



**EDADES U/Th DE LOS TRAVERTINOS DEL CUATERNARIO
RECIENTE DE LA CUENCA DE TABERNAS, ALMERÍA:
IMPLICACIONES EN SU EVOLUCIÓN GEODINÁMICA
Y PALEOAMBIENTAL**

*U/Th ages of late Quaternary travertine in the Tabernas basin (Almería, SE Spain):
implications on geodynamic and paleo-environmental evolution*

Luis Delgado Castilla

Estación Experimental de Zonas Áridas (CSIC). General Segura, 1. 04001 Almería

Resumen: Las dataciones U/Th de los travertinos fósiles del Cuaternario reciente de la Cuenca de Tabernas (Almería) permiten diferenciar dos generaciones deposicionales en los mismos. La primera durante el Pleistoceno Superior final y la segunda en el Holoceno. Ambas generaciones se encuentran separadas por episodios de encajamiento ligados a la incisión de la red de drenaje paraactual, suceso que puede situarse en el tránsito Pleistoceno Superior-Holoceno. La génesis de los travertinos analizados es de claro origen hidrotermal. Su ambiente de formación correspondería a un clima lo suficientemente lluvioso para posibilitar el funcionamiento de dicho proceso, que coincidiría con las etapas finales de Würm y comienzos del Holoceno, entre c.a. 46 y 8 ka B.P. La erosión que afectó posteriormente al conjunto travertínico se relaciona con la intensa morfogénesis erosiva que experimentó la cuenca de Tabernas tras el cambio a condiciones climáticas más áridas durante el Holoceno. Cambio climático que a su vez sería el responsable del colapso final y definitivo del episodio hidrotermal.

Palabras clave: Travertinos, datación U/Th, hidrotermalismo, Cuaternario, Cuenca de Tabernas, Almería.

Abstract: Data from U/Th dating of fossil travertine edifices allow differentiating two depositional phases in the build-up of these kind of formations within the Tabernas Basin (Almería, SE Spain) which can be attributed to the Late Pleistocene and Holocene. An intervening erosive gap separates both phases of travertine formation. This gap is linked to the fluvial dissection associated to the incision of the present-day erosive drainage within the basin. The analyzed travertine deposits display a clear hydrothermal origin. Their depositional environment will be stressed to the final stage of the Würm period and the beginning of the Holocene, between c.a. 46 and 8 kyr B.P. Their subsequent erosion can be related to the intense and generalizad erosive morphogenesis from the early Holocene onwards, linked to a climatic change towards an increasing aridity and rainfall intensity conditions.

Keywords: travertine, U/Th dating, hydrothermal conditions, Quaternary, Tabernas basin, Almería.



L. Delgado Castilla (2009). Edades U/Th de los travertinos del cuaternario reciente de la Cuenca de Tabernas, Almería: implicaciones en su evolución geodinámica y paleoambiental. *Rev. C. & G.*, 23 (1-1), 65-76.

1. Área de estudio y contexto geológico-geomorfológico

En este trabajo se presentan los resultados de las dataciones radiométricas U/Th de los depósitos travertínicos fósiles formados durante el Cuaternario reciente en la cuenca de Tabernas así, como su implicación en la evolución geodinámica y paleoambiental de esta.

La cuenca neógeno-cuaternaria de Tabernas se encuentra situada al Sur de la provincia de Almería (SE de España) constituyendo una amplia depresión tectónica correspondiente a una estructura sinclinal asimétrica intercalada entre dos grandes antiformes: la Sierra de los Filabres al Norte y la Sierra Alhamilla al Sur (Fig.1). Geológicamente la cuenca se encuentra enclavada en la Zona Interna de las Cordilleras Béticas Orientales. Se formó, al igual que las demás cuencas adyacentes, en el Mioceno Medio-Superior hace unos 13 millones de años.

Su relleno sedimentario está constituido, mayoritariamente, por sedimentos de origen marino del Tortoniense Superior y Messiniense, y en segundo término por sedimentos marinos-continentales del Plioceno y depósitos continentales cuaternarios (Haughton, 2000). El conjunto sedimentario reposa sobre un basamento metamórfico constituido por materiales de la Zona Interna bética (Weijermars et al., 1985).

Durante la mayor parte del Tortoniense la cuenca estuvo sometida a una intensa actividad tectónica. La sedimentación tuvo carácter sintectónico al experimentar esta una elevada subsidencia en responsable del enorme espesor que alcanzó la sedimentación (del orden de los 600 metros) y, de la formación de potentes depósitos de turbiditas. (Dabrio, 1990, Haughton, 2000). En el límite Tortoniense-Messiniense, hace 6,5 millones de años, una nueva tectónica compresiva (Montenat et al., 1987) dio lugar al fuerte plegamiento de las unidades béticas internas en la parte meridional de la cuenca, hasta entonces sumergida, dando lugar al surgimiento del anticlinorio de la Sierra Alhamilla (Weijermars et al., 1985). Hacia el final del Messiniense el mar comenzó gradualmente a retirarse de la cuenca formándose en la adyacente cuenca de Sorbas arrecifes e importantes depósitos de yesos de origen lacustre (Dabrio, 1990).

