

# Química de las aguas de goteo en la Cueva de Canelobre (Alicante)

## Chemistry of the waters in the Canelobre Cave (Alicante)

J. Cuevas-González <sup>(1)</sup>, J.M. Andreu <sup>(1)</sup>, J.C. Cañaveras <sup>(1,2)</sup>, J.A. Hernández Bravo <sup>(1)</sup>, S. Sánchez-Moral <sup>(3)</sup> y M.A. García del Cura <sup>(2,4)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Universidad de Alicante. Campus San Vicente del Raspeig, Apdo. Correos, 99. E-03080 Alicante. jaime.cuevas@ua.es; Andreu.Rodes@ua.es; jc.canaveras@ua.es; jahernan@dip-alicante.es.

<sup>(2)</sup> Laboratorio de Petrología Aplicada. Unidad Asociada CSIC-UA.

<sup>(3)</sup> Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid. ssmilk@mncn.csic.es.

<sup>(4)</sup> Instituto de Geología Económica. CSIC-UCM. Facultad de Geología. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid. angegcura@ua.es.

### ABSTRACT

The Cave of Canelobre, located in the west middle of the Alicante province, is one of the most visited cave in Comunidad Valenciana. During the last years some drip water samples have been collected. The analytical results have allowed us the physico-chemical characterization of the waters. Use of principal components analysis (PCA) and a study of hydrodynamic equilibria have allowed us to establish that the properties and composition of these waters depend on both dissolution process of the rock during the downward passage and climatic concentration in the soil of the components dissolved in the rainwater.

**Key words:** hydrogeochemistry, drip waters, karstic cave, Canelobre.

Geogaceta, 41 (2007), 59-62  
ISSN: 0213683X

### Introducción

La Cueva de Canelobre es una de las cavidades kársticas de mayor belleza entre las acondicionadas al turismo en la Comunidad Valenciana. Se encuentra situada en la extremidad SW de la Sierra del Cabeçó d'Or; aproximadamente a 25 km al N de la ciudad de Alicante (Fig. 1a).

Al parecer fue descubierta por los árabes en el siglo XI mientras efectuaban prospecciones mineras. Durante la contienda de la Guerra Civil española fue utilizada como taller de reparación de motores de aviación, etapa en la que se produjo un notable deterioro de la parte más externa. Tras la guerra, se procedió a su rehabilitación y acondicionamiento con objeto de abrirla al turismo. En los últimos años entre 42000 y 67000 personas han visitado esta cavidad anualmente.

A grandes rasgos, la cavidad es una sima con morfología más o menos circular que alcanza un desarrollo en la vertical de varias decenas de metros. Aunque tiene la entrada natural por su parte más elevada, el acceso a la cavidad se realiza por un túnel artificial (Fig. 1b). En su interior es todavía posible observar una gran colección de espeleotemas carbonáticos tales como coladas, estalagmitas, estalactitas, coraloides, cortinas, columnas y helicitas. Recientemente se han encontrado pequeños espeleotemas de yeso (costras, flores o antofitas), así como pequeños cristales de celestina, fluorita y baritina (Cañaveras *et al.*, 2005).

Esta cavidad está siendo estudiada con cierto detalle desde un punto de vista microclimático y petrográfico. Dada la importancia que tiene la química de las aguas de goteo como formadoras de espeleotemas, desde hace varios años se han ido tomando diversas muestras de agua en uno de los goteos más productivos de la cavidad. No obstante, es desde finales del año 2005 cuando se ha comenzado a realizar un seguimiento hidrogeoquímico con mayor número de puntos. Con ello se pretende aportar nuevos datos sobre las características físico-químicas de las aguas de infiltración que comple-

ten la caracterización hidrogeoquímica realizada en trabajos anteriores (Andreu *et al.*, 1999a y b), así como disponer de un conocimiento de su distribución espacial dentro de la cavidad más completo. De igual forma, en este trabajo se trata de comparar si ha habido variaciones en los procesos que controlan su composición química.

