

Estudio hidrogeoquímico del sistema kárstico de la Cueva de Tito Bustillo (Ribadesella, Asturias)

S. Sanchez-Moral¹, J.C. Cañaveras², J. Lario³, S. Cuezva¹ y V. Soler⁴

1 Dpto. de Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid. ssmilk@mncn.csic.es

2 Dpto. de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante, 03080 Alicante.

3 Dpto. Ingeniería Geológica Minera, Facultad Ciencias Medio Ambiente, Universidad Castilla La Mancha, 45071 Toledo.

4 Instituto de Productos Naturales y Agrobiología, CSIC, Avda. Astrofísico Fco. Sánchez s/n, 38205 La Laguna (Tenerife).

ABSTRACT

Geochemical characteristics of karstic water in Tito Bustillo Cave are the result of two main types of recharge: authigenic recharge via percolating and infiltrating water through conduits and fractures, and allogenic-authigenic recharge via San Miguel river that sinks (Gorgocera ponor) into the karst system. The chemical composition of San Miguel river reflects that its drainage basin is located both on siliceous (shale and sandstones) and calcareous lithologies; likewise, the influence of tides is also present. By means of geochemistry modelling it has been proven that water chemical composition in the area of Tito Bustillo cave reflect a double influence: (1) 60% of discharge of groundwater by mean of springs and (2) 40% of water coming from the headstream.

Key words: karst, hydrochemistry, cultural and natural heritage, water quality.

INTRODUCCIÓN

La Cueva de Tito Bustillo se encuentra en la margen izquierda de la ría de Ribadesella, y constituye uno de los yacimientos paleolíticos con arte rupestre más importante de la Península Ibérica, declarada Monumento Nacional en 1969. Existe un complejo sistema kárstico (Macizo de Ardines), relacionado con el Río San Miguel, el cual entra en la cavidad por el sumidero de La Gorgocera (Fig. 1), y transcurre por el interior de la cueva de Tito Bustillo hacia su desembocadura en la ría del Sella. Actualmente, la cuenca de recepción del río San Miguel se ve afectada por fuerte actividad antrópica que ha afectado la zona y que se refleja en afecciones a la calidad de las aguas naturales (Sánchez-Moral *et al.*, 1997; Jiménez *et al.*, 2002) y a los riesgos de inundaciones en la cavidad (Martínez San Miguel, 1990).

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL KARST DE ARDINES

La cueva de Tito Bustillo, como todo el sistema kárstico de Ardines, se desarrolla en materiales calcáreos de edad carbonífera (Fig. 1). Un análisis semicuantitativo por difracción de rayos-X del encajante rocoso de la Cueva de Tito Bustillo indica que se trata de calizas bastante puras con pequeños porcentajes de cuarzo y filosilicatos, variando desde un 100% de calcita para las calizas más puras, hasta composiciones de un 93% de pureza en calcita y un 7% de

terrígenos (principalmente cuarzo). Estas calizas se encuentran limitadas por formaciones detríticas que se comportan hidrogeológicamente como impermeables, lo que tiene sus implicaciones en la circulación subterránea en el macizo calcáreo de Ardines. El karst de Ardines corresponde a un karst activo poligénico y policíclico, cuyo desarrollo se inició en el Neógeno superior llegando a la actualidad, estando relacionado en sus fases evolutivas con las del karst que se extiende hacia el Este, por la franja litoral hasta la playa de San Antolín (Hoyos y Herrero, 1989).

CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS E HIDROQUÍMICAS DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

Las fuentes de alimentación hídrica del karst de Ardines son fundamentalmente las aguas de infiltración procedentes de la lluvia y los aportes del río San Miguel, mientras que debido a la acción de las mareas, penetran aguas salobres de la ría de Ribadesella al interior de la cueva.

