

Travertinos ligados a fallas: ejemplos del desierto de Tabernas (Almería, Cordillera Bética)

Travertines linked to faults. Examples from the Tabernas desert (Almeria, Betic Cordillera)

Carlos Sanz de Galdeano ⁽¹⁾, Jesús Galindo-Zaldívar ^(1, 2), Salvador Morales ^(1, 3), Manuel López-Chicano ⁽²⁾, José M. Azañón ^(1, 2) y Wenceslao Martín Rosales ⁽²⁾

⁽¹⁾ Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (C.S.I.C. – Univ. de Granada). Facultad de Ciencias. 18071. Granada. csanz@ugr.es

⁽²⁾ Departamento de Geodinámica. Facultad de Ciencias. 18071. Granada. jgalindo@ugr.es; mlopez@ugr.es; jazonon@ugr.es; wmartin@ugr.es

⁽³⁾ Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias. 18071. Granada. smorales@ugr.es

ABSTRACT

In the Tabernas desert there are several sectors with Quaternary travertines not formed in the proximities of carbonatic rocks, but originated by the rise of deep mineralized water along faults. These travertines have Fe mineralization in its older levels. The mineralization present similitude with that formed in the region during the late Miocene, then connected with the volcanism.

Key words: Travertines, faults, Quaternary, Fe mineralization

Geogaceta, 45 (2008), 31-34

ISSN: 0213683X

Introducción

Una gran parte de los travertinos se forma a los pies de macizos carbonatados a lo largo de manantiales que surgen en sus bordes. En la provincia de Almería destacan los travertinos de Alhama de Almería, que se han formado en esta localidad del Norte de la sierra de Gádor (Baena y Voermans, 1983). Tal como indica el nombre de Alhama, existen allí fuentes termales que han sido usadas como baños durante siglos. Las fuentes están ligadas a importantes fallas que limitan el citado borde de la sierra, allí formado en su parte sur por mármoles calizo-dolomíticos triásicos del Alpujarride (uno de los complejos que forman la Zona Interna Bética, bajo el cual se sitúa el complejo Nevado-Filábride).

Por el contrario, los travertinos ahora descritos no están adosados a ningún macizo carbonatado aflorante. Se encuentran en pleno desierto de Tabernas, entre sedimentos neógenos formados por conglomerados, arenas y limos. Los afloramientos carbonatados más próximos se encuentran a casi 3 km.

El objetivo de esta nota es mostrar el control que ha ejercido la tectónica en su formación y señalar las mineralizaciones que presentan.

Situación geológica

Los afloramientos estudiados se encuentran en la cuenca neógena de Taber-

nas (Fig. 1), situada sobre la Zona Interna Bética. Está formada por sedimentos detríticos, gruesos a finos, localmente con niveles de yesos. Su edad corresponde al Mioceno superior (Tortonense y Messiniense), marinos hacia la base. En algunos puntos de la cuenca, no en el sector estudiado, hay formaciones continentales, detríticas y rojas del Plioceno-Cuaternario y, finalmente, diversas formaciones aluviales cuaternarias. A estas formaciones hay que añadir los travertinos.

La cuenca está afectada por varios juegos de falla importantes. Las fallas más importantes tienen una dirección E-O y son dextrorsas, aunque también presentan movimientos verticales, sin duda subordinados a los primeros (parte de ellas fueron señaladas por Pascual, 1997, y sobre todo por Sanz de Galdeano *et al.*, 2006). Aunque afectan a materiales del Plioceno-Cuaternario, forman parte de un juego que ya funcionó en el Mioceno inferior y medio.

