

PRESENCIA DE POOL FINGERS Y U-LOOPS EN LA COVA DES PAS DE VALLGORNERA (Mallorca, España)

por Antoni MERINO ^{1,2} y Joan J. FORNÓS ²

Resumen

En este trabajo se da a conocer la presencia de unos espeleotemas muy particulares, *pool fingers* y *u-loops*, que se desarrollan en gours de la Cova des Pas de Vallgornera y que podrían indicar una influencia de actividad bacteriana en su desarrollo.

Abstract

The aim of this paper is to describe the presence of some peculiar speleothems, *pool fingers* and *u-loops*, that are found in gours in Cova des Pas de Vallgornera and it could point out influence of bacterial activity on its development.

Introducción

La cueva con mayor desarrollo de Mallorca (en la actualidad con más de 65 km de desarrollo de conductos y galerías) es la Cova des Pas de Vallgornera. Presenta un complejo entramado de cámaras y galerías laberínticas desarrolladas en dos niveles, el inferior de los cuales está en la actualidad parcialmente sumergido en aguas salobres (GINÉS *et al.*, 2009). Excavada en los niveles carbonatados de la Unidad Arrecifal pertenecientes al Mioceno superior (FORNÓS & POMAR, 1983; POMAR, 1991) su desarrollo morfológico va estrechamente ligado a las variaciones de facies que presentan los depósitos donde se encuentran (GINÉS *et al.*, 2008). Estas características morfológicas complejas están a su vez condicionadas por los diversos factores de la espeleogénesis que han actuado sobre ellos, así son claras, además de la característica karstificación debida a la recarga por aguas meteóricas, todo el conjunto de procesos ligados a la corrosión por mezcla de aguas meteóricas y marinas que se da en la zona costera, así como la recarga basal profunda de origen hipogénico (GINÉS *et al.*, 2009; MERINO *et al.*, 2009; FORNÓS *et al.*, 2010). Además de las características formas de corrosión, la Cova des Pas de Vallgornera presenta un amplio abanico de procesos de precipitación que incluyen una amplia variedad de depósitos ligados a diversos procesos de estalagmitización tanto relacionados con la percolación de las aguas meteóricas, como los relacionados con la mezcla de aguas o incluso los procesos hipogénicos (MERINO *et al.*, 2009). El presente trabajo incide en un tipo muy particular de precipitados, generados en el interior de gours activos, de composición calcífica y denominados *pool fingers* y *u-loops* (Fig. 1).

Pool fingers y *u-loops* en la Cova des Pas de Vallgornera

Tradicionalmente se ha considerado a los espeleotemas como precipitados procedentes de procesos inorgánicos condicionados tan sólo por las variables físico-químicas del ambiente. Sin embargo, cada vez son más los trabajos que demuestran la influencia de la actividad biogénica en algunos de dichos precipitados (BANFIELD & NEALSON, 1997), entre ellos se encuentran los *pool fingers* (MELIM, *et al.*, 2001; MELIM, *et al.*, 2008). Descritos por primera vez por DAVIS *et al.* (1990) en Lechuguilla Cave (New Mexico), los *pool fingers* son espeleotemas pendientes formados en gours y otras charcas o lagos. Presentan formas digitales delgadas que penden normalmente de paredes o cornisas del interior de gours. Generalmente son verticales aunque pueden presentar conexiones curvadas entre ellos (*u-loops*). Presentan dimensiones que oscilan entre los 1.5 mm y 2 cm de diámetro y una longitud que excepcionalmente puede superar los 50 cm. Su formación sería en condiciones subacuáticas (DAVIS *et al.*, 1990) por su extensión y desarrollo bajo las cornisas del interior de los gours, con los cuales compartiría en cierto modo su color, y porque nunca se encuentran por encima del borde superior de esas acumulaciones de agua. Una característica diferencial correspondería a que los *pool fingers* incluirían algún componente relacionado con filamentos de tipo orgánico (MELIN *et al.*, 2001).

