

Análisis de las variaciones del nivel epifreático en la Cueva de los Chorros (Calar del Mundo, Vianos, Albacete)

Analysis of the variations of the epiphreatic level in the Cueva de los Chorros (Calar del Mundo, Vianos, Albacete).

Marta González Sánchez¹; Antonio González Ramón^{2*}; José María Calaforra Chordí³; Juan Leandro Ronda⁴; Tomás Rodríguez Estrella⁵ y Juan Melero⁴

¹ Alumna de Master. Motril (Granada) 18600.
martagonzaleeeez02@gmail.com

² IGME-CSIC. Urb. Alcázar del Genil, 4. Edif. Zulema bajo. Granada.
antonio.gonzalez@igme.es

³ Recursos Hídricos y Geología Ambiental, Universidad de Almería, 04120, Almería, España.
jmcalaforra@ual.es

⁴ Grupo Espeleológico Extopocien.
juanleronda@gmail.com, quibass@gmail.com,

⁵ Departamento de Ingeniería Minera, Geológica y Cartográfica. Universidad Politécnica de Cartagena (España).
tomasrestrella@hotmail.com

*Corresponding author

ABSTRACT

The Calar del Mundo is a karstic aquifer of great importance in the Iberian Peninsula, which feeds the Mundo, Tús and Frío rivers, which flow into the Segura and Guadalquivir basins. Its main discharge is produced in the Cueva de los Chorros, a karstic cavity with some 40 km of topographical galleries located in Vianos, near to Riopar (Albacete). On the basis of daily climatic data taken at a station located on the Cañada de los Mojones polje, through which the cave flows, and measurements of the epiphreatic level from a sensor installed at the Brillo Lake, a point close to the upwelling, a simulation of the drained flows has been carried out using a transfer model. This model has made it possible to calculate the groundwater catchment basin downstream of the level measurement point, the permeability and the storage coefficient, as well as the volume recharged during the period from October 2018 to December 2023. The average recharge obtained was 11.8 hm³/year, with a catchment basin of 20 km². The study shows a high transmissivity in the unsaturated zone, which causes very rapid flows and low storage capacity, especially during floods.

Key-words: karst aquifer, infiltration, effective rainfall, transfer model, hydraulic parameters.

RESUMEN

El Calar del Mundo es un acuífero kárstico de gran importancia en la Península Ibérica, que nutre los ríos Mundo, Tús y Frío, vertientes hacia las cuencas del Segura y Guadalquivir. Su principal descarga se produce en la Cueva de los Chorros, cavidad kárstica con unos 40 km de galerías topografiadas y ubicada en Vianos, lindante con Riopar (Albacete). A partir de datos climáticos diarios tomados en una estación situada en el polje de la Cañada de los Mojones, por donde discurre la cavidad, y de medidas del nivel epifreático procedentes de un sensor instalado en el Lago del Brillo, punto próximo a la surgencia, se ha realizado una simulación de los caudales drenados mediante un modelo de transferencia. Este modelo, ha permitido calcular la cuenca subterránea vertiente al punto de medida de niveles, la permeabilidad y el coeficiente de almacenamiento, además del volumen recargado durante el periodo comprendido entre octubre de 2018 y diciembre de 2023. La recarga media obtenida ha sido de 11,8 hm³/año, con una cuenca vertiente de 20 km². El estudio pone de manifiesto una elevada transmisividad en la zona no saturada, lo que ocasiona flujos muy rápidos y escasa capacidad de almacenamiento especialmente durante las crecidas.

Palabras clave: Acuífero kárstico, infiltración, lluvia útil, modelo de transferencia, parámetros hidráulicos.

Geogaceta, 78 (2025), 23-26
<https://doi.org/10.55407/geogaceta113011>
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 20/01/2025
Fecha de revisión: 24/04/2025
Fecha de aceptación: 30/05/2025

Introducción

El Calar del Mundo se sitúa en la zona oriental de la Sierra del Segura, formando parte de las cuencas de los ríos Segura y Guadalquivir. Se trata de un acuífero con un gran desarrollo de la karstificación donde se localiza una de las cuevas más importantes de España, Cueva de los Chorros del Río Mundo (Fig. 1). La boca de acceso a la surgencia funciona como un manantial semicolgado, con escaso caudal en época seca pero famoso por

registrar grandes crecidas, denominadas *reventones* (Rodríguez Estrella 1979).

