

**NOTA SOBRE LA PRESENCIA DE ESPELEOTEMAS DE YESO
EN EL SISTEMA ESPELEOLÓGICO DE LECHERINES
(BORÁU Y VILLANÚA, HUESCA)**

José Antonio CUCHÍ^{1,2}
Sergio BURGUETE³
Laureano GÓMEZ³
Mario GISBERT³
José Antonio MANSO¹

INTRODUCCIÓN

El Alto Aragón es rico en cavidades abiertas en diversas litologías, especialmente en calizas, aunque también las hay en conglomerados y yesos. Estas cuevas tienen una elevada riqueza en espeleotemas de diversas naturalezas y morfologías. Las abiertas en materiales carbonatados presentan una clara dominancia en depósitos secundarios de carbonato cálcico de los que, a nivel mundial, HILL y FORTI (1997) indican que suponen el 99% de los estudiados. Sin embargo, no todos los presentes en cuevas calcáreas tienen esta naturaleza. Esta nota preliminar documenta la

¹ Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA. cuchi@unizar.es, manso@unizar.es

² Centro de Espeleología de Aragón. C/ Escultor Moreto, 15. E-50008 ZARAGOZA.

³ Grupo de Tecnologías en Entornos Hostiles. Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería de Aragón (I3A). Edificio I+D+i. Universidad de Zaragoza. C/ Mariano Esquillor, s/n. E-50018 ZARAGOZA.

presencia de estalactitas de yeso en una cavidad del sistema espeleológico de Lecherines, en los términos municipales de Boráu y Villanúa.

EL SISTEMA ESPELEOLÓGICO DE LECHERINES

El sistema de cavidades de Lecherines se abre en la cara sur del pico homónimo, situado en el valle del barranco Aguaré, afluente del río Aragón. Se accede a este sistema por diversas bocas situadas entre 1870 y 2100 metros, en un pronunciado lapiaz estructural. En 1994, mediante el uso de trazadores, se determinó que el río subterráneo localizado en este sistema alimenta las fuentes de Casa Artillero en Villanúa. Están situadas a una cota de 950 metros sobre el nivel del mar, y claramente relacionadas con la cueva de Esjamundo. La distancia en línea recta entre bocas y surgencia supera los 7,5 kilómetros.

La geología de la zona de los mallos de Lecherines está formada por areniscas de color pardo. En el paisaje son muy patentes la formación Areniscas de Marboré, del Cretácico superior, y las calizas y dolomías gris azulado muy claro del Paleoceno (formación Salarons). La segunda unidad es muy karstificable, al contrario de lo que sucede con la primera. Ambas se encuentran replegadas formando un espectacular apilamiento de pliegues en rodilla cabalgados hacia el sur, cuyo esquema se presenta en TEIXELL y GARCÍA-SAN SEGUNDO (1995).

Hacia el sur, prácticamente desde el collado de la Magdalena, se pasa a las turbiditas de Hecho, también denominadas *flysch*, formadas por una alternancia de capas decimétricas de margas y areniscas de color gris en fresco, que han sido profundamente replegadas por la tectónica alpina. Son muy impermeables y nada karstificables. Sin embargo, dentro de estos materiales se han identificado ocho megacapas calizas de entre 10 y 200 metros de potencia y gran extensión lateral. Dada su mayor dureza, forman crestones que resaltan el paisaje, como el de la Espata, al sur de Collarada. La mayor parte de las megacapas confinan a techo y muro con materiales turbidíticos, de modo que hidrológicamente se encuentran aisladas. Sin embargo, en el valle del Aragón la capa número 3, o de Villanúa, tiene su base conectada de forma directa, aunque discordante, sobre las calizas del Paleoceno y Eoceno superior (LABAUME y cols., 1985). Esto supone una importante continuidad a efectos kársticos.