En la Cova des Pas de Vallgornera se han localizado los *pool fingers* en un gour activo de forma irregular de unos 9 m de longitud, con una profundidad máxima de 30 cm y una anchura media de 70 cm, que está situado en el piso superior de la cavidad a unos 10 m sobre el nivel freático actual. El gour está totalmente forrado de

1 Grup Espeleològic de Llubí

2 Karst and Littoral Geomorphology Research Group. Universitat de les Illes Balears

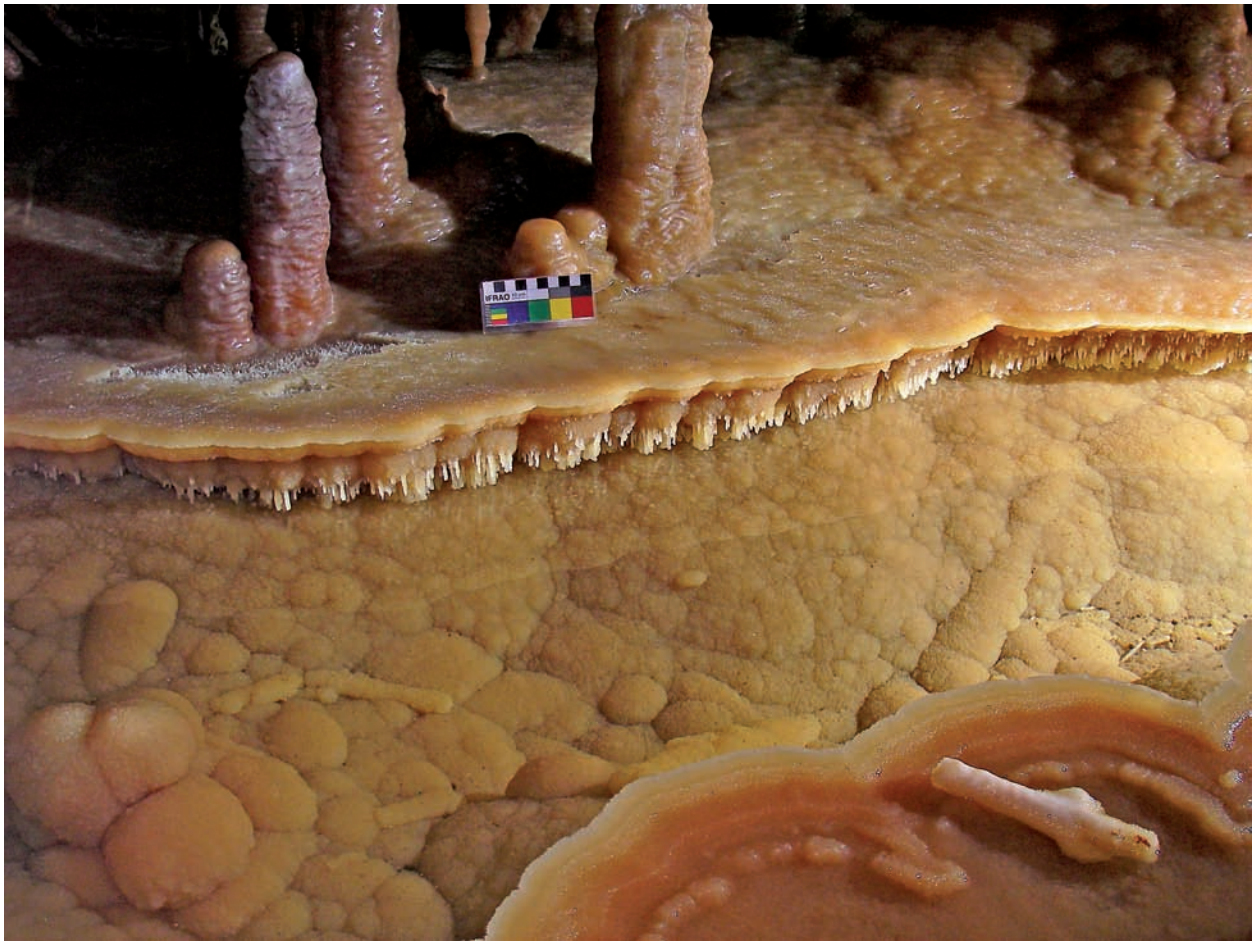


Figura 1: Vista general de una parte del gour donde se puede observar el alineamiento de los *pool fingers* a lo largo de uno de sus lados. En el fondo y en las paredes del gour es patente la presencia de cristales de calcita que lo cubren por completo.