### Localización geológica y climática

Desde el punto de vista geológico, la Cueva de Canelobre se sitúa en el flanco occidental del pliegue que presenta la Sierra del

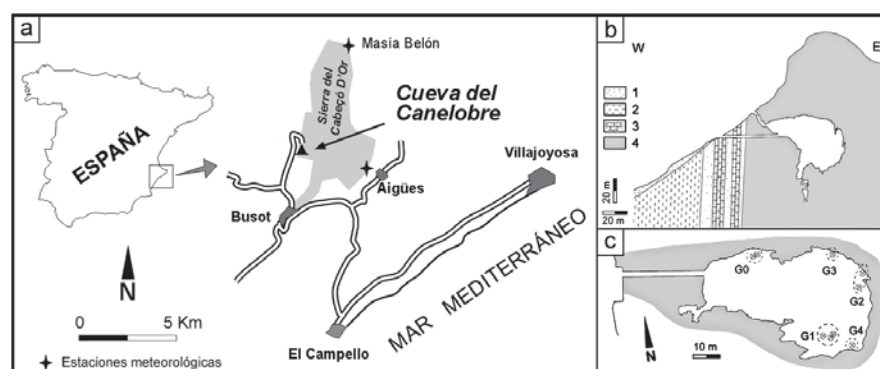


Fig. 1.- (a) Mapa de situación de la Cueva de Canelobre. (b) Corte esquemático de la localización de la cueva. Leyenda: 1: Depósitos de piedemonte (Cuaternario); 2: Margas (Cretácico inferior); 3: Calcarenitas y areniscas (Berriasiense-Valanginiense); 4: Calizas (Jurásico superior-Cretácico basal). (c) Situación de los puntos de muestreo en el interior de la cavidad.

Fig. 1.- (1) Situation map of the Cueva de Canelobre. (2) Schematic section of the location of the cave. Leyenda: 1: Piedmont deposits (Quaternary); 2: Marls (Lower Cretaceous); 3. Sandstones (Berriasian-Valanginian); 4. Limestones (Upper Jurassic - Lower Cretaceous). (3) Location of the monitoring points inside the cave.

