

Caracterización hidrogeológica de las unidades litoestratigráficas del Mesozoico y Cenozoico presentes en el subsuelo de Aldealengua (Salamanca)

Hydrogeological characterization of the Mesozoic and Cenozoic Lithostratigraphic Units present in the subsoil of Aldealengua (Salamanca)

Rodrigo Andrés-Bercianos y Gaspar Alonso-Gavilán

Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca. Plaza de la Merced, s/n 37008. Salamanca. España.
rab@usal.es, gavilan@usal.es

ABSTRACT

The aim of the present work is to identify and describe the different aquifers levels present in the Mesozoic and Cenozoic Lithostratigraphic Units in the subsoil of Aldealengua (Salamanca), based on the interpretation and correlation of the well logs carried out in two boreholes. This will help to elucidate the analogies and differences between the different fluid producing levels, as well as to quantify their thickness, which is completed with the hydraulic parameterization of the aquifer and a chemical characterization of the water contained therein.

Key-words: Hydrogeology, well logs, hydrochemistry, Cretaceous - Paleogene, southwest of the Duero basin.

RESUMEN

El trabajo que se presenta tiene por objeto la identificación y descripción de los distintos niveles de acuíferos presentes en las unidades litoestratigráficas del Mesozoico y Cenozoico en el subsuelo de Aldealengua (Salamanca) a partir de la interpretación y correlación de las diagráfiás realizadas en dos sondeos. Ello ayudará a dilucidar las analogías y diferencias entre los distintos niveles productores de fluido, así como a cuantificar su espesor, lo que se completa con la parametrización hidráulica del acuífero y una caracterización química del agua contenida en el mismo.

Palabras clave: Hidrogeología, diagráfiás, hidroquímica, Cretácico - Paleógeno, suroeste de la cuenca del Duero.

Geogaceta, 64 (2018), 43-46
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 28 de enero de 2018
Revisión: 19 de abril de 2018
Aceptación: 25 de abril de 2018

Introducción

A partir de los resultados obtenidos de la correlación de los parámetros geofísicos efectuada en dos sondeos por Andrés-Bercianos y Alonso-Gavilán (2019), se procederá a identificar y dilucidar las analogías y diferencias existentes entre los distintos niveles de acuíferos que albergan las unidades litoestratigráficas del Cenozoico y Mesozoico presentes en el subsuelo de Aldealengua (Salamanca).

Geológicamente, el área de estudio se encuentra en el borde suroccidental de la cuenca del Duero, cuenca sedimentaria endorreica rellena por materiales detríticos procedentes del desmantelamiento de los relieves Paleozoicos (Alonso-Gavilán *et al.*, 2004).

Hidrológicamente, a nivel superficial, el río más próximo es el Tormes, perteneciente a la cuenca hidrográfica del Duero, el cual discurre en dirección Este - Oeste por la parte sur del término municipal de Aldealengua. A nivel subterráneo, la zona de estudio se encuentra en la unidad hidrogeológica nº 19 denominada "Ciudad Rodrigo - Salamanca", englobándose el área dentro de la masa de agua nº 52 de Salamanca. En ella destaca un sistema de acuíferos multicapa profundos, con carácter confinado - semiconfinado, que en general suelen estar conectados entre sí presentando una relación entre caudal específico ($\text{m}^3/\text{día}/\text{m}$) y transmisividad ($\text{m}^2/\text{día}$) de: $T = 1,11Q_e - 0,61$ (Sánchez San Román, 1985).

Los sondeos en los cuales se realizó la testificación geofísica se encuentran separados una distancia ligeramente superior a 1 km en dirección Norte [ALD - 1] - Sur [ALD - 2] (Fig. 1), siendo la diferencia de cota entre ambos sondeos, medida desde los emboquilles, de 45 m.

