

Dos registros de espeleotemas pleistocenos de gran potencia en la Península Ibérica: primeros resultados isotópicos

J.J. Durán⁽¹⁾, J. López-Martínez⁽²⁾ y M.A. Mancheño⁽³⁾

(1) Instituto Geológico y Minero de España. c/ Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid.
E-mail: jj.duran@igme.es

(2) Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.
Carretera de Colmenar Viejo, km 15. 28049 Madrid.
E-mail: jeronimo.lopez@uam.es

(3) Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología. Facultad de Químicas. Universidad de Murcia.
Campus de Espinardo. 30100 Murcia.

RESUMEN

El presente trabajo muestra el estudio isotópico comparado de dos potentes secuencias de espeleotemas de edad pleistocena. Dichas secuencias están situadas en sendas cavidades del sur (Cueva del Agua de Alfacar, Granada) y sureste (yacimiento paleontológico de Quibas, Murcia) de la Península Ibérica. La Cueva del Agua de Alfacar se desarrolla en dolomías triásicas alpujarride, y en su interior presenta una gran stalagmita de unos ocho metros de diámetro seccionada por antiguas labores mineras. Sedimentos detríticos asociados muestran una fauna del Pleistoceno Medio final. Han sido tomadas 20 muestras para su análisis isotópico en la parte central del edificio stalagmítico, lo cual representa, en principio, la base de la secuencia del espeleotema aflorante. La Sierra de Quibas es un macizo constituido por calizas y dolomías jurásicas del Subbético, con cavidades totalmente colmatadas por rellenos de carácter mixto detrítico y de precipitación química. Una de estas paleocavidades fue puesta al descubierto mediante la actividad minera para la extracción de falsa ágata, actualmente abandonada. El estudio de los fósiles presentes en el relleno detrítico ha puesto de manifiesto la existencia de un importante yacimiento paleontológico de edad Pleistoceno Inferior (ca. 1,3 M.a.). La secuencia espeleotémica estudiada se sitúa estratigráficamente por debajo del paquete sedimentario detrítico. En el tramo superior de la secuencia de espeleotemas se han tomado 25 muestras para su análisis isotópico. En la Cueva del Agua, los valores de $\delta^{18}\text{O}$ varían entre -6,6 y -8,0‰, con un valor medio de -7,29‰. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ oscilan entre -5,81 y -9,31‰, y el valor medio es de -8,40‰. Los resultados de los análisis realizados a lo largo de una misma capa indican la existencia de equilibrio isotópico durante su depósito. En el caso del yacimiento paleontológico de Quibas, los valores de $\delta^{18}\text{O}$ varían entre -5,0 y -6,7‰, con un valor medio de -5,69‰, significativamente menos negativo que en la Cueva del Agua. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ varían entre -5,84 y -8,66‰, con un valor medio de -7,59‰, también menos negativo que en la Cueva del Agua. El análisis conjunto muestra que el contenido de $\delta^{18}\text{O}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ en ambos espeleotemas se incrementa (presenta valores menos negativos) a principio y final de los ciclos de generación de espeleotemas, con independencia de los valores medios de cada secuencia. Esta tendencia puede ser indicativa de la existencia de ciclos climáticos mayores, condicionantes de los ciclos de generación de espeleotemas, y de la existencia de "umbrales" climáticos (posiblemente expresables en términos de precipitación/infiltración y de temperatura media) que condicionen el inicio y el final de dichos ciclos. Estos "umbrales", locales o regionales, podrían estar representados por determinados valores de $\delta^{13}\text{C}$ y de $\delta^{18}\text{O}$, respectivamente.

Palabras clave: espeleotema, interpretación paleoambiental, isótopos estables, Pleistoceno, Península Ibérica

Two thick Pleistocene speleothem sequences in the Iberian Peninsula: first isotopic results