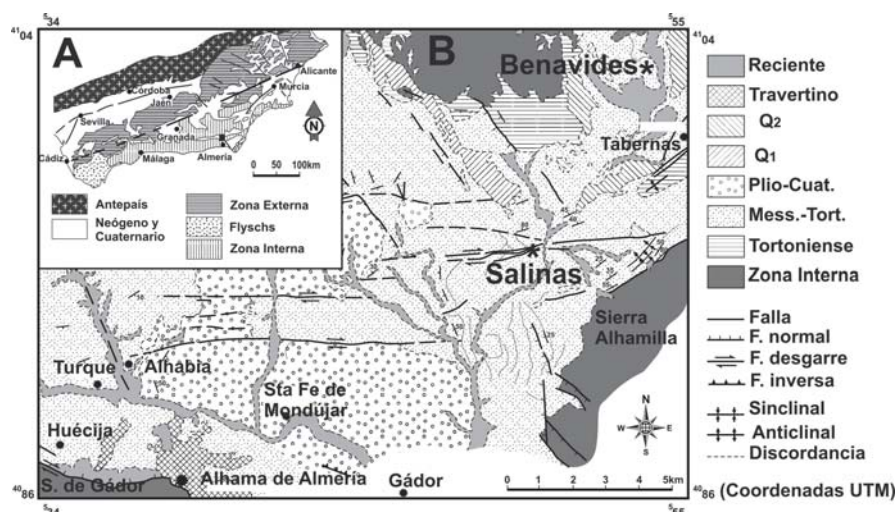


Fig. 1.- A: Localización del área estudiada dentro de la Cordillera Bética. El pequeño recuadro directamente al norte de Almería marca la posición de B. B: localización de los dos grupos de travertinos descritos (Salinas y Benavides).

Fig. 1.- A: Situation of the studied area in the Betic Cordillera. The small square directly to the North of Almería indicates the position of B. B: Localization of the two groups of travertines (Salinas and Benavides).

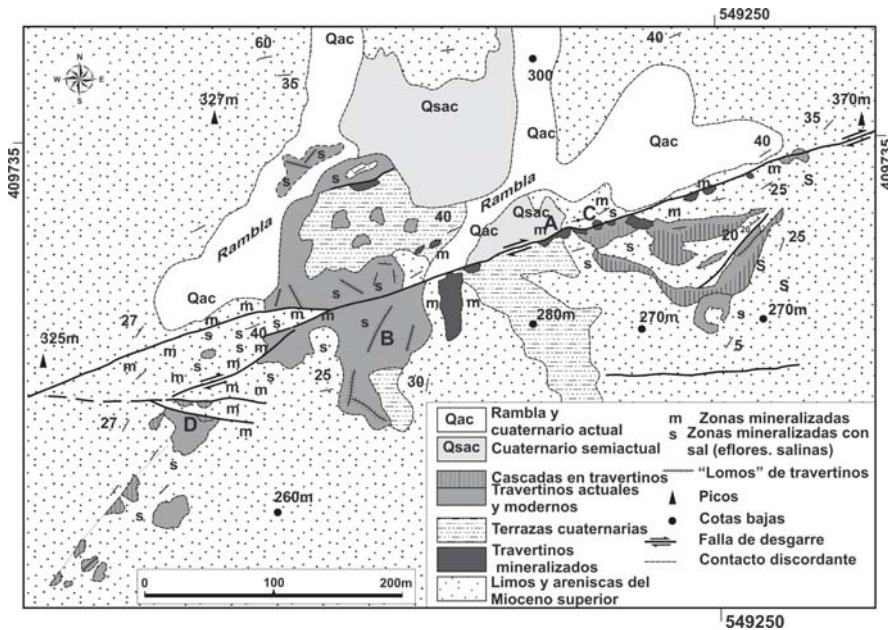


Fig. 2.- Esquema geológico de los travertinos del sector de Salinas. Su situación puede verse en la Fig. 1 B. Las letras A a D indican la posición de las fotos de la Fig. 3.

Fig. 2.- Geologic sketch of the travertines in the Salinas sector. Its situation is indicated in Fig. 1 B. Letters A to D indicate the position of the photos of the Fig. 3.

Otras fallas corresponden a dos juegos de direcciones NNO-SSE y NNE-SSO con movimientos normales y dextrorsos y sinistrorsos respectivamente, formando un solo sistema de fallas conjugadas. En la mayor parte de los casos los movimientos normales son los predominantes.

