

La geología del manantial de Los Caños (Vizcaínos, sierra de la Demanda, Burgos) y su relación con los problemas de turbidez

The Geology of The Caños spring (Vizcaínos, sierra de la Demanda, Burgos) and its relation with turbidity problems

Pedro Huerta¹ y Pedro Carrasco García²

¹Dpto. Geología, Escuela Politécnica Superior de Ávila, Universidad de Salamanca. Avd/ Hornos Caleros nº 50, 05003 Ávila.

²Dpto. Ingeniería Cartográfica y del Terreno Escuela Politécnica Superior de Ávila, Universidad de Salamanca. Avd/ Hornos Caleros nº 50, 05003 Ávila.

ABSTRACT

The Caños spring, located in Vizcaínos, in the sierra de la Demanda, is the main water supply for the city of Salas de los Infantes. Since 2013 the spring has turbidity problems. A detailed geological mapping and an electrical resistivity tomography have revealed that the spring occurs on a reverse fault, which puts in contact the limestones of the marine Jurassic and the conglomerates of the Señora de Brezales Fm. The clear waters in the catchment streams suggest that the origin of the turbidity locates in the Jurassic marine limestone aquifer. Turbidity would be produced by remotion of marls that are transported as suspended load. The increase in turbidity relates to high precipitation periods. It is interpreted that collapses within the karstic conduits, developed on the marls unit, have provoked the turbidity problems.

Key-words: groundwater, karst, spring, Salas de los Infantes, fault

RESUMEN

El manantial de Los Caños situado en Vizcaínos, en la sierra de la Demanda, es el principal abastecimiento de agua de la ciudad de Salas de los Infantes. Desde 2013 presenta problemas de turbidez. La cartografía geológica de detalle y una tomografía eléctrica han revelado que el manantial aparece sobre una falla inversa que pone en contacto las calizas del Jurásico marino con los conglomerados de la Fm. Señora de Brezales. La ausencia de aguas turbias en los distintos arroyos de las proximidades hace pensar que el origen de la turbidez está en el acuífero de calizas marinas del Jurásico. La turbidez estaría producida por el lavado de margas que la corriente de los conductos kársticos transporta en suspensión. El aumento de la turbidez parece estar relacionado con aumentos de las precipitaciones. Se considera plausible que colapsos en los conductos kársticos al atravesar la unidad margosa hayan causado el aumento de la turbidez.

Palabras clave: agua subterránea, karst, manantial, Salas de los Infantes, falla.

Geogaceta, 64 (2018), 55-58
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 14 de febrero de 2018
Revisión: 10 de abril de 2018
Aceptación: 25 de abril de 2018

Introducción

La ciudad de Salas de los Infantes, en Burgos, se abastece de agua principalmente de una captación en la salida del manantial de los Caños que vierte al arroyo de igual nombre, situado en la localidad de Vizcaínos. El agua es conducida desde este manantial hasta Salas de los Infantes por una conducción de más de 12 km.

Desde 2013 se ha observado un incremento notable en la turbidez del agua a la salida de este manantial, lo que ha provocado descontento en la población y el uso de captaciones alternativas que incrementan los costes de obtención.

Se ha realizado un estudio geológico con el objetivo de identificar las posibles causas del aumento de la turbidez en el

agua. El estudio combina el uso de técnicas clásicas en geología con técnicas geofísicas.

Contexto Geológico

El manantial se sitúa en el macizo de Cameros-Demanda. Concretamente está en el borde norte de los afloramientos mesozoicos y a tan sólo 3 km al sur de los afloramientos paleozoicos de la sierra de la Demanda.

La sucesión paleozoica de la sierra de la Demanda está constituida por rocas de edad Precámbrico, Cámbrico, y Carbonífero. En la zona de Vizcaínos-Barbadillo del Pez, al sur de la sierra de Mencililla, afloran las rocas del Cámbrico Inferior constituidas por las unidades: Areniscas de Barbadillo del Pez, y Pizarras de Ríocabado (Colchen 1974;

Santana Torre, 2017). Estas rocas han sufrido metamorfismo de bajo grado durante la Orogenia Varisca y una fracturación durante la etapa tardi-varisca (Arthaud y Matte, 1975). La permeabilidad de estas rocas es baja aunque su porosidad de fractura es considerable.

Discordante sobre la sucesión paleozoica aparece la sucesión mesozoica constituida por 1) areniscas, conglomerados y arcillas triásicas (principalmente Buntsandstein y Keuper), con espesores decamétricos que no superan los 60 m (Gil-Serrano y Zubietta, 1972); 2) calizas y margas jurásicas de origen marino que alcanzan unos 650 m de espesor; y 3) la sucesión continental del Jurásico Superior y Cretácico Inferior de la cuenca de Cameros. Esta potente sucesión, que en el depocentro de la cuenca alcanza

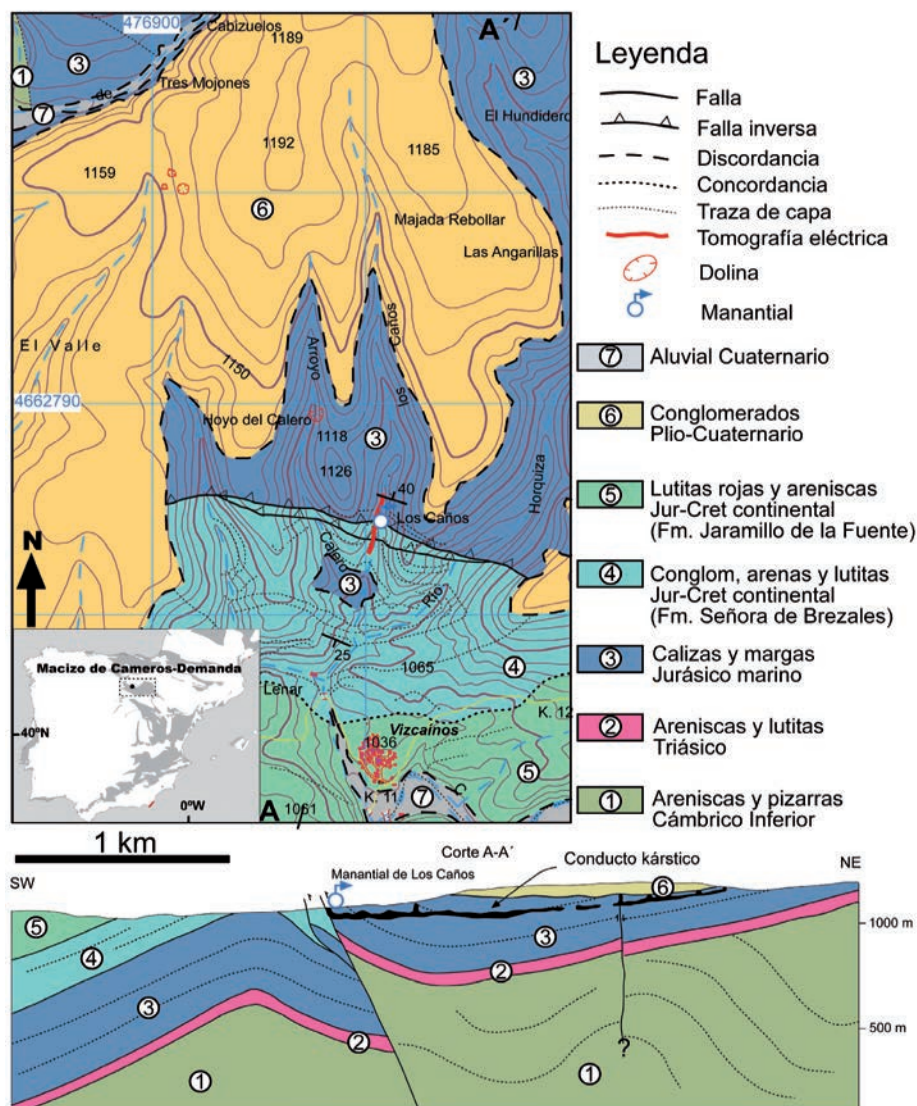


Fig. 1.- Mapa geológico de detalle de la zona donde se ubica el manantial de Los Caños y corte geológico. Se ha representado el posible conducto kárstico que alimenta el manantial.

Fig. 1.- Detailed geological map of Los Caños spring and geological cross section. The karstic conduit that likely feeds the spring has been sketched.

los 9000 m (Mas *et al.*, 1993), está constituida en la zona de Salas de los Infantes por carbonatos continentales y rocas siliciclásticas de origen aluvial. En la leyenda de la cartografía (Fig. 1) se han indicado algunas de las unidades litoestratigráficas descritas en la Cuenca de Cameros por distintos investigadores (Platt, 1989; Clemente y Pérez Arlucea, 1993) y recogidas en el cuadro estratigráfico de Martín Closas y Alonso Millán (1998).

Discordante sobre las sucesiones mencionadas aparecen unos depósitos de conglomerados y arcillas de color naranja atribuidos al Plio-Cuaternario cuya base se adapta a un paleo-relieve. Estos depósitos se interpretan como depósitos de abanicos aluviales al pie del borde sur de la sierra de la Demanda.

Geología en la zona del manantial

El estudio detallado de la geología en torno al manantial ha aportado algunas ideas que contribuyen tanto al conocimiento de su formación como al origen de su turbidez. La cartografía de detalle realizada (Fig. 1) revela que el manantial de Los Caños es una surgencia que se sitúa sobre la traza de una falla inversa de dirección ONO-ESE no cartografiada previamente. Esta falla pone en contacto las calizas marinas de edad Jurásico con la sucesión continental del Jurásico Superior-Cretácico Inferior de la cuenca de Cameros (Fm. Señora de Brezales). La Fm. Señora de Brezales está constituida por conglomerados, lutitas rojas, caliches y areniscas.

Las calizas del Jurásico marino están karstificadas como lo demuestra la existencia de dolinas, como la situada en el paraje conocido como Hoyo del Calero, o las dolinas aluviales identificadas en los conglomerados Plio-Cuaternarios y que serían la expresión superficial de colapsos dentro de los conductos kársticos desarrollados dentro de las calizas jurásicas.

La falla mencionada tiene una dirección ONO-SSE y buza 65° hacia el norte. Unos 100 m al sur de la falla en el valle del arroyo de los Caños aparece otra falla inversa con un buzamiento similar y que lateralmente se une a la anterior. En los dos bloques de esta falla aflora la Fm. Señora de los Brezales.

Contexto hidrogeológico

El manantial es una surgencia que aporta unos caudales que varían dependiendo de la época del año, desde unos 100 l/s durante los periodos húmedos (76,4 l/s el 3/04/2018) a caudales inferiores 40 l/s en los periodos secos. Los valores de conductividad eléctrica medida en momentos de caudales elevados están en torno a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y su temperatura es similar a la de las aguas de la escorrentía superficial (CE 130 $\mu\text{S}/\text{cm}$, T 7,6 °C el 3/04/2018). El acuífero de las calizas jurásicas se recarga a través de las precipitaciones directas sobre sus afloramientos, a través del drenaje diferido de los conglomerados plio-cuaternarios y por el cauce del arroyo Valdierre (esquina noroccidental del mapa, Fig. 1), el cuál tiene una conductividad inferior a la del manantial y una temperatura similar (CE 16 $\mu\text{S}/\text{cm}$, T 7,3 °C el 3/04/2018). Este arroyo de aguas claras lleva caudal durante todo el año aunque durante la época de estiaje su caudal llega a desaparecer cuando circula sobre las calizas del Jurásico marino.

Tomografía eléctrica

Se realizó un perfil de tomografía eléctrica en dirección NNE-SSO (paralelo al arroyo de los Caños) en las proximidades del manantial, desde los afloramientos jurásicos hasta los conglomerados de la Fm. Señora de Brezales y atravesando las dos fallas. La longitud del perfil fue de 282 m con una separación de electrodos de 6 m.

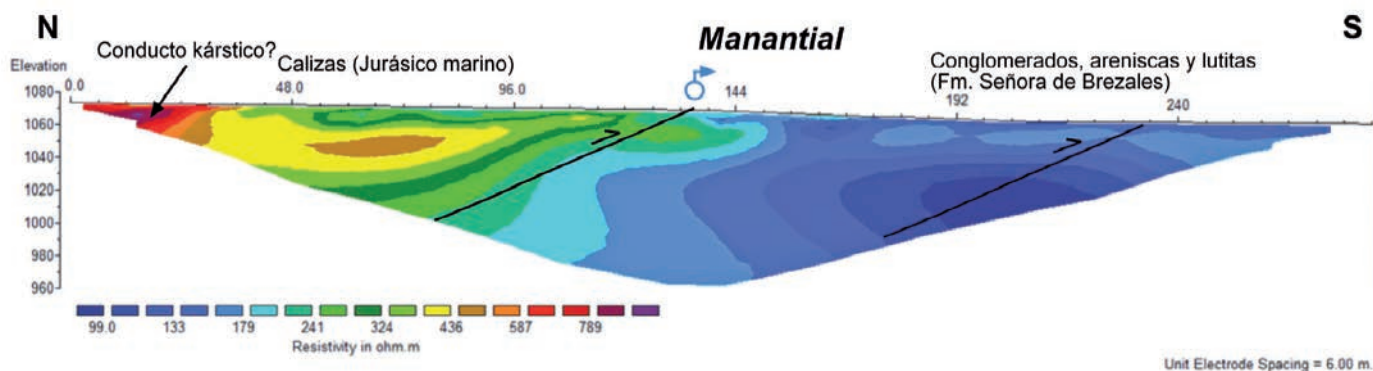


Fig. 2.- Tomografía eléctrica realizada en las proximidades del manantial. Nótese que la escala horizontal es mayor que la vertical, lo que hace que las fallas parezcan más tendidas de lo que son. La posición de la tomografía se indica en la figura 1. Ver figura en color en la web.

Fig. 2.- Electric resistivity tomography performed in the spring area. Note that horizontal scale is larger than the vertical. This makes that the faults looks more gently dipping than what they really are. See color figure in the web.

El dispositivo de medidas fue Dipolo-Dipolo y Polo-Dipolo. Las medidas se realizaron con un equipo SYSCAL pro.

En el perfil (Fig. 2) se identifican claramente dos dominios, uno situado al norte (izquierda del perfil), en el que se aprecian resistividades altas de entre 300 y 800 ohm.m., que coincide con los afloramientos jurásicos, y otro situado al sur, con resistividades de entre 50-300 ohm.m., que coincide con los conglomerados y areniscas de la Fm. Señora de Brezales.

La distribución y la geometría de las anomalías confirma la existencia de la falla situada más al norte. La falla situada al sur de la anterior es menos evidente en la tomografía ya que no supone un cambio de materiales entre ambos bloques. Los valores más altos de resistividad situados en el extremo norte del perfil pueden corresponderse con zonas no saturadas o que puedan contener aire.

Turbidez

El manantial de Los Caños ha venido mostrando desde 2013 una turbidez considerable de color grisáceo que no se había observado anteriormente y que aparece ligada a los momentos más húmedos del año. Se realizaron medidas de turbidez en el manantial cada 2 ó 3 días con un turbidímetro portátil de marca Hanna durante el año 2014. Estos datos se confrontaron con los datos de precipitaciones (Fig. 3) de un pluviómetro situado en Salas de los Infantes. Los datos de turbidez varían a lo largo del año