El agua surge en mitad de un paredón de más de 200 m de altura y se despena mediante una bella cascada de 80 m que constituye el principal atractivo turístico de la zona.

El fenómeno del *reventón* se refiere a un proceso que sucede en épocas de precipitaciones abundantes que dan lugar a grandes crecidas de corta duración (Abellán, 2010 y Pavía Alemani y Rodríguez Estrella, 2018). En González Ramón *et al.*

(2023) se propone denominar *reventones* solo a las crecidas que superan 10 m³/s, medidos en la estación de aforos de la red SAIH situada aguas abajo de Riopar.

El Calar del Mundo está compuesto, fundamentalmente, por calizas y dolomías cretácicas. El nivel superior está formado por calizas bien estratificadas y dolomías del Turoniense-Senoniense inferior de unos 400 m de espesor de media, pues este último es discordante sobre los infrayacentes. El nivel inferior consiste en una formación de dolomías



Fig. 1.- Boca principal de acceso a la Cueva de los Chorros en julio de 2024. Ver figura en color en la Web.

Fig. 1.- Main entrance to the Cueva de los Chorros in July 2024. See color figure in the Web.

microcristalinas y dolomías arcillosas de más de 250 m de espesor, datada en el Cenomaniense (Fig. 2). Bajo esta formación aparece el impermeable de base general, formado por arenas y arcillas de la Formación Utrillas. La menor permeabilidad del nivel inferior dolomítico provoca una ruptura hidrogeológica, por lo que la Cueva de los Chorros se ha generado justo por encima de este contacto, afectando a las calizas del Senonense inferior que se karstifican con mayor facilidad.

Esto provoca la existencia de un nivel saturado de aguas subterráneas semicolgado que se extiende bajo la Cañada de los Mojones, drenado por la cueva (González Ramón *et al.*, 2022).

La Cañada de los Mojones conforma un polje que ocupa una estructura sinclinal de dirección SO-NE afectada por fallas normales de borde. Hacia el E aparece un anticlinal con un exokarst muy desarrollado con gran acumulación de dolinas, especialmente en las áreas de mayor altitud (López Bermúdez, 1974; Rodríguez Estrella, 1979 y González-Ramón *et al.*, 2023).

El objetivo principal de este trabajo ha sido el análisis de la variación del nivel epifreático y la climatología del área para calcular: (1) los volúmenes drenados a la cueva durante el periodo de estudio, (2) los principales parámetros hidráulicos de la zona no saturada y (3) la cuenca subterránea vertiente a la cueva en el punto de control.

Metodología

Se emplearon datos climáticos de la estación automatizada de la Cañada de los Mojones, gestionada por Extopocien, junto con datos de nivel epifreático

obtenidos de un sensor modelo Hobo onset® que mide la variación del nivel en un rango entre 0 y 30,6 m. El sensor está instalado en la zona denominada como Lago del Brillo a unos 800 m de la boca de descarga de la Cueva de los Chorros. Las series diarias estudiadas abarcaron de octubre de 2018 a diciembre de 2023 y fueron procesadas con el software TRASERO v. 2. 4. 1 (Padilla y Delgado, 2013).

El cálculo de la infiltración se realizó mediante el balance hídrico del suelo, considerando valores de reserva útil de 25, 30 y 35 mm para el cálculo de la Llu-

via Útil (LLU), siendo este último el mejor que se ajusta a los datos de variación del nivel. Las medidas se integraron en un modelo de transferencia, que permitió estimar el caudal drenado, así como el coeficiente de almacenamiento medio en la zona epifreática y se ha afinado el cálculo del porcentaje de agua infiltrada que drena hacia la cavidad.