La exploración espeleológica ha sido realizada fundamentalmente por el Centro de Espeleología de Aragón (CEA), a partir de campañas sistemáticas iniciadas en 1987, aunque ya se trabajaba en la zona desde 1975. Información espeleológica más detallada se puede encontrar en GISBERT y ANSÓ (1996) y GISBERT (2011). En la actualidad se han unido cinco simas (C-12, C-13, B-13, B-18 y B-28) y se han explorado 15 540 metros de desarrollo con 1009 metros de desnivel, de modo que se trata de uno de los principales sistemas subterráneos españoles. Cuenta, además, con once pozos que superan los 70 metros de vertical. En la zona, además del sistema Lecherines, el CEA ha catalogado 328 cavidades cuya característica común es el predominio del desarrollo vertical sobre el horizontal: veintinueve tienen más de 50 metros de profundidad, seis han superado los 100 metros, cinco pasan de 150 metros y dos superan los 200 metros. Es de destacar también la gruta Helada de Lecherines, en cuya boca se forma un depósito temporal de hielo durante el invierno. Cuenta con tres entradas a diferente cota, un desnivel de 124 metros y un desarrollo de 780 metros.

El sistema de Lecherines presenta una dirección predominante NNE-SSO, siguiendo la dirección general de las grandes fracturas cartografiadas en IGME (1994) y que se observan claramente en superficie como importantes canales ampliados por karstificación y flujo glaciar.

En el sistema se diferencian dos zonas. En la superior predominan una serie de galerías y pozos fósiles, caracterizados por un estado inestable y

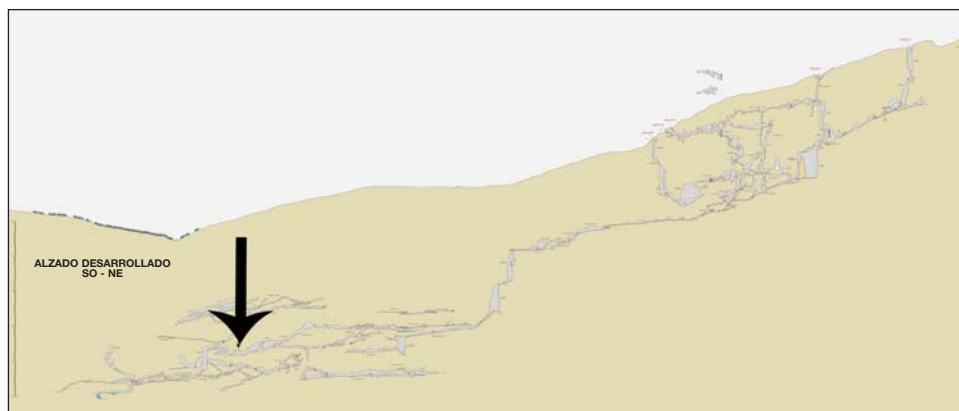


Fig. 1. Alzado del sistema espeleológico Lecherines, por el CEA. La flecha indica la ubicación de la sala de la Nieve.

descompuesto (galería Irene y pozos de enlace de la C-12 con la sala Camboya). En profundidad hay una zona activa por la que discurre un curso de agua cuyo caudal se incrementa con la profundidad. Esta parte activa corresponde a los pozos de la B-13 y la B-18, y es la que profundiza hasta los -1009 metros. La figura 1 presenta el alzado topográfico de la cavidad, realizado por el CEA.

Durante la exploración, en una galería a -850 metros de profundidad, se apreció la presencia de unos raros espeleotemas, muy frágiles. Se desprendían parcialmente y caían con lentitud al paso de los exploradores, por lo que esta zona fue comprensiblemente bautizada como *sala de la Nieve*. Aparecen formando flores, para algunos clasificables como *anthoditas*, como muestra la figura 2; largos filamentos, con algún carácter de helictitas, que pueden verse en la figura 3, o fibras, en la figura 4.

LAS FLORES DE YESO

Durante algún tiempo se especuló sobre la naturaleza del material de las flores. Incluso se les llegó a calificar como cristales de mirabilita o thenardita, variedades en diferente grado de hidratación del sulfato sódico.

