema tiene similitud con los travertinos de Pamukkale (Kele et al., 2011), en los que las surgencias de aguas termales se canalizan por conductos hacia las laderas aterrazadas. Las semejanzas morfológicas tanto con sistemas tobáceos, como travertínicos hace difícil dar un nombre al sistema, al tener algunos aspectos peculiares.

El primero de ellos son los componentes de las barreras. En los sistemas tobáceos la mayor parte de las barreras están formadas por framestones de briofitas y/o estromatolitos (Pedley, 1990; Luzón et al., 2011;

Vázquez-Urbez et al., 2012). En los sistemas travertínicos las facies de las barreras suelen estar formadas por gruesas costras cristalinas con una alternancia de láminas de micrita y esparita (Kele et al., 2008) o de calcita “en plumas”, con frecuentes “shrubs” y pisoides (Guo y Riding, 1992). Por el contrario, en el edificio estudiado las barreras están formadas por facies cristalinas, que constituyen auténticos framestones sobre los tallos de macrofitas. Hacia la parte alta de las barreras las facies cristalinas gruesas son sustituidas progresivamente por facies micríticas que también crecen sobre vegetales, tanto en posición de vida (framestones), como arrastrados. En definitiva las barreras son también bioconstruidas, pero no por musgos o estromatolitos, sino por macrofitas.

El segundo es la abundancia de microfacies cristalinas gruesas que registran la precipitación de la calcita en condiciones de desequilibrio (Jones y Renaut, 2010). El desequilibrio pudo ser causado por el escape de CO<sub>2</sub> del agua al salir del conducto de la tubería, lo que favorece la subida del pH y la disociación del HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> en CO<sub>3</sub><sup>2+</sup> y H<sup>+</sup> (Kele et al., 2011), consiguiéndose así una rápida sobresaturación en calcita. El crecimiento tuvo que ser muy rápido para que la incrustación de los tallos de la base de la barrera diese lugar a un montículo inicial rígido y compacto que resistiera el paso del agua sobre ellas, una vez estabilizadas las barreras el crecimiento o la tasa de incrustación, quizás disminuyó, favoreciendo la formación de facies micríticas. El hecho de que la tubería sea de uralita y que haya oncoides con núcleo de poliespan, indica que los procesos de precipitación de carbonato pudieron ser activos en un periodo inferior a 50 años. Lo cual indica altas tasas de producción de carbonato, y sería coherente con la precipitación en las condiciones de alto desequilibrio.

Por último, a pesar de ser el edificio tan reciente se observan rasgos diagénéticos, como la recristalización de las formas fibrosas para dar lugar a las microfacies equidimensionales.

## CONCLUSIONES

1.- El edificio del barranco de Calabozo presenta características mixtas y al mismo tiempo diferenciales de los sistemas de tobas y travertinos. Es un edificio bioconstruido colgante, formado por los siguientes elementos: a) canal abastecedor (la tubería), b) pendiente c) barreras o cascadas y 4) pozas.

2.- El edificio debió de funcionar desde hace menos de 50 años y actualmente no es activo. Es decir, su velocidad de formación fue posiblemente mucho más rápida que la de los edificios generados por manantiales naturales. Esto explicaría sus tres aspectos característicos: 1) las barreras son bioconstrucciones de macrofitas, 2) las facies cristalinas son dominantes y responden al desequilibrio fuerte por pérdida rápida de

CO<sub>2</sub> y 3) se observan rasgos diagénéticos a pesar de lo reciente que es el edificio.

3.- En cuanto a los mecanismos de precipitación, las macrofitas ejercieron un papel de soporte para los precipitados inicialmente inorgánicos, y posteriormente los microorganismos también participaron en la precipitación de la calcita.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través de los proyectos: (CGL-2011-27826-C01-01) y (CGL-2009-12910-C03-02).

## REFERENCIAS

- Arenas-Abad, C., Vázquez-Urbez, M., Pardo-Tirapu, G. y Sancho-Marcén, C. (2010): Fluvial and associated carbonate deposits. En: *Carbonates in Continental Settings: Facies, Environments and Processes* (A.M. Alonso-Zarza y L. H. Tanner, eds.). Developments in Sedimentology, 61: 133-175 Elsevier, Amsterdam.
- Custodio, E. (1978): *Geohidrología de terrenos e islas volcánicas*. Instituto de Hidrología. Centro de Estudios Hidrográficos. 303 pp.
- Guo L. y Riding, R. (1992): Aragonite laminae in hot water travertine crusts, Rapolano Terme, Italy. *Sedimentology*, 39: 1067-1079.
- Jones B. y Renaut, R. W. (2010): Calcareous spring deposits in continental Settings. En: *Carbonates in Continental Settings: Facies, Environments and Processes* (A.M. Alonso-Zarza y L. H. Tanner, eds.). Developments in Sedimentology, 61: 177-224. Elsevier, Amsterdam.
- Kele, S., Demény, A., Siklósy, S., Németh, T., Tóth, M. y Kovács, M. (2008): Chemical and stable isotope composition of recent hot-water travertines and associated thermal waters, from Egerszalók, Hungary: Depositional facies and non-equilibrium fractionation. *Sedimentary Geology*, 211: 52-73.
- Kele, S., Özkul, M., Fórizs, I. Gökgöz, A., Baykara, M. O., Alçiçek, M.C. y 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.
- Luzón, A., Pérez, A., Borrego, A.G., Mayayo, M.G. y Soria, A.R. (2011): Interrelated continental sedimentary environments in the central Iberian Range (Spain): Facies characterization and main palaeoenvironmental changes during the Holocene. *Sedimentary Geology*, 239: 87-103.
- Pedley, M.H. (1990): Classification and environmental modes of cool freshwater tufas. *Sedimentary Geology*, 68: 143-154.