Desde el punto de vista geomorfológico la

cuenca de Tabernas está caracterizada por el contraste entre un paisaje sedimentario con abanicos aluviales en su margen oriental, y un paisaje erosivo caracterizado por el importante desarrollo de barrancos y badlands en su zona occidental. La formación de estos paisajes responde a la compleja interacción entre la actividad tectónica y el cambio climático durante el periodo Cuaternario (Harvey et al., 2003).

En la actualidad las características climáticas áridas que soporta esta región junto a la escasa cubierta vegetal han configurado un espacio natural subdesértico que, especialmente en la parte Oeste de la cuenca, presenta un estado avanzado de excavación caracterizado por un fuerte abarrancamiento y el dominio de las zonas de cárcavas (badlands) y los sistemas de ramblas (Fig. 1).

Durante al menos todo el Pleistoceno Superior, la cuenca mantuvo un régimen sedimentario endorréico. El drenaje de las vertientes de los grandes relieves circundantes fue canalizado por estrechos paleovalles, de fondo plano, desarrollados a favor de fracturas, encajados en los materiales del Mioceno Superior y con pendientes longitudinales en general pequeñas. El relleno sedimentario de éstos paleovalles estuvo principalmente ligado a sistemas fluviales de tipo braided, de baja sinuosidad y marcada estacionalidad (Delgado, 1993). Al verter sus aguas dichas corrientes y acumularse en la zona más deprimida, correspondiente a la parte central de la cuenca, dieron lugar a la formación de pequeños sistemas lagunares (Delgado et al., 1993; Delgado 1995).

Posteriormente al finalizar el Pleistoceno, posiblemente con posterioridad a los 23,9 Ka (Delgado 1999), el régimen endorréico de la cuenca cambió a exorreico al jerarquizarse en su interior el sistema de drenaje actual canalizado al mar por la rambla de Tabernas, probablemente como consecuencia de la elevación tectónica de la región (Harvey et al., 2003). A partir de entonces dominaron, sobre todo en la parte Oeste de la cuenca, los procesos erosivos sobre los sedimentarios, experimentando la cuenca, en el transcurso del tiempo, una intensa evolución morfogenética condicionada por el progresivo cambio de las condiciones climáticas hacia una mayor aridez. Los paleovalles se ensancharon y su relleno sedimentario fuertemente disectado y erosionado, desarrollándose, a su vez, en los relie-

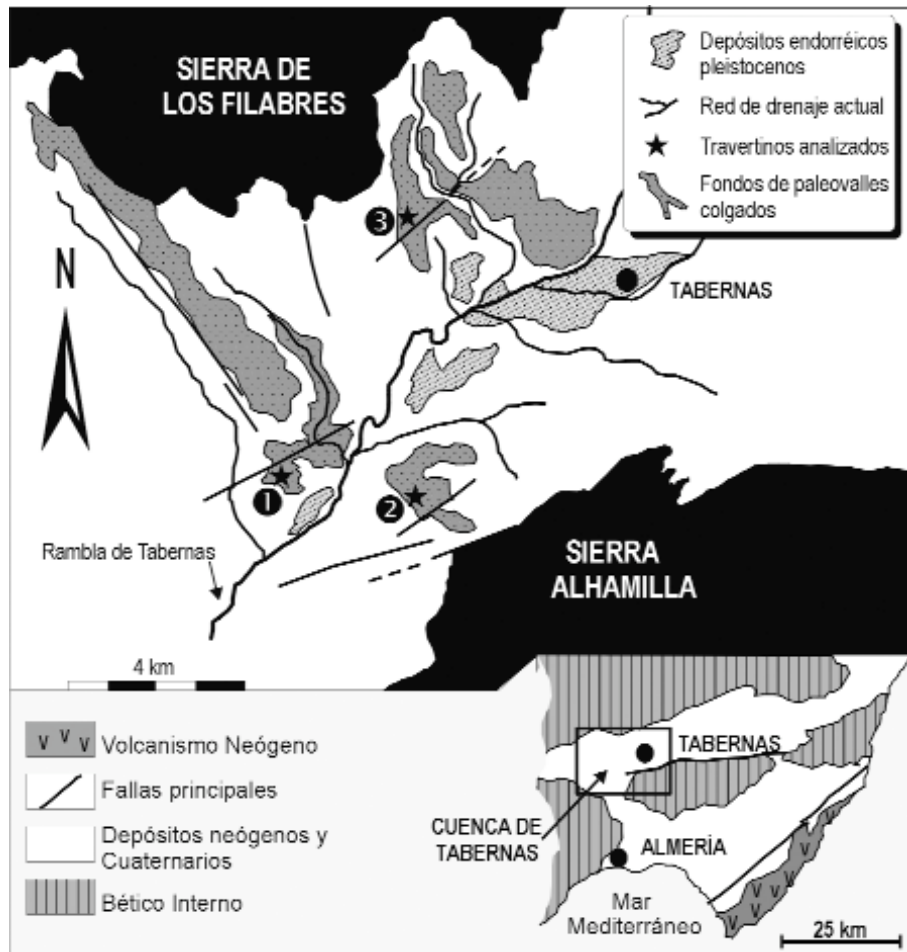


Figura 1. Situación de la Cuenca de Tabernas en el entorno de las Béticas Orientales (SE de España) y Localización de los depósitos travertínicos analizados en su interior (1) Las Salinas; (2) Rambla del Grillo; (3) Las Yeguas.