Aprovechando una entrada, en septiembre de 2011 se extrajo una pequeña cantidad de este material que se analizó en los laboratorios de la Escuela Politécnica Superior de Huesca. La muestra se recogió en un recipiente habitual para análisis clínico de una zona donde el daño era menor (fig. 4). Al llegar al laboratorio, la muestra estaba ligeramente vapuleada tras el ascenso desde la cavidad, el traslado en una mochila hasta el coche y el consiguiente traqueteo de la pista. Presentaba un aspecto similar al algodón en rama; al microscopio mostraba un aspecto fibroso, con finas agujas parcialmente traslúcidas. No pudo observarse la presencia de conductos capilares, pero sí la de minúsculos cristales planos de reducidas dimensiones.

Se realizaron inicialmente una serie de sencillos exámenes. No se produjo burbujeo por ataque con disolución de HCl 1N, aunque la muestra se disolvió sin problemas. Lo mismo sucedió en agua desionizada. Se descartó, por tanto, que se tratara de un carbonato de calcio o magnesio. La sim-



Fig. 2. Flor de yeso en el sistema de Lecherines.

ple adición de una sal de bario llevó a la formación de un abundante precipitado propio de la presencia de abundantes sulfatos. La solución acuosa se llevó a un equipo de Espectroscopia de Absorción Atómica Varian AA 10. En el primer barrido, de tipo cualitativo, se descartó la presencia de sodio y se comprobó la de calcio y magnesio. Un análisis cualitativo mediante la misma técnica mostró una relación de 350 iones de calcio por 1 de magnesio. Todos estos resultados son congruentes con una disolución de yeso.

Dado que se les puede aplicar una naturaleza yesífera, cabe especular un poco sobre el origen del yeso y la génesis de estos espeleotemas. Evidentemente se producen por reprecipitación de yeso disuelto, que puede provenir de uno de los siguientes mecanismos básicos:

- Yeso sedimentario disuelto por aguas meteóricas, típico de cavidades abiertas en formaciones yesíferas. En el Alto Aragón, estas se dan en la franja de la formación Yesos de Barbastro, desde el



Fig. 3. Helictitas de yeso en la sala de la Nieve del sistema de Lecherines.



Fig. 4. Yeso fibroso en la sala de la Nieve del sistema de Lecherines.

oeste de esta localidad hasta el límite con Cataluña, con alguna información en CALAFORRA y PULIDO-BOSCH (1989) y en CALAFORRA (1998).

- Precipitación de yeso producido por reacción entre los sulfatos y la caliza. El primero proviene de la oxidación de nódulos de sulfuro, tipo pirita, por aguas meteóricas infiltradas. Como subproducto se producen oxihidróxidos de hierro.
- Reacción entre la caliza y los sulfatos o el ácido sulfúrico presente en aguas hidrotermales. Es el caso de las cavidades de Naica, en Chihuahua (México).
- Reacción entre la caliza y el sulfúrico derivado de la oxidación de sulfuro de hidrógeno presente en el gas natural y el petróleo, como es el caso de la cavidad de Carlsbad, en Nuevo México (Estados Unidos).

- Reacción entre la caliza y los sulfatos derivados de la descomposición de materia orgánica tipo guano.

Dada la información geológica de la zona, en el presente caso estaríamos ante el segundo supuesto. Es cierto que no hay información explícita sobre la presencia de sulfuros en las calizas de la sala de la Nieve. Sin embargo, en la superficie se observa esporádicamente la presencia de manchas ferruginosas en las calizas de la zona. Estas pueden ser de origen primario, tipo *hardground*, o subproducto, como se ha comentado, de la hidrólisis de los sulfuros. Un segundo aspecto a tener en cuenta es la existencia de cantos rodados con recubrimiento ferruginoso en una galería en la zona nueva de la cueva de Esjamundo, un tema de investigación pendiente.