Los afloramientos de travertinos

Son dos los sectores de travertinos descritos, el que denominamos de Salinas

y el de Benavides, en alusión a una cañada de ese nombre.

La existencia de los travertinos de Salinas fue señalada por Delgado Castilla (1995 y 1996) y posteriormente, en el 2007, hizo dos dataciones en los travertinos de Salinas obteniendo edades de 21,5 y 8 ka, sin precisar el punto donde se tomaron las muestras, cuestión importante dado que se observan al menos dos episodios sedimentarios claramente distintos. Por su parte, Mather y Stokes (2003) relacionan estos travertinos de Sa-

linas con el flujo de agua a lo largo de líneas de fallas.

Los travertinos de Salinas (Figs. 1 y 2) se han formado en gran medida a partir de los manantiales situados a lo largo de una falla vertical de dirección aproximada N70E, con netos rasgos de desplazamiento dextrorso. Localmente su superficie se divide en varias ramas, a lo largo de las cuales surgen crecimientos travertínicos. En otros casos, son fallas de otras direcciones las que han originado los manantiales.

La mayor parte de los crecimientos travertínicos se disponen sobre relieves subactuales labrados en los sedimentos miocenos y se pueden diferenciar *grosso modo* en dos grupos. El más antiguo presenta mineralizaciones de hierro que bien cortan a los travertinos formando diques o se interstratifican con ellos. Este grupo antiguo está localmente erosionado e incluso caído y transportado, de manera que algunos de sus bloques se encuentran fosilizados por el más moderno (Fig. 3, foto A). Éste grupo más moderno presenta morfologías muy bien conservadas (terrazas travertínicas separadas por cascadas según un patrón escalonado y progradante, microgours y, en menor medida, gours de tamaño métrico) que junto a las fábricas y facies sedimentarias observables (facies de musgos, crecimientos estromatolíticos), hacen que responda al modelo sedimentario de “*perched spring line*” propuesto por Pedley (1990) para tufas de aguas frías y dulces.

Dentro del grupo más moderno, hay que destacar además la existencia de “lomos” muy alargados, con una grieta en su



Fig. 3.- Foto A: Bloque caído de travertino mineralizado, englobado en travertinos más modernos. Foto B: Lomo alargado de travertino formado por el agua que manaba a lo largo de una fractura. Foto C: Corte perpendicular de unos de los lomos, en el que se ve el crecimiento progresivo de las capas a lo largo de la línea de salida del agua. Foto D: Formación de pisolitos en algunos puntos de los travertinos actuales.

Fig. 3.- Photo A: Fallen block of mineralized travertine, included in more modern travertines. Photo B: Elongated dorsal of travertine, formed by a continued rise of liquids along a fracture. Photo C: Perpendicular cross section of one of the dorsal, in which the progressive formation of the different levels can be seen. Photo D: Pisoliths formed in some points of the present travertines.

zona superior (Fig. 3, foto B) a lo largo de la cual aun surge el agua en algunos puntos. Un corte perpendicular a estos lomos puede verse en la foto C (Fig. 3), donde se observa el crecimiento progresivo de las bandas a ambos lados de la grieta central (estructuras de este tipo han sido descritas por Hancock *et al.* 1999 en diversos lugares de Turquía, California, etc.). A lo largo de algunas de estas grietas es posible observar pequeños flujos de aguas subterráneas, frías (temperatura próxima a la media del aire) y salobres, con caudales exiguos incapaces de originar el volumen y la extensión de los depósitos existentes, aunque en ellas aún se forman localmente pisolitos (Fig. 3, foto D). Los lomos también están controlados por fracturas.