El modelo de transferencia aplicado es del tipo lluvia-caudal-piezometría, compuesto por dos reservorios, cada uno definido por una función de transferencia. El primer reservorio representa la zona no saturada y genera un efecto de

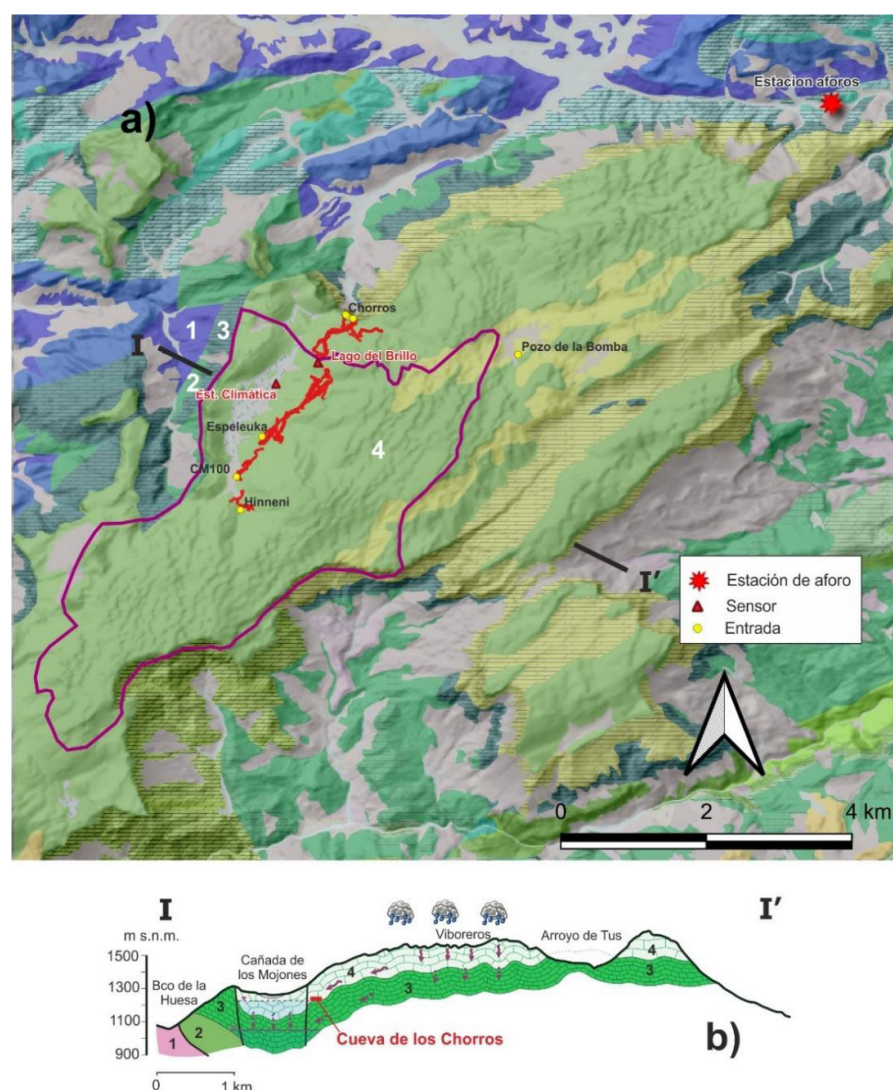


Fig. 2. a) Mapa geológico del Calar del Río Mundo (www.igme.es) se incluye el trazado de las galerías (líneas rojas) y la delimitación de la superficie de la cuenca vertiente analizada en este trabajo (línea morada) para el sensor Lago del Brillo b): Corte hidrogeológico. 1 arcillas, limos y areniscas. Triásico. 2 Arenas y arcillas (Fm. Utrillas). Cretácico inferior. 3 Dolomías microcristalinas y dolomías arcillosas. Cenomaniense. 4 Dolomías y calizas. Turoniense-Senonense inferior (modificado de González-Ramón, *et al.*, 2023). Ver figura en color en la Web.