El agua que circula por la superficie del macizo de Ardines procede de la lluvia y se reduce a aguas de escorrentía no canalizada, recogidas por el gran número de dolinas existente que actúan de colectores (Fig. 1). La red de drenaje fluvial del río San Miguel presenta muy baja densidad, con una cuenca de recepción hidrográfica (9,7 km²) compuesta por las subcuencas de Sardedo, Arduela San Juan, Tezangos, Pando y Gorgocera. Presenta morfología alargada y

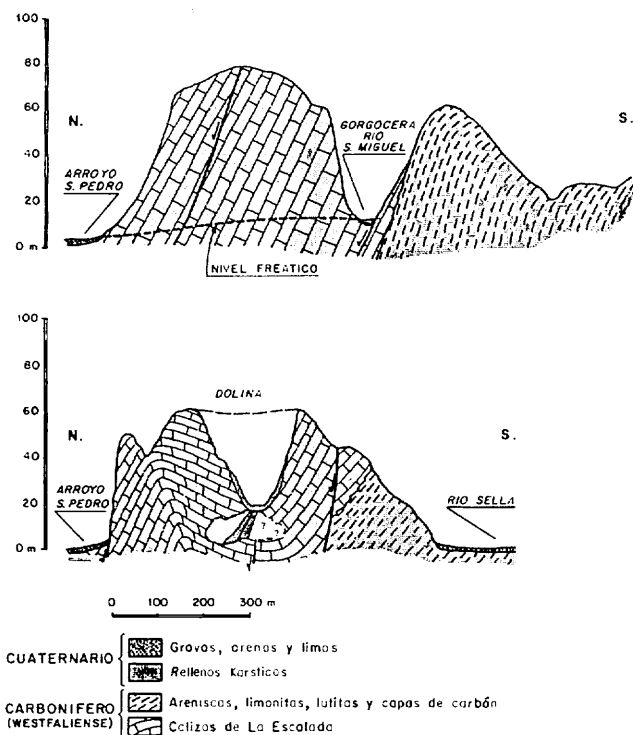


FIGURA 1. Cortes geológicos del macizo de Ardines (modificado de Hoyos et al., 1996).

pendientes pronunciadas, fundamentalmente en la zona de cabecera y en el valle ciego de la Gorgocera. Estas características condicionan un tiempo muy bajo de respuesta y de concentración en el colector principal (Martínez San Miguel, 1990). El alto grado de karstificación provoca que las aguas se canalicen rápidamente en estas zonas mediante cauces subterráneos, que luego pasan a los cauces superficiales a través de manantiales surgentes. Este fenómeno influye directamente en la composición química de las aguas en la zona de desagüe principal (cueva Tito Bustillo).

Circulación superficial

A partir de 18 análisis químicos de muestras de agua de escorrentía superficial y manantiales surgentes de agua

subterránea (15 de ellos procedentes de Martínez San Miguel, 1990), se observa que la composición de las aguas muestreadas refleja muy bien las características litológicas de las zonas por la que discurren: manantiales surgentes en las calizas (Ríocales y San Miguel) de carácter bicarbonatado cálcico y muestras correspondientes a zonas más alejadas de la cueva (Río San Miguel en la Cuenca de Sardedo, Río San Juan y arroyo San Juan) que discurren en superficie por pizarras y areniscas también bicarbonatadas cálcicas, aunque con menor grado de mineralización y mayor proporción de SO₄ y Cl. Mediante modelización geoquímica se ha comprobado que la composición química de las aguas en la zona de desagüe final (Río San Miguel en la cueva Tito Bustillo) refleja una doble influencia: 1) 60% de descarga de aguas subterráneas por medio de manantiales al Río San Miguel y 2) 40% de agua procedente de la Cuenca de Sardedo (zona de cabecera).

En general, las aguas presentan altos índices de contaminación (no aptas para consumo humano), relacionadas con infiltración de aguas residuales urbanas (coliformes fecales), así como con el lixiviado de abonos orgánicos (compuestos nitrogenados). La contaminación aumenta considerablemente a partir de la zona de San Miguel de Ucio.