No se conocen descripciones previas de los travertinos de Benavides (Figs. 1 y 4). Estos se formaron sobre todo a partir de numerosos manantiales situados a lo largo de una falla normal con fuerte componente sinistrorsa (Fig. 5, foto E). En otras fallas próximas también existían manantiales. Un primer grupo de travertinos, mal conservado, se observa en la cota 482 (en la parte N de la Fig. 4 y Fig. 5, foto F). Corresponde a un cuaternario formado en un momento en que aún no existía el relieve actual, ahora más encajado, y se encuentra mineralizado por óxidos de hierro. Numerosos bloques caídos testimonian que el afloramiento era más grande. Una falla no detectable en la foto F permitió la formación del manantial que dio lugar a los travertinos y sus mineralizaciones. El segundo y tercer grupo de travertinos de este sector se han formado ya sobre un relieve subbactual. El grupo segundo corresponde a travertinos que presentan netas mineralizaciones de hierro (Fig. 5, foto G), similares a las de Salinas o a las de la cota 482. Sobre el terreno se observa toda una red de filones entrecruzados, formados a partir de la superficie de la falla. El grupo más moderno no presenta mineralizaciones y se superpone al anterior, que localmente ha sido erosionado. La distinción entre estos grupos no es simple en el detalle.

En el grupo segundo, con gran extensión de afloramientos en este sector, se observan facies de tallos rotos y transportados (fitoclastos), aunque tampoco son raros los ejemplos de tallos de macrofitas en posición de vida (biohermos), indicando la existencia de zonas palustres relacionadas con los manantiales y con aportes fluviales de ríos anastomosados. Existen además numerosos puntos de salida de aguas subterráneas reconocidos por la

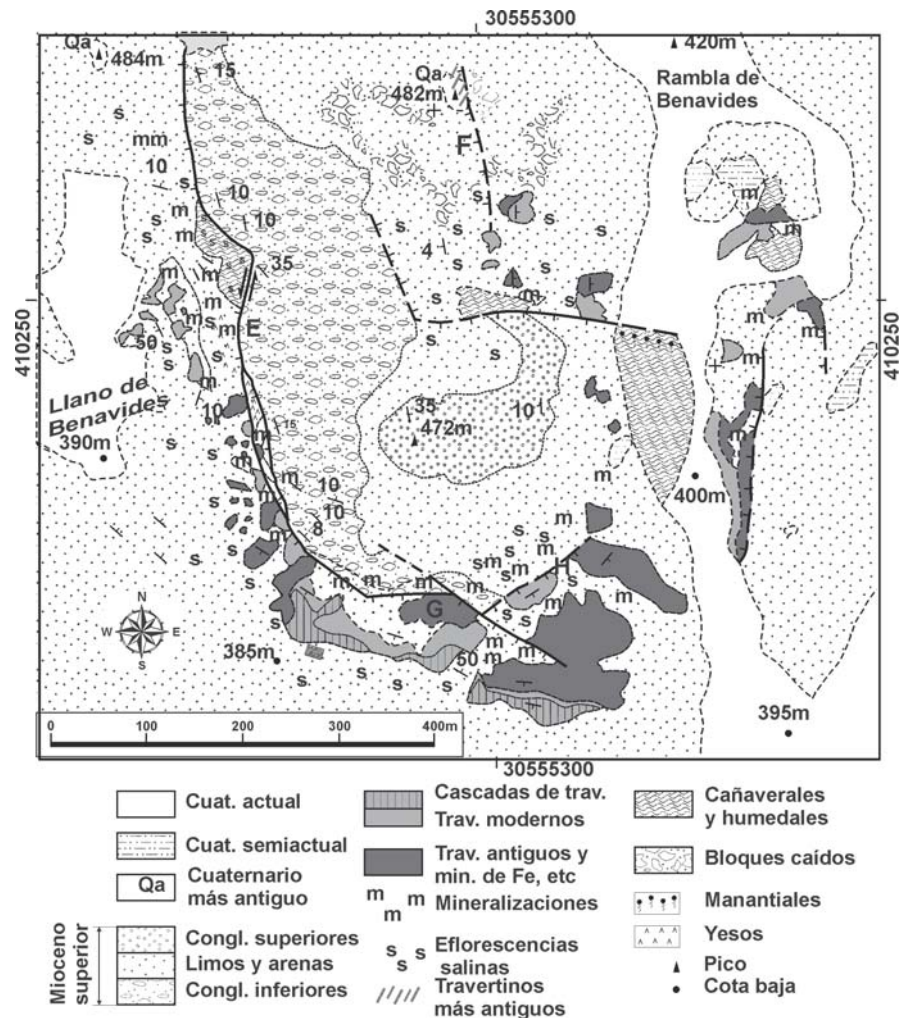


Fig. 4.- Esquema geológico de los travertinos del sector de Benavides. Su situación puede verse en la Fig. 1 B. Las letras E a H indican la posición de las fotos de la Fig. 5.

