

SOBRE EL USO DE ESPELEOTEMAS EN CONSTRUCCIÓN EN EL PIRINEO E IBÉRICA

Pablo MARTÍN-RAMOS¹ | Pilar LAPUENTE² | José Antonio CUCHÍ¹

RESUMEN.— Este artículo presenta alguna información sobre concreciones estalagmíticas y su uso para la construcción en el Pirineo e Ibérica aragoneses.

ABSTRACT.— The present work presents some information about stalagmitic concretions and their use for construction in the Pyrenees and in the Aragonese Iberian System.

KEY WORDS.— Flowstone use, building, underground quarries, Pyrenees, Iberian System mountain range.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años en Aragón ha aumentado el interés por la utilización de materiales líticos en la construcción, como piedra ornamental o incluso para herramientas.

Este artículo analiza el uso de rocas procedentes de procesos de karsificación, a través de la disolución, el transporte y la reprecipitación de

Recepción del original: 4-12-2018

¹ Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Escuela Politécnica Superior de Huesca. Universidad de Zaragoza. Carretera de Cuarte, s/n. E-22071 HUESCA. cuchi@unizar.es, pmr@unizar.es

² Departamento de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna, 12. E-50009 ZARAGOZA. plapuent@unizar.es

carbonato cálcico. Estos depósitos se forman tanto en el exterior, dando lugar a las toscas asociadas a muchos manantiales, como en el interior de cavidades, produciendo diversos espeleotemas. Ambos tipos de rocas han sido utilizados en el entorno mediterráneo para estatuaria y como piedra de construcción.

En el Alto Aragón existen abundantes depósitos de tosca (véase, por ejemplo, CUCHÍ y cols., 2013), que, dada su alta porosidad, su baja densidad y la facilidad para el aserrado, ha sido utilizada para la construcción, en bóvedas, arcos y chimeneas del Pirineo y del Prepirineo. Hay abundantes ejemplos de su uso. Uno de ellos, una chimenea en Botaya, se presenta en la figura 1. Por su parte, los espeleotemas habitualmente han sido arrancados para uso decorativo, como en el caso de los utilizados en la fuente del jardín de Lastanosa en la Huesca del siglo XVII (CUCHÍ y cols., 2012). Sin embargo, en alguna ocasión se ha utilizado para usos constructivos. La descripción de varios casos, en las provincias de Huesca y Zaragoza, es el objetivo de este artículo.

ESPELEOTEMAS EN EL PIRINEO Y EN LA CORDILLERA IBÉRICA

Es conocida la existencia de importantes afloramientos de calizas, fundamentalmente marinas, en el Pirineo y en el Sistema Ibérico. Desde su elevación sobre el nivel del mar, estas calizas han experimentado procesos de karstificación con formación de cavidades en las que se han depositado espeleotemas de diversos tipos, incluidas láminas masivas de costras parietales estalagmíticas o *flowstone*.

En ambos sistemas montañosos, además de los espeleotemas en cavidades, aparecen costras laminadas de largos cristales que rellenan total o parcialmente diaclasas verticales. Suelen aflorar por erosión en posiciones topográficas muy elevadas con respecto a los cauces actuales. Así, restos de costras se localizan en las cercanías del castillo de Samitier, en el anticlinal de Mediano; en Montidinerá y Matapaños, en Guara, y en la sierra de Aladrén. Como ejemplo de cavidad en altura, sirva la denominada *cueva de los Cristales*, en Sarsa de Surta, a más de 400 metros por encima de los cauces vecinos, utilizada como lugar de enterramiento en la prehistoria (MONTES y MARTÍNEZ-BEA, 2006; MONTES y cols., 2016a y b).



Fig. 1. Chimenea de tosca en Botaya.

En general, los afloramientos de estos espeleotemas son de pequeñas dimensiones y de naturaleza y color similares a la caliza donde se hospedan, de modo que pasan desapercibidos en el paisaje y solo se aprecian a corta distancia. A modo de ejemplo, se presenta un afloramiento en Peña Ruaba, en el antiguo término de Nasarre, sobre el valle del río Alcanadre.