Se han dado varias explicaciones para la génesis de espeleotemas yesíferos, tanto en medios aéreos como bajo el agua. En el primer caso, se forman por evaporación de la solución rica en yeso en galerías secas, como señala PALMER (1981) para Mammoth Cave. Un caso singular es el descrito por KORSHUNOV y SHAVRINA (1998), que proponen un mecanismo de sobresaturación por congelación y posterior sublimación del hielo en cavidades abiertas en yesos del Pérmico, en las cercanías del mar Blanco. Ejemplos de las implicaciones paleoclimáticas en la presencia de espeleotemas en estos materiales se encuentran en CALAFORRA y cols. (2008) y GÁZQUEZ y cols. (2011).

Por otro lado, en medio subacuático por sobresaturación se produce el crecimiento de cristales, que pueden alcanzar grandes dimensiones, como en Pulpí (Almería) y Naica (México). Un caso mixto es la formación de pequeños cristales epitáxicos sobre grandes cristales, debido al ascenso capilar y la evaporación en el medio aéreo (BERNABEI y cols., 2007).

En el caso actual parece bastante claro que se trata de un crecimiento subaéreo, ligado a evaporación en galerías muy secas, aunque con temperaturas por debajo de los 10 °C. Estas condiciones son ligeramente más bajas que las indicadas por GÁZQUEZ y cols. (2011) o las de la cueva de Canelobre, en Alicante, que presentan CUEVAS-GONZÁLEZ y cols. (2010). Queda pendiente el mecanismo de formación de las agujas. Podrían ser debidas a un proceso de capilaridad, donde tal vez habría que tener en cuenta la presión intersticial en la roca. También está pendiente de conocer la razón de la sequedad de esta galería, en una zona relativamente activa.

Debe evitarse la calificación de estos espeleotemas como *anthoditas*. Por un lado, su clasificación morfológica y genética está sometida a controversia, como muestra la polémica entre DAVIS (1996) y WHITE (1996). Sin embargo, ambos autores parecen concordar en la presencia de aragonito en este tipo de formaciones, que no aparece en el caso que nos ocupa.

CONCLUSIONES

Es evidente el interés, no solo espeleológico, del sistema de cavidades de Lecherines. Su actual y potencial desarrollo, a la vista de su conexión hidrológica con las surgencias de Villanúa, hace de interés su estudio.

En esta nota se analiza un tema secundario como es la presencia de espeleotemas, calificables, genéricamente, como flores de yeso. Estas parecen haberse formado por alteración acuosa de sulfuros y reacción de las soluciones con la caliza encajante. Posteriormente estas soluciones se evaporan en una galería seca, dando estas formaciones bellas pero frágiles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNABEI, T., P. FORTI y R. VILLASUSO (2007). Sails: a new gypsum speleothem from Naica, Chihuahua, Mexico. *International Journal of Speleology*, 36(1): 23-30.
- CALAFORRA, J. M.^a (1998). *Karstología de yesos*. Universidad de Almería / Instituto de Estudios Almerienses (Monografías de Ciencia y Tecnología). Almería. 389 pp.
- CALAFORRA, J. M.^a, P. FORTI y Á. FERNÁNDEZ-CORTÉS (2008). Speleothems in gypsum caves and their paleoclimatological significance. *Environmental Geology*, 53: 1099-1105.
- CALAFORRA, J. M.^a, y A. PULIDO-BOSCH (1989). Principales sistemas kársticos en yesos de España. En J. J. Durán Valseo y J. López Martínez (eds.), *El karst en España: 277-294*. Sociedad Española de Geomorfología. Madrid.
- CUEVAS-GONZÁLEZ, J., Á. FERNÁNDEZ-CORTÉS, M.^a C. MUÑOZ-CERVERA, D. BENAVENTE, M.^a Á. GARCÍA DEL CURA, J. M. ANDREU, J. C. CAÑAVERAS (2010). Mineral-Forming Processes at Canelobre Cave (Alicante, SE Spain). *Advances in Research in Karst Media. Environmental Earth Sciences*: 503-508.
- DAVIES, D. G. (1996). What are *Anthodites*? Continued. *Journal of Caves and Karst Studies*, 58(1): 54.
- GÁZQUEZ, J., J. M.^a CALAFORRA, L. SANNA y P. FORTI (2011). Espeleotemas de yeso: ¿un nuevo proxy paleoclimático? *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geología*, 105(1-4): 15-24.