Figure 1: General view of one of the gour's section where the *pool fingers* alignment along one of its sides is observed. At the same time obvious *pool spar* are lining the gour's bottom and walls.

cristales de calcita bien desarrollados, *pool spar* (HILL & FORTI, 1997), que cubren tanto el fondo como sus paredes; aquí los cristales son de menor tamaño y se encuentran más apilados. Estas cristalizaciones tienen un color marrón claro y marcan claramente el nivel máximo alcanzado por el agua en el gour. Al mismo tiempo hay restos de estalactitas rotas y depositadas en el fondo que se encuentran también cubiertos de cristalizaciones. Los cristales de calcita se agrupan en conjuntos mayores a modo de nódulos semi esféricos de hasta unos 4 cm de diámetro (Fig. 2).

El gour se encuentra delimitado por cornisas, *shelfstones*, y cornisas en media luna, *crescent shelfstones*. Las cornisas junto con las coladas pavimentarias, *flowstones*, asociadas presentan una superficie e inclinación muy suaves. Por el contrario las cornisas en media luna son algo cóncavas en su parte más interna lo que facilita la acumulación de agua. Ambos espeleotemas se distribuyen a lo largo del gour formando lóbulos más marcados en la zona de las cornisas en media luna.

Los *pool fingers* (DAVIS *et al.*, 1990; HILL & FORTI, 1997) aquí descritos son espeleotemas con aspecto de estalactita formados en condiciones subacuáticas, que se han desarrollado desde las paredes cubiertas de nódulos formados por cristales de calcita, *pool spar*. Su

sección es elíptica, con un diámetro de entre 3 y 1 mm, con una longitud variable de entre 30 y 1 mm, siendo la longitud media unos 20 mm. Tienen un color blanquecino o ligeramente acaramelado; los extremos de los *pool fingers* que se encuentran actualmente ligeramente sumergidos en el agua del gour presentan un leve engrosamiento (Fig. 3). De la misma manera se han identificado unas morfologías con aspecto de bucle y cierta curvatura, *u-loops* (DAVIS, 2000), formadas por cristales de calcita de pequeño tamaño que unen distintos *pool fingers* o que en algunos casos cuelgan de ellos, siendo su longitud de unos pocos milímetros en general.

Las observaciones realizadas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), microanálisis (EDS) y difracción de rayos X, muestran que los *pool fingers* están formados por cristales esparíticos de calcita de dimensiones inferiores a las 500 micras, con caras de crecimiento curvado, que presentan un contenido en Mg inferior al 2%. La distribución del tamaño de los cristales parece ser menor en el núcleo de inicio del crecimiento (Fig. 4) pudiéndose observar una ligera distribución en anillos concéntricos y con un claro incremento del tamaño del cristal hacia el exterior.

Estos precipitados han sido hallados entre otras cavidades en Lechuguilla cave, Carlsbad cavern y Hidden

Figura 2: Detalle del borde del gour donde se pueden observar los *pool fingers* junto con algunos *u-loops* que cuelgan de los mismos.

Figure 2: Detail of the gour's rim where the hanging *pool fingers* and some *u-loops* are present.



Figura 3: Fotografía de detalle que pone de manifiesto la naturaleza cristalina de los *pool fingers* junto con algunos *u-loops*.

Figure 3: Close up photography that shows the crystalline nature of *pool fingers* along with some *u-loops*.



cave, en las Montañas Guadalupe, New México USA. Las cavidades de esa zona presentan una serie de rasgos que son comunes a los existentes en la Cova des Pas de Vallgornera: todas ellas se han desarrollado en materiales carbonatados que contienen calizas arrecifales de distintas edades –Tortonense-Messiniense (FORNÓS & POMAR, 1983; GINÉS *et al.*, 2008) para la Cova des Pas de Vallgornera, y edad Pérmica (HILL, 2000; PALMER *et al.*, 2009) para las situadas en la Montañas Guadalupe– y cuentan con la presencia de depósitos multicolores (*ferro-manganese deposits*) y

notables acumulaciones de moonmilk en distintas cavidades (DAVIS *et al.*, 1990; NORTHUP *et al.*, 2000, 2003; SPILDE *et al.*, 2005, 2006; BARTON *et al.*, 2007; MERINO, 2000, 2006; MERINO *et al.*, 2006, 2007, 2008, 2009). El origen y la génesis de las cavidades, si bien no totalmente en el caso de la Cova des Pas de Vallgornera, están relacionados con fases hipogénicas (DAVIS, 2000; HILL, 2000; GINÉS *et al.*, 2009; FORNÓS *et al.*, 2010). En los *pool fingers* estudiados en las cavidades de las Montañas Guadalupe se han identificado a nivel microscópico unos filamentos que se po-