*Fig. 2. a) Geological map of Calar del Río Mundo (www.igme.es) including the layout of the galleries (red lines) and the delimitation of the surface of the watershed analysed in this work (purple line) for the sensor Lago del Brillo b): Hydrogeological cross section. 1 clays, silts and sandstones. Triassic. 2 Sands and clays (Utrillas Fm.). Lower Cretaceous. 3 Microcrystalline dolomites and clayey dolomites. Cenomanian. 4 Dolomites and limestones. Turonian-Lower Senonian (modified from González-Ramón, *et al.*, 2023). See color figure in the Web.*

retardo en una variable de entrada (por ejemplo, precipitación). El segundo reservorio representa la zona saturada, y su función de salida caracteriza la curva de recesión del hidrograma de un manantial (Padilla y Delgado, 2013).

Resultados

Cálculo de la lluvia útil

Para calcular la LLU se emplearon tres valores de RU 25, 30 y 35 mm y los resultados se compararon con el nivel obtenido en el sensor del Lago del Brillo. Al efectuar la relación gráficamente se apreció que la RU de 35 mm reproducía todos los picos de recarga (Fig. 3), por lo que se escogió como la opción más correcta. Los valores obtenidos han sido de 986 mm de media anual para la precipitación, 1131 para la ETP, 406 para la ETR y 581 para la LLU.

Modelo de transferencia

El modelo de transferencia, implementado en TRASERO v. 2. 4.1 permite simular la variación de los niveles epifreáticos en el Lago del Brillo y transformarlos a datos de caudal a partir de los valores de LLU mediante el ajuste de los parámetros hidráulicos y de la cuenca subterránea vertiente, tanto para el agua que circula por la zona no saturada como la almacenada en la zona saturada.

Los mejores ajustes se consiguen para un coeficiente de almacenamiento muy bajo (5.35×10^{-4}) y una conductancia muy alta (10.000 m²/d), característicos de acuíferos kársticos muy transmisivos. Se considera que la fracción de la recarga es el 100 % de la LLU, pues no hay escorrentía superficial en el calar debido a los numerosos sumideros existentes. La superficie de la cuenca subterránea vertiente considerada para un mejor ajuste es de 20 km² con lo que se consigue un error cuadrático aceptable, de 0,66. El volumen medio anual infiltrado para el periodo considerado ha sido de 11,8 hm³, que se corresponde con el volumen de descarga que habría circulado por la zona donde se localiza el sensor.

En la figura 2 se ha representado la extensión de la cuenca vertiente que cumple las condiciones del modelo. El hidrograma obtenido y ajuste entre los niveles simulados y medidos puede observarse en la figura 3.

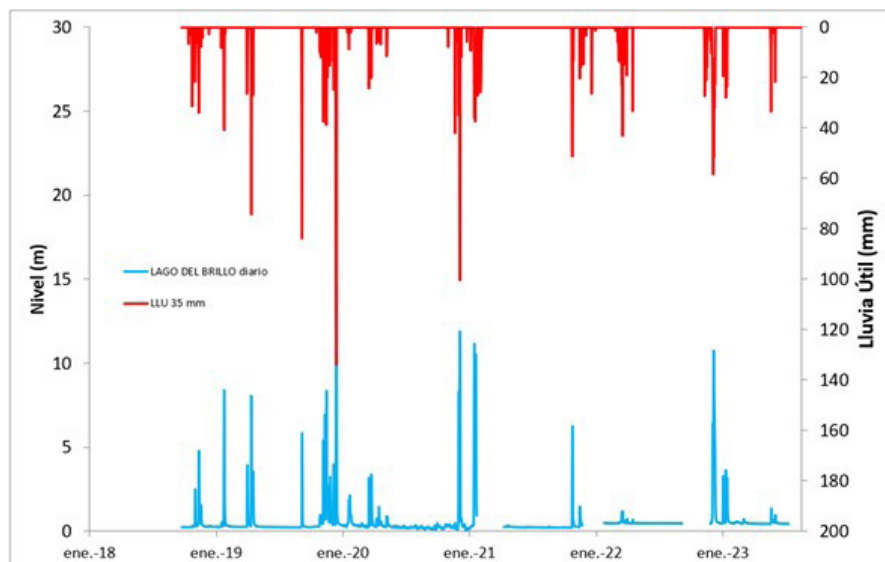


Fig. 3.- Comparación entre el nivel registrado en el sensor de la Cueva de los Chorros, Lago del Brillo, con los valores de LLU conseguidos con una RU de 35 mm. Ver figura en color en la Web.