Encuadre hidrogeológico y estratigráfico

Sobre una base impermeable de pizarras paleozoicas que presentan, en líneas generales, un perfil de alteración se disponen horizontalmente y con un ligero buzamiento hacia el Este (Fig. 2) las distintas unidades litoestratigráficas. La columna general para la zona, sintetizada de Alonso Gavilán (1981), integra las siguientes unidades:

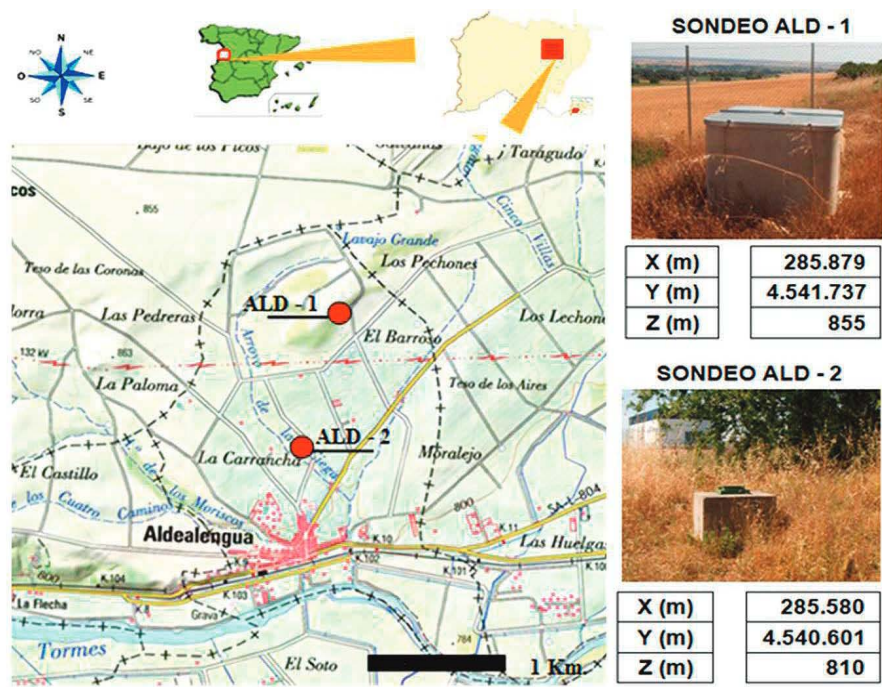


Fig. 1.- Localización de la zona de estudio a escala nacional, provincial y local, indicando en esta última la ubicación de cada uno de los dos sondeos: ALD - 1 y ALD - 2, así como la imagen, cota y coordenadas en el sistema ETRS89 del punto de emboquille de cada uno de ellos.

Fig. 1.- Location of the study area at national, provincial and local scales, indicating in the latter the location of each of the two boreholes: ALD - 1 and ALD - 2, as well as the photography, altitude and coordinates in the ETRS89 system of the mouthpiece point of each one of them.

Fm Areniscas de Salamanca

En esta unidad litoestratigráfica detrítica del Mesozoico (Alonso Gavilán *et al.*, 2013) los potenciales niveles de acuíferos se sitúan en los materiales granulares con presencia nula o parcial de cementación silíceo (Mb Areniscas de Terradillos y Mb Areniscas y Fangos de la Peña Celestina) o ferruginosa (Capa de Conglomerados de la Peña de Hierro).

Fm Areniscas de Cabrerizos

La primera de las unidades litoestratigráficas del Cenozoico está constituida por ciclos detríticos (Alonso Gavilán, 1981), los cuales describen una secuencia granodecreciente (desde muro hasta la mitad de la misma) y otra granocreciente (desde la mitad de la misma hasta techo). Hidrogeológicamente se caracteriza por una alter-