Afloramiento en Peña Ruaba (Nasarre)

En el Prepirineo, Peña Ruaba forma parte de la alineación que jalona por el norte el espectacular cañón del Alcanadre por Gorgas Negras – Chasa – Bozactal, antes de llegar a la depresión de Rodellar. La estructura geológica está controlada por los pliegues de los estrechos de Balaguer y la fosa de *pull apart* de la pardina de Seral (POCOVÍ y cols., 1990). La morfología es predominantemente kárstica y el paisaje muestra claras superficies antiguas de erosión (RODRÍGUEZ VIDAL, 1986).

Al pie de la pared norte de la cima de Peña Ruaba (ETRS89. 30N; X: 738284; Y: 4687296; Z: 1444 msnm) existe una cornisa muy característica. En ella hay una pequeña cavidad, indicada en las figuras 2 y 3, que fue



Fig. 2. Ubicación de la pequeña cavidad en Peña Ruaba, Nasarre.
(Fotografía y montaje: Enrique Salamero)



Fig. 3. Vista de la posición de la cavidad.
(Fotografía: Enrique Salamero)



Fig. 4. Detalle del afloramiento de costra estalagmítica. La referencia es un frontal de iluminación.

utilizada como refugio por los pastores locales. En su interior, muy cerca de la boca, puede verse una concreción estalagmítica tabular, de unos 40 centímetros de anchura, que corta transversalmente y de forma parcial la cavidad (fig. 4). Muestra un bandeado típico con desarrollo de cristales de escala centimétrica que se muestreó para análisis de rayos X.

Materiales similares se han utilizado para construcción en el Pirineo y la cordillera Ibérica.

CONSTRUCCIONES CON ESPELEOTEMAS EN EL PIRINEO

Como ejemplo del uso de espeleotemas para construcción en el Pirineo, se presentan dos antiguos edificios religiosos.

Ermita de la Virgen de la Sierra de Yaso

La hoy arruinada ermita de la Virgen de la Sierra está situada en la sierra de Guara, en el linde entre las localidades de Yaso y Bastarás (ETRS89. 30N; X: 737191; Y: 4677779; Z: 987 msnm), en el límite del coto cinegético de Bastarás. Se encuentra sobre calizas del Eoceno medio, en el eje meridional del anticlinal de Nasarre, con un exokarst recubierto por canchales periglaciares. Es una modesta edificación, de 9 × 5 metros, dos arcos apuntados de arenisca y ábside recto en bóveda mirando al este-sureste (fig. 5).



Fig. 5. Ermita de la Virgen de la Sierra (Yaso).



Fig. 6. Detalle del muro con costra estalagmítica.



Fig. 7. Detalle de la cabecera de la ermita de la Virgen de la Sierra.

Los sillares de los arcos, en arenisca como ya se ha señalado, han sido transportados desde afloramientos de pie de la sierra. En los muros de la edificación, además de sillarejos de caliza fosilífera del Eoceno, gris en alterado y pardo en corte fresco, destacan sillarejos de costras estalagmíticas (fig. 6), pardas en alterado y más blancas en fresco, sobre todo en el ábside (fig. 7) y en la pared oeste. Pueden alcanzar 0,3 metros de espesor y están constituidas por sucesivas capas de cristales aciculares. Se ha buscado sin éxito la cantera del espeleotema entre la vegetación que cubre los canchales periglaciares de las cercanías, con la imposibilidad de acceso al coto cinegético. Restos de costra que aparecen en la cercana pista pudieran proceder de la propia edificación.

Ermita de la Virgen de Sis

La ermita de la Virgen de Sis es un edificio en una sola nave y cabecera semicircular situado en las laderas de la sierra del mismo nombre, cerca de las Bordas de Beranuy, en el valle del Isábena (ETRS89. 31N; X: 304008;

Y: 4691434; Z: 1339 msnm). Es una sierra singular, de dirección norte-sur, formada por conglomerados fluviales del Eoceno superior y del Oligoceno. De acceso estrictamente peatonal, una parte de sus elementos constructivos como la piedra del altar (fig. 9) y los arcos de las puertas (fig. 10) han sido



Fig. 8. Vista general de la ermita de la Virgen de Sis.



Fig. 9. Altar de la ermita.



Fig. 10. Detalle de la puerta de la ermita.

realizados en una costra estalagmítica de grano fino. Se tomó una muestra pequeña para su análisis. Se desconoce dónde estuvo su cantera, dado que la sierra de Sis es predominantemente conglomerática.