Fig. 4.- Geologic sketch of the travertines in the Benavides sector. Its situation is indicated in Fig. 1 B. Letters E to H indicate the position of the photos of the Fig. 5.

existencia de pequeños montículos de planta circular, localizados sobre todo al sur de la cota 472, en un sector donde existe mucha mineralización y eflorescencias salinas (éstas se observan o no, según el tiempo que haya pasado desde la última lluvia). Estos montículos, a veces muy erosionados, están dotados de una pequeña chimenea de escape (Fig. 5, H) en la que se observan numerosos tubitos verticales concrecionados en buena parte con óxidos de hierro. Estas estructuras son características de geysers y manantiales termales, tal como debieron ser las aguas que produjeron las mineralizaciones de hierro.

El grupo tercero presenta morfologías similares a los travertinos más modernos del sector de Salinas (microgours, terrazas y cascadas, etc.). Responden a un modelo genético similar al anterior, si bien se encuentran bastante peor conservados en el área de Benavides.

Discusión y conclusiones

Los travertinos descritos son interesantes por dos aspectos: el primero es su desconexión de cualquier macizo carbonatado aflorante en las proximidades. Su formación ha sido controlada por fallas que facilitaron la salida de aguas profundas que aportaron el carbonato cálcico necesario, correspondientes a flujos regionales que proceden posiblemente del complejo Nevado-Filábride más que del Alpujárride.

El segundo son las mineralizaciones de hierro asociadas que recuerdan a las formadas durante el Mioceno superior en la región, particularmente en sectores próximos al vulcanismo allí existente. Estas similitudes hacen sospechar que el proceso mineralizador citado ha podido continuar hasta etapas más recientes. Esto, junto con el posible origen termal de los manantiales (Delgado Castilla, 2007, ya apuntó su posible relación con