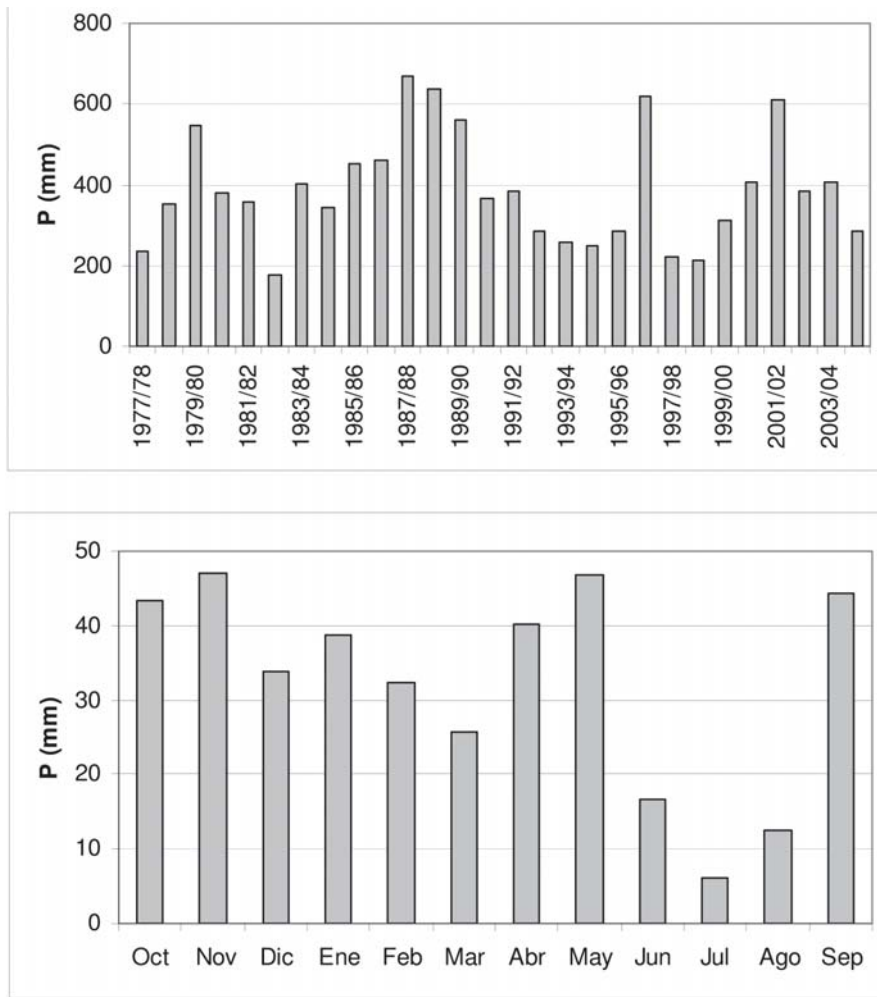


Fig. 2.- Precipitaciones anuales y precipitaciones medias del periodo 1977/78-2004/05 de la estación Masía Belón.

Fig. 2.- Annual precipitation data and mean monthly precipitation data during 1977/78-2004/05 period in Masía Belón station.

Cabeçó d'Or, perteneciente al Prebético de la Cordillera Bética. Su entrada natural se emplaza prácticamente en el contacto de calizas jurásico superior-cretácicas basal y las calcarenitas y areniscas pertenecientes al Berriasense-Valanginiense y que estratigráficamente se encuentran dispuestas

discordantemente sobre las calizas jurásico-cretácicas (Fig. 1b).

La cavidad se adentra en un tramo de calizas masivas y en bancos potentes, reconocibles en el paisaje porque conforman un risco más elevado dentro de la serie jurásica (Fig. 1b), si bien entre ellas apare-

cen intercaladas niveles de calizas más estratificadas y a veces incluso pequeños niveles de margocalizas arenoso-limosa.

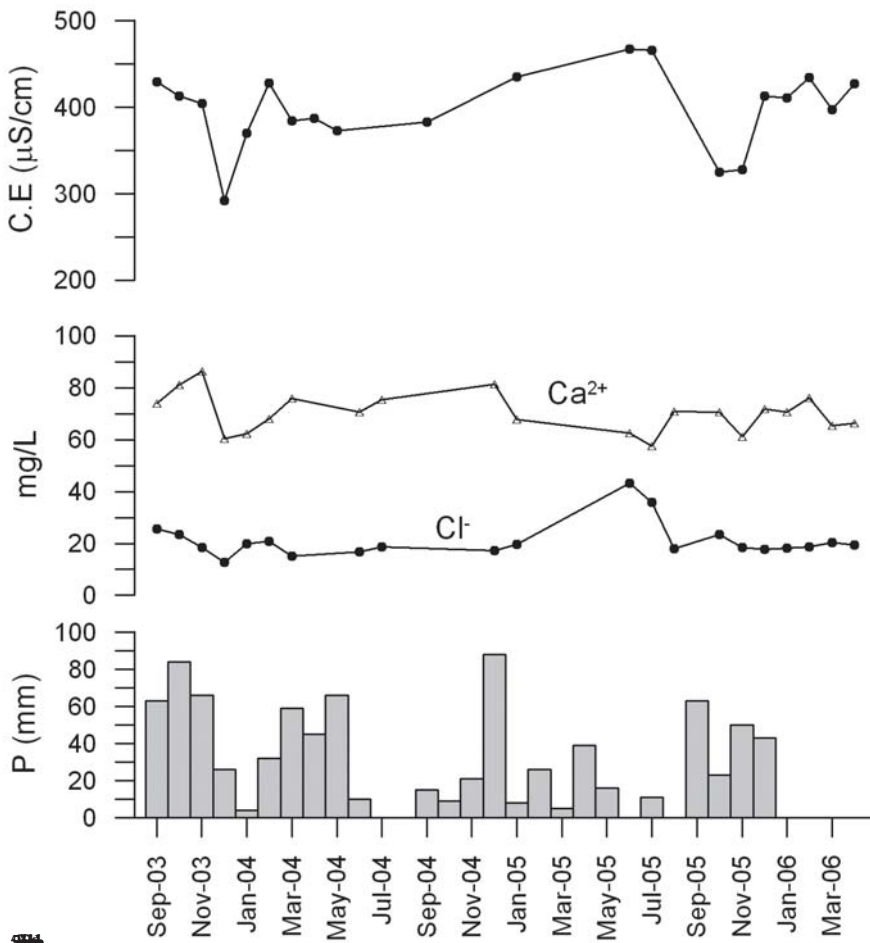
Respecto a su emplazamiento climático, atendiendo a las zonas definidas según el índice de humedad la región se encuentra entre las zonas semiárida y árida (Font, 1983). En este sentido, la precipitación media registrada en la parte N de la Sierra del Cabeçó d'Or para el período 1977-2005 se sitúa en 388 mm/año (Fig. 2) con un coeficiente de variación del 36%. La distribución interanual de las precipitaciones en este mismo período tiene una gran variabilidad temporal, con diferencias de aproximadamente 500 mm entre años secos y húmedos, como ocurre entre los años hidrológicos 1982-1983 y 1987-1988. En cuanto a la distribución anual de las precipitaciones, se presenta de forma bimodal, ya que el máximo absoluto correspondiente en el mes de Noviembre (47 mm), es igualado por el máximo primaveral (46,7 mm). Las precipitaciones mínimas se producen en el período estival, presentándose el mínimo absoluto en el mes de julio (con un valor medio inferior a 6,5 mm/año).