Figure 1. Location of the Tabernas Basin within the Eastern Betic cordillera (SE Spain) and position of the analysed travertine deposits in relation with ancient paleovalleys. (1) Las Salinas; (2) Rambla del Grillo; (3) Las Yeguas.

ves miocenos un abarrancamiento generalizado (Delgado, 1993), dando lugar finalmente al espectacular paisaje erosivo que presenta en la actualidad ésta parte de la cuenca de Tabernas,

2. Los depósitos travertínicos fósiles: caracterización y contexto morfogenético

En el Cuaternario y especialmente durante el Pleistoceno Superior, tuvo lugar en la cuenca de Tabernas una intensa actividad cabonatogénica de

origen hidrotermal, que daría lugar a la formación de diversos depósitos de travertinos (Delgado 1997).

Los depósitos travertínicos objeto de este trabajo, se localizan en la parte central de la zona occidental de la cuenca con una distribución espacial bastante individualizada. Todos ellos se alinean según una dirección NE-SW (Fig. 1) que viene a coincidir aproximadamente con las de los importantes accidentes tectónicos que delimitan la cuenca y contribuyeron a la estructuración y evolución de la misma (Weijermars et al., 1985).

Geomorfológicamente todos los afloramientos travertínicos se encuentran situados en los paleovalles del Pleistoceno Superior, cuya dirección general también está condicionada estructuralmente por los sistemas de fallas antes mencionados (Fig. 1). En cuanto a su morfología, los depósitos adoptan diversas formas impuestas principalmente por la propia topografía a la que se adaptaron, destacando las formas dómicas, en terrazas, en laderas escalonadas, de cascada y de crestas de fisura (Figs. 2, 3, 4 y 5).

En todos los casos se trata de depósitos carbonáticos, en general de poco espesor, de color blanquecino a asalmonado y constituidos por calcita finamente laminada. Todos los depósitos tienen en general un elevado contenido en terrígenos distribuidos en forma de láminas más o menos continuas intercaladas en los niveles de calcita. En la sedimentación carbonática han intervenido, además de los procesos físico-químicos, sobre todo los biogénicos. La influencia principalmente de colonias de algas y de briofitos ha sido determinante en la generación de diversas estructuras sedimentarias, destacando como más características, las estructuras de microbarreras acintadas, estromatolíticas y espeleotemáticas (Figs. 6 y 7).

En cuanto a la génesis de este tipo de depósitos travertínicos, se les atribuye un origen hidrotermal (Bargar 1978; Brahim et al. 1994; Romero Díaz et al. 1992) en contextos geodinámicos relacionados con cordilleras alpinas tectónicamente activas. Todos ellos fueron funcionalmente activos desde, al menos durante la parte alta del Pleistoceno Superior hasta los comienzos del Holoceno, terminando en un colapso definitivo de las surgencias termales. Los antiguos focos de emisión suelen localizarse asociados a un sistema de fisuras o diaclasas, asociado a su vez, en todos los casos, a fallas intracuencales que también afectan a los materiales neógenos (Fig. 1 y Fig. 8). Estas, responden generalmente a fallas normales de bajo salto que afectan a los materiales del Tortonense Superior. Sus direcciones varían entre N30E, N120E, N170E y N135E (Fig. 8). Las zonas de emisión se caracterizan por estar fuertemente enrojecidas por oxidaciones y, en algunos casos, por presentar una intensa precipitación de manganeso.

El origen de este episodio hidrotermal implica, por una parte la existencia de una anomalía de flujo térmico posiblemente relacionada con fallas profundas que intersectan el basamento bético metamórfico. El hidrotermalismo en esta zona estaría



Figura 2. Depósito travertínico en terraza (Las Salinas).
Figure 2. Terraced travertine deposits (Las Salinas).



Figura 3. Cresta de fisura.
Figure 3. Fissure ridge.



Figura 4. Vista frontal de una gran cascada travertínica holocena en el afloramiento de Las Salinas.
Figure 4. Frontal view of a great cascade of Holocene travertines at the Las Salinas outcrop.



Figura 5. Detalle de las cortinas de espeleotemas en la cascada travertínica holocena de Las Salinas.
Figure 5. Detail of the speleothems curtains of the Holocene travertine cascade of Las Salinas.

relacionado con la propia estructura geológica de la cuenca, ya que esta responde a una gran estructura de surco sinclinal, que ha experimentado una elevada subsidencia de algo más de 600 m (Montenat et al., 1987; Haughton, 2000), que favorecería la circulación de aguas meteóricas por su interior. A estas se sumarían probablemente las de origen endokarsticas aportadas por el karst de la Sierra Alhamilla, calentándose todas ellas al entrar en contacto con el flujo térmico en profundidad. En la actualidad en la periferia del extremo occidental de la cuenca existe al menos una importante surgencia de aguas termales activa (Baños de Alhama de Almería) que generó, probablemente durante el Cuaternario, un extenso y potente depósito travertínico. Todos estos datos apoyan la existencia de hidrotermalismo activo en la cuenca en la actualidad y durante el Cuaternario más reciente.