- GISBERT, M. (2011). El sistema Lecherines. *CIIA*, 6: 15-22.
- GISBERT, M., y C. ANSÓ (1986). El sistema Lecherines. Macizo del Aspe. Pirineo central. *Subterránea*, 4: 38-47.
- HILL, C. A., y P. FORTI (1997). *Cave Minerals of the World*. National Speleological Society. Huntsville (Alabama). 464 pp.
- IGME (1994). *Mapa geológico de España 1: 50 000. Hoja 144: Ansó*. Madrid. 62 pp., 1 mapa.
- KORSHUNOV, V. V., y V. E. SHAVRINA (1998). Gypsum Speleothems of Freezing Origin. *Journal of Cave and Karst Studies*, 60(3): 146-150.
- LABAUME, P., M. SÉGURET y C. SEYVE (1985). Evolution of a turbiditic foreland basin and analogy with an accretionary prism: Example of the Eocene South-Pyrenean basin. *Tectonics*, 4(7): 661-685.
- PALMER, A. N. (1981). *A geological guide to Mammoth Cave National Park*. Zephyrus Press. Teaneck (Nueva Jersey). 196 pp.
- TEIXELL, A., y J. GARCÍA-SANSEGUNDO (1995). Estructura del sector central de la Cuenca de Jaca (Pirineos meridionales). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 8(3): 215-228.
- WHITE, W. B. (1996). What are *Anthodites*? Reply. *Journal of Caves and Karst Studies*, 58(1): 55.

CONTENIDOS DEL NÚMERO 14 (2012)

ARTÍCULOS

Endokarst y glaciario en el valle del Irués (macizo de Cotiella, Pirineo oscense): evolución paleo-ambiental durante el Cuaternario, por Ánchel BELMONTE y Carlos SANCHO

El partidor de Arascués: una obra hidráulica singular de la Huesca del siglo XVII, por José Antonio CUCHÍ y Raúl ANDRÉS

La cueva de la Artica (Belsué, Huesca), por José Antonio CUCHÍ y cols.

La temporada de aludes 2009-2010 en el Alto Aragón, por Rocío HURTADO y cols.

Análisis fenético de los tomillos (género *Thymus* L., Labiatae) del Mediterráneo occidental, por Luis Ángel INDA

Estudio de las condiciones climatológicas como factor de variación en los resultados reproductivos de la inseminación artificial ovina en Aragón, por Inmaculada PALACÍN y cols.

Estudio de procesos de mezcla de magmas con transferencia cristalina en el plutón granítico de La Maladeta (Huesca): modelización cuantitativa, por Teresa UBIDE y cols.

Documentación geométrica de los restos arqueológicos hallados en el solar del Círculo Católico (Huesca), por Paula URIBE y cols.

NOTAS

Nota sobre la presencia de espeleotemas de yeso en el sistema espeleológico de Lecherines (Boráu y Villanúa, Huesca), por José Antonio CUCHÍ y cols.

Nota sobre la presencia de *moonmilk* en una cavidad del valle de Hecho (Huesca), por José Antonio CUCHÍ y cols.

Nota sobre ventifactos en la cuenca baja del río Alcanadre (Sariñena, Huesca), por José Antonio CUCHÍ y cols.

Nota sobre mineralizaciones en Monzorrobal (Ayerbe, Huesca), por Thomas GILLOT y cols.

Nota de datos complementarios sobre la distribución de la lagartija roquera, *Podarcis muralis* (Laurenti, 1768) en el Alto Aragón, por Francisco J. SERRANO



INSTITUTO DE ESTUDIOS
ALTOARAGONESES

Diputación de Huesca