

Primeros resultados de monitorización de la Cueva de El Recuenco (Ejulve, Teruel)

First monitoring results in the El Recuenco Cave (Ejulve, Teruel)

Carlos Pérez-Mejías^{1,2}, Carlos Sancho², Ana Moreno¹, Miguel Bartolomé^{1,2}, Belén Oliva-Urcia^{1,3}, Antonio Delgado-Huertas⁴, Isabel Cacho⁵, Luis Auqué² y María Cinta Osácar²

¹ Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Avda. Montañana 1005, 50059 Zaragoza, España. cperez@ipe.csic.es, amoreno@ipe.csic.es, mbart@ipe.csic.es, boliva@ipe.csic.es

² Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza, España. csancho@unizar.es, lauque@unizar.es, cinta@unizar.es

³ Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid, Ciudad Universitaria de Cantoblanco, 28049 Madrid, España

⁴ Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-Univ. Granada), Avda. de Las Palmeras nº 4, 18100. Armilla, Granada, España. antoniodelgado@ugr.es

⁵ GRC Geociencias Marinas, Universidad de Barcelona, Martí i Franquès, s/n, 08028 Barcelona, España icacho@ub.edu

ABSTRACT

El Recuenco Cave (Ejulve, Teruel, NE Spain) is developed with a complex topography in Upper Cretaceous dolomitic limestones. A monitoring survey is in progress in the cave (covering now the 1st semester of 2013) in order to know the isotopic path from rainfall to dripwater and in-situ farmed calcite. Rainfall results show that $\delta^{18}O$ values reveal a clear seasonality (-12,73‰ V-SMOW in winter, -8,94‰ V-SMOW in spring). Dripwater values are mainly influenced by homogenization processes in the epikarst and also reveals seasonality in $\delta^{18}O$ values (-10,9‰ V-SMOW in winter, -9,8‰ V-SMOW in spring). Finally, isotopic values of in-situ farmed calcite confirm this seasonality pattern (in $\delta^{18}O$ values, -8,17‰ PDB in winter, -8,11‰ PDB in spring; also in $\delta^{13}C$ values, -9,84‰ PDB in winter, -9,68‰ PDB in spring). Nonetheless, new monitoring tasks are needed to confirm this preliminary pattern. These conclusions will help to better interpret of speleothem records in this cave for paleoclimatic reconstructions.

Key-words: Rainfall-dripwater-in situ farmed calcite, isotopic path, El Recuenco Cave, Teruel.

RESUMEN

La cueva de El Recuenco (Ejulve, Teruel) presenta una topografía compleja desarrollada en calizas dolomíticas del Cretácico superior. En ella se ha efectuado un seguimiento instrumental del desarrollo espeleotémico actual (primer semestre de 2013) de cara a evaluar el recorrido isotópico desde el agua de lluvia, pasando por el goteo interno hasta el carbonato precipitado. Los resultados del agua de lluvia evidencian que el $\delta^{18}O$ muestra una clara estacionalidad (-12,73‰ V-SMOW en invierno, -8,94‰ V-SMOW en primavera). Los valores isotópicos del goteo se encuentran controlados por la homogeneización producida en el epikarst, mostrando de nuevo cierta estacionalidad en $\delta^{18}O$ (-10,9‰ V-SMOW en invierno, -9,8‰ V-SMOW en primavera). Finalmente, la señal isotópica del carbonato resultante confirma este patrón de estacionalidad (en $\delta^{18}O$, -8,17‰ PDB en invierno, -8,11‰ PDB en primavera; en $\delta^{13}C$, -9,84‰ PDB en invierno, -9,68‰ PDB en primavera). No obstante, es necesario ampliar el seguimiento temporal para confirmar este patrón estacional preliminar. Estas consideraciones ayudarán a una mejor interpretación de los registros espeleotémicos en esta cueva de cara a realizar reconstrucciones paleoclimáticas.