CANTERAS SUBTERRÁNEAS EN RICLA Y ÉPILA

Dada la pobre calidad de la piedra en el entorno inmediato de la ciudad de Zaragoza, la búsqueda de materiales de calidad para las obras clave llevó al borde Mesozoico de la Ibérica, donde se canteó piedra en localidades como La Puebla de Albortón, Muel y Calatorao. En las cercanías de La Almunia de Doña Godina, aunque en el término municipal de Ricla, está la denominada *Sima del Mármol de Ricla*, que abre en materiales del Jurásico zaragozano. Sorprende el nombre, en un terreno sin metamorfismo conocido y la existencia de sillares labrados en su interior. Además, gracias al excelente trabajo de GISBERT y PASTOR (2009), se tuvo conocimiento de la existencia de otras cavidades con sillares de grandes dimensiones en el término municipal de Épila.

Sima del Mármol de Ricla

Está situada en el Alto de la Perdiz, en el término municipal de Ricla. Conocida de antiguo por los vecinos de la zona, fue visitada en julio de 1902 por el jesuita Longinos Navás, quien la describió y realizó la primera topografía (NAVÁS, 1903; MIRET, 1995). La descripción más completa y reciente de esta cavidad se encuentra en GISBERT y PASTOR (2009: 414-417). Hoy la cueva, de acceso restringido, es un Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) por la existencia de murciélagos. La presencia de espeleotemas, con cristales relativamente grandes, ha dado nombre a la cavidad, donde evidentemente no hay mármol propiamente dicho. En algún momento, la cavidad fue transformada en cantera y la entrada inicial se modificó artificialmente para mejorar el acceso a una primera sala, que recibe algo de luz natural. En esta (fig. 11, arriba, izquierda) se encuentran una decena de grandes sillares de concreción de tamaño métrico. De la sala mencionada, se desciende en rampa hacia dos galerías. En el talud oeste, con cierta pendiente, se localizan algunos sillares más modestos, tal vez rodados (fig. 11, arriba, derecha). Alguno de ellos presenta numeración en la pintura (fig. 11, centro, izquierda). En el fondo de esta galería hay una acumulación de arcilla de descalcificación y se observan



Fig. 11. Sima del Mármol de Ricla. Arriba, izquierda: sillares en la sala central. Arriba, derecha: pequeños sillares en la sala oeste. Centro, izquierda: sillar numerado en la rampa de acceso a la sala oeste. Centro, derecha: sillar partido en la sala. Abajo, izquierda: frente de la cantera en la sala este con diversas rozas de cortafríos. Abajo, derecha: espeleotema parietal sin cantar en la sala este.

restos de talla de una caliza micrítica oscura. Como se verá más adelante, en esta galería hay alguna evidencia de que se han extraído artificialmente espeleotemas en esta zona.

Por el contrario, desde la sala central se desciende con mayor suavidad a la galería este por una rampa entre dos paredes de piedra seca, básicamente fragmentos de espeleotemas, para acceder a una primera sala con algún bloque fracturado (fig. 11, centro, derecha). Hacia el norte de la sala está la zona de extracción, donde se observan entalladuras de extracción, aparentemente por puntero (fig. 11, abajo, izquierda). Una gran estalagmita central muestra una acanaladura artificial en su lado norte. Por el contrario, la pared sur no parece haber sido trabajada (fig. 11, abajo, derecha).

Se plantean dos preguntas sobre para qué y cuándo se extrajeron los espeleotemas. Las dimensiones de los sillares, algunos con acabado a puntero y



Fig. 12. Sima del Mármol de Ricla. Galería oeste.
Recorte de costra estalagmítica sobre roca.



Fig. 13. Muestra de concreción de la Sima del Mármol de Ricla.
Cristales del orden de los 0,5 centímetros.

numerados, sugieren un uso en construcción, tal vez para un edificio monumental. Sin embargo, como muestran los bloques rotos, se trata de una piedra blanda, con probable baja resistencia a la compresión. El calatorense Pedro Anía, escultor e hijo de cantero, que visitó la sima con su padre, considera que la piedra en cuestión solo es utilizable con fines ornamentales menores.

