

Hidrogeología del sistema Kárstico de la Sierra de Hinodejo (Cordillera Ibérica, España)

Hydrogeology of Sierra de Hinodejo Karst system (Iberian range, Spain)

Eugenio Sanz¹, Joaquín Sanz de Ojeda² y Pablo Rosas³

^{1,2,3} Escuela de Ingenieros de Caminos, C.y P. Universidad Politécnica de Madrid.
eugenio.sanz@upm.es, joaquin.sanzdejeda@upm.es, pablo.rosasrodrigo@gmail.com

ABSTRACT

The Sierra de Hinodejo karst system has developed in favor of a calcareous group from the Upper Cretaceous. It is divided into narrow synclinal aquifers with a groundwater reserve capacity of between 1.85 and 2.41 hm³. It is a nonconfined aquifer of 41 km² of extension where the natural recharge is mainly autogenous and diffuse. The groundwater flow is directed by the bottom of the synclines towards the Villabuena springs (121 l/s) and ephemeral springs of the Izana River gorge in high waters. All springs have a highly variable flow. Subterranean transfers to the Calcareous Tertiary and Cretaceous of the Almazán Basin are important. The flat northern part has preserved to a great extent the hydrogeological functioning of the first phases of karstification. The erosion and exhumation of Cretaceous anticlinal domes to the south during the Quaternary have allowed groundwater transfer to ephemeral springs associated with important tuffaceous-closure lagoon systems.

Key-words: karst system, hydrodynamics, natural recharge, hydrogeological evolution, Iberian Range.

RESUMEN

El sistema kárstico de la Sierra de Hinodejo se ha desarrollado a favor de un conjunto calcáreo del Cretácico Superior con geometría compartimentada en estrechos sinclinales ocupados por acuíferos, con una capacidad de reservas subterráneas de entre 1.85 y 2,41 hm³. La recarga en este acuífero libre de 41 km² de extensión es principalmente autógena y difusa. El flujo subterráneo va dirigido por el fondo de los sinclinales hacia los manantiales de Villabuena (121 l/s) y surgencias efímeras de la hoz del río Izana en aguas altas. Todas ellas de régimen muy variable. Son importantes las transferencias subterráneas al Terciario y Cretácico calcáreo de la Cuenca de Almazán. La parte pleniplanizada del norte ha conservado en gran medida el funcionamiento hidrogeológico desde las primeras fases de la karstificación. La erosión y exhumación de cúpulas anticlinales cretácicas al sur durante el Cuaternario ha permitido la transferencia subterránea a manantiales efímeros asociados a importantes sistemas lagunares de cierre tobáceo.

Palabras clave: Sistema kárstico, hidrodinámica, recarga natural, evolución hidrogeológica, Cordillera Ibérica.

Geogaceta, 72 (2022), 7-10
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 31/01/2022
Fecha de revisión: 22/04/2022
Fecha de aceptación: 27/05/2022

Introducción y objetivos

Como se sabe, en las primeras fases de los estudios hidrogeológicos, se intenta identificar los acuíferos, la evaluación de sus recursos y el conocimiento previo del funcionamiento hidrodinámico general del sistema en régimen natural. En el estudio del karst es esencial un conocimiento bueno de las condiciones locales, ya que el karst se presenta en contextos geológicos diferentes, con condiciones de almacenamiento y flujo distintas. Y a ese buen conocimiento de las condiciones actuales puede contribuir en ocasiones el tener en cuenta la evolución hidrogeomorfológica del acuífero. Esta es quizá la particularidad que da un carácter específico al karst respecto a otros campos de la hidrogeología (Hernanz, 1979)

Dentro del sector noroeste de la Cordillera Ibérica, se encuentra la Sierra de Hinodejo, una alineación constituida mayoritariamente por materiales calcáreos de edad cretácica, y afectados por plegamientos alpinos que siguen las direcciones noreste-suroeste. La zona de estudio se encuentra cerca del borde con la

Cuenca de Almazán. En ella tienen su nacimiento los ríos Izana, Mazos y Andaluz, afluentes del río Duero por su margen derecha. Su continuación hacia el norte, por la denominada Sierra de Cabrejas, se extienden otros sistemas kársticos de semejantes características. Son los acuíferos de los manantiales de la Fuentona de Muriel (unos 1000 l/s) y Fuentetoba (200 l/s) y que han sido estudiados por Pérez y Sanz (2010), Rosas et al. (2016), Fonolla (2021) y Sanz et al. (2021). Sin embargo, la Sierra de Hinodejo es bastante desconocida y está prácticamente en régimen natural, sin apenas explotación de aguas subterráneas.