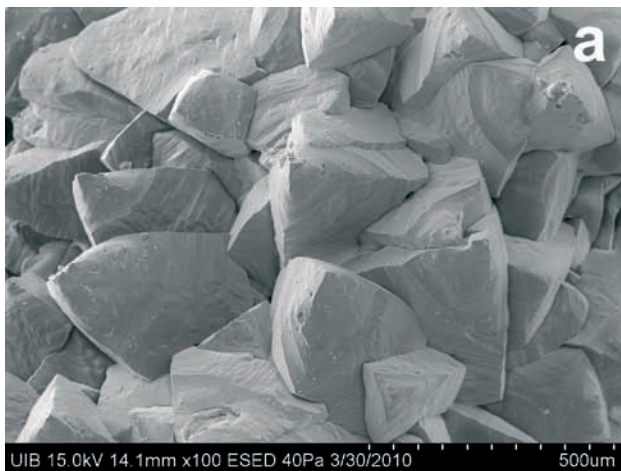


Figura 4: Imagen de microscopía electrónica de barrido que muestra el aspecto morfológico de los cristales esparíticos de calcita con caras de crecimiento curvo en la superficie de un *pool finger* (a) y aspecto externo de un *u-loop* (b).

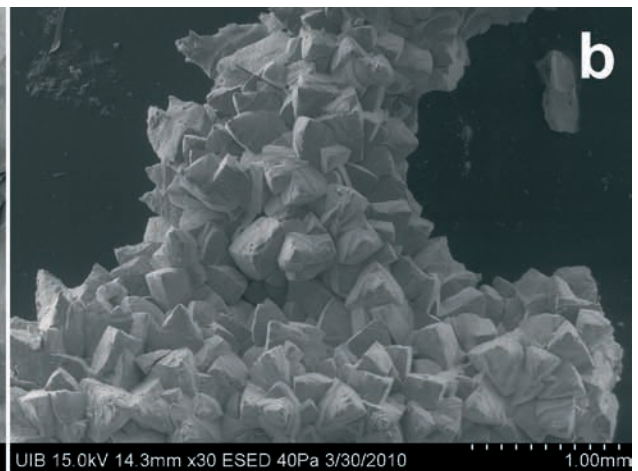


Figure 4: SEM image showing the calcite sparitic blocky crystals with rounded growth faces from a *pool finger* (a) and the external appearance of a *u-loop* (b).

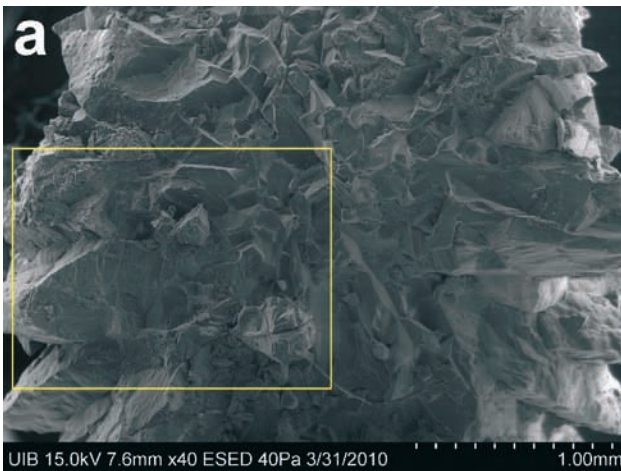


Figura 5: Imagen de microscopía electrónica de barrido de una sección transversal de un *pool finger* (a) y detalle del mismo (b) donde se aprecia el núcleo micrítico y está indicada la dirección de crecimiento.



Figure 5: SEM image showing a transversal section of a *pool finger* (a) and in detail (b) where a micritic nuclei can be observed and the growing direction is indicated.