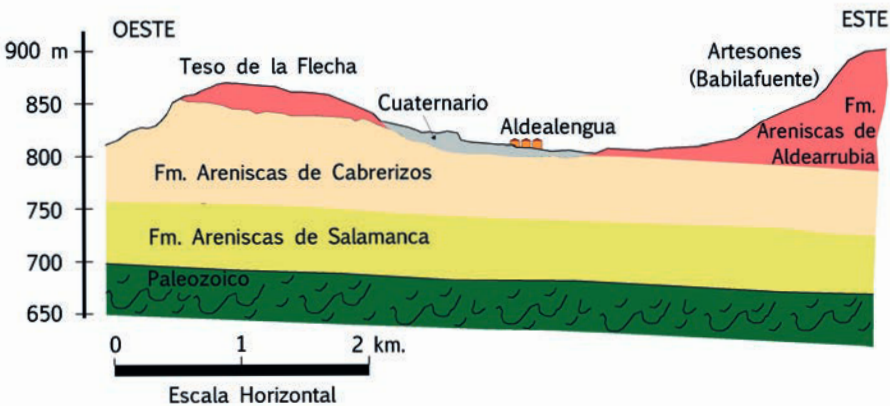


Fig. 2.- Corte esquemático, en dirección Oeste - Este, en el que se reflejan las distintas unidades litoestratigráficas presentes en el subsuelo, así como el ligero buzamiento propio de estos materiales del borde de la Cuenca del Duero. Modificado de Andrés-Bercianos y Alonso-Gavilán (2019).

Fig. 2.- Schematic cross section, in a West - East direction, in which the different lithostratigraphic units present in the subsoil are reflected, as well as the slight dip of these materials from the edge of the Duero Basin. Modified after Andrés-Bercianos and Alonso-Gavilán (2019).

nancia de cuerpos canalizados constituidos por areniscas de grano muy fino, limos arenosos y paleosuelos con cemento carbonatado, los cuales actúan como sello inferior de los niveles de acuíferos que sobre ellos se disponen.

Fm Areniscas de Aldearrubia

Constituida por una secuencia granodecreciente de arenas y arcillas, de color rojizo y blanco, que presentan una alta porosidad y permeabilidad.

Depósitos cuaternarios

Están formados por limos, conglomerados y arenas de tipo arcósico que presentan altas permeabilidades por porosidad intergranular.

Identificación de los distintos niveles de acuíferos

La descripción de las muestras de superficie y de los ripios obtenidos de la perforación (Andrés-Bercianos, 2018) junto a la interpretación de las diagráfias y su posterior correlación (Andrés-Bercianos y Alonso-Gavilán, 2019) han permitido identificar los distintos niveles de acuíferos. La presencia y circulación de agua en el subsuelo responde a la litología de los materiales y a la existencia o ausencia de niveles más permeables dentro de las diferentes formaciones, así como a la presencia de fisuras y fracturas junto con niveles menos cementados y más arenolimosos dentro de las mismas. El sondeo Aldealengua - 1 [ALD - 1] (Tabla I) alcanzó una profundidad de 160 m y en él se han identificado 14 niveles que potencialmente constituirían acuíferos, generalmente de 2 m de espesor. Destacan por su productividad, asociada a un mayor espesor, cuatro de ellos situados a una profundidad desde el emboquille del sondeo comprendida entre: 107 - 112 m (5 m), 123 - 127 m (4 m), 131 - 135 m (4 m) y 146 - 152 m (6 m).

En el sondeo Aldealengua - 2 [ALD - 2] (Tabla II) se identifican 9 niveles que pudieran albergar fluido, valor inferior al sondeo Aldealengua - 1 ya que se perforó hasta una profundidad de 104 m. Destacan por su productividad, asociada a un mayor espesor, tres de ellos situados a una profundidad desde el emboquille del sondeo comprendida entre: 62- 68 m (6 m), 78 - 82 m (4 m.) y 86 - 90 m (4 m).

Una vez identificados en cada uno de los sondeos los distintos niveles de acuíferos existentes en el subsuelo se procede a realizar la correlación de los mismos entre ambos sondeos teniendo en cuenta la testificación geofísica efectuada (Fig. 3). Debido al ligero buzamiento hacia el Este de las capas (Fig. 2), propio de estas formaciones, y a la disposición Norte-Sur de los sondeos, los niveles de acuíferos se encuentran prácticamente a la misma cota topográfica en ambos sondeos.

Caracterización hidrogeológica de los principales niveles de acuíferos

De acuerdo con los distintos niveles de acuíferos identificados y a la interpretación hidrogeológica de la litología presente, los niveles con mayor potencial de explotación hídrica son:

Muro de la Fm Areniscas de Cabrerizos

Sobre los materiales con mayor concentración de cemento silíceo de la Fm Areniscas de Salamanca, los cuáles actúan como sello del acuífero que sobre ellos se dispone, y coincidiendo con el tramo final de una secuencia granocreciente a muro de la Fm Areniscas de Cabrerizos se localiza una zona de 16 m de espesor constituida mayoritariamente por areniscas de grano muy fino y arenas, actuando los niveles más limosos superiores e inferiores y los paleosuelos con cemento carbonatado como pequeños sellos que conforman acuitardos, representando el conjunto acuíferos semiconfinados.