Palabras clave: Lluvia-goteo-carbonato precipitado, recorrido isotópico, Cueva de El Recuenco, Teruel.

Geogaceta, 56 (2014), 63-66.
 ISSN (versión impresa): 0213-683X
 ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 31 de enero de 2014
 Fecha de revisión: 31 de abril de 2014
 Fecha de aceptación: 30 de mayo de 2014

Introducción

Los estudios paleoclimáticos a partir de espeleotemas presentan ciertas limitaciones debido a las diferentes respuestas de las cuevas a las condiciones climáticas regionales. El análisis de las relaciones isotópicas existentes entre la lluvia, el agua de goteo y el carbonato precipitado, y de las variables ambientales de la cueva aportan informa-

ción de interés para la interpretación paleoclimática de datos geoquímicos procedentes de espeleotemas (Baldini *et al.*, 2008; Matthey *et al.*, 2008; Johnston *et al.*, 2013).

Este estudio presenta datos preliminares derivados del seguimiento temporal, fundamentalmente isotópico, de las precipitaciones regionales, el goteo y la precipitación actual de carbonato en la Cueva de El Recuenco (Teruel).

Área de estudio

La Cueva de El Recuenco se encuentra al suroeste de la localidad de Ejulve (provincia de Teruel) (Fig. 1A). Esta región presenta un clima mediterráneo templado con inviernos fríos y veranos cálidos. Los suelos poco desarrollados sustentan una vegetación que se encuadra en el piso mediterráneo. Geológicamente, el área de estudio