NAVÁS (1903), conocido entomólogo y minucioso descriptor, no menciona las actividades de cantería en su visita. Desde luego, la entrada artificial se ha realizado mediante dinamita y alguna huella de extracción parece reciente. Esto sugiere una fase de cantería en la primera mitad del siglo XX. Sin embargo, es posible que hubiera una extracción más antigua como el recorte de la costra estalagmítica (fig. 12). Es evidente que la extracción de piedra en esta cavidad pudiera necesitar un estudio más detallado.

Se tomaron muestras (fig. 13) de un resto de sillar, hoy en la valla de la cavidad para su análisis mediante rayos X, y se ha determinado su densidad mediante un picnómetro. Los trozos más impuros y amorfos daban una densidad de $2,54 \text{ t/m}^3$, y los trozos más cristalinos, de $2,83 \text{ t/m}^3$. Son valores del orden admitido para la calcita.

Cueva del Gato (Épila)

Situada en el término municipal de Épila, en la sierra de Monegré, ladera sur del Cabezo del Gato, se encuentra cercana al santuario de la Virgen de Rodanas y a las minas de la Esperanza. Conocida y visitada de antiguo, ya listada en el siglo XIX, la cueva fue topografiada en 1972 por el Grupo de Espeleología Martel de Zaragoza. La descripción más completa se encuentra en GISBERT y PASTOR (2009: 390-394). Consta de dos salas unidas. La más elevada es una dolina de hundimiento. Desde ella se descende, a través de una rampa, a una segunda sala. A esta se accede hoy por una corta galería artificial.

La cavidad, accesible de antiguo con alguna dificultad, fue habitada originalmente a través del hundimiento de la bóveda. Un camino de acceso hasta esta boca sugiere la extracción de sillares por la misma y el uso de la cavidad como cantera de trabajos forzados. En algún momento de la primera mitad del siglo XX se abrió una nueva boca, aparentemente para extraer sillares y otro material calcáreo, actividad que se prolongó hasta la década de 1960 (GISBERT y PASTOR, 2009: 391). Hoy quedan unos treinta sillares tallados en la roca en la cavidad (figs. 14a y b). Algún sillar está numerado con pintura (fig. 14c). La sala superior muestra huellas de extracción en la costra espeleotémica de las paredes norte y oeste de la sala superior (fig. 14d), donde se observan huellas de barrones y alguna entalladura, tal vez para cuñas (fig. 14e). En la sala inferior, con su fácil salida artificial, se observa que la extracción de piedra se realizó de forma más agresiva, y quedan algunos bloques irregulares masivos de espeleotemas arrancados por voladura (fig. 14f). Es posible que el material fragmentado se utilizara para terrazo o para fabricar cal, por calcinación, para la azucarera de Épila, cerrada en 1968. Hay constancia de una autorización para usar pólvora a la Sociedad Mármoles de Épila, en 1937 (ES/AHPZ – A/008794/0108). Además, hay canteras recientes al aire libre junto a la cueva del Gato.

Cuevas de Sillares I y II

Son dos cuevas contiguas, situadas muy cerca de la cueva del Gato. Como en los casos anteriores, la descripción más completa se encuentra en GISBERT y PASTOR (2009: 381-385). Además, Sillares II ha sido objeto de estudio arqueológico por BLASCO y RODANÉS (2011).



Fig. 14. Sima del Gato. *a)* Vista general de la sala superior; *b)* sillares en la rampa entre salas; *c)* sillar numerado; *d)* marcas de extracción en concreción, en la sala superior; *e)* posible entalle para cuña de grandes dimensiones en la sala superior; *f)* bloque cortado de espeleotema en la sala inferior.



Fig. 15. Cueva de Sillares. Arriba, izquierda: sillares acabados. Arriba, derecha: huellas de cuñas en un bloque de Sillares I. Abajo, izquierda: marca tallada en Sillares II. Abajo, derecha: sillares al pie de la ladera.

En Sillares I se encuentran aproximadamente sesenta sillares tallados a puntero y algunos bloques de dimensiones métricas de caliza de la cavidad (fig. 15, arriba, izquierda). Algunos de ellos también presentan un número pintado. En un sillar del fondo se ven huecos para cuñas, para cortar un bloque (fig. 15, arriba, derecha). Aparentemente se han tallado de un estrato quizás parcialmente despegado del techo.