Fig. 3.- Comparison between the level recorded by the sensor in the Cueva de los Chorros, Lago del Brillo, and the LLU values obtained with a RU of 35 mm. See color figure in the Web.

Discusión

El hidrograma obtenido para el sensor del Lago del Brillo se ha comparado con el hidrograma medido en la estación de aforos de la red SAHID (Fig. 4). El ajuste de los picos de variación del nivel es aceptable en la mayoría de los casos y el caudal de base es casi inexistente, lo que indica que solo se registra

el agua que ha circulado rápidamente por los conductos de la zona no saturada durante las crecidas; esto explica la elevada conductancia que calcula el modelo y el bajo coeficiente de almacenamiento.

Al comparar ambas curvas de caudal, simulada y medida en la estación de aforo, se aprecian ciertas diferencias significativas. Una de ellas aparece en el

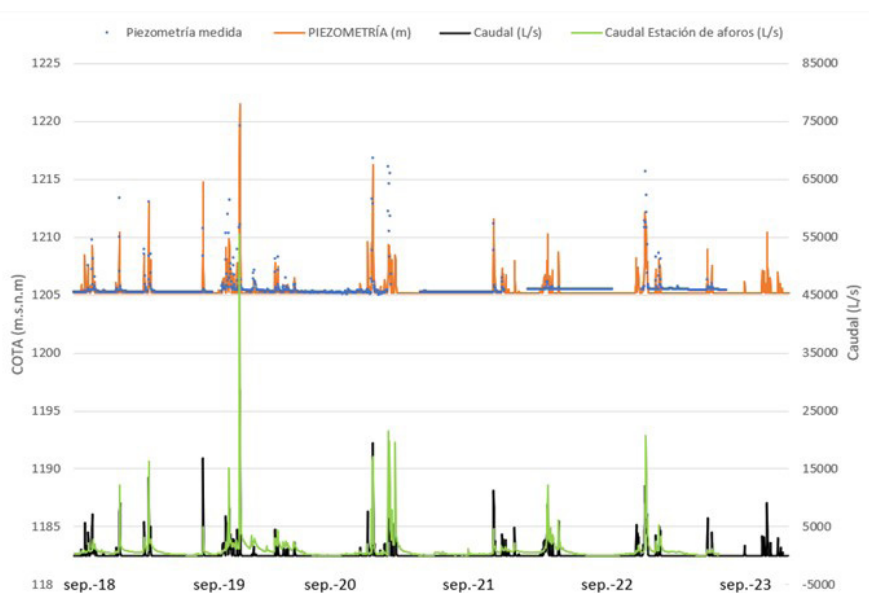


Fig. 4.- Representación gráfica del modelo de transferencia para la serie oct 2018/dic 2023. El gráfico superior representa el ajuste entre la variación de niveles en el acuífero (puntos azules) y la simulada (línea naranja). El gráfico inferior el caudal calculado en el Lago del Brillo (línea negra) y el caudal real medido en la estación de aforos de la red SAHID. Ver figura en color en la Web.

Fig. 4.- Graphical representation of the transfer model for the Oct 2018/Dec 2023 series. The upper graph represents the fit between the variation of levels in the aquifer (blue dots) and the simulated one (orange line). The lower graph represents the calculated flow at Lago del Brillo (black line) and the real flow measured at the gauging station of the SAHID network. See color figure in the Web.

año 2019, donde se observa un pico bastante más pronunciado en el hidrograma medido por la estación de aforos. La diferencia puede ser debida a la presencia de un importante volumen de agua de escorrentía en la cuenca vertiente a la estación de aforos, que no solo recoge el agua drenada por el manantial de los Chorros, sino el de una cuenca que recoge también agua de otros arroyos, aunque la descarga desde el acuífero del Calar del Mundo es la mayoritaria. Por otra parte, por el Lago del Brillo no pasa todo el caudal drenado por la cueva, pues no recoge la descarga desde otras entradas laterales como Petit Riu (González-Ramón *et al.*, 2024). A lo largo del periodo estudiado, este patrón se repite, especialmente marcado en los picos de mayor caudal.