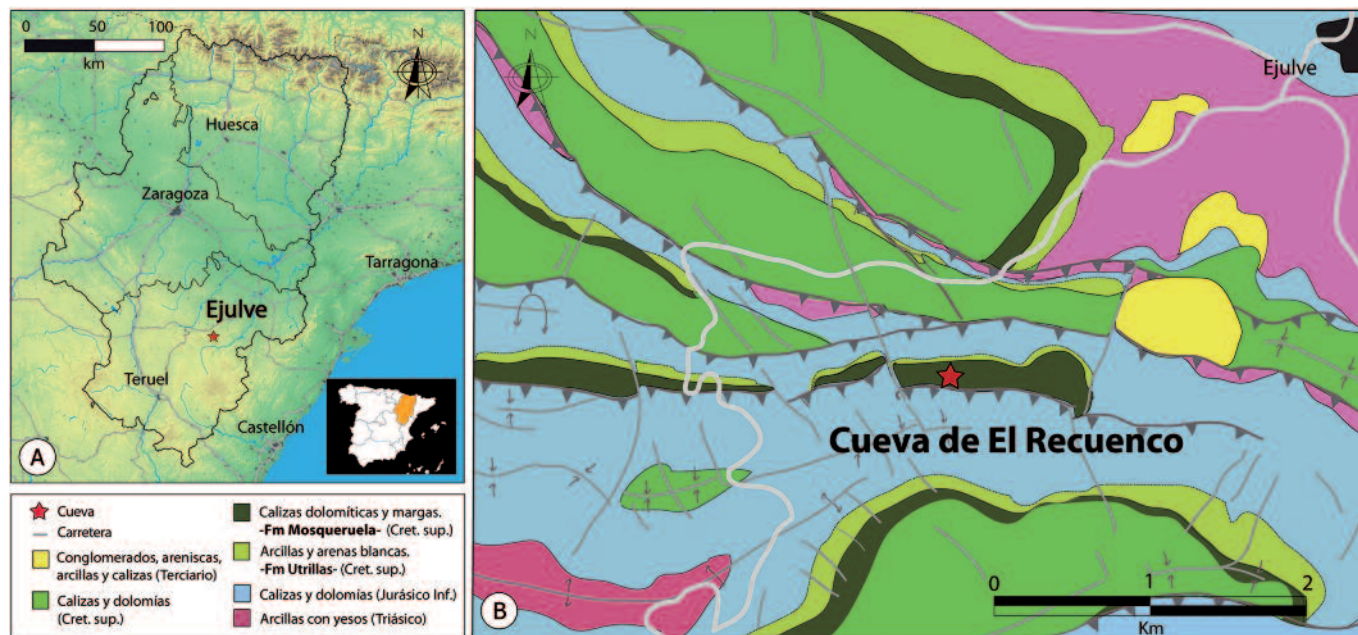


Fig. 1.- A: Localización geográfica del ámbito de estudio. B: Cartografía geológica esquemática del entorno de la Cueva de El Recuenco (figura en color en la web).
 Fig. 1.- A: Location of the study area. B: Schematic geological cartography of the surroundings of El Recuenco Cave (colour figure on the web).

pertenece a la unidad del Maestrazgo dentro de la Cordillera Ibérica. En este sector aflora una cobertera mesozoica adelgazada afectada por el sistema de cabalgamientos de Portalrubio-Vandellós (Guimerà, 1988; Liesa, 1998). La cavidad estudiada se desarrolla en calizas dolomíticas de la Fm Mosqueruela (Canérot, 1982) de edad Cenomaniense (Cretácico Superior) (Fig.1B). En el entorno de la cueva, esta unidad presenta hasta 90 m de potencia con una disposición 080/65° S. La entrada a la cueva se sitúa a 1.240 m de altitud. La cavidad presenta un recorrido total de 794 m y un desnivel de 55 m, y su geometría está controlada por la red de fracturas existente (NO-SE y NE-SO).

Método de trabajo

Este estudio presenta los datos de seguimiento y caracterización durante el primer semestre de 2013 de: a) los eventos de lluvia (distribución de las precipitaciones y composición isotópica) en la estación meteorológica del Embalse de Gallipué (www.chebro.es) localizada 15 km al NE de Ejulve, b) las variables ambientales del interior de la cavidad (temperatura y humedad relativa) mediante sensores de registro continuo y mediciones puntuales de la concentración de CO₂, c) el goteo (tasa, hidroquímica –midiendo in situ pH, temperatura y conductividad eléctrica en los goteos 2 y 7 (Fig.2)– y composición isotópica) en dife-

rentes puntos con muestreo mensual y d) el carbonato precipitado sobre soportes artificiales de vidrio (tasa y composición mineralógica e isotópica) muestreado trimestralmente (Fig.2).

Los análisis isotópicos de agua de lluvia y goteo ($\delta^{18}O$, δD ‰ V-SMOW y $\delta^{13}C$ de las especies de carbono inorgánicas o DIC ‰ PDB) se han realizado en el IACT-CSIC de Granada mediante un espectrómetro de masas Finnigan™ Delta Plus XL, con errores analíticos de $\pm 0,1\%$ en $\delta^{18}O$, $\pm 1\%$ en δD y $\pm 0,2\%$ en $\delta^{13}C$ del DIC. Las determinaciones hidroquímicas convencionales del agua de goteo se han efectuado en el IPE-CSIC y con ellas se han realizado cálculos de especiación-solubilidad mediante el código PHREEQC (Parkhurst y Appelo, 1999). La mineralogía del precipitado carbonático se ha determinado con un Difractómetro Philips PW-1729 en la Universidad de Zaragoza. Por último, la caracterización isotópica del carbonato ($\delta^{18}O$ y $\delta^{13}C$ ‰ V-PDB) se ha llevado a cabo con un espectrómetro de masas Thermo Finnigan™ MAT-252 en la Universidad de Barcelona.

Resultados

Parámetros ambientales

La cueva presenta una temperatura media de 11,13°C (0,01σ) y humedad relativa del 100% durante el periodo estudiado. Por otro

lado, la concentración de CO₂ osciló entre 461 y 750 ppm, siendo más elevada en las zonas más internas (punto D, Fig.2) y en primavera, cuando la ventilación es menos intensa.