En la cueva de Sillares II no parece haberse extraído piedra, aunque BLASCO y RODANÉS (2011) sospechan que se realizó algún tipo de sondeo a partir de la visita de José Bueno, un antiguo cantero. Se ha observado una marca realizada con un útil en una de las paredes de la cavidad (fig. 15,

abajo, izquierda). Como el utillaje de cantería prácticamente no se ha modificado desde el mundo clásico grecorromano hasta épocas muy recientes, es difícil asignar una edad. Basta con ver las herramientas que se presentan en LASTANOSA (ca. 1570: 17, 252v).

Por último, hay que indicar que en la ladera, al pie de la cavidad, hay media docena de sillares rodados (fig. 15, abajo, derecha). Sugieren un inicio de transporte, inacabado por razón hoy desconocida.

MINERALOGÍA DE LAS CONCRECIONES

Para caracterizar este material se tomaron tres muestras de concreción —Peña Ruaba, ermita de Sis y mármol de Ricla—, que se han analizado en un difractómetro de polvo Bruker D8 Advance (Billerica, Massachusetts, Estados Unidos) en configuración Bragg-Brentano θ - 2θ , trabajando con radiación de rayos X Cu $K\alpha 1$ ($\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$) y con detector PSD Lynx-eye.

Los difractogramas se presentan en las figuras 16 a 18. En los tres casos, las gráficas son muy similares y queda patente que se trata de calcita de alta

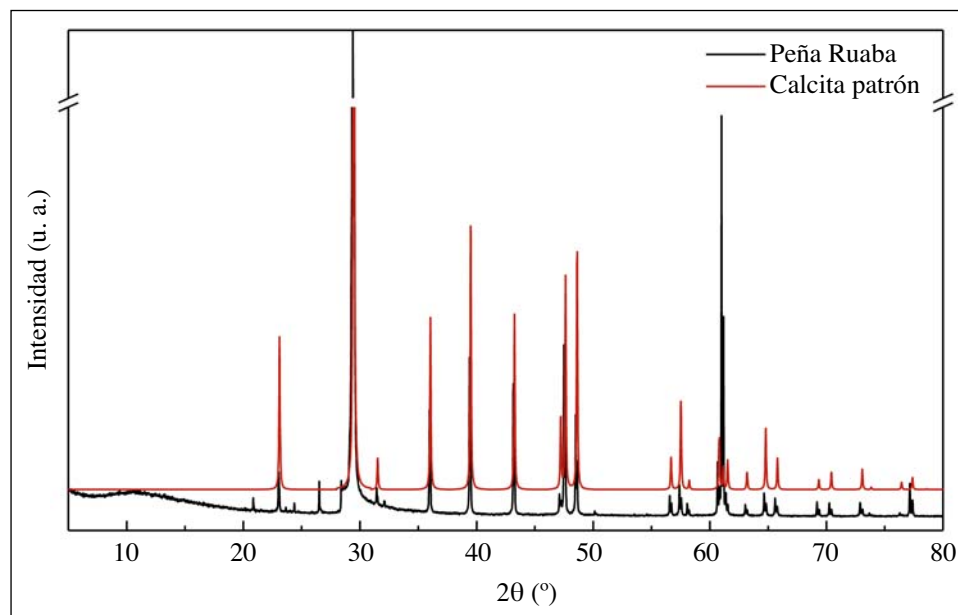


Fig. 16. Difractograma de rayos X de la muestra de Peña Ruaba.