ABSTRACT

This paper shows the comparative isotopic study of two very thick Pleistocene speleothem sequences. They are located in two caves from southern (Cueva del Agua de Alfacar, Granada) and south-eastern (Quibas palaeontological locality, Murcia) of Iberian Peninsula. Cueva del Agua de Alfacar is on Alpujarrides Triassic dolomites and contains a big stalagmite, eight meters in diameter, that was cutted by old mine works. Associated detritic sediments contain late Middle Pleistocene fossils. Twenty samples have been collected from the central part, that mince the base of the cited speleothem, in order to carry out stable isotopes analysis. In Sierra de Quibas crop out Jurassic limestones and dolomites from the Subbetic, containing caves infilled by mixed detritic-chemical precipitation deposits. One of this palaeocaves was discovered by past mine activities looking for false agate in the area. The study of the mentioned fossils pointed out the presence of an important palaeontological locality from the Lower Pleistocene (ca. 1.3 M.a.). The speleothem sequence from Sierra de Quibas studied here is located, from the stratigraphic point of view, below the mentioned detritic sediments, having been collected 25 samples in the upper part of the sequence for an isotopical study. In Cueva del Agua $\delta^{18}\text{O}$ is between -6.6 and -8.0‰, being -7.29‰ the

mean value. $\delta^{13}\text{C}$ is between -5.81 and -9.31‰, being -8.40‰ the mean value. The analysis carried out along the same band of the speleothem points out isotopic equilibrium during precipitation. In the case of the palaeontological locality of Quibas $\delta^{18}\text{O}$ is between -5.0 and -6.7‰, being -5.69‰ the mean value, clearly lower than in Cueva del Agua. $\delta^{13}\text{C}$ is between -5.84 and -8.66‰, being -7.59‰ the mean value, also less negative than in Cueva del Agua. The comparative study shows that $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ contents in both speleothems increase (have less negative values) at the start and the end of the speleothems formation cycles, independently of the mean values of each sequence. The mentioned tendency could be motivated by the existence of main climatic cycles conditioning the cycles of speleothems formation, and the presence of climatic thresholds (probably related to precipitation/infiltration, and mean temperature) conditioning the start and the end of the last mentioned cycles. Those local or regional thresholds could represent certain values of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$, respectively.

Key words: Iberian Peninsula, palaeoenvironmental interpretation, Pleistocene, speleothem, stable isotopes

Introducción

El presente trabajo pretende mostrar un avance del estudio isotópico comparado de dos potentes secuencias de espeleotemas de edad pleistocena. Dichas secuencias están situadas en sendas cavidades del sur y sureste de la Península Ibérica. La primera de ellas, en la Cueva del Agua de Alfacar, en la provincia de Granada, y la segunda en una paleocavidad rellena por un conjunto sedimentario fosilífero, localizado en la Sierra de Quibas, en la provincia de Murcia (Fig. 1). El interés que presenta el estudio de ambas secuencias es, por un lado, su antigüedad, y, por otro, la gran potencia expuesta de las secuencias, con posibilidad de muestrear en detalle un corte completo, debido a que en ambos casos, la existencia de antiguas labores mineras ha dejado afloramientos de fácil acceso.

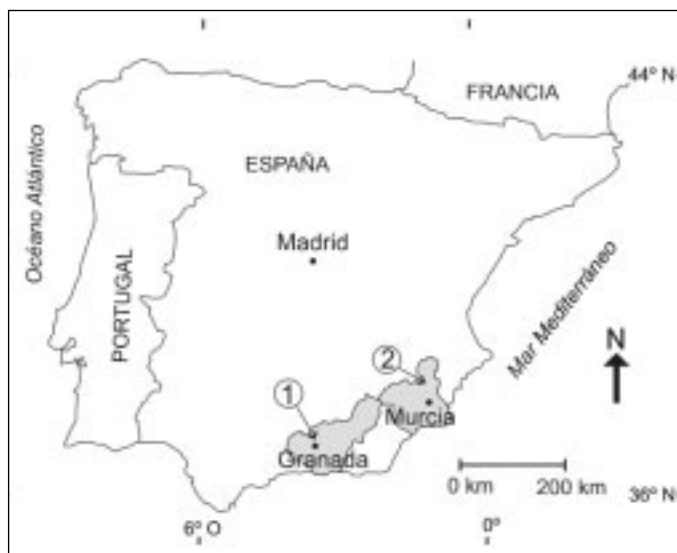


Fig. 1. Localización de la Cueva del Agua de Alfacar (1) y del yacimiento paleontológico de Quibas (2). Las áreas sombreadas corresponden a las provincias de Granada y de Murcia

Fig. 1. Location of the Cueva del Agua de Alfacar (1) and the palaeontological site of Quibas (2). Shadow areas are Granada and Murcia provinces

La Cueva del Agua de Alfacar (Granada)