Circulación subterránea

La circulación de agua canalizada en el interior de la cueva está representada por el tramo inferior del río San Miguel, desde el sumidero de la Gorgocera hasta su desembocadura en la ría de Ribadesella. El río presenta una cota de 30 m en La Gorgocera, y después de un recorrido subterráneo de unos 600 m, desemboca en la ría.

Hidroquímica de las aguas kársticas

Se dispone de un total de 29 muestras de agua tomadas en el interior de la cueva en 17 puntos diferentes (Fig. 2). Las muestras correspondientes al Río San Miguel en el interior de la cueva presentan una clara influencia marina (carácter clorurado-sódico) y alta concentración total en sólidos disueltos que aumenta hacia la zona de desemboca-

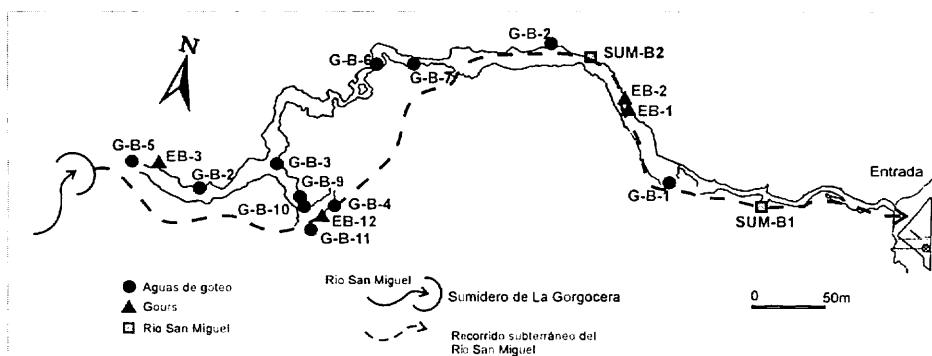


FIGURA 2. Plano de la Cueva de Tito Bustillo con indicación de los puntos de muestreo.

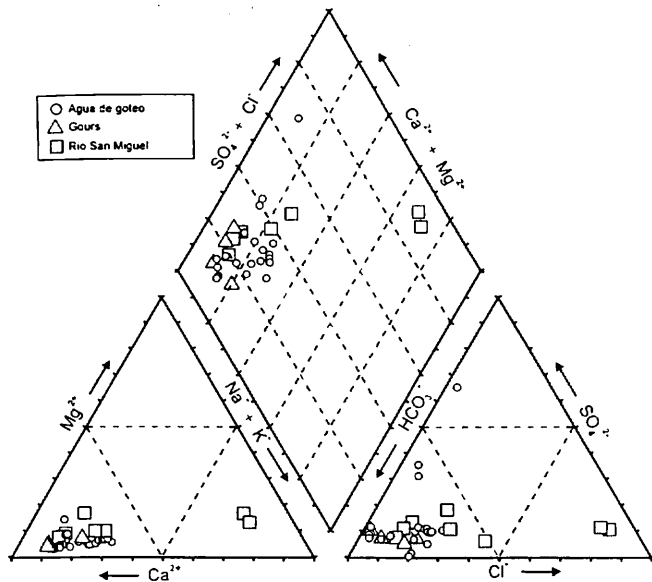


FIGURA 3. Diagrama de Piper modificado con caracterización de los distintos tipos de aguas analizadas.

dura. Las muestras procedentes de gours corresponden a aguas de tipo bicarbonatado-cálcico con baja mineralización, como corresponde a las características composicionales de la roca encajante del sistema kárstico (calizas con mineralogía principalmente calcítica). Las muestras de aguas de infiltración recogidas en 11 puntos diferentes de goteo a lo largo de toda la cueva, presentan un carácter bicarbonatado-cálcico (a excepción de 3 muestras) coherente con la litología de las calizas encajantes (Fig. 3). En cuanto al estado de saturación mineral (calculado mediante PHRQPITZ, Plummer *et al.*, 1988), en las zonas donde es más evidente la formación y crecimiento actual de espeleotemas calcíticos y fibras de aragonito, sala del cruce (G-B3), sala del panel bajo el termómetro (G-B4) y comienzo de la galería larga (G-B1), las muestras manifiestan altos valores de sólidos disueltos y sobresaturación en calcita y aragonito, que en general disminuye durante la primavera debido a la mayor concentración de CO₂ en las aguas de infiltración. Las muestras G-B2, G-B5 y G-B8 presentan baja mineralización y subsaturación en todas las fases minerales carbonáticas, hecho probablemente relacionado con una menor tasa de interacción agua-roca que en las muestras anteriores, debido a elevadas velocidades de infiltración.