Agua de lluvia y de goteo

En el período estudiado, los meses más lluviosos son marzo y mayo (Fig.3) traduciendo en mayores tasas de goteo en las zonas de la cueva que ofrecen una respuesta más intensa a la cantidad de lluvia exterior. Los análisis químicos del agua de goteo (Tabla I) indican que se trata de aguas bicarbonatadas cálcicas con algo de Mg²⁺ y SO₄⁼. El índice de saturación de las muestras respecto a la calcita apunta hacia la posible precipitación de esta fase durante los meses de marzo y junio (Tabla II). No obstante, la marcada tendencia a la desgasificación en estos goteos (pCO₂ mayor que la atmosférica) permitiría la formación de calcita durante otros periodos.

mmol/L	Alc.	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
EJ-2 Enero	3,700	0,051	0,128	0,032	0,000	1,985	0,362
EJ-2 Marzo	3,640	0,037	0,113	0,015	0,000	1,929	0,319
EJ-7 Marzo	3,480	0,074	0,177	0,059	0,000	2,226	0,264
EJ-2 Mayo	3,368	0,030	0,115	0,009	0,000	1,775	0,318
EJ-7 Mayo	3,760	0,067	0,174	0,045	0,000	2,148	0,251
EJ-2 Junio	3,120	0,029	0,111	0,027	0,000	1,565	0,314
EJ-7 Junio	3,500	0,073	0,185	0,064	0,000	1,377	0,408

Tabla I.- Datos químicos del goteo.
 Table. I.- Dripwater chemical data.

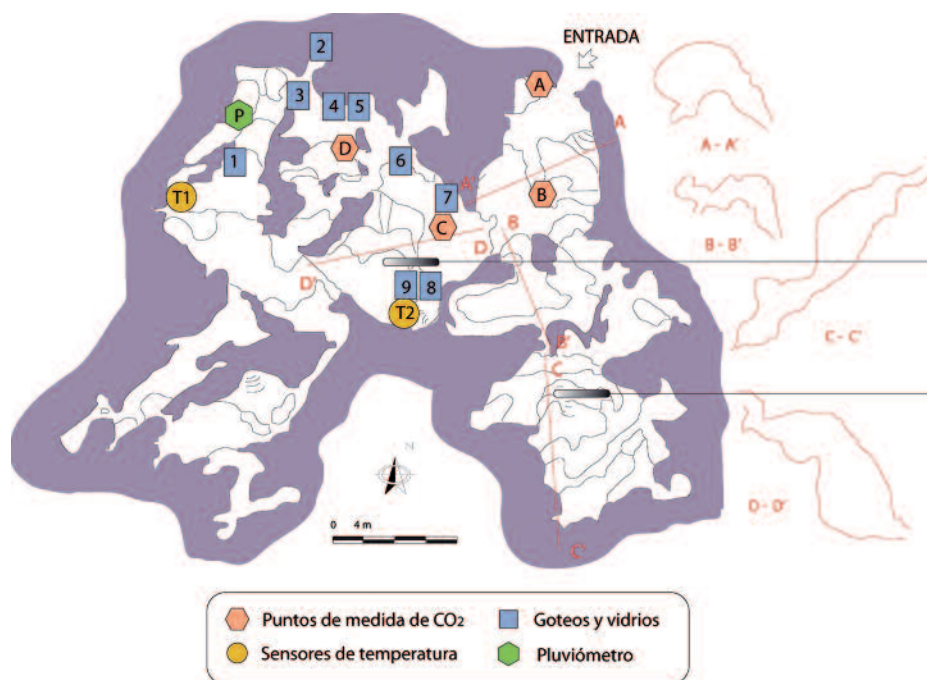


Fig. 2.- Vista en planta de la Cueva de El Recuenco y ubicación de las zonas de seguimiento y control de parámetros en el interior de la cueva.