El dispositivo determinante de las manifestaciones hidrotermales analizadas estaría relacionado con una reactivación tectónica tardía (neotectónica) de régimen compresivo, probablemente hacia el final del Pleistoceno Superior, durante la cual se

producirían nuevas fracturas y/o reactivaciones de antiguas fracturas heredadas de fases tectónicas anteriores (Bousquet et al. 1973; Ott D'stevou et al. 1985). Estas fallas y sobre todo los sistemas de diaclasado asociados a ellas posibilitarían la salida al exterior de las aguas termales.

En cuanto al origen del colapso definitivo de dicho episodio hidrotermal, éste se debería al cambio climático que experimentó la cuenca con posterioridad al encajamiento de la red actual de drenaje, cuya progresiva aridificación provocaría la disminución e irregularidad de las precipitaciones, lo que se traduciría en un progresivo agotamiento de su recarga hídrica llevándoles finalmente a su colapso definitivo.

3. Las dataciones de los travertinos

Para el análisis radiométrico se tomaron muestras en tres depósitos travertínicos distintos, considerados suficientemente representativos del conjunto deposicional analizado. Estos se localizan en

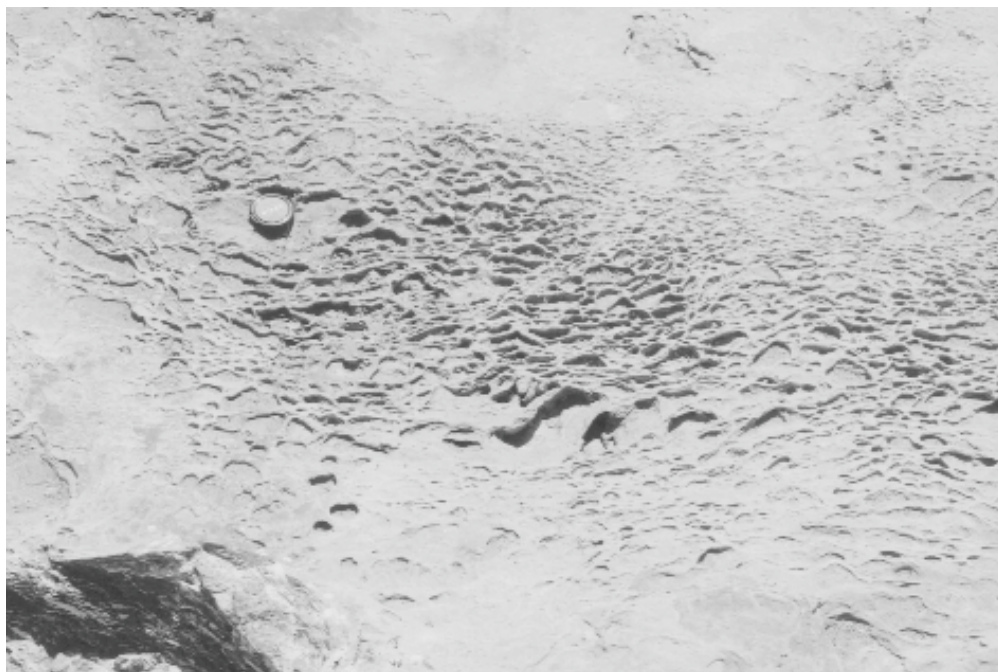


Figura 6. Aspecto de una estructura de microbarreras acintadas originadas por la acción de los briofitos en el afloramiento de Las Salinas.
Figure 6. Close-up view of microbarrages in tapes structure formed by the action of the bryophytes at the Las Salinas outcrop.



Figura 7. Deposito travertínico con estructura estromatolítica de morfología domic en la zona de Las Salinas.
Figure 7. Travertine deposit with estromatolite structure of domic morphology at Las Salinas Outcrop.

los sitios denominados Las Salinas, Rambla del Grillo y Las Yeguas (Fig. 1) asignándose a las muestras las siglas SAL, RG e Y., respectivamente (Tabla 1).

Las dataciones mediante el método $\text{Th}^{230} / \text{U}^{238}$ fueron realizadas por el Dr. Yves Quinif en el Centre d'Etudes de Recherches Appliquées au Karst (CERAK) en Mons (Bélgica). Los resultados radioquímicos y dataciones se exponen en la Tabla 1 y los cortes topográficos de detalle ilustrando su posición geomorfológica se ilustran en la figura 8.

Las edades calculadas para las muestras RG-1, RG-2, Y-1, e Y-2 son fiables. En cuanto a las muestras SAL-1 y SAL-2 sus edades no son en principio definitivas por la baja relación isotópica $\text{Th}^{230} / \text{Th}^{232}$, (Tabla 1), no obstante la edad de la SAL-1 es posible que sea más reciente y atribuible a los estadios isotópicos OIS1 u OIS2. En el caso de la SAL-2 su edad puede razonablemente atribuirse al Holoceno (Tabla 1).