Fm Areniscas de Salamanca

Al realizar la correlación geofísica, y haciendo hincapié en los valores máximos de resistividad que coinciden, a veces, con los valores mínimos del gamma natural, se han podido establecer diferentes niveles de acuíferos en la Fm Areniscas de Salamanca, destacando por su productividad los situados en los materiales granulométricamente más gruesos: arenas, areniscas y gravas, pudiendo presentar porosidad intergranular y/o por fracturación. Aunque la porosidad total en estos materiales sea moderada o alta y su transmisividad sea buena, estos niveles de acuíferos se abastecen del drenaje que reciben de los ma-

U.I.E.	SONDEO ALDEALENGUA – 1 [ALD – 1]				
	Profundidad (m)		Espesor acuífero (m)	Cota Topográfica (m)	
	Desde	Hasta		Desde	Hasta
Fm Areniscas de Cabrerizos	28	29	1	827	826
	48	50	2	807	805
	79	81	2	776	774
	67	69	2	788	786
	96	97	1	759	758
	99	100	1	756	755
	101	103	2	754	752
Fm Areniscas de Salamanca	107	112	5	748	743
	115	116	1	740	739
	123	127	4	732	728
	131	135	4	724	720
	137	139	2	718	716
	146	152	6	709	703
	154	156	2	701	699

Tabla I.- Niveles de acuíferos en función de la cota topográfica y la profundidad desde el emboquille del sondeo ALD - 1 a la que se presentan.

Table I.- Aquifer levels according to the topographic level and the depth from the mouthpiece of the ALD - 1 borehole to which they are presented.

U.I.E.	SONDEO ALDEALENGUA – 2 [ALD – 2]				
	Profundidad (m)		Espesor acuífero (m)	Cota Topográfica (m)	
	Desde	Hasta		Desde	Hasta
Fm Areniscas de Cabrerizos	22	24	2	788	786
	34	36	2	776	774
	54	55	1	756	755
	56	58	2	754	752
	62	68	6	748	742
Fm Areniscas de Salamanca	70	72	2	740	738
	78	82	4	732	728
	86	90	4	724	720
	92	93	2	718	717
	98	100	2	712	710

Tabla II.- Niveles de acuíferos en función de la cota topográfica y la profundidad desde el emboquille del sondeo ALD - 2 a la que se presentan.

Table II.- Aquifer levels according to the topographic level and the depth from the mouthpiece of the ALD - 2 borehole to which they are presented.

teriales semipermeables más finos que los confinan, que son los que a su vez presentan una porosidad total alta y una porosidad eficaz baja, lo que hace que aumente su retención específica.

Por ello, se concluye que la formación hidrogeológica albergante es de naturaleza detrítica, siendo los materiales limoarcillosos, los niveles cementados y las pizarras paleozoicas las que le confieren impermeabilidad en la base, permitiendo la acumulación de fluido.

Parámetros hidráulicos e hidroquímicos

Respecto a los parámetros hidráulicos, el caudal específico de realizar un ensayo de bombeo a caudal constante en el sondeo [ALD – 2] fue de 0,6 l/s/m = 51,84 m³/día/m. Dicho valor es ligeramente superior al considerado en otros trabajos re-

alizados en la zona, que contemplan caudales específicos inferiores a 0,5 l/s/m (IGME, 1982) o incluidos en el intervalo de 0,5 – 1 m³/h/m (Sánchez San Román, 1985). De aplicar la relación que liga el caudal específico con la transmisividad para los acuíferos de esta región (Sánchez San Román, 1985) se obtiene una transmisividad de T = 57 m²/día, valor que apenas difiere del real (T = 67 m²/día).