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

-Delimitación de los acuíferos kársticos y estimación de reservas

-Caracterizar de manera preliminar el funcionamiento e hidrodinámica de los acuíferos, diferenciación de flujos, y de los procesos de recarga y descarga.

-Iniciar el estudio de evolución paleohidrogeológica del sistema kárstico durante el final del Terciario y Cuaternario.

Metodología

En la zona de estudio, la escasez de sondeos limita mucho algunos aspectos para el conocimiento hidrogeológico, como es la elaboración de mapas de isopiezas, determinación de los parámetros hidrogeológicos, etc. Según las características específicas de la zona, y a los recursos de información disponibles, se ha aplicado y combinado los siguientes métodos de estudio:

Identificación de los niveles hidroestratigráficos y delimitación de los acuíferos del sistema kárstico mediante cartografía geológica a escala 1/50.000 (Beltran et al., 1980 y Valverde, 1991). Caracterización de la estructura y geometría en profundidad de los acuíferos kársticos con la elaboración de un mapa de contornos estructurales de la formación permeable mediante planos acotados utilizando registros estratigráficos, sondeos y mapas geológicos. Ello nos ha permitido conocer las reservas permanentes de aguas subterráneas, por ejemplo.

Métodos hidrogeológicos e hidrológicos

gicos para la caracterización del funcionamiento hidrogeológico que ha consistido: inventario y localización de los sumideros más importantes, ya fueran esporádicos o permanentes. Inventario de todos los puntos de agua dentro del sistema (en la Figura 1 solo se representan los más importantes).

Como no se tenían registros de aforos del principal manantial del sistema (manantial de Villabuena (a en figura 1), se ha procedido a la reconstrucción aproximada de su hidrograma utilizando el modelo de precipitación-escorrentía CREC (Guilbot, 1975). Para ello se han extrapolado los resultados de la modelización del inmediato acuífero de Fuentetoba que se halla 5 km más al norte y tiene las mismas características y precipitación, al cual se ha ajustado su superficie más pequeña. Se ha reconstruido así una serie histórica de 20 años (1991-2013) para cuantificar todos los elementos del balance hidráulico. En el estudio de la evolución del sistema hemos incluido la información geomorfología (Sanz, 1992) y los registros morfosedimentarios de origen kárstico externos (tobas), ya que son indicadores paleohidrologicos

Delimitación de los acuíferos del sistema kárstico y diferenciación de flujos

El sistema kárstico

Desde el punto de vista estratigráfico, los materiales más antiguos de la zona pertenecen al Jurásico, que aflora en el núcleo de una pequeña estructura anticlinal en Las Fraguas donde aparecen margas y calizas del Lías. Las arenas de la facies Utrillas que se apoyan en discordancia se consideran de poco a medianamente permeables. El nivel hidroestratigráfico principal y claramente permeable está formado por las calizas coniacienses-santonenses-campañienses de 220 m de espesor, que se apoyan sobre las margas poco permeables del Cenomaniense-Turonense. Estos materiales acuíferos ocupan una extensión de 41 km². En discordancia sobre los demás sedimentos descritos, se disponen los conglomerados y areniscas cementadas y plegadas paleógenas, sobre las que se asientan en discordancia un Plioceno horizontal de conglomerados y arcillas rojas que culminan en unas calizas lacustres del Páramo que forman relieves en meseta hacia la cota 1080-1070 m. El Cuaternario adquiere poco desarrollo y, en él destacamos las terrazas y depósitos de tobas de barrera y aluviales de los ríos Izana y arroyo de La Laguna de la Torre (cabecera del río Andaluz, e en Figura 1).