4. Resultados y discusión

Los resultados de dichas dataciones, han permitido reconocer en la formación de estos travertinos dos generaciones deposicionales con edades comprendidas entre el Pleistoceno final y el Holoceno. La primera generación, la más antigua, está datada por las muestras RG-1, RG-2 y Y-1 cuyas edades comprendidas entre 23,9 y 46,4 ka B.P. (Tabla 1), la sitúan en el final del Pleistoceno Superior durante las etapas finales del calentamiento de la glaciación Würm. En cuanto a la segunda, más reciente, esta datada por las muestras SAL-2 y Y-2 cuyas edades inferiores a los 10 Ka B.P. (Tabla 1) la sitúan en los comienzos del Holoceno.

Por otra parte y desde el punto de vista geomorfológico, dichas generaciones de acumulación de travertinos se encuentran separadas por una etapa erosiva, producida por el encajamiento de la red de drenaje actual que determinó el que los depósitos travertínicos, de la primera generación, se hayan quedado colgados respecto a dicha red de drenaje, mientras que los depósitos travertínicos de la segunda generación, se encuentran tanto superpuestos a los anteriores como, sobre todo, depositados sobre las roturas de pendiente producidas por los sucesivos encajamientos de la red de drenaje (Fig. 8), lo que evidencia que estos travertinos se formaron cuando ya estaba establecida la red de drenaje (Figs. 8 y 9).

De la consideración de estos hechos, se deduce que el encajamiento de la red de drenaje actual tuvo lugar con posterioridad a la formación de los travertinos de la primera generación, o más exactamente, posterior a los 23,9 ka B.P. o tal vez un poco después si admitimos la edad de 21,5 Ka B.P. (SAL-1) y así mismo con anterioridad a los 8 ka B.P., lo que nos lleva a situar dicho suceso en el tránsito Pleistoceno terminal-Holoceno (Delgado 1999).

Por otra parte estos resultados suponen una importante contribución al conocimiento de la evolución geodinámica de la cuenca de Tabernas en el Cuaternario reciente, pues al situarnos en el tiempo la incisión de la red de drenaje nos precisa a su vez, la cronología sobre el final del régimen endorreico que mantuvo la cuenca desde el Pleistoceno superior y, así mismo, el inicio de la intensa morfogénesis erosiva que experimentó la cuenca a partir de entonces. Todo ello en un contexto de cambio climático a condiciones progresivamente más áridas y que, en el transcurso del Holoceno, daría lugar al

Tabla 1. Análisis y dataciones $\text{Th}^{230} / \text{U}^{238}$ de los depósitos travertínicos (laboratorio CERAK, Bélgica) de los afloramientos de las Salinas (SAL), Rambla del Grillo (RG) y Las Yeguas (Y). Ver localización en Figuras 1 y 8.

Table 1. Analyses and resulting $\text{Th}^{230}/\text{U}^{238}$ ages of the travertine deposits (Lab. CERAK, Belgium) of the las Salinas (SAL), Rambla del Grillo (RG) y Las Yeguas (Y) outcrops. See Figs. 1 and 8 for location.

Muestra	$[\text{U}]_{\text{ppm}}$	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	$[\text{U}^{238}]_{t=0}$	Edad (Ka) B.P.
SAL-1	0,220±0,005	1,123±0,017	0,181±0,006	1,16±0,03	1,131	21,5[+0,9/-0,8]
SAL-2	0,209±0,003	1,119±0,011	0,071±0,011	1,13±0,04	1,121	8,0[+0,2/-0,2]
RG-1	1,327±0,009	2,505±0,010	0,316±0,004	99±6	2,682	39,6[+0,6/-0,6]
RG-2	0,698±0,012	2,226±0,019	0,360±0,011	10,9±0,5	2,397	46,4[+1,7/-1,8]
Y-1	5,768±0,094	1,638±0,008	0,200±0,005	43±2	1,682	23,9[+0,7/-0,8]
Y-2	2,532±0,066	1,842±0,010	0,073±0,013	grand	1,862	8,2[+1,6/-1,5]