En cuanto a las características térmicas de la región en la que se encuentra esta cavidad, hay que destacar que resulta difícil establecer su valor medio con exactitud debido a la falta de series temporales con un periodo lo suficientemente largo. A partir de una estación perteneciente a la Excma. Diputación de Alicante y situada en las inmediaciones de la localidad de Aigiés desde abril de 2001 se puede aproximar que la temperatura media anual de la zona es de 17,4 °C. Las temperaturas máximas se registran en los meses de verano, con máximos absolutos en los meses de julio y agosto, en los que se alcanzan valores medios superiores a 25 °C; mientras que las temperaturas mínimas medias se registran en febrero con un valor medio de 9,7 °C, siendo poco frecuentes los descensos por debajo de 0 °C.

Tabla I.- Sumario estadístico de las características hidrogeoquímicas correspondientes a las aguas de goteo de la Cueva de Canelobre. Med: media; CV: coeficiente de variación. C.E.: conductividad eléctrica; Tª: temperatura. A: Total de muestras (59) entre septiembre de 2003 y julio de 2006. B: Total de muestras (26) entre 1992 y 1994 (Andreu et al., 1999). Muestras por sector: G-0: 22 muestras; G-1: 17 muestras; G-2: 8 muestras; G-3: 7 muestras; G-4: 5 muestras.

Tabla I.- Statistical summary of the hydrogeochemical characteristics of the drip waters in the Canelobre Cave. Med: mean; CV: variation coefficient. C.E.: electric conductivity; Tª: temperature. A: Total of samples (59) between september 2003 and July. A: Total of samples (26) between 1992 and 1994 (Andreu et al., 1999). Sampling by sectors: G-0: 22 samples; G-1: 17 samples; G-2: 8 samples; G-3: 7 samples; G-4: 5 samples.

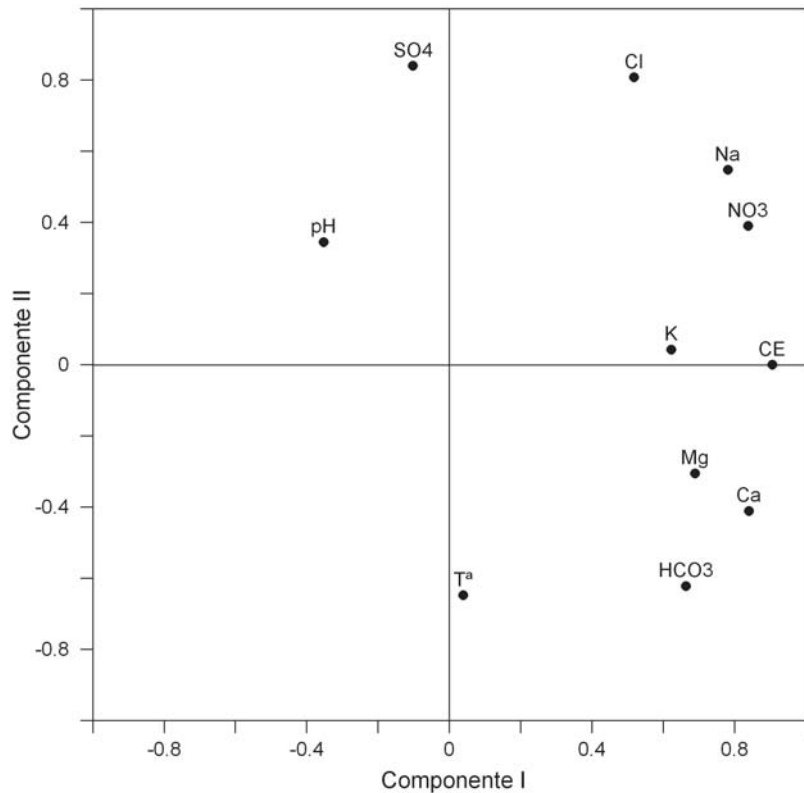
		C.E.	Tª	pH	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
		µS/cm	°C		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
A	Med	343	17,4	8,1	19,3	20,3	14,6	141	58,8	2	8,7	0,8
	CV	15,1	4,6	1,5	26,2	17,1	50,6	22,8	18	17,1	32,8	104
B	Med	391		8,1	21	27	12	149	68	2	11	0,9
	CV	25,5		2,9	27,5	79,1	57,7	27	23	65,4	33,5	68,6
G-0	Med	398	17,3	8	20,9	20,3	19,2	174	70	2,1	10,5	1,4
	CV	11,5	6,6	1,7	32	7,9	24,5	13,5	10,6	7,8	36	80
G-1	Med	303	17,4	8,2	16,9	19,3	7,3	118	49,8	1,8	7	0,4
	CV	7,6	3,8	1,2	11,2	16,7	47,1	17,2	11	24	10,6	46,4
G-2	Med	310	17,6	8,1	14,4	20	11,7	126	53,1	2	7,4	0,4
	CV	7,8	3,7	0,9	14,4	33,8	34,7	10,7	5,1	14,5	15,4	19,4
G-3	Med	350	17,3	8,1	24	22,4	24,6	113	54	2,4	9,7	0,6
	CV	5,4	3,2	1,5	9,5	8,3	19,8	8	10,2	9,6	6,2	17,2
G-4	Med	324	17,7	8,1	16	20,9	10	139	56	2,1	7	0,4
	CV	8,8	2,8	0,8	4,9	22	17,5	10	6,1	7,6	8,1	7,9



En relación a los parámetros microclimáticos en el interior de la cavidad, los primeros resultados obtenidos indican que la temperatura del aire se encuentra entre 16 y 18,25°, manteniéndose gran parte del año por encima de la media exterior. La humedad relativa suele oscilar entre el 70 y el 100% y la concentración de CO<sub>2</sub> varía entre 260 y 790 ppm, presentando un valor medio de 487 ppm.

**Metodología**

Entre septiembre de 2003 y julio de 2006 se han recogido 59 muestras de agua de goteo en la Cueva de Canelobre. Inicialmente se muestrearon de forma discontinua las aguas del grupo G-0, si bien desde diciembre de 2005 se ampliaron a un total de 9 goteros agrupadas en 5 grupos, cuyas muestras se toman con una frecuencia mensual. En todas las muestras de agua se determinaron in situ la temperatura, el pH, la conductividad eléctrica y los bicarbonatos. Las muestras fueron enviadas al laboratorio del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Las determinaciones de los cationes fueron realizadas mediante espectrometría de absorción atómica, mientras los aniones se analizaron por electroforesis capilar iónica. Todas las determinaciones utilizadas han



	T <sup>a</sup>	pH	C.E.	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
pH	-0,630									
C.E.	-0,133	-0,113								
Cl <sup>-</sup>	-0,357	-0,035	0,420							
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0,334	0,132	-0,141	0,648						
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,145	-0,205	0,717	0,761	0,197					
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,204	-0,278	0,676	-0,236	-0,569	0,247				
Ca <sup>2+</sup>	0,215	-0,366	0,804	0,070	-0,383	0,522	0,906			
Mg <sup>2+</sup>	0,397	-0,262	0,584	0,166	-0,276	0,491	0,529	0,582		
Na <sup>+</sup>	-0,195	-0,216	0,658	0,867	0,418	0,865	0,132	0,414	0,366	
K <sup>+</sup>	-0,205	-0,130	0,492	0,311	-0,178	0,428	0,424	0,444	0,247	0,459