drían corresponder con restos de bacterias (NORTHUP *et al.*, 2000). Estos espeleotemas presentan una verdadera estructura biogénica con bucles que unen distintos *pool fingers*, formación difícil de explicar sólo mediante procesos abióticos (BARTON *et al.*, 2007). En las muestras analizadas en nuestro caso, aunque coinciden tanto morfológicamente como estructuralmente con los *pool fingers* anteriormente descritos en la literatura, no se ha observado en ningún momento ningún tipo de actividad biológica. Aunque quizás los caracteres morfológicos sean los menos importantes desde un punto de vista diagnóstico de la participación de procesos biológicos (MELIM *et al.*, 2010), dada la estructura verticalizada en el desarrollo de los *pool fingers* (sin posibilidades de goteo en condiciones subacuáticas), presentan claramente una morfología de crecimiento cristalino plenamente diferenciado de los precipitados que se dan en condiciones subacuáticas como sería el caso, por ejemplo, de la calcita flotante, o revestimientos de gours (con crecimiento libre en cualquier dirección al haber una distribución uniforme de iones dentro del fluido). En nuestro

caso la precipitación se daría de forma perpendicular probablemente a filamentos o biofilms que penderían en forma gravitatoria de la pared o cornisa dentro de la masa de agua del gour y que mostrarían una distribución concéntrica de los cristales a partir de ese punto de nucleación (Fig. 5). Probablemente el inicio de la precipitación sería biológicamente inducido (cristales de micrita) pero posteriormente el crecimiento continuaría de forma totalmente abiótica (MELIM *et al.*, 2010) como así lo indican el tamaño de los cristales (esparita).

Agradecimientos

Queremos agradecer de manera especial a los compañeros de fatiga la paciencia aguantando las tediosas horas en la toma de datos. Nuestra gratitud a Toni Mulet, Guiem Mulet, Toni Croix y Anders Kristofersson, así como a Ferran Hierro y Joan Cifre de los Serveis

Científico-Tècnics de la UIB por la ayuda en la utilización en el uso de las técnicas SEM y de difracción de rayos X. Agradecer también a Joaquín Ginés la revisión y comentarios acerca de este artículo.

El presente trabajo es una contribución al proyecto de investigación financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, CGL2009-07392.