A diferencia de las estructuras sencillas de amplios sinclinales y anticlinales que

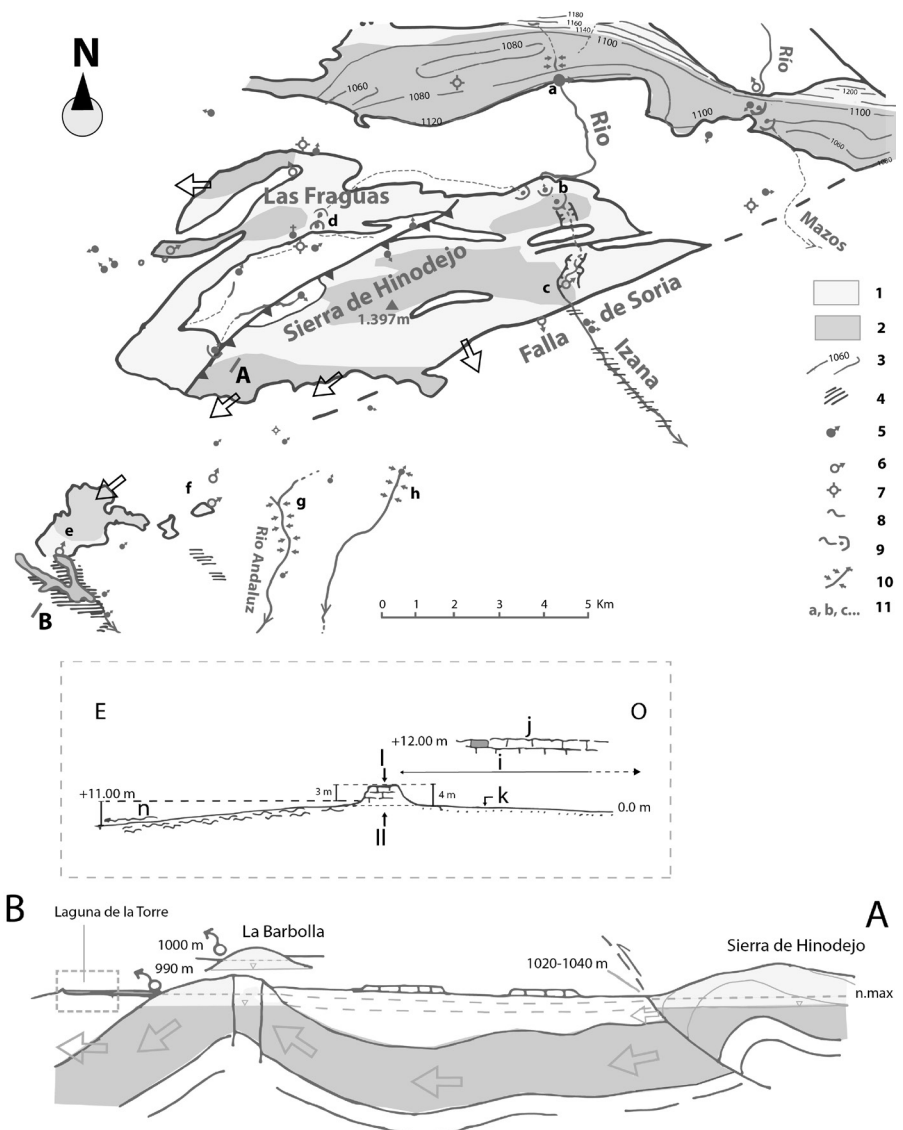


Fig. 1.- Mapa hidrogeológico esquemático del sistema kárstico de la Sierra de Hinodejo (Arriba). Corte hidrogeológico esquemático A-B con detalle del complejo tobáceo (abajo)
 Fig. 1.- Schematic hydrogeological map of the karstic system of the Sierra de Hinodejo (Above). Schematic hydrogeological section A-B with detail of the tuffaceous complex (below)

1 Acuífero de calizas del Cretácico superior. 2 Situación de las reservas permanentes. 3 Líneas de nivel de la base del acuífero calcáreo cretácico. 4 Tobas calcáreas. 5 Manantiales permanentes. 6 manantiales en aguas altas. 7 Sondeos. 8 Corrientes de agua permanentes. 9 Sumideros importantes. 10 Zona de descarga en ríos: g río Andaluz, h arroyo del Valle, b, c...referencias en texto. Corte hidrogeológico esquemático A-B con detalle del complejo tobáceo: 1 antigua laguna, j terraza alta de toba (+12 m), k toba pulverulenta, l presa de toba, m talweg del arroyo, n talud de toba, n arroyo de La Laguna.