Se localiza en la Sierra de Alfacar, en el término municipal homónimo, a pocos kilómetros al noroeste de la capital granadina. Su boca se sitúa a unos 1.584 m s.n.m., dentro del Parque Natural de Huétor. La cueva, conocida desde antiguo, está constituida por una gran sala de entrada y una red de pequeños conductos que alcanza los 40 metros de profundidad (Fernández Rubio, 1964). Se desarrolla en dolomías triásicas del manto de la Alfaguara, perteneciente al Complejo Alpujárride. La precipitación media anual del entorno inmediato a la cueva se estima en unos 650 mm y la temperatura media anual ronda los 10-12°C. La cueva ha sido utilizada en décadas pasadas como cantera de falsa ágata. La explotación se centró en un gran edificio estalagmítico ubicado en la sala de entrada de la cavidad. Para facilitar el acceso al tajo, se realizó una trinchera a través de la roca, que cortó sedimentos detríticos que rellenaban huecos kársticos relacionados con esta cavidad. En dichos sedimentos, López Martínez y Ruiz Bustos (1977) describieron una lista faunística fósil compuesta por gasterópodos, anfibios, reptiles, aves y numerosos macro y micromamíferos. El estudio de los roedores fósiles, realizado por los mismos autores, apunta una edad para el relleno correspondiente al Pleistoceno medio final. En la actualidad el acceso a la cueva se encuentra protegido por una reja (Fig. 2A), que impide el paso a su interior salvo autorización expresa de la Delegación Provincial de Granada de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

El espeleotema estudiado en esta cavidad es la base del edificio estalagmítico utilizado para la explotación de falsa ágata. Constituye la raíz del mismo, con unos 8 metros de diámetro, estructurado en varios planos horizontales, separados por otros verticales, a modo de graderío (Fig. 3). Las muestras para el análisis de isótopos estables que se presentan en este trabajo han sido tomadas en la parte central del edificio estalagmítico y representan, en principio, la base de la secuencia del espeleotema aflorante. Las

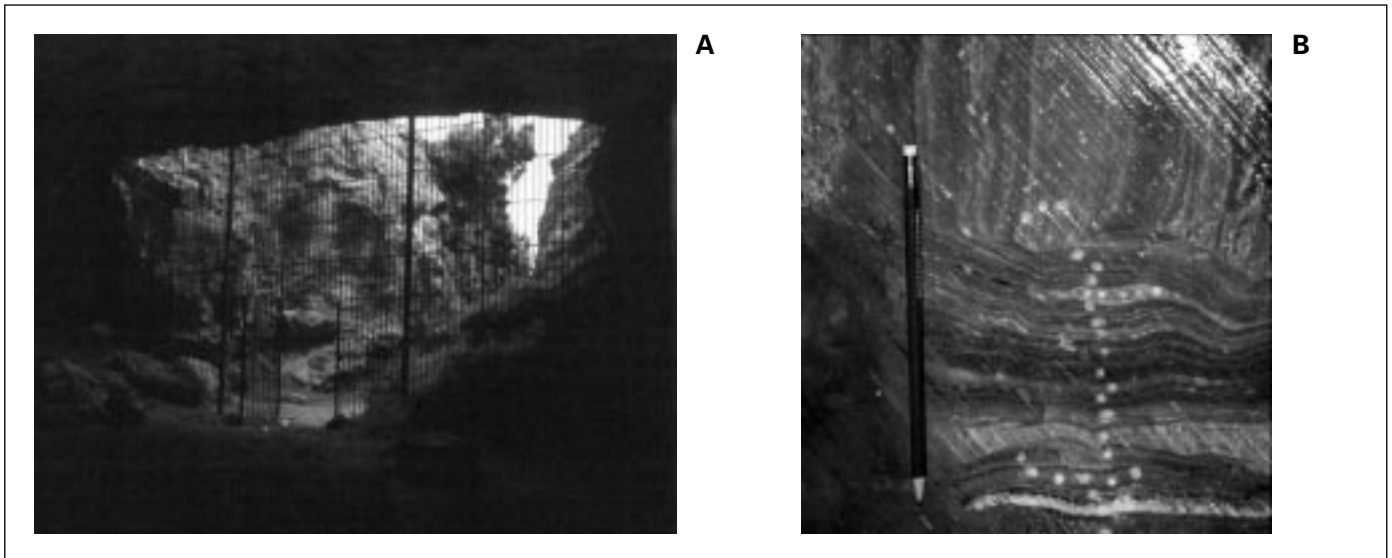


Fig. 2. A: boca de la Cueva del Agua de Alfacar; B: detalle de la secuencia muestreada en dicha cavidad
 Fig. 2. A: entrance of Cueva del Agua de Alfacar; B: detail of the sampled sequence in the same cave