Fig.2.- Plan view of the El Recuenco Cave and location of monitoring sensors and stations for dripwater measurements and in-situ formed calcite.

	pH	temp.	IS Calcita	IS Aragonito	IS Dolomita	log pCO ₂ (g)
EJ-2 enero	6,84	11,8	-0,54	-0,70	-1,89	-1,57
EJ-2 marzo	7,55	11,6	0,14	-0,01	-0,56	-2,29
EJ-7 marzo	7,9	11,1	0,52	0,36	0,03	-2,67
EJ-2 mayo	7,37	12,8	-0,08	-0,23	-0,95	-2,14
EJ-7 mayo	7,39	11,7	0,04	-0,11	-0,92	-2,12
EJ-2 junio	7,92	11,9	0,37	0,22	-0,02	-2,73
EJ-7 junio	7,83	13	0,29	0,13	0,00	-2,58

Tabla II.- pH, temperatura e índices de saturación.

Table II.- pH, temperature and saturation index.

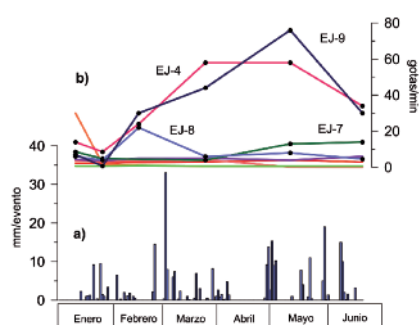


Fig. 3.- a) Cantidad de precipitación recogida en Gallipuéen. b) Tasas de goteo.

Fig.3. - a) Rainfall in Gallipuéen. b) Drip rates.

Los valores isotópicos del agua de lluvia para el período muestreado son muy variables (Fig.4), entre -3,8 y -20,5‰ para δ¹⁸O, y entre -25,3 y -139,2‰ para δD. En cuanto al agua de goteo, los valores isotópicos varían entre -8,85 y -11,62‰ para δ¹⁸O y entre -62,51 y -74,48‰ para δD.

Finalmente, el δ¹³C del DIC registra valores entre -8,5 y -10‰ en primavera, y entre -11 y -13,5‰ en invierno.

Carbonato precipitado

La cantidad de carbonato precipitado en los soportes artificiales (vidrios) situados en diferentes puntos de la cavidad es muy variable, registrando mayores cantidades v5 (4,126 mg/cm²), v6 (2,094 mg/cm²) y v7 (8,094 mg/cm²). Los análisis de DRX del precipitado acumulado en primavera (v1 y v7), indican la presencia casi exclusiva de calcita, si bien en v7 se han identificado también trazas de dolomita de origen incierto. Los valores isotópicos del carbonato varían entre -7.5 y -8,8‰ para δ¹⁸O y entre -8.6 y -10,2‰ para δ¹³C (Fig.5).

Discusión

A partir de los resultados obtenidos se pueden destacar dos aspectos relativos al desarrollo espeleotémico actual en la Cueva de El Recuenco. Por un lado, el recorrido isotópico del agua desde que se infiltra en el terreno hasta que llega al precipitado carbonático. Por otro, la estacionalidad de la señal isotópica a lo largo del recorrido.

Recorrido isotópico

El seguimiento de la señal isotópica desde la lluvia exterior, al goteo interno y el precipitado carbonático permite establecer una aproximación a la relación existente entre condiciones ambientales y registros espeleotémicos (Lachniet y Patterson, 2009). Los valores isotópicos del agua de lluvia muestran grandes variaciones debidas probablemente al origen y tipo de las precipitaciones. Se obtiene así una línea meteórica local próxima a la del Mediterráneo Occidental (Celle-Jeanton *et al.*, 2001) (Fig.4). En cambio la composición isotópica del agua de goteo presenta poca variabilidad, debido al papel del epikarst como elemento amortiguador y homogeneizador (Mattey *et al.*, 2008).