dominan al norte de la zona de estudio, en la Sierra de Hinodejo, se observa un aumento del grado de deformación de los materiales jurásicos y cretácicos a medida que nos aproximamos a la zona de contacto con el borde norte de la Cuenca sedimentaria terciaria de Almazán. Ello divide al Cretácico calcáreo en acuíferos de pequeño y mediano tamaño y con menor capacidad de almacenamiento que los acuíferos del norte. En la figura 1 se representan esquemáticamente los acuíferos del sistema y, en el de Villabuena, se han dibujado las líneas de contornos estructurales a modo de ejemplo. Todos los acuíferos son libres y las zonas permanentemente saturadas están en los fondos

de los sinclinales, que es donde se sitúan las reservas permanentes y por donde se reconduce el flujo. Se puede diferenciar así dos acuíferos: un acuífero alargado al norte de 16 km² con una zona saturada continua Este-Oeste que drena por el manantial de Villabuena, nacimiento del río Izana. Y otro más extenso de 26 km² situado al sur que tiene tres zonas saturadas: dos de ellas drenan al río Izana en la hoz de mismo río, sobre todo en aguas altas. Y una tercera cerca del contacto con el borde sur con la Cuenca de Almazán, y cuyo flujo es de suponer que se transfiere subterráneamente a los sedimentos detríticos terciarios de la mencionada cuenca, por un lado, y hacia los manantiales efímeros

de la Laguna de la Torre y la Barbolla a través del acuífero calcáreo, por otro (Figura 1, corte hidrogeológico inferior). En aguas altas es normal que el nivel freático pueda subir más de 20 m según se ha medido en algunos sondeos por lo que, lógicamente, las zonas saturadas se expandirán, aunque se desconoce en detalle. En esta situación las reservas hidrodinámicas aumentan. Se hace notar que al NO. del cabalgamiento de las Fraguas, el flujo va dirigido hacia los manantiales del río Milanos en Calatañazor, fuera del sistema que aquí se estudia.

Para estimar las reservas permanentes de agua, habrá que cubicar el volumen de los acuíferos saturados de los diferentes sectores del sistema por debajo de la cota de los desagües naturales a través de manantiales y arroyos, desde la base de la zona de reservas dinámicas hasta el muro del acuífero y multiplicarlo por la porosidad eficaz media (m_e). Se toma como porosidad media las obtenidas en el sistema kárstico de la Fuentona de Muriel que variaban entre $m_e=0,012$ a $m_e=0,016$ (Pérez y Sanz, 2010), ya que se trata de un acuífero muy semejante y con un grado de karstificación, espesor saturado e historia hidrogeología muy parecida.

Para cubicar el volumen del acuífero por debajo de la cota de desagüe de las tres subzonas que aparecen en la figura 1, se han dibujado las líneas de nivel o de contornos estructurales de la base del acuífero, como se ha dicho. Los resultados figuran en la Tabla 1.

Dinámica del acuífero: Procesos de recarga y descarga. Balance hidráulico aproximado

Todo el acuífero se recarga de mane-

Subzonas	$m_e=0,0012$	$m_e=0,0016$
Sinclinal de Villabuena	0,97 hm ³	1,3 hm ³
Sinclinal Hoz del río Izana	0,38 hm ³	0,51 hm ³
Borde con la C. de Almazán	0,5 hm ³	0,6 hm ³
TOTAL SISTEMA	1,85 hm³	2,41 hm³

Tabla 1.- Reservas permanentes en las diferentes cubetas sinclinales del sistema kárstico.

Table 1.- Permanent groundwater reserves in the different syncline basins of the karstic system

ra autógena, de la infiltración difusa del agua de la lluvia y de fusión nival. La recarga está favorecida por la existencia de una altiplanicie calcárea sin redes importantes de drenaje superficial, o por una red relictiva que actualmente funciona a modo de valles secos de alta capacidad de recarga lineal.

A lo largo de varias décadas de observaciones de campo, se ha visto que, en periodos muy lluviosos y precipitaciones fuertes, la escorrentía superficial que generan las vaguadas en afloramientos

calcáreos se vuelve a infiltrar generalmente en los mismos cauces aguas abajo. No ocurre así en las pequeñas cuencas impermeables de afloramientos de la facies Utrillas y otros materiales mesozoicos, que originan corrientes de agua efímeras que pueden alcanzar puntualmente hasta 200-300 l/s. Estas se pierden en sumideros (como el de La Sima en Las Fraguas, que admite hasta unos 200 l/s, perdedero situado en el sistema vecino del río-Milanos, d en Figura 1), o salen del sistema como escorrentía superficial, como ocurre con el río Izana cuando va crecido. A efectos prácticos de balance, se va a considerar que la escorrentía superficial es nula.