20 muestras (1 la base y 20 el techo) se han tomado a lo largo de un transecto de unos 20 centímetros de potencia (Figs. 2B y 4). También se han recogido ocho muestras a lo largo de dos capas diferentes, para evaluar el equilibrio isotópico del depósito

El yacimiento paleontológico de Quibas (Murcia)

La Sierra de Quibas (término municipal de Abanilla,

provincia de Murcia) es un macizo de unos 15 km² de superficie, de dirección NE-SO, constituido por calizas y dolomías jurásicas del Subbético (Rodríguez Estrella *et al.*, en prensa). Presenta un gran desarrollo kárstico pliocuaternario, con la presencia de formas exokársticas (lapiaces, dolinas) y endokársticas (cuevas y simas). Algunas de éstas se encuentran en la actualidad totalmente colmatadas por rellenos de carácter mixto detrítico y de precipitación química. Una de estas paleocavidades fue puesta al descubier-

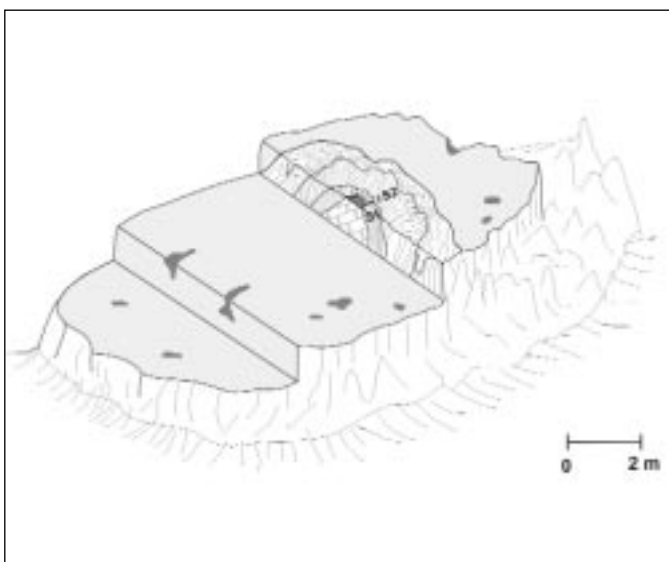


Fig. 3. Esquema del espeleotema de la Cueva del Agua de Alfacar
 Fig. 3. Scheme of the speleothem at Cueva del Agua de Alfacar

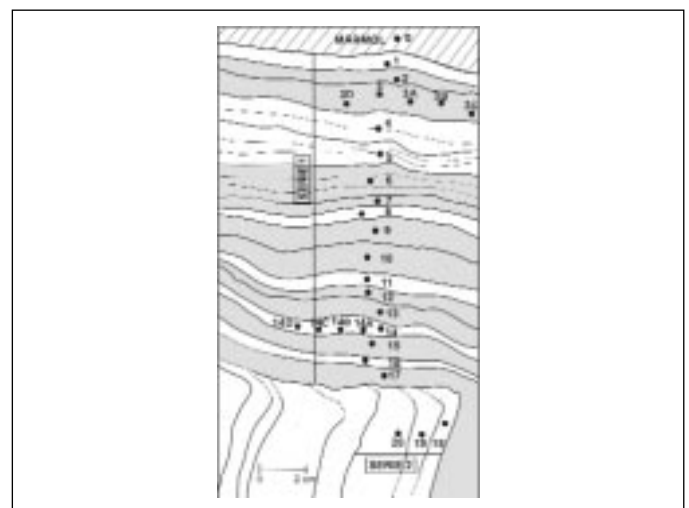


Fig. 4. Situación de las muestras tomadas para su análisis isotópico en la base del espeleotema de la Cueva del Agua de Alfacar
 Fig. 4. Situation of the samples collected for isotopical analysis in the inner part of the speleothem of Cueva del Agua de Alfacar

to mediante la actividad minera para la extracción de falsa ágata, actualmente abandonada (Fig. 5A).