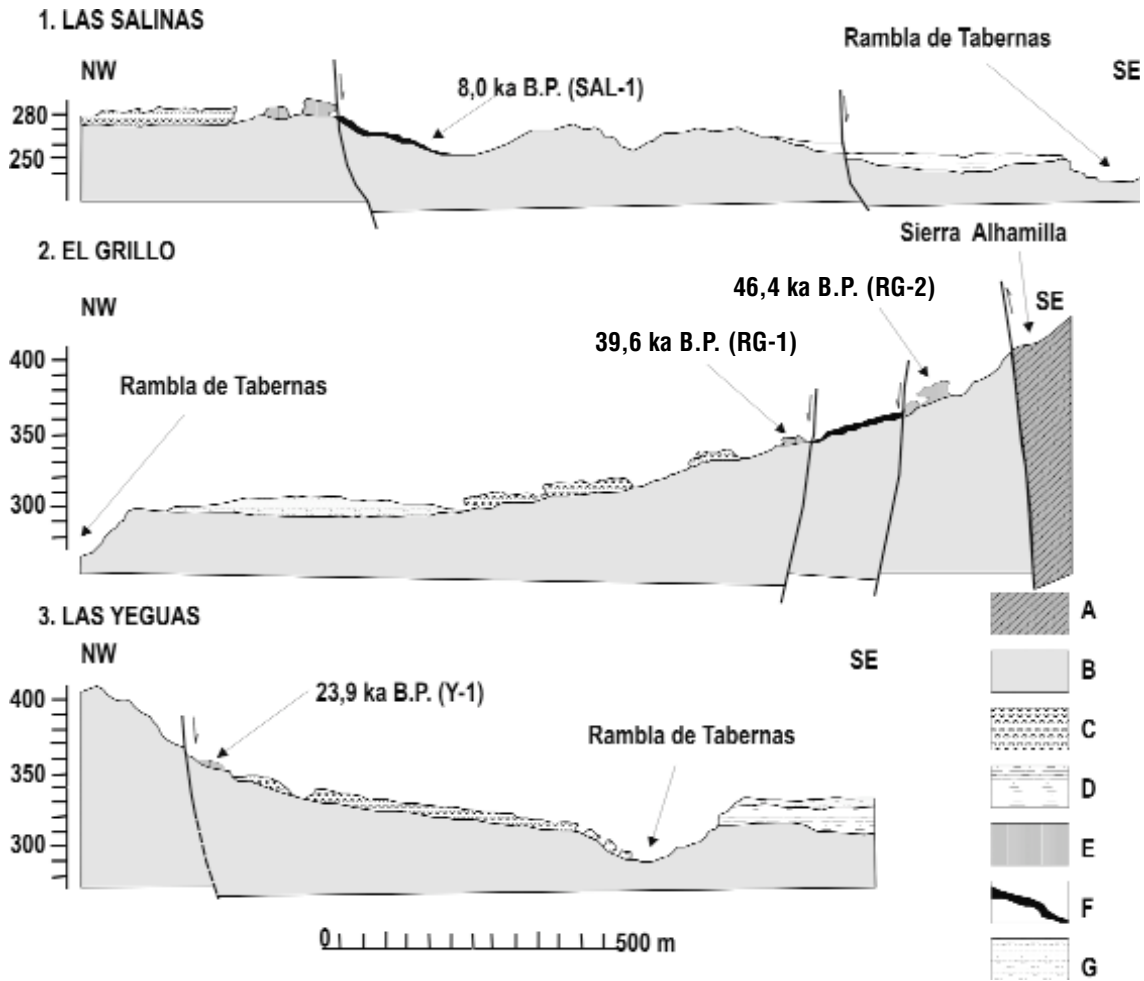


Figura 8. Cortes geológicos a lo largo de los paleovalles asociados y a los depósitos travertínicos analizados mostrando sus posiciones morfológicas y características geométricas más importantes, así como la posición de las muestras analizadas en este estudio. A: Zona de Falla de Alhamilla (Materiales triásicos); B: Relleno neógeno de la Cuenca de Tabernas; C: Paleorellenos fluviales del Pleistoceno Superior asociados a los paleovalles; D: Depósitos lagunares de la Rambla de Tabernas (Pleistoceno Superior). E: Primera fase deposicional de travertinos (Pleistoceno Superior); F: Segunda fase deposicional de travertinos (Holoceno); G: Depósitos aluviales laterales (Holoceno).

Figure 8. Geological cross sections along the paleovalleys linked to the analyzed travertine deposits, showing their morphologic position and main features, as well as the location of the reported Th/U samples. A: Alhamilla Range Fault zone (Triassic materials); B: Neogene filling of the Tabernas Basin; C: Ancient deposits of the paleovalleys (Late Pleistocene); D: Lacustrine deposits of the Rambla de Tabernas (Late Pleistocene); E: First depositional phase of travertines (Late Pleistocene); F: Second depositional phase of travertines (Holocene); G: Holocene alluvial deposits.

espectacular paisaje erosivo que presenta en la actualidad, sobre todo, la parte oeste de la cuenca de Tabernas.

En lo referente al ambiente de formación de estos depósitos travertínicos, los más antiguos, de

la primera generación, se formaron sobre un depósito cementado de limos, arenas y conglomerados de origen fluvial pertenecientes al relleno sedimentario de los paleovalles (C en Fig. 8) y correspondiente a una llanura aluvial abandonada. La sedi-



Figura 9 (1). Depósitos de travertinos de la segunda generación (Holoceno) sobre el talud excavado por el encajamiento de la red de drenaje. (2) Restos colgados de los depósitos de la primera generación (Pleistoceno Superior). Las Salinas.

Figure 9 (1). Deposit of travertines from the second phase (Holocene) over the break-slope excavated by the incision of the present drainage network. (2) Hanging remains of the first depositional phase of travertines (Late Pleistocene).

mentación carbonática tuvo lugar en un medio endorreico bastante estable que facilitó el encharcamiento de las aguas termales, tal y como indican los depósitos lagunares del Pleistoceno Superior (D en Fig. 8, Delgado et al., 1993). Los diferentes espesores que presentan estos depósitos travertínicos indican que se formaron sobre una topografía bastante irregular donde el nivel del agua variaría entre zonas someras de poco profundas en las que se formó un delgado depósito travertínicos con estructuras estromatolíticas de morfología cómica, (Fig.7), hasta zonas algo más profundas que posibilitaron la formación de estructuras travertínicas más potentes, masivas y laminares de entre 1 y 1,5 m de potencia (Fig. 2).