Las descargas del acuífero se realizan principalmente por los manantiales permanentes del Ojo de Villabuena y otros de carácter temporal, así como por las transferencias al Terciario de la Cuenca de Almazán.

Los cambios estacionales en el régimen de lluvias condicionan mucho los diferentes procesos de recargas y descargas y el funcionamiento hidrogeológico de ríos y arroyos. Así, y respecto al río Izana, en situación de estiaje, el río tiene su nacimiento en el manantial permanente del Ojo de Villabuena (a en Figura 1), y que representa el desagüe natural de un sinclinal de calizas alargado norte-sur en contacto con margas. La fuente tiene un caudal en estiaje de entre 5 y 20 l/s. La corriente se pierde en dos sumideros en el paraje de Peña Redonda (b en Figura 1), distanciados 200 m uno de otro. El de aguas abajo no lo sobrepasa nunca en situación de estiaje. En aguas altas, el Ojo de Villabuena puede superar los 500 l/s, funcionando también un trop-plein. El río corre con agua hasta su salida de la hoz sobrepasando todos los sumideros. También surgen en la orilla manantiales efímeros habitualmente secos, como el de Las Chorreras de entre 50-100 l/s (c en Figura1). A su paso por la banda de calizas cretácicas el río Mazos suele ser perdedor en estiaje, habiendo varios sumideros en su cauce. En aguas altas, sin embargo, parece que el nivel freático sube y hay manantiales nuevos en la orilla.

Por otro lado, existe un flujo subterráneo del sistema kárstico hacia el sur que en gran parte es transferido al Terciario de la Cuenca de Almazán. La existencia de la falla inversa de Soria no llega a interrumpir la continuidad del acuífero calcáreo hacia el sur (corte A-B en Figura 1), pero permite poner en contacto directo el Cretácico calcáreo con el Terciario, situado topográficamente más bajo. Cuando sube el freático en agua altas aparecen manantiales grandes efímeros en la Laguna de la Torre (995 m) (e en Figura 1) y a pocos días en La Barbolla (1000 m) (f en Figura 1). Ambos están situados

en pequeños afloramientos del Cretácico que emergen de entre los sedimentos neógenos.

El hidrograma del Ojo de Villabuena ha podido ser reconstruido de manera tentativa para una serie de 20 años (1991- 2013), destacándose su gran variabilidad, alcanzando en ocasiones caudales de más de 3000 l/s. Se ha observado que cuando funcionan Las Chorreras y por el Ojo de Villabuena mana más de 400 l/s, entonces aparecen los Manantiales de La Laguna de La Muela y de la Barbolla. Según el hidrograma reconstruido esto suele ocurrir casi todos los años, salvo en los muy secos. Y según la curva de caudales clasificados del manantial de Villabuena de la Figura 2, esto suele ocurrir en el 10 % de días del año, como media.

Para calcular la recarga según el balance hídrico, se debe establecer la siguiente igualdad: $E=S\pm\Delta A$ donde E son las entradas al sistema, S son las salidas y ΔA es la variación del almacenamiento, que en el caso nuestro se considera cero porque la serie simulada es larga. Las entradas E, sólo es la recarga natural procedente de las precipitaciones, ya que no hay entradas de ríos alóctonos ni transferencias laterales de otros acuíferos; tampoco hay retornos de agua de riego ni recarga artificial. Las salidas (S) serían: Descargas a través de los manantiales de Villabuena, transferencias al Cretácico y el Terciario de la Cuenca de Almazán, y descargas en la Hoz del Izana en aguas altas. Estas dos últimas se han considerado conjuntas porque están en el mismo acuífero y es difícil cuantificarlas por separado, aunque las salidas por la Hoz del Izana se piensa no superan los 20 l/s de media. Se consideran salidas las extracciones de agua subterránea para el abastecimiento al pueblo de Golmayo en el sinclinal de Villabuena. No hay escorrentía superficial que salga del sistema kárstico propiamente dicho, como ya se ha comentado.