El estudio de los fósiles presentes en el relleno detrítico ha puesto de manifiesto la existencia de un importante yacimiento paleontológico (Montoya *et al.*, 1999 y 2001). Se encuentra a 669 m s.n.m., con una temperatura media anual del entorno de 18,4°C y una precipitación media anual de 242 mm.

La lista faunística fósil es muy extensa; está constituida por cerca de 60 especies, repartidas entre moluscos gasterópodos (13 especies), insectos (1 especie), miriápodos (1 especie), anfibios (1 especie), reptiles (10 especies), aves (16 especies) y mamíferos

(18 especies). Tentativamente, el relleno detrítico ha sido datado por los autores anteriormente citados como del Pleistoceno inferior (*ca.* 1,3 M.a.) La secuencia espeleotémica estudiada se sitúa estratigráficamente por debajo del paquete sedimentario detrítico (Fig. 5B). Presenta un espesor, entre la base rocosa de la cavidad y el muro de los sedimentos fosilíferos, de unos 135 cm (Fig. 6). Se ha dividido para su análisis en diez tramos, de los cuales en este trabajo se presentan los resultados del tramo más reciente, el número 9, con 15 centímetros de espesor. En él se han tomado 25 muestras para su análisis isotópico (Figs. 5C y 7).

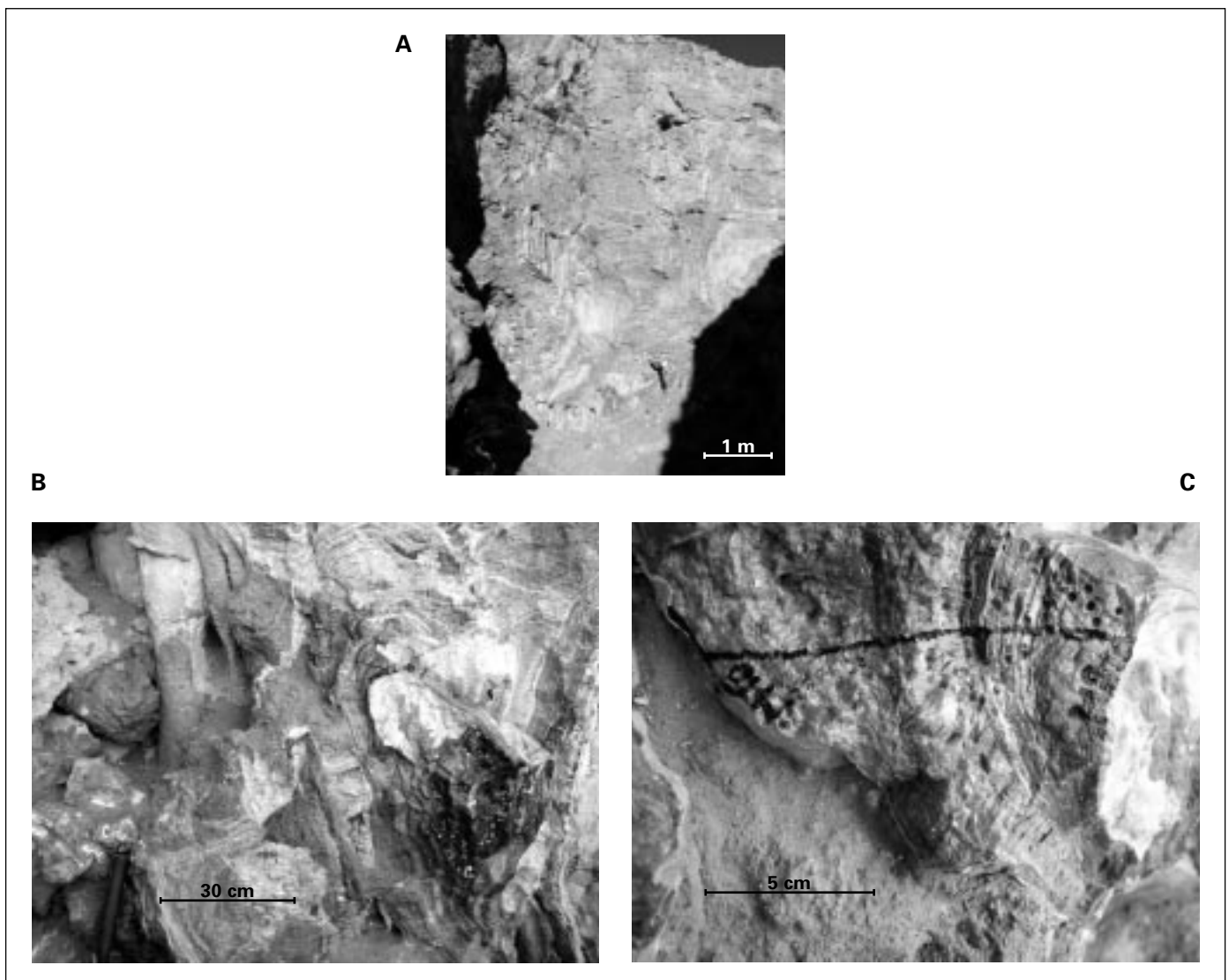


Fig. 5. A: vista frontal del relleno de la paleocavidad de Quibas; B: contacto entre el techo de la secuencia de espeleotemas y el relleno detrítico fosilífero; C: detalle de la secuencia muestreada para su análisis isotópico. Las escalas son aproximadas