Bibliografía

- BANFIELD, J.F. & NEALSON (1997): Geomicrobiology. Reviews in Mineralogy, 35. Geological Society of America, 448 p. Boulder, CO (USA).
- BARTON, H.A. & NORTHUP, D.E. (2007): Geomicrobiology in cave environments: past, current and future perspectives. *Journal of Cave and Karst Studies*, 69(1): 163-178. Huntsville, Alabama. USA.
- DAVIS, D.G. (2000): Extraordinary features of Lechuguilla cave, Guadalupe Mountains, New Mexico. *Journal of Cave and Karst Studies*, 62: 147-157. Huntsville, Alabama. USA
- DAVIS, D.G.; PALMER, M.V. & PALMER, A.N. (1990): Extraordinary subaqueous speleothems in Lechuguilla Cave, New Mexico. *NSS Bulletin*, 52: 70-86.
- FORNÓS, J. J.; GINÉS, A.; GINÉS, J.; GRÀCIA, F.; MERINO, A.; CIFRE, J.; HIERRO, F. (2010): Hypogene Speleogenetic Evidences in the Development of Cova des Pas de Vallgornera (Mallorca Island, Western Mediterranean). Andreo, B.; Carrasco, F.; Durán, J.J. LaMoreaux, J.W. (eds.) *Advances in Research in Karst Media*. Springer-Verlag. Environmental Earth Sciences Series. 349-354. Berlín.
- FORNÓS, J.J. & POMAR, L.(1983): Mioceno Superior de Mallorca: Unidad calizas de Santanyí (Complejo Terminal). In: *El Terciario de las Baleares. Guía de las excursiones del X Congreso Nacional de Sedimentología*. IEB-UIB
- GINÉS, J.; GINÉS, A.; FORNÓS, J.J.; GRÀCIA, F. & MERINO, A. (2008): Noves observacions sobre l'espeleogènesi en el Migjorn de Mallorca: Els condicionants litològics en alguns grans sistemes subterranis litorals. *Endins*, 32: 49-79. Palma de Mallorca.
- GINÉS J.; GINÉS A.; FORNÓS J.J.; MERINO A. & GRÀCIA F. (2009): - On the role of hypogene speleogenesis in shaping the coastal endokarst of southern Mallorca (Western Mediterranean). In: KLIMCHOUK A. & FORD D. (Eds.) - *Hypogene Speleogenesis and Karst Hydrogeology of Artesian Basins*. Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Special Paper 1: 91-99.
- HILL, C. & FORTI, P. (1997): *Cave minerals of the world*. National Speleological Society, 238 pgs. Huntsville.
- HILL, C. (2000): Overview of the geological history of cave development in the Guadalupe Mountains, New México. *Journal of Cave and Karst Studies*, 62: 60-71. Huntsville, Alabama. USA
- MELIM, L.A.; NORTHUP, D.E.; SPILDE, M.N.; JONES, B.; BOSTON, P.J. & BIXBY, R.J. (2008): Reticulated filaments in cave pool speleothems: microbe or mineral? *Journal of Cave and Karst Studies*, 70(3): 135-141. Huntsville, Alabama, USA.
- MELIM, L.A.; SHINGLAMN, K.M.; BOSTON, P.J.; NORTHUP, D.E.; SPILDE, M.N. & QUEEN, J.M. (2001): Evidence for microbial involvement in pool finger precipitation, Hidden Cave, New Mexico. *Geomicrobiology Journal*, 18: 311-329.
- MELIM, L.A.; SPILDE, M.N.; NORTHUP, D.E. & BOSTON, P.J. (2010): Biosignatures in Pleistocene cave pool speleothems. *Astrobiology Science Conference 2010*.
- MERINO, A. (2000): Nuevas extensiones de la Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 23: 7-21. Palma de Mallorca.
- MERINO, A. (2006): Espeleotemas poco frecuentes y morfológicas de corrosión hallados en la Cova des Pas de Vallgornera. *Endins*, 30: 49-70. Palma de Mallorca.
- MERINO, A.; MULET, A. & MULET, G. (2006): La Cova des Pas de Vallgornera: 23 kilómetros de desarrollo topografiado (Llucmajor, Mallorca). *Endins*, 30: 29-48. Palma de Mallorca.
- MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A. & GRÀCIA, F. (2007): La Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca): 40 kilómetros de desarrollo topografiado. *Endins*, 31: 101-110. Palma de Mallorca.
- MERINO, A.; MULET, A.; MULET, G.; CROIX, A. & GRÀCIA, F. (2008): La Cova des Pas de Vallgornera (Llucmajor, Mallorca) alcanza los 55 kilómetros de desarrollo topográfico. *Endins*, 32: 33-42. Palma de Mallorca.
- MERINO, A.; FORNÓS, J.J. & ONAC, B. (2009): Datos preliminares sobre la mineralogía de los precipitados asociados a respiraderos y toberas existentes en la Cova des Pas de Vallgornera, Mallorca. *Endins*, 33: 99-104. Palma de Mallorca.
- NORTHUP, D.E.; BARNES, S.M.; YU, L.E.; SPILDE, M.N.; SCHELBLE, R.T.; DANO, K.E.; CROSSEY, L.J.; CONNOLLY, C.A.; BOSTON, P.J.; NATVIG, D.O. & DAHM, C.N. (2003): Diverse microbial communities inhabiting ferromanganese deposits in Lechuguilla and Spider caves. *Environmental Microbiology*, 5: 1071-1086.
- NORTHUP, D.E.; DAHM, C.N.; MELIM, L.A.; SPILDE, M.N.; CROSSEY, L.J.; LAVOIE, K.H.; MALLORY, L.; BOSTON, P.J.; CUNNINGHAM, K.I. & BARNES, S.M. (2000): Evidence of geomicrobiological interactions in Guadalupe (NM) caves. *Journal of Cave and Karst Studies*, 62: 80-90. Huntsville, Alabama, USA.
- PALMER, A.N.; PALMER, M.V.; QUEEN, J.M.; DuCHENE, H.; CUNNINGHAM, K.I. (2009): The Guadalupe Mountains, New Mexico. Texas. In: *Cave and Karst of the USA*. NSS. Huntsville, Alabama, USA.
- POMAR, L. (1991): Reef geometries, erosion surfaces and high-frequency sea-level changes, upper Miocene Reef Complex, Mallorca, Spain. *Sedimentology*, 38: 243-269.
- SPILDE, M.N.; NORTHUP, D.E. & BOSTON, P.J. (2006): Ferromanganese deposits in the caves of the Guadalupe Mountains. *New Mexico geological society guidebook, 57th Field conference*. Caves and Karst of Southeastern New Mexico.
- SPILDE, M.N.; NORTHUP, D.E.; BOSTON, P.J.; SCHELBLE, R.T.; DANO, K.E.; CROSSEY, L.J. & DAHM, C.N. (2005): Geomicrobiology of cave ferromanganese deposits, a field and laboratory investigation. *Geomicrobiology Journal*, 22: 99-116. Huntsville, Alabama. USA.