Así, se ha cuantificado de manera aproximada el balance hidráulico medio para una serie de 20 años: aportación pluviométrica 26,6 hm³ (100 %), recarga natural 13,16 hm³ (49,59%), EVT 13,4 hm³ (50,41%), bombeo de agua subterránea 0,5hm³ (1,87%), escorrentía superficial 0 hm³, descarga por el Ojo de Villabuena 4,34 hm³ (16,36 %), Transferencias a la Cuenca de Almazán y descarga por la Hoz del Izana 8,34 hm³ (31,35%).

Discusión

La zona estuvo afectada por una larga etapa de denudación que tuvo lugar a lo largo del Neógeno Superior, con el enrasamiento y aplanamiento generalizado hacia la cota 1160-1170 m (nivel SE2 de Benito-Calvo y Pérez-González (2007), de edad Mioceno medio, equivalente a la Su-

perficie de Erosión Intramiocena (SEI) de Rodríguez-García (2008). En los bordes se elevan relieves residuales o inselbergs cuyas cumbres llegan hasta los 1377 m de altitud en la Sierra de Hinodejo y de 1316 en la sierra de San Marcos (Sanz, 1992).

Después de la formación de la superficie de erosión Astariciense y el inicio de su exhumación en la región al final del Turoliense (9-5,3 Ma), se iniciaron las primeras fases de karstificación de los acuíferos de este sistema. Al no ser quizá el drenaje subterráneo el predominante en estas fases iniciales, se explica su coexistencia con una escorrentía superficial relativamente importante, y que ha quedado de manifiesto en la red de drenaje arborescente relicta entallada en la roca que todavía se conserva.

Las fases erosivas posteriores condujeron al rebajamiento del relieve en el Terciario, al sur del macizo calcáreo. Sin embargo, la mayor parte de los bordes de los sistemas kársticos existentes en la Sierra de Hinodejo y del páramo calcáreo que le rodea al norte y al Este, no han sido todavía erosionados, y el relieve ha evolucionado poco, conservándose tal como entonces, aunque es de suponer que la karstificación interna de los diferentes aparatos kársticos ha aumentado acorde con el tiempo pasado.

En el sinclinal de Villabuena por ejemplo, el funcionamiento hidrogeológico se ha conservado como en las primeras fases, con el nivel freático cerca de la superficie topográfica, tal como lo evidencia el manantial permanente de la paramera de Villabuena.

La erosión en el Terciario produjo la exhumación de las cúpulas anticlinales del acuífero calcáreo Cretácico en La Laguna de la Torre y la Barbolla, abriendo la posibilidad del drenaje a cotas más bajas, en torno a 1000 m en la actualidad. El manantial de La Laguna de la Torre (995 m) y el de la Barbolla (1000 m) significan las salidas de los excedentes del acuífero calcáreo cretácico que no han sido transferidos al Terciario. El manantial de La Laguna de la Torre es de agua incrustante y ha posibilitado la formación de

un complejo lagunar de cierre tobáceo muy notable que ha perdurado desde el Pleistoceno hasta principios del siglo XX. Aunque no se tienen dataciones, ello se evidencia por la existencia de dos niveles de terrazas tobáceas, al igual que ocurre con las terrazas aluviales del río Izana a la salida de la Hoz de Cuevas de Soria.

Conclusiones

En este sector de la Cordillera Ibérica hay pequeños sistemas acuíferos kársticos en régimen natural que están muy poco estudiados, como es el caso del de la Sierra de Hinodejo, asociado a calizas del Cretácico Superior. A pesar de la escasez de datos, ha sido posible definir los diferentes sectores que compartimentan el flujo subterráneo. Se identifica una hidrodinámica típicamente kárstica, muy variable en caudales y niveles según situaciones de aguas altas o bajas. Ello condiciona interacciones distintas con los ríos de la zona, y la presencia de importantes trop-pleins. Se establece un primer balance hídrico, donde se destaca las transferencias subterráneas a los acuitardos de la Cuenca terciaria de Almazán. El funcionamiento hidrogeológico actual es el resultado, en gran parte, de la evolución del relieve a lo largo del Mioceno y Cuaternario: en algunos sectores se conserva el funcionamiento inicial a través de manantiales de penillanura; en otros, donde la erosión del Terciario ha exhumado el Cretácico a cotas bajas, ha permitido el flujo a través de rebosaderos lejanos y la formación de tobas cuaternarias.