Fig. 5. A: front view of the palaeontological site of Quibas. B: limit between the top of the speleothems and the fossiliferous detrital sediments; C: detail of the sampled sequence for isotopic analysis. Scales are approximated

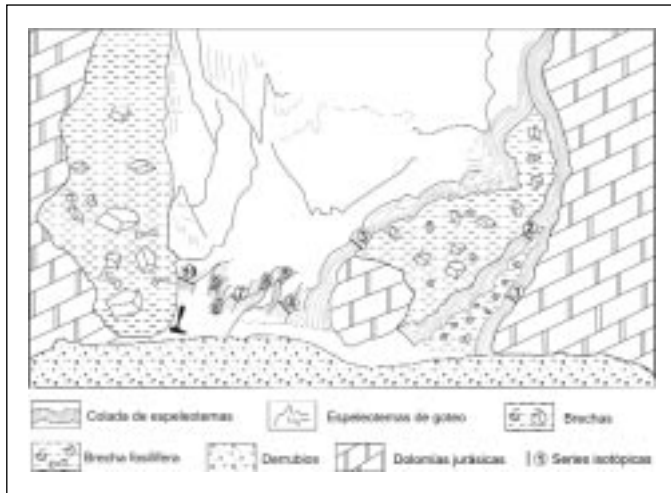


Fig. 6. Esquema del espeleotema de la base del yacimiento paleontológico de Quibas. El martillo da idea de la escala
 Fig. 6. Scheme of the speleothem at the bottom of the palaeontological site of Quibas. The hammer is the scale

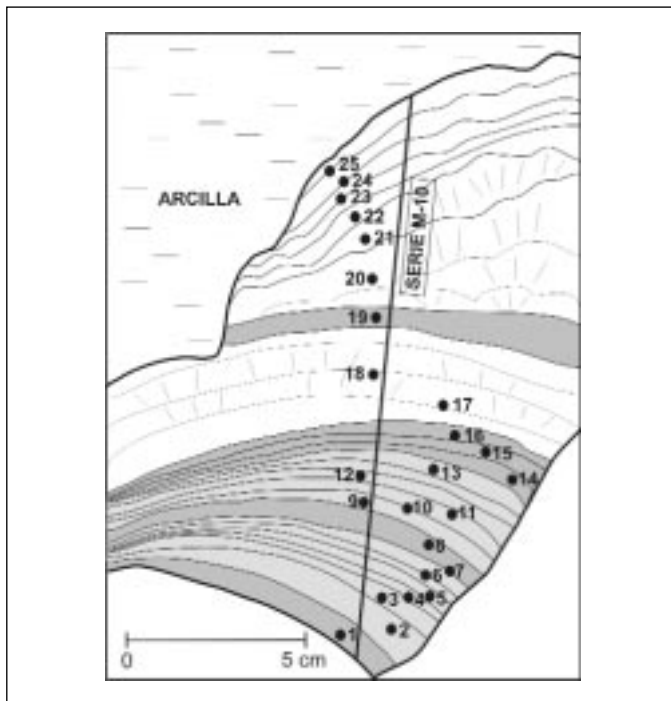


Fig. 7. Situación de las muestras tomadas para su análisis isotópico en la serie M-10, correspondiente al techo del espeleotema de base del yacimiento paleontológico de Quibas
 Fig. 7. Situation of the samples collected for isotopical analysis in the top of the speleothem of the palaeontological site of Quibas

Análisis isotópicos: resultados

Todas las muestras de carbonato cálcico sólido tomadas han sido analizadas en el laboratorio de isótopos

estables del Servicio Interdepartamental de Investigación (SIDI) de la Universidad Autónoma de Madrid. Se han determinado los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{18}\text{O}$, con errores analíticos de $\pm 0,07$ y $\pm 0,1$, respectivamente.