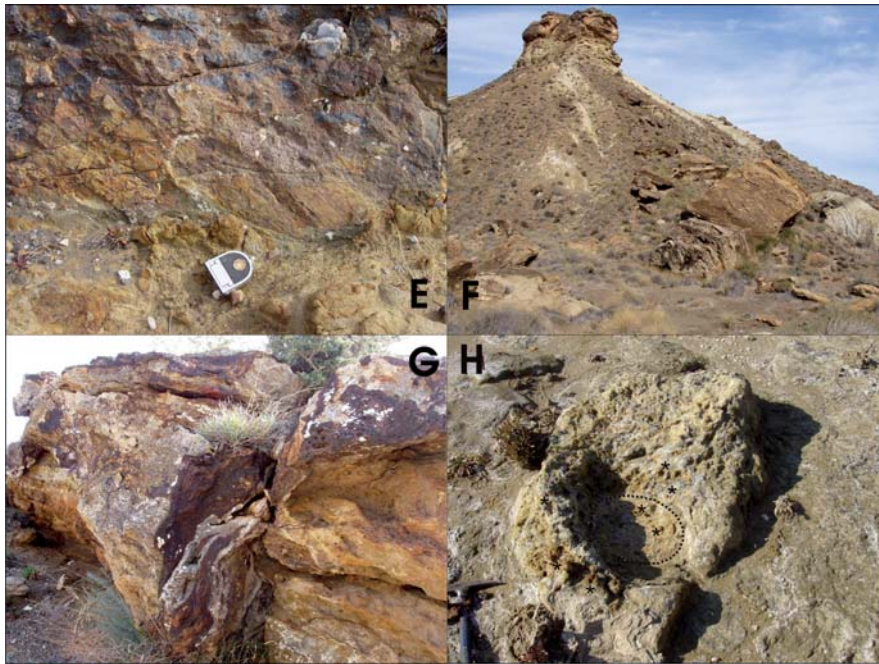


Fig. 5.- Foto E: Detalle de la principal falla del sector de Benavides. Las falla es normal sinistrorsa y las estrías se hunden hacia la derecha. Foto F: Los travertinos más antiguos en la cota 482. Pueden verse numerosos bloques caídos a su alrededor. Foto G: Travertinos mineralizados en el sector de Benavides. Foto H: Estructura aproximadamente circular correspondiente a un punto de salida de agua. Se ha marcado uno de los círculos. Los asteriscos señalan la posición de tubitos con óxidos de hierro que se ven como puntos oscuros.

Fig. 5.- Photo E: A detail of the main fault of the Benavides sector. The fault is normal with sinistral component and the striae sink to the right. Photo F: The older travertines in the 482 height. There are many fallen blocks in the slopes. Photo G: Mineralized travertines in the Benavides sector. Photo H: Approximate circular structure formed by a pour out of water. The broken line marks one of the circles. The asterisks indicate the position of the small tubes formed by oxides of iron, seen as dark points.

un episodio hidrotermal), al menos de las más antiguas y particularmente las que tienen formas circulares, refuerzan la idea del origen profundo de las aguas que formaron los travertinos.

En la región, no lejos de los travertinos ahora citados, además de en Alhama de Almería, existen actualmente aguas termales en los baños de Alhamilla, al SE de esta sierra, donde los carbonatos triásicos alpujárrides se encuentran tam-

bién muy mineralizados por óxidos de hierro, sin que conozcamos con seguridad la edad exacta de su formación. Es, en conjunto, un cuadro parecido al de los travertinos descritos.

No existe duda de que buena parte de los travertinos son subactuales pues se han depositado sobre relieves recientes formados en un modelado erosivo muy activo en esta región. Sin embargo, el afloramiento de la cota 482 indica que ya

se formaban travertinos, al menos en el sector de Benavides, en momentos más tempranos, quizás incluso del Pleistoceno inferior, si no en el Plioceno.

Agradecimientos

A. Caballero delineó las figuras. Este estudio ha sido financiado por los proyectos CICYT CSD2006-00041, CGL2007-60535, Junta de Andalucía P06RNM-01521, RNM- y AECI A.012371.07 y 83/2007 de M.M.A.

Referencias

- Baena, J. y Voermans, F. (1983). *Mapa Geológico de España, 1:50.000, hoja nº 1044 (Alhama de Almería)*, I.G.M.E.
- Delgado Castilla, L. (1995). En: *IX Reunión Nacional sobre Cuaternario*, Madrid, 25-28 septiembre, 93-107.
- Delgado Castilla, L. (1996). En: *IV Reunión de Geomorfología*, Grandal d'Anglade y Pagés Valcarlos Eds. Sociedad Española de Geomorfología, O Castro (A Coruña), 495-502.
- Delgado Castilla, L. (2007). En: *Resúmenes XII Reunión Nacional del Cuaternario*, Ávila, AEQUA, 45-46.
- Hancock, P.L., Chalmers, R.M.L., Altunel, E. y Çakir, Z. (1999). *Journal of Structural Geology*, 21, 903-916.
- Mather, A. y Stokes M. (2003). En: *Geología del entorno árido almeriense. Guía didáctica de campo*. Consejería Medio Ambiente Junta de Andalucía, 154-156.
- Pascual, A. (1997). *La cuenca neógena de Tabernas (Cordilleras Béticas)*. Tesis Univ. Granada, 360 p.
- Pedley, H.M. (1990). *Sedimentary Geology*, 68, 143-154.
- Sanz de Galdeano, C., Shanov, S., Galindo-Zaldívar, J., Radulov, A., Nikolov, G. (2006). *Geosciences* (Sofia, Bulgaria), 75-78.