Agradecimientos

Esta investigación no ha contado con ninguna ayuda oficial ni privada y los gastos han sido sufragados personalmente por los propios firmantes del artículo. Agradecemos a todas las personas de campo que nos han informado sobre el comportamiento hidrológico de los

manantiales, trop-pleins y sumideros.

Agradecemos a los dos revisores anónimos que, con sus observaciones y sugerencias han ayudado a mejorar este artículo.

Referencias

- Beltrán Cabrera, F.J., Ríos Mitchell, J.M., Ríos Aragüés, L.M. (1980). Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 349 (Cabrejas del Pinar) y Memoria. IGME, Madrid, 20p.
- Benito-Calvo, A.; Pérez-González, A. (2007). *Geomorphology* 2007, 88, 226–241. [CrossRef].
- Fonollá Veiga, Cristina. (2021). Paleohidrogeología del sistema kárstico del manantial de Fuentetoba. (Cordillera Ibérica, Soria). Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Guilbot, A. (1975). Modélisation des Écoulements d'un Aquifère Karstique (Liaison Pluie-Débit). Application Aux Bassins de Saugras et du Lez. Ph.D. Thesis, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, France, 1975.
- Hernanz, A.(1979). Curso de Hidrología General y Aplicada. Escuela de Hidrología; Centro de Estudios Hidrográficos: Madrid, Spain; p. 29.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España) 1991. Hoja Geológica 1/50.000 nº 378 (Quintana Redonda).
- Pérez, J.; Sanz, E. (2010) *Environ. Earth Sci*, 1, 20–30. [CrossRef]
- Rodríguez-García, J.A. (2008). Ph.D. Geomorfología de un Sector de la Cuenca de Almazán (Soria): Procesos de Erosión de Suelos y Planteamiento de Escenarios Ante el Cambio Climático. Thesis, Univ. Complutense de Madrid, Madrid, Spain, 2008; p. 390.
- Rosas, P.; Sanz, E.; Menéndez-Pidal, I. (2016). *Estud. Geológicos*, 72, e047. [CrossRef]
- Sanz, E. (1992). En: III Congreso Geológico de España y I Congreso Iberoamericano de Geología. Salamanca, Spain Comunicaciones Tomo 3., pp. 91–95. Available online: <https://soporte.dialnet.unirioja.es/portal/es/kb/articles/acceso-adocumentos-a-texto-completo> (accessed on 23 June 2021).
- Sanz Pérez, E.; Fonolla, C.; Menéndez Pidal, I.; Rosas Rodríguez, (2021). *Sustainability*, 13, 7236. <https://doi.org/10.3390/su13137236> University Press, Cambridge, 292–299.
- Valverde Hernández, M.F. (1989). Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 378 (Quintana Redonda) y Memoria. IGME, Madrid, 42p.

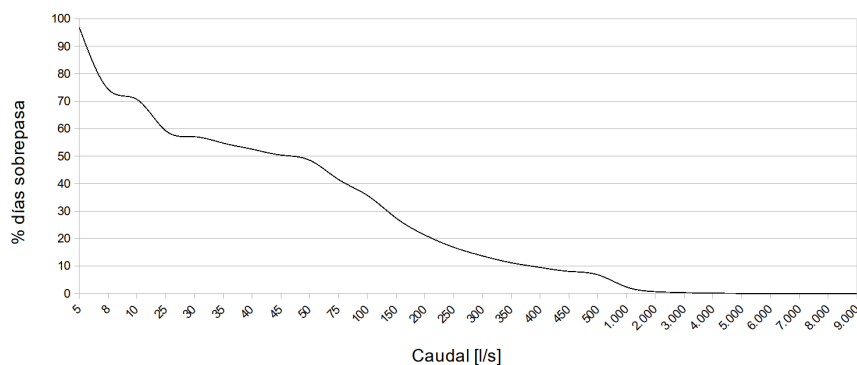


Fig. 2.- Curva de caudales clasificados del manantial del Ojo de Villanueva correspondiente a 21 años.

Fig. 2.- Curve of classified flows of Villanueva spring corresponding to a 21-year series.