En el caso de la Cueva del Agua, los valores de $\delta^{18}\text{O}$ varían entre $-6,6$ y $-8,0\text{‰}$, con una curva que presenta una ligera tendencia sinusoidal (Fig. 8), con un valor medio de $-7,29\text{‰}$. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ están comprendidos entre $-5,81$ y $-9,31\text{‰}$, presentan una curva con una clara tendencia hacia valores más negativos en las muestras más modernas y un valor medio de $-8,40\text{‰}$. Es de destacar que en ambas curvas (la de $\delta^{18}\text{O}$ y la de $\delta^{13}\text{C}$) el arranque en las muestras más antiguas es similar, con los valores menos negativos de la secuencia y una fuerte caída hacia valores más negativos en las muestras iniciales. Por otra parte, los resultados de los análisis realizados a lo largo de la misma capa indican la existencia de equilibrio isotópico durante su depósito.

En el caso del yacimiento paleontológico de Quibas, los valores de $\delta^{18}\text{O}$ varían entre $-5,0$ y $-6,7\text{‰}$, con una curva que también presenta una ligera tendencia sinusoidal (Fig. 9) y un valor medio de $-5,69\text{‰}$, significativamente menos negativo que en la Cueva del Agua. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ varían entre $-5,84$ y $-8,66\text{‰}$ (con un valor medio de $-7,59\text{‰}$, también menos negativo que en la Cueva del Agua), y una curva que tiende claramente a valores menos negativos hacia el final de la secuencia, es decir, en las muestras más modernas. Al igual que en la Cueva del Agua, existe un cierto paralelismo en ambas curvas, con un repunte hacia valores menos negativos al final de la secuencia.

Discusión

Los resultados de los análisis isotópicos realizados en las dos secuencias son de gran interés. La de la Cueva del Agua representa el inicio de un ciclo de generación de espeleotemas muy importante (a juzgar por la potencia del espeleotema), mientras que Quibas representa justamente lo contrario, el final de un ciclo de generación de espeleotemas. El análisis conjunto muestra que los valores de $\delta^{18}\text{O}$ y de $\delta^{13}\text{C}$ en ambos espeleotemas se incrementa (presenta valores menos negativos) a principio y final de los ciclos de generación de espeleotemas, con independencia de los valores medios de cada secuencia. Esta tendencia puede ser indicativa de la existencia de ciclos climáticos mayores, condicionantes de los ciclos de generación de espeleotemas, y la existencia de "umbrales" climáticos (posiblemente expresables en términos de

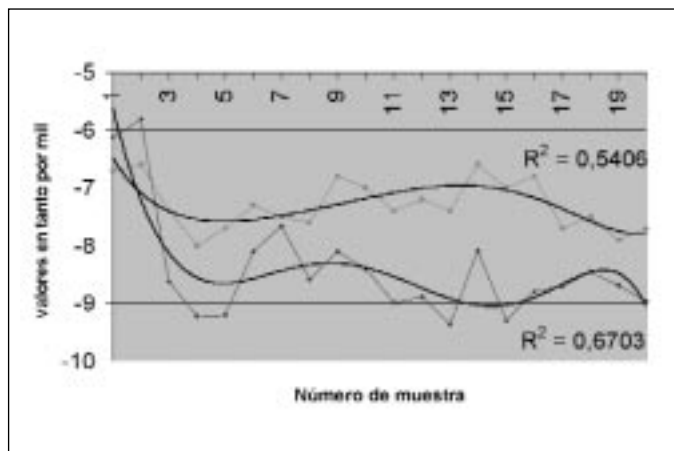


Fig. 8. Valores de $\delta^{18}\text{O}$ (gráfica superior) y de $\delta^{13}\text{C}$ (gráfica inferior) en la secuencia estudiada en la Cueva del Agua de Alfacar
Fig. 8. $\delta^{18}\text{O}$ values (upper line) and $\delta^{13}\text{C}$ values (lower line) corresponding to the studied sequence of the Cueva del Agua de Alfacar