Hidroquímicamente, el agua subterránea presenta un pH de 7,31 y una conductividad eléctrica (25 °C) de 534 µS/cm, valor ligeramente superior al de 300 µS/cm considerado para la zona (IGME, 1982). De acuerdo con el análisis iónico (MAPAMA, 2008), el agua se clasifica como bicarbonatada cálcica (Fig. 4), al igual que la práctica totalidad de las aguas del entorno (Porrás *et al.*, 1985; Corral Lledó *et al.*, 2010).

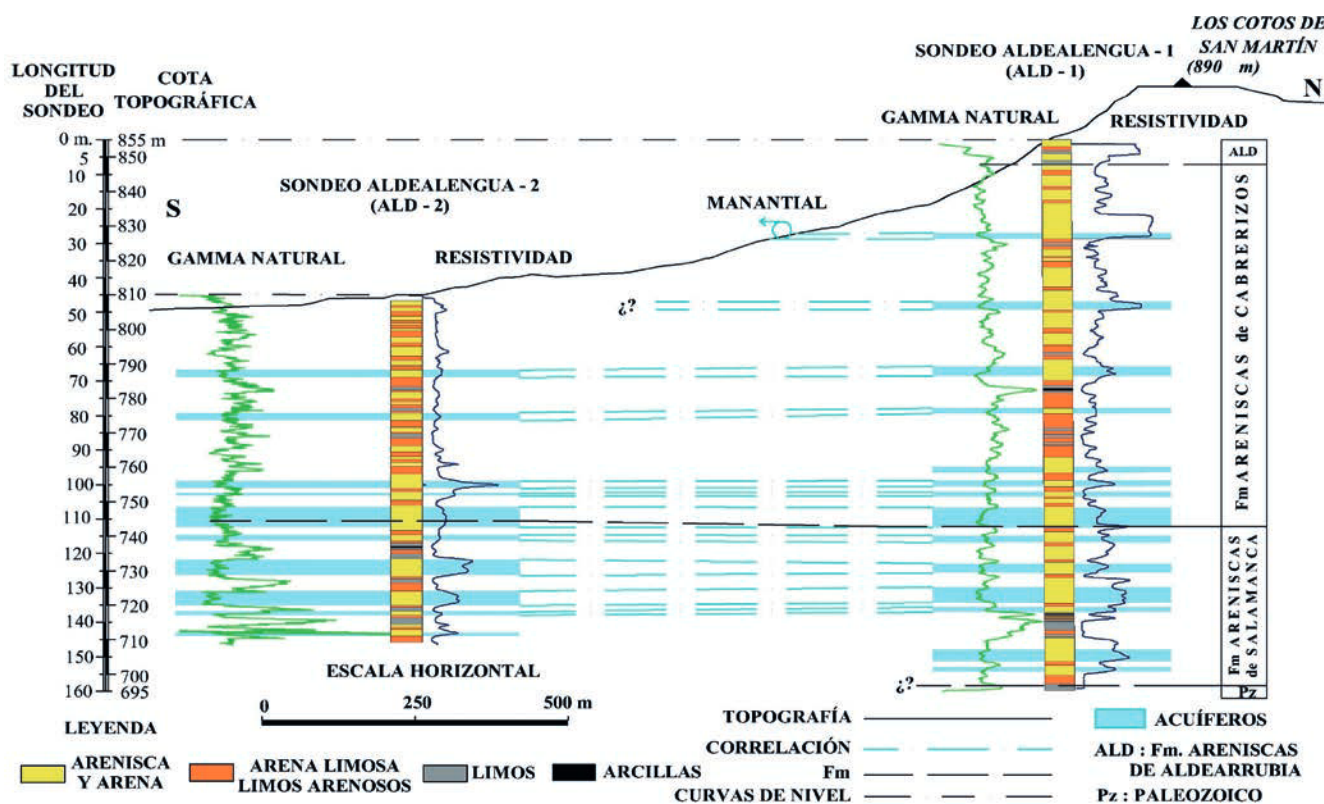


Fig. 3.- Identificación de los distintos niveles de acuíferos presentes en cada sondeo a partir de la interpretación litológica de las diagramas de resistividad y gamma natural, así como la correlación de los niveles de aguas subterráneas entre ambos pozos. Ver figura en color en la web.