Las muestras G-B9, G-B10 y G-B11 muy próximas entre sí y localizadas frente al Panel presentan altos contenidos en SO₄ (13% al 31%) que podrían deberse a procesos de oxidación de sulfuros o disolución de minerales sulfatados en las calizas de la formación encajante de la cueva, si bien este aspecto no ha sido indicado en los estudios geológicos previos de la zona. Este carácter sulfatado-cálcico coincide con la presencia de cristalizaciones de yeso asociadas a arcillas retraídas en la parte derecha del panel de las pinturas.

CONCLUSIONES

La composición química de las aguas del río San Miguel antes de sumirse en la cueva de Tito Bustillo muestra el efecto de mezcla de aguas procedentes de la recarga por agua de lluvias y de descarga de aguas subterráneas. En el interior de la cavidad la composición química de las aguas esta afectada por la infiltración de aguas superficiales y por las aguas marinas que se introducen en la cavidad por efectos de las mareas. Las aguas de infiltración muestran una relación directa con las precipitaciones y los materiales superficiales del sistema kárstico de Ardines. Aunque la mayoría de las aguas son del tipo bicarbonatado-cálcico, se han observado aguas de goteo sulfatadas-calcicas. Estas aguas, junto con los problemas de contaminación detectados, pueden afectar a la conservación de la cavidad y concretamente a las pinturas rupestres que alberga.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto MCYT: BTE2002-04492-CO2-02 y Convenio de Colaboración CSIC-Principado de Asturias. Es una aportación al Grupo Español del Proyecto IGCP 448 y a la Red Temática del Patrimonio Histórico y Cultural (CSIC). S. Cuezva disfruta de una beca I3P de Postgrado del CSIC.

REFERENCIAS

- Hoyos, M. y Herreros, N. (1989): El Karst de la Cornisa Cantábrica. En: *El Karst en España* (J.J. Durán y J. López, Eds.). Monografías SEG, 4: 109-120.
- Hoyos, M., Soler, V., Cañaveras, J.C., Sánchez-Moral, S. y Sanz-Rubio, E. (1996): *Memoria final sobre las características geológico-kársticas y microambientales de la Cueva de Tito Bustillo, Ribadesella*. Consejería de Cultura del Principado de Asturias. Informe Inédito, 88 p.
- Jiménez, M., Anadón, S., Canto, N., Meléndez, M. y González, N. (2002): Caracterización hidroquímico-ambiental de la cueva de Tito Bustillo (Ribadesella, Asturias). En: *Karst and Environmen* (F. Carrasco, J.J. Durán y B. Andreo, Eds.). Fundación Cueva de Nerja: 529-538.
- Martínez San Miguel, E. (1990): *Prevención de inundaciones en la Cueva de Tito Bustillo*. Proyecto Fin de carrera, Universidad de Oviedo, 118 p.
- Sánchez-Moral, S., Cañaveras, J.C., Sanz-Rubio, E., Hoyos, M. y Soler V. (1997): Hydrogeochemical characterization of Tito Bustillo Cave (northern Spain). *12th International Congress of Speleology*. Neuchâtel (Suisse), Proceedings, 2: 103-108.
- Plummer, L.N., Parkhurst, D.L., Fleming, G.W., y Dunkle, S.A. (1988): *A computer program incorporating Pitzer's equations for calculation of geochemical reactions in brines*, U.S. Geological Survey. Water-Resources Investigations Report 88-4153, 310 p.