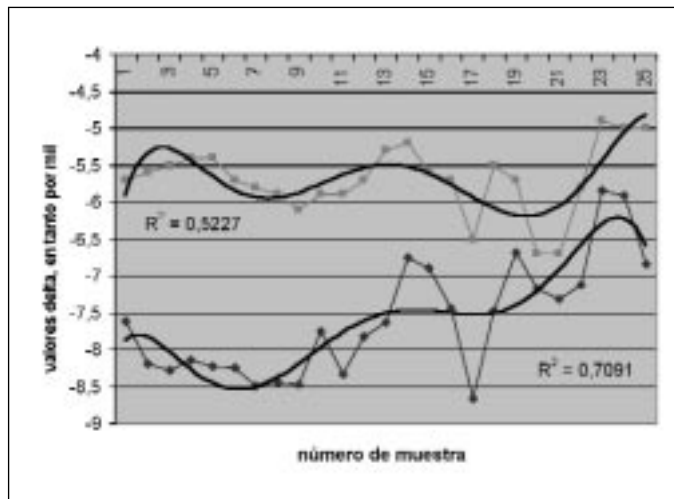


Fig. 9. Valores de $\delta^{18}\text{O}$ (gráfica superior) y de $\delta^{13}\text{C}$ (gráfica inferior) en la secuencia estudiada en el yacimiento paleontológico de Quibas
Fig. 9. $\delta^{18}\text{O}$ values (upper line) and $\delta^{13}\text{C}$ values (lower line) corresponding to the studied sequence of the palaeontological site of Quibas

precipitación/infiltración y de temperatura media) que condicionen el inicio y el final de dichos ciclos. Estos "umbrales", locales o regionales, podrían estar representados por determinados valores de $\delta^{13}\text{C}$ y de $\delta^{18}\text{O}$, respectivamente.

Agradecimientos

A la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y a la Dirección del Parque Natural de Huétor, por la autorización para el acceso y la realización de muestreos en la Cueva del Agua. Este trabajo se enmarca dentro de los proyectos de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia: Séneca PI-44/00837/FS/01 y Justo 4331, Ginves 3134. Es también una contribución a los proyectos 448 del IGCP y PB97-1267-CO3-02 de la DGICYT. Por último, agradecemos al Ayuntamiento de Abanilla, a Marsa (Cehegín, Murcia) y a Cajamurcia, su inestimable colaboración en el estudio del yacimiento paleontológico de Quibas, y a Beatriz Arrese (UAM) por su colaboración.

Referencias

- Fernández Rubio, R. 1964. Contribución al estudio del karst de la Alfacara (Alpujarrides septentrionales). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Geol.)*, 62, 309-341.
- López Martínez, N. y Ruiz Bustos, A. 1977. Descubrimiento de dos yacimientos del Pleistoceno medio en el karst de la Sierra Alfacara (Granada). Síntesis estratigráfica de este período en la región Bética. *Estudios Geológicos*, 33, 255-265.
- Montoya P., Alberdi M.T., Blázquez A.M., Barbadillo L.J., Fumanal M.P., van der Made J., Marín J.M., Molina A., Morales J., Murelaga X., Peñalver E., Robles F., Ruiz Bustos A., Sánchez A., Sanchiz B., Soria D., y Szyndlar Z. 1999. La fauna del Pleistoceno Inferior de la Sierra de Quibas (Abanilla, Murcia). *Estudios Geológicos*, 55 (3-4): 127-161.
- Montoya P., Alberdi M.T., Barbadillo L.J., van der Made J., Morales J., Murelaga X., Peñalver E., Robles F., Ruiz Bustos A., Sánchez A., Sanchiz B., Soria D., y Szyndlar Z. 2001. A very diverse Lower Pleistocene faunistic assemblage from Sierra de Quibas (province of Murcia, Spain). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris - Series IIA - Earth and Planetary Science*, 332 (6): 387-393.
- Rodríguez-Estrella, T., Mancheño, M.A., Romero, G. y Hernández, J.M. (en prensa). Características geológicas de la Sierra de Quibas (Abanilla, Murcia). Su relación con un yacimiento paleontológico pleistoceno. *Geogaceta*.

Recibido: julio 2003
Aceptado: abril 2004