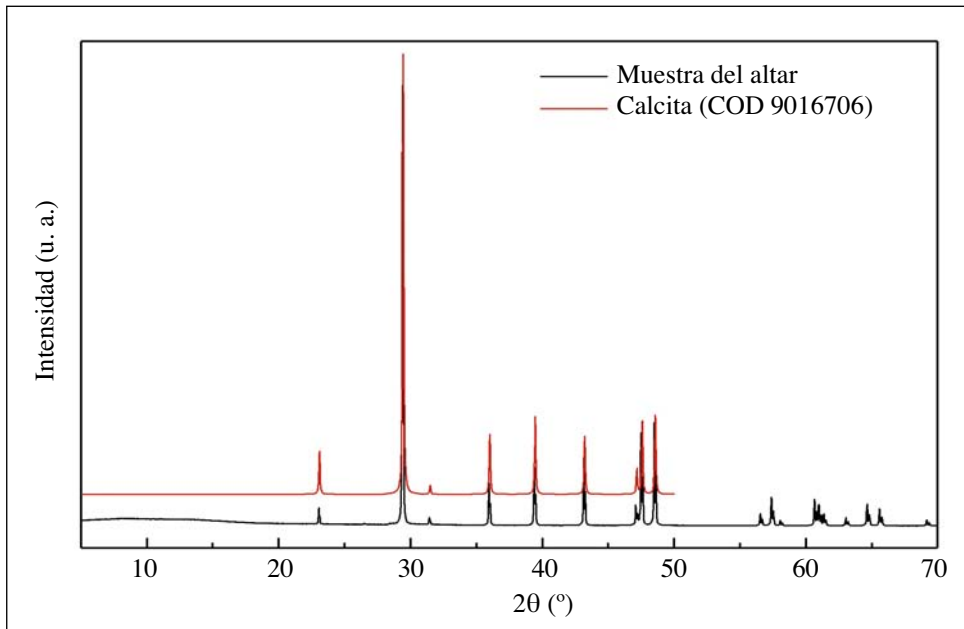


Fig. 17. Difractograma de rayos X de la muestra del altar de la ermita de la Virgen de Sis.

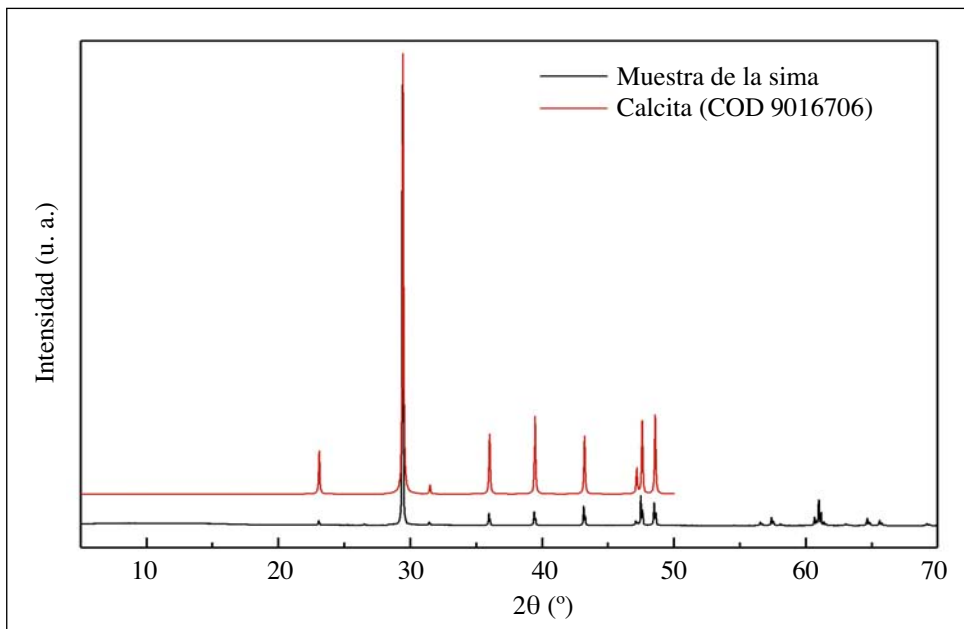


Fig. 18. Difractograma de rayos X de la muestra de la Sima del Mármol (Ricla).

pureza, prácticamente equivalente al patrón de referencia. El resultado es coherente con la recristalización y el enriquecimiento en calcita que generan los espeleotemas de los procesos kársticos.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El artículo se ha centrado en algunos ejemplos de utilización de espeleotemas de calcita, en Huesca y en Zaragoza, para la construcción. Hasta ahora en el Alto Aragón este material no parece haberse referenciado. Resulta sugerente su presencia en la piedra superior del altar de la ermita de Sis, quizás escogida por su parecido con el mármol.