Fig. 3.- Identification of the different aquifer levels present in each borehole from the lithological interpretation of the resistivity and natural gamma well logs, as well as the correlation of groundwater levels between the two boreholes. See color figure in the web.

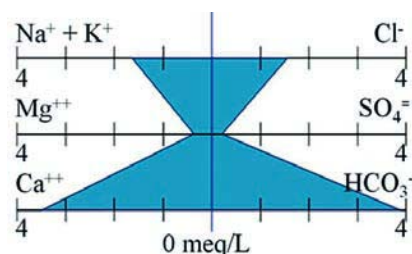


Fig. 4.- Diagrama de Stiff relativo a la composición aniónica y catiónica del agua en el sondeo Aldealegua - 2 (ALD - 2).

Fig. 4.- Stiff diagram relative to the anionic and cationic composition of the water in the Aldealegua - 2 [ALD - 2] borehole.

Conclusiones

La interpretación realizada ha permitido establecer los distintos niveles de acuíferos que albergan las unidades litoestratigráficas del Mesozoico y Cenozoico presentes en el subsuelo de Aldealegua (Salamanca). Destacan por su productividad, asociada a un mayor espesor, los situados a muro de la Fm Areniscas de Cabrerizos y en la Formación Areniscas de Salamanca.

Los materiales detríticos gruesos funcionan como acuíferos y los finos (limos, arcillas y areniscas arcillosas), junto con los paleosuelos carbonatados en la Fm Areniscas de Cabrerizos, normalmente como acuitardos, actuando como

sello que permite la acumulación de fluido en las arenas y gravas, representando el conjunto acuíferos semiconfinados con una transmisividad aceptable y agua de naturaleza bicarbonatada cálcica.

Agradecimientos

Las diagramas del sondeo ALD - 1 fueron realizadas con la financiación remanente del proyecto de investigación CGL2004-7066-CO2/BTE. Así mismo, los autores agradecen la colaboración de Esther Rodríguez (MAPAMA) y del Excmo. Ayto. de Aldealegua por las facilidades dadas para la consulta de información técnica relativa a los pozos de sondeo, así como al editor, a Antonio Herrero y a un revisor anónimo por las aportaciones realizadas para mejorar este trabajo.

Bibliografía

- Alonso-Gavilán, G. (1981). *Estratigrafía y sedimentología del Paleógeno en el borde suroccidental de la Cuenca del Duero (Provincia de Salamanca)*. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, 438 p.
- Alonso-Gavilán, G., Armenteros, I., Carballeira, J., Corrochano, A., Huerta, P. y Rodríguez, J.M. (2004). En: *Geología de España* (J.A. Vera,

Ed.), SGE-IGME, Madrid, 548-555.

Alonso-Gavilán, G., Villalaín, J.J., Soto, R., Calvo-Rathert, M., Bartolomé, M., Molina-Ballesteros, E. y García-Talegón, J. (2013). *Geo-Temas* 13, 1112 - 1115.

Andrés-Bercianos, R. (2018). *Studia Geologica Salmanticensia* 50 (en prensa).

Andrés-Bercianos, R. y Alonso-Gavilán, G. (2019). *Revista de la Sociedad Geológica de España* (en prensa).

Corral Lledó, M.M., López Geta, J.A., Ontiveros Beltranena, C. y Rico Castreño, R. (2010). *Castilla y León: las aguas minerales y termales. Panorámica actual y perspectivas de futuro*. IGME, Madrid, 239 p.

IGME (1982). *Mapa hidrogeológico de España 1:200.000, hoja nº 37 (Salamanca)*. IGME, Madrid.

Porras, J., Nieto, P., Álvarez-Fernández, C., Fernández Uría, A. y Gimeno, M.V. (1985). *Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España*. IGME, 281 p.

MAPAMA (2008). *Proyecto de instalación de redes oficiales de control de aguas subterráneas. Piezometría y calidad. Unidad Hidrogeológica nº 19. Cuenca del Duero. (Sondeo PC.02.19.12)*. 14 p.

Sánchez San Román, F.J. (1985). *Studia Geologica Salmanticensia* 20, 205-217.