En cuanto a los travertinos holocenos, su formación se desarrolló de forma muy diferente a la de los anteriores. Su sedimentación tuvo lugar, tanto sobre los restos erosionados del relleno sedimentario de los paleovalles como sobre los restos, igualmente erosionados, de los antiguos depósitos travertínicos que quedaron junto con los del relleno sedimentario colgados después del encajamien-

to de la red de drenaje y así mismo, sobre fuertes escarpes labrados en los materiales del Mioceno en los que, en algunos casos, la erosión de los sucesivos encajamientos de la red los modeló en forma de laderas escalonadas con fuertes pendientes.

En la primera situación se formaron depósitos travertínicos en general de poco espesor y estructuras con morfologías de barrera, de crestas de fisura (Fig.3) y de microbarreras acintadas (Fig. 6), mientras que en la segunda situación la sedimentación correspondió enteramente a facies de cascada (Fig. 4). Los depósitos presentan espesores muy variados y estructuras con morfologías de microbarreras acintadas, espeleotemáticas (Fig. 6) y de crestas de fisura solo en los rellanos de las laderas escalonadas.

En cuanto al elevado contenido de terrígenos presentes, sobre todo en los depósitos travertínicos recientes, ello se explicaría por la interacción durante su sedimentación con aguas fluviales de escaso caudal, baja energía y una capacidad de transporte restringida a los sedimentos más finos (limos y/o arcillas y arenas).

Finalmente y desde el punto de vista paleoambiental, el ámbito de la cuenca de Tabernas en el tiempo en el que tuvo lugar la formación travertínica se caracterizaría, sobre todo, por el dominio de un clima mucho más húmedo que el actual, marcado por la frecuencia e importancia de las precipitaciones que posibilitarían el funcionamiento del proceso hidrotermal y que coincidiría con las etapas finales del Würm y comienzo del interglaciar Holoceno. Probablemente existiría en los grandes relieves que circunda la cuenca una importante cubierta de tipo forestal mixto, mientras que en la Sierra Alhamilla su cobertera triásica calizo-dolomítica sería asiento de un proceso kárstico, que si bien subsiste en la actualidad aunque muy incipiente debido a la climatología actual, sería sin embargo muy activo en aquel tiempo. Por otra parte la formación de estos travertinos, al menos para los más antiguos, requeriría una escasa o nula actividad morfogenética lo que implicaría a su vez una fitoestabilidad de las vertientes de los grandes relieves.

En la actualidad todos los depósitos travertínicos se encuentran, sobre todo los más antiguos, muy destruidos por la erosión subsistiendo sus restos de forma más o menos aislada (Fig. 8). En cuanto a los depósitos recientes todo ellos están afectados por procesos de erosión alveolar y de disolución, siendo además frecuente la existencia sobre su superficie de pequeños depósitos carbonáticos de carácter puntual debidos a un proceso reciente de disolución de origen kárstico.

5. Conclusiones

En la cuenca de Tabernas se formaron en el Cuaternario reciente diversos depósitos travertínicos asociados genéticamente a un proceso hidrotermal. Los resultados de las dataciones U/Th de estos travertinos han permitido diferenciar dos fases deposicionales. La primera durante el Pleistoceno final (46,4-23,9 Ka) y la segunda en los comienzos del Holoceno (Tabla 1; Fig. 8). Los depósitos de ambas generaciones están separados por el encajamiento de la red de drenaje actual, suceso que se sitúa en el tránsito Pleistoceno final-Holoceno, lo que a su vez permite situar el final del régimen endorreico que mantuvo la cuenca desde el

Pleistoceno Superior. Ambos hechos son trascendentales en la evolución geodinámica reciente de la cuenca.

El ambiente deposicional de los materiales travertínicos correspondería al dominio de un clima lo suficientemente lluvioso para posibilitar el funcionamiento del proceso hidrotermal que coincidiría probablemente con las etapas finales del Würm y comienzos del interglaciar Holoceno, lo que implicaría por otra parte, la existencia de una cubierta de tipo forestal en los grandes relieves que circundan la cuenca y, así mismo, la existencia en la cobertera triásica de la Sierra Alhamilla de un activo proceso Kárstico. La formación de los travertinos requeriría a su vez la ausencia de actividad morfogenética en la cuenca.

La erosión que afectó posteriormente al conjunto de los travertinos fósiles fue consecuencia de la intensa morfogénesis erosiva que de manera generalizada, afectó a la cuenca en el transcurso del Holoceno al encajarse la red de drenaje actual y cambiar a su vez el clima a condiciones progresivamente más áridas. Cambio climático, que a su vez, sería el responsable del colapso final del episodio hidrotermal.

El estudio y datación de este singular episodio hidrotermal ha puesto de relieve el importante papel que ha jugado la estructura geológica, la tectónica y sobre todo el cambio climático en la evolución geodinámica reciente de la cuenca, que por otra parte, nos proporciona la excepcional oportunidad de conocer y estimar, casi de cerca, la respuesta medioambiental al impacto de un cambio climático de tendencia árido, y a su vez, la posibilidad de extrapolar esta experiencia a las regiones semiáridas mediterráneas para interpretar y valorar los posibles efectos del Cambio Global.