En la cordillera Ibérica, es evidente por las marcas de cantería que costros estalagmíticas fueron extraídas en la Sima del Mármol de Riela y en la cueva del Gato de Épila. Desde luego, en la primera se tallaron sillares de espeleotemas de tamaño métrico. Se ignora para qué se usaron, aunque en opinión del experto citado parece que la piedra en cuestión solo es utilizable con fines ornamentales menores. No se ha localizado uso de esta piedra en la ermita de Rodanas, en la torre de La Mareca y en la iglesia de Nuestra Señora de la Asunción de La Almunia de Doña Godina. En estas, ciertos elementos de prestigio están realizados en alabastro y en piedra de Calatorao.

De forma inversa, es posible que hubiera alguna pieza realizada en espeleotemas que se confunda con alabastro, *sensu stricto*. Hay que señalar que los espeleotemas se han utilizado en el Mediterráneo oriental como material ornamental, habiendo recibido los nombres de *alabastro calcítico*, *travertino* o *egiptian alabaster*. El alabastro egipcio aparece en filones como reprecipitación de calcita dentro de calizas karstificadas del Eoceno (KLEMM y KLEMM, 2001 y 2008). También, en algunos casos, ha sido explotado dentro de cavidades (FRUMKIN y cols., 2014). Existe constancia de la amplia utilización del alabastro calcítico en el Egipto faraónico, desde vasijas y sarcófagos hasta estatuas colosales; así como en época romana, en diversos elementos constructivos hallados en Italia, en el norte de África, en la actual Turquía y en Egipto (LAZZARINI y cols., 2012).

En las cuevas de Épila queda clara la extracción de espeleotemas, pero los sillares que se encuentran en ellas no son de este tipo de piedra. Es interesante la existencia de estas canteras, que no pueden calificarse

estrictamente como canteras subterráneas sino como canteras en cueva, posiblemente para combatir las inclemencias del tiempo.

De forma complementaria hay que reseñar la utilización de las canteras de Épila ya citadas en *Los XXI libros del Pseudojuanelo* (LASTANOSA, ca. 1570). Es sabido que piedra de esta localidad se usó en la casa del conde de Morata (Audiencia Provincial de Zaragoza) por parte del cantero Juan de Vidaina, vecino de Épila (GÓMEZ URDÁÑEZ, 1985: 54). También hay información de que se cortó piedra de esta localidad durante el siglo XIX, incluso por penados, para el puente de Piedra (Archivo de Zaragoza, ES 50297. AM-000499 y 000918).

Como tantas veces, parece evidente que diversos temas que aparecen en el presente artículo merecen un análisis más específico.

AGRADECIMIENTOS

En este trabajo han participado muchas personas, a las que agradecemos su esfuerzo. Con Anabel Moreno y Enrique Salamero se realizó la visita al tozal de Nasarre. A través del programa *Paso a Paso* del Club Peña Guara, se accedió a la ermita de Sis. Con Rafael Larma y José Luis Villarroel se realizó un primer intento de visita a la Sima del Mármol de Ricla. Mario Gisbert, coautor con Marcos Pastor de un imprescindible libro sobre las cuevas zaragozanas, señaló las cuevas con sillares de Épila. José María Rodanés, de la Universidad de Zaragoza, nos documentó sobre sus excavaciones en la cueva de Sillares II. Ha sido muy interesante profundizar en la temática de las canteras de la Ibérica. El APN José María Soriano nos acompañó a la Sima del Mármol de Ricla. Con su colega Roberto del Val, cuya ayuda ha sido inestimable, recorrimos las cuevas con sillares de Épila. Como era evidente y necesario, mucha de la información sobre las canteras subterráneas ha salido de Calatorao, por la amable colaboración de Fernando López Morfioli, del cantero José Luis Fondón (CIM) y, sobre todo, del escultor Pedro Anía, hijo de cantero, hoy residente en San Lorenzo del Flumen. De Épila también nos han auxiliado Alfonso Bueno, también hijo de cantero, y sobre todo los arquitectos técnicos Alfredo Ruiz y su hija Irene, esta última hoy en el Politécnico de Turín. Irene Ruiz, el arquitecto Javier Borobio y Javier Rey, técnico de Patrimonio del Gobierno de Aragón,