La interpretación de la composición isotópica del carbonato precipitado resulta compleja. En general, la temperatura, la tasa de goteo, la pCO₂ y el grado de sobresaturación de las aguas son factores importantes que controlan el fraccionamiento isotópico (Johnston *et al.*, 2013). En la Cueva de El Recuenco, la estacionalidad en el agua de infiltración y la tasa de goteo condicionan la variación de los valores de δ¹⁸O y δ¹³C de la calcita, observándose un enriquecimiento en δ¹⁸O con lluvias de primavera (Fig.5). Sin embargo, se requiere un seguimiento temporal mayor para comprender estas variaciones.

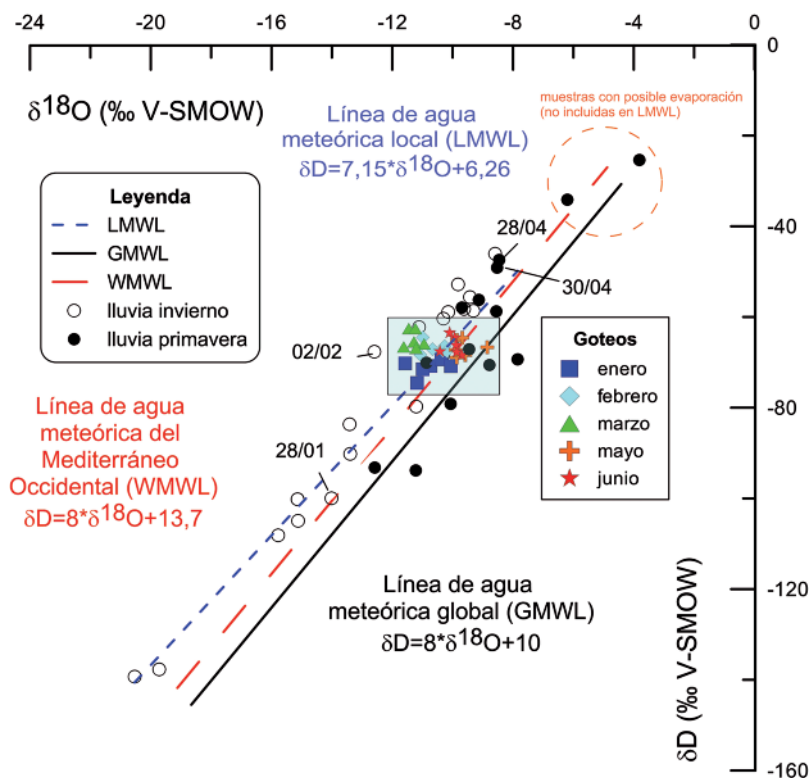


Fig. 4.- Valores de $\delta^{18}O$ y δD de agua de lluvia y agua de goteo.

Fig. 4.- $\delta^{18}O$ and δD values of dripwater and rainfall.

Estacionalidad

Además de las relaciones generales existentes en el recorrido isotópico se observa también que la señal isotópica presenta un claro comportamiento estacional. Esta estacionalidad resulta determinante en la interpretación de la laminación interna de muchos registros estalagmíticos (Muñoz et al., 2009).

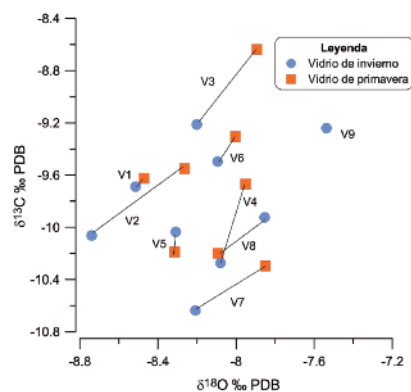


Fig. 5.- Valores isotópicos del carbonato recogido en los vidrios.

Fig. 5.- Isotopic values of in-situ formed carbonate.