Por la comparación de los datos de ambos hidrogramas se deduce que el 41% del caudal modelado en el Lago de Brillo corresponde al medido en la estación de aforo.

Conclusiones

Esta investigación caracteriza detalladamente la variación del nivel epifreático en la Cueva de los Chorros, clave para entender la dinámica hídrica del sistema kárstico del Calar del Mundo. Los resultados muestran una relación directa entre la LLU y los niveles epifreáticos medidos, lo que ha permitido ajustar de manera más precisa los valores de RU.

El uso del software TRASERO ha sido fundamental en el análisis hidrológico de la cuenca del Calar del Mundo, permitiendo un ajuste adecuado de los parámetros del modelo. Este ajuste ha sido

esencial para una evaluación más precisa de la cuenca vertiente y para comprender la dinámica del agua subterránea en la cueva. Esto ha proporcionado una información importante sobre el comportamiento del acuífero. El análisis de la variación del nivel epifreático ha revelado que el agua que ingresa por los sumideros y fracturas de la cuenca subterránea en este sector fluye de manera muy rápida, debido a la alta transmisividad del acuífero; este elevado valor indica una capacidad significativa del acuífero para transportar grandes volúmenes de agua rápidamente.

Contribución de los autores

El artículo ha sido escrito por MGS y AGR con la colaboración del resto de autores. Los datos de campo han sido recopilados por AGR, JMC, JLR y otros miembros de Extopocien. Las figuras 1 y 2 han sido realizadas por AGR y las 3 y 4 por MGS.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del TFM realizado por MGS en el Máster Universitario en Técnicas y Ciencias de la Calidad del Agua (IDEA), en la Universidad de Granada.

Hasta 2023 las estaciones de control tanto en el interior de la cavidad como en el exterior suministradas por el Grupo de Investigación RNM189 «Recursos Hídricos y Geología Ambiental» de la Universidad de Almería y su mantenimiento y gestión ha sido controlado por Extopocien. A partir de 2023 la nueva estación climática y los nuevos sensores

ha sido financiados por la dirección del Parque Natural del Calar del Mundo y la Sima e instalados y controlados por Extopocien.

Referencias

- Abellán, A.C. (2010). *Gran Tour* 2, 62-82.
- González Ramón, A., Calaforra, J.M., Ronda, J.L., Rodríguez-Estrella, T. y Melero, J. (2022). *Conference: 18th International Congress of Speleology*.
- González Ramón, A., Chordi, J. M.C., García, J.L.R., Estrella, T.R., López, J. M., y Martos, A. L. M. (2023) *Sociedad Española de Espeleología y Ciencia del Karst*, 122-153.
- González-Ramón, A., Córcoles Ballesteros, A., Galindo Rubio, C. V., Calaforra Chordi, J. M., Luque Mérida, S., Sólvez Beneyto, J.P., Ronda García, J.L., Rodríguez Estrella, T. y Melero López, J. *CUEVATUR* 24, 261-272.
- López Bermúdez, F. (1974). *Est. Geograf.* Vol. XXXV, 136, 359-404.
- Padilla, A y Delgado, J. (2013). *Aljibe Consultores y Diputación provincial de Alicante*.
- Pavía, Alemani, F. y Rodríguez Estrella, T. (2018). *Ingeniería del Agua*. Vol. 22, Núm. 2. Pp.77-91
- Rodríguez Estrella, T. (1979). *Geología e Hidrogeología del sector de Alcaraz-Líctor-Yeste (prov. de Albacete). Síntesis geológica de la Zona Prebética*. Tesis doctoral. Univ. de Granada (leída en 1978). IGME. t. 97, 566 pp. Colec. Mem. Madrid. ISBN:84-7474-068-1 y 069-X.
- Rodríguez Estrella, T. y Ballesta Sánchez, F. *Instituto de Estudios Albacetenses de la Exma. Diputación de Albacete*. 180 p. ISBN:84-87136-93-1.