nos han asistido en la búsqueda de usos de esta piedra en Zaragoza. Por último, Manuel González Ríos, del Museo Andaluz de la Espeleología, aportó parte de la bibliografía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLASCO, M.^a F., y J. M.^a RODANÉS (2011). *Excavaciones en la cueva del Gato 2 (Épila, Zaragoza). Campaña 2011*. Informe inédito. 6 pp.
- CUCHÍ, J. A., C. GARCÉS, J. L. VILLARROEL, R. LARMA y J. ANGULO (2012). Vincencio Juan de Lastanosa y Lorenzo Agüesca: protoespeleólogos del siglo XVII en el Alto Aragón. En J. J. Durán y P. A. Robledo (eds.), *Las cuevas turísticas como activos económicos: conservación e innovación*: 287-298. Asociación de Cuevas Turísticas Españolas. Madrid.
- CUCHÍ, J. A., J. L. VILLARROEL, R. DOMINGO, L. MONTES y C. OLIVÁN (2013). El edificio tobáceo de Isarre (Santolaria la Mayor, Huesca). *Lucas Mallada*, 15: 85-97.
- FRUMKIN, A., M. BAR-MATTHEWS, U. DAVIDOVICH, B. LANGFORD, M. ULLMAN y B. ZIS-SU (2014). In-situ dating of ancient quarries and the source of flowstone ('calcite-alabaster') artifacts in the southern Levant. *Journal of Archaeological Science*, 41: 749-758.
- GISBERT, M., y M. PASTOR (2009). *Cuevas y simas de la provincia de Zaragoza*. Centro de Espeleología de Aragón. Zaragoza. 480 pp.
- GÓMEZ URDÁÑEZ, C. (1985). Fundamentos de la omnipresencia del ladrillo en la arquitectura zaragozana del siglo XVI o los problemas del uso de la piedra en la construcción. *Artigrama*, 2: 47-56.
- KLEMM, D. D., y R. KLEMM (2001). The building stones of ancient Egypt –a gift of its geology. *Journal of African Earth Sciences*, 33 (3-4): 631-642.
- KLEMM, R., y D. D. KLEMM (2008). *Stone and stone quarries in Ancient Egypt*. British Museum Publications Ltd. Londres. 354 pp.
- LASTANOSA, P. J. (ca. 1570). *Los veinte y un libros de los ingenios y máquinas de Juanelo, los cuales me mandó escribir y demostrar el Chatólico Rei D. Felipe Segundo Rey de las Españas y nuevo mundo*. Manuscrito. Biblioteca Nacional de Madrid, ms. 3372/3376.
- LAZZARINI, L., D. VISONÀ, M. GIAMELLO e I. VILLA (2012). Archaeometric characterisation of one Tunisian and two Italian calcareous alabasters used in antiquity. En *Proceedings of the IX ASMOSIA, International Conference of the Association for the Study of Marbles and Other Stones in Antiquity*: 436-444. Tarragona.
- MIRET, F. (1995). Lucas Mallada y Longinos Navás (precursores en el siglo XIX). *Boletín del Museo Andaluz de la Espeleología*, 9: 25-31.
- MONTES, L., y M. MARTÍNEZ-BEA (2006). El yacimiento campaniforme de cueva Dróllica. *Saldvie*, 6: 297-316.

- MONTES, L., R. DOMINGO, M. SEBASTIÁN y P. LANÁU (2016a). ¿Construyendo un paisaje? Megalitos, arte esquemático y cabañeras en el Pirineo central. *Arqueología y Prehistoria del Interior Peninsular*, 4: 248-263.
- MONTES, L., M. MARTÍNEZ-BEA, R. DOMINGO, P. SÁNCHEZ, M. ALCOLEA y M. SEBASTIÁN (2016b). La gestión prehistórica de un territorio en la montaña prepirenaica: Tierra Bucho (Huesca, España). *Munibe Antropologia-Arkeologia*, 67: 349-362.
- NAVÁS, L. (1903). La cueva de la Sima de Ricla (Zaragoza). *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, 3: 62-65.
- POCOVÍ, Á., H. MILLÁN, J. J. NAVARRO, M.^a B. MARTÍNEZ PEÑA, J. A. CUCHÍ y J. MALAGÓN (1990). La Chasa de Rodellar desde el punto de vista de la Geología Estructural. *Lucas Mallada*, 2: 199-219.
- RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1986). *Geomorfología de las Sierras Exteriores oscenses y su piedemonte*. IEA (Colección de Estudios Altoaragoneses, 4). Huesca. 493 pp.