Respecto al agua de lluvia, se observa un aumento en los valores de $\delta^{18}O$ y δD , de invierno (-12,73‰ y -81,61‰ en $\delta^{18}O$)

a primavera (-8,94‰ y -62,27‰), ligado al aumento de temperaturas y, probablemente, a fuentes de precipitación con señal isotópica más pesada. Los valores del agua de goteo también muestran estacionalidad, derivada de la señal de la lluvia y del tiempo de residencia en el epikarst, con valores más pesados de $\delta^{18}O$ en primavera (-9,8‰) respecto a invierno (-10,9‰). Además, el promedio de valores de $\delta^{13}C$ del DIC en los meses de enero (-12,58‰) y mayo (-9,74‰) en los diferentes goteos reflejan valores más pesados en mayo, acorde con un período menos lluvioso, mayor residencia del agua en el epikarst y, probablemente, mayor tiempo de interacción con la roca dolomítica. La precipitación de carbonato también muestra un comportamiento estacional. Así, la tasa de acumulación de carbonato es mayor en primavera (2,23 mg/cm²) que en invierno (0,73 mg/cm²). Por otro lado, tanto los valores de $\delta^{18}O$ como de $\delta^{13}C$ de la calcita son más elevados en primavera (-8,11‰ y -9,68‰) que en invierno (-8,17‰ y -9,84‰) (Fig.5).

Conclusiones

El seguimiento y control de la dinámica espeleotémica actual en la Cueva de El Re-

cuenco ha permitido caracterizar el recorrido isotópico desde el agua de lluvia pasando por el goteo hasta el carbonato precipitado. Los valores de isótopos estables en lluvia, goteo y carbonato muestran un marcado carácter estacional, con valores isotópicamente más ligeros en invierno que en primavera, y una mayor tasa de precipitación de carbonato en primavera. Como consecuencia, la respuesta del crecimiento de los espeleotemas a la señal climática actual en la Cueva de El Recuenco, aporta datos de interés de cara a desarrollar investigaciones paleoclimáticas a partir del registro estalagmítico fósil en esta cavidad.

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución del proyecto CGL2009-10455/BTE, del Ministerio de Ciencia e Innovación y fondos FEDER, y del proyecto regional GA-LC-030/2011. Los autores agradecen la colaboración de los Ayuntamientos de Ejulve y Molinos, especialmente a Javier y Emilio en la recogida de muestras. Agradecen asimismo los comentarios aportados por Ana M. Alonso Zarza, Fernando Gázquez Sánchez y un revisor anónimo.

Referencias

Baldini, J., McDermott, F., Hoffmann, D., Richards, D. y Clipson, N. (2008). *Earth and Planetary Science Letters* 272, 118-129.
 Canérot, J. (1982). En: *El Cretácico de España*. Univ. Complutense, Madrid, 273-344
 Celle-Jeanton, H., Travi, Y. y Blavoux, B. (2001). *Geophysical Research Letters* 28, 1215-1218.
 Guimera, J. (1988). *Estudi estructural de l'enllaç entre la Serralada Ibérica i la Serralada Costanera Catalana*. Tesis Doctoral, Univ. de Barcelona, 600 p.
 Johnston, V., Borsato, A., Spötl, C., Frisia, S. y Miorandi, R. (2013). *Climate of the Past* 9, 99-118
 Lachniet, M. y Patterson, W. (2009). *Earth and Planetary Science Letters* 284, 435-446.
 Liesa, C. (1998). *Grupo de Estudios Masinos* 18, 9-37.
 Matthey, D., Lowry, D., Duffet, J., Fisher, R., Hodge, E. y Frisia, S. (2008). *Earth and Planetary Science Letters* 269, 80-95.
 Muñoz, A., Sen, A. y Sancho, A. (2009). *Journal of cave and karst studies* 71, 63-72
 Parkhurst, D.L. y Appelo, C.A. (1999). *U.S. Geological survey water-resources investigation report* 99-4259, 312.