Agradecimientos

Esta investigación fue desarrollada como uno de los objetivos del proyecto MEDALUS III (Mediterranean Desertification and Land Use) financiado por la Comisión Europea en su programa de Medio Ambiente. El autor desea expresar su agradecimiento especialmente a su mujer Aurora por su inestimable comprensión y ayuda, y así mismo, su gratitud al Dr. Juan Puigdefabregas por

su valiosa ayuda que hizo posible la datación de los travertinos.

Referencias bibliográficas

- Bahim, A., Desrôchrs, A. & Geúrts, M.A. (1994). Morphogènes et pétrogenèse des travertins hydrothermaux de Skoura au Maroc meridional. *Z. Geomorph.N.F.*, 38, 355-372.
- Bargar, K., (1978). Geology and thermal history of Mammoth Hot Springs. Yellowstone National Park, Wyoming. *Geological Survey Bulletin*, 1444. 379-388.
- Bousquet, J.C, Montenat, Ch. & Hervet, Ph., (1976). La evolución tectónica reciente de las Cordilleras Béticas orientales. Reuniones sobre la geodinámica de las Cordilleras. Comisión Nacional para el Proyecto geodinámico. Granada. 59-79.
- Dabrio, C.J. (1990). Fand-Delta facies association in the Late Neogene and Quaternary basins of southern Spain. En: Coarse-grained deltas (Colella, A. & Prior, D.B., eds.) Spec. Publ. Int. Ass. Sedimentology, 10, 9-11. Blackwell Sc. Pub., Oxford, U.K.
- Delgado, L., Pascual & Ruiz Bustos, A., 1993. Geology and micromammals of the Serra – 1 site (Tabernas Basin, Betic Cordillera), *Estudios Geológicos*, 49, 361-366
- Delgado, L. (1993). Estudio sedimentológico de los cuerpos sedimentarios pleistocenos en la Rambla Honda, Norte de Tabernas, Provincia de Almería (SE España). *Cuaternario y Geomorfología*, 7, 91-100.
- Delgado, L. (1995). Caracterización sedimentológica y paleoambiental del Pleistoceno Superior en el borde norte de la cuenca neógena de Tabernas, Almería (SE de España). En: *Reconstrucción de paleoambientes y cambios climáticos durante el Cuaternario* (Aleixandre Campos, T. & Pérez González, A., eds.) IX Reunión Nacional sobre Cuaternario. AEQUA, Madrid. 93-102.
- Delgado, L. (1997). Formaciones de travertinos del Pleistoceno Superior-Holoceno en la Cuenca de Tabernas, Almería (SE España). *Etudes de Geographie Physique, Supplment* 26, 63-65.
- Delgado, L. (1999). Edad U/Th de los travertinos del Pleistoceno Superior del área de Las Yeguas y sus implicaciones en la evolución morfológica de la Cuenca de Tabernas, Almería (SE España). En: *Avances en el estudio del Cuaternario español* (Palli Buzó, L. y Roqué Pau, C. eds.). X Reunión Nacional sobre Cuaternario. AEQUA, Girona. 147-153.
- Harvey, A.M., Foster, G., Hannam, J. & Mather, A.E. (2003). The Tabernas aluvial fan and lake system, Southeast Spain. *Geomorphology*, 50. 51-71.
- Houghton, P.D. (2000). Evolving turbidite systems on a deforming basin floor, Tabernas, SE Spain. *Sedimentology*, 47, 497-518.
- Montenant, Ch., Ott D'estevon, Ph. & Masse, P. (1987). Tectonic – sedimentary characters of the Betic Neogene basins evolving in a transcurrent shear zone (SE Sapin). *Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, 11, 11-49.
- Ott D'estevon, Ph. & Montenant, Ch. (1985). Evolution structurale de la zone bétique orientale (Espagne) du Tortonien a l'Holocene. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 300, 363-368.
- Romero Diaz, M.A., López Bermúdez, F., Silva, P.G., Rodríguez Estrella, T., Navarro Hervás, F., Díaz del Olmo, F., Goy, J.L., Zazo, C., Baena Escudero, R., Somoza, L., Mather, A. & Borja Barrera, F., (1992). Geomorfología de las cuencas neógeno-cuaternarias de Mula y Guadalentín, Cordilleras Béticas, Sureste de España. En: *Estudios de Geomorfología en España* (López Bermúdez, F., Conesa Garcia, C. & Romero Díaz, M.A., eds.). V Reunión Nacional de Geomorfología, SEG, Murcia,
- Weijermars, R., Roep, Th. B., Van den Ecckhout, B., Postma, G. & Kleverlaan, K. (1985). Uplift history of a Betic fold nappes inferred from Neogene-Quaternary sedimentation and tectonics (in the Sierra Alhamilla and Almería, Sorbas and Tabernas Basins of the Betic Cordilleras, SE Spain). *Geologie en Mijnbouw*, 64, 397-411.