

# Resultados de una experiencia *in situ* sobre procesos hidroquímicos en la zona vadosa de un acuífero carbonático

*Results of an in situ experience on hydrochemical processes in the vadose zone of a carbonate aquifer*

Lucía Ojeda Rodríguez<sup>1</sup>, José Benavente Herrera<sup>2</sup>, Iñaki Vadillo Pérez<sup>1</sup> y Cristina Liñán Baena<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Hidrogeología, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga. 29071 Málaga. luciaor@uma.es, Vadillo@uma.es, crilinae@uma.es

<sup>2</sup> Instituto de Investigación del Agua y Departamento de Geodinámica, Universidad de Granada, 18071 Granada. jbenaven@ugr.es

<sup>3</sup> Fundación Cueva de Nerja. Instituto de Investigación. Carretera de Maro s/n. 29787. Nerja, Málaga. cbaena@cuevadenerja.es

## ABSTRACT

A research borehole of 30 m (S6) of depth has been selected in the experimental site on the vadose zone that exists in the vicinity of the Cueva de Nerja (Málaga, Spain), which presents the peculiarity of having in its final meter a perched water level that is subjected to hydrochemical monitoring. At this point it has been designed an experience to introduce just above the water level two open vessels with distilled water: one with water only (SR) and the other (CR) with pieces of rock of the carbonate Triassic formation in which the borehole is located. This study presents physical-chemical and isotopic ( $\delta^2\text{H}$  y  $\delta^{18}\text{O}$  of  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{CDIC}$ ) data during 2016 and 2017 of the water of the perched level (S6) and of the two vessels (SR and CR). In the absence of a quantitative study of the data based on hydrochemical modeling that explains the relatively high  $\text{Mg}^{2+}$  contents in S6, and provided that the experimental setting should be redesigned to avoid solutes from external sources, the results report on the incidence of processes such as the concentration of the rainfall by evapotranspiration and the oxidation of sulphides or the gypsum dissolution, as well as the effect of the attack on carbonates in a vadose zone that is known to have relatively high  $\text{CO}_2$  content.

**Key-words:** hydrochemistry, carbonates, vadose zone,  $\text{CO}_2$ , Nerja Cave.

## RESUMEN

En la parcela experimental sobre zona vadosa existente en las inmediaciones de la Cueva de Nerja (Málaga, España) se ha seleccionado un sondeo de 30 m de profundidad (S6), que presenta la particularidad de tener en su metro final un nivel de agua colgado. En este punto se ha diseñado una experiencia consistente en introducir justo por encima del citado nivel dos recipientes abiertos con agua destilada. Uno sólo con agua (SR) y el otro con fragmentos de roca de la formación carbonática triásica en la que se localiza el sondeo (CR). Este trabajo presenta datos físico-químicos e isotópicos ( $\delta^2\text{H}$  y  $\delta^{18}\text{O}$  del  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\delta^{13}\text{CDIC}$ ) durante 2016 y 2017 del agua del nivel colgado (S6) y de la de los dos recipientes (SR y CR). A falta de un estudio cuantitativo de los datos basado en la modelización hidrogeoquímica que explique los elevados contenidos de  $\text{Mg}^{2+}$  en S6, y de rediseñar la experiencia para evitar solutos ajenos en los recipientes, los resultados informan sobre la incidencia de procesos como la concentración de la lluvia por evapotranspiración y la oxidación de sulfuros o disolución de yeso, así como del efecto del ataque a los carbonatos en una zona vadosa con alta concentración de  $\text{CO}_2$ .

**Palabras clave:** hidroquímica, carbonatos, zona vadosa,  $\text{CO}_2$ , Cueva de Nerja.

Geogaceta, 64 (2018), 47-50  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 8 de febrero de 2018  
Revisión: 18 de abril de 2018  
Aceptación: 25 de abril de 2018

## Introducción

La Cueva de Nerja (provincia de Málaga, España) es un enclave de excepcional importancia turística y patrimonial. Prueba de lo primero es el elevado número de visitas que recibe: una media de 426000 visitantes anuales (Liñán *et al.*, 2018). Eso obliga a un detallado control de las variables ambientales del interior de la cavidad para minimizar posibles impactos a los espeleotemas y a los elementos prehistóricos que constituyen la base de su protección como Bien de Interés Cultural por parte del gobierno español. En particular, los registros

del contenido de  $\text{CO}_2$ , temperatura y humedad relativa del aire de la cavidad son básicos para establecer las condiciones de ventilación natural, las cuales, a su vez, son determinantes en la correcta gestión del régimen de visitas. Estas circunstancias son comunes a otras muchas cuevas de características más o menos similares. La Cueva de Nerja, sin embargo, presenta la particularidad de disponer de una parcela experimental en su entorno inmediato integrada por una serie de perforaciones que cortan con diferentes profundidades la misma formación geológica acuífera en que se desarrolla la cavidad. Este dispositivo permite medir

las variables ambientales antes citadas en el seno de la zona vadosa adyacente a la Cueva de Nerja.

En trabajos previos en la zona vadosa de la parcela experimental se han medido contenidos medios de  $\text{CO}_2$  en sondeo del orden de varias decenas de miles de ppmv (Benavente *et al.*, 2010), lo cual favorece la agresividad de las aguas de recarga en tránsito respecto de los materiales carbonáticos acuíferos frente a condiciones usuales en que el contenido de ese gas suele ser bastante inferior.

El presente trabajo es una contribución al conocimiento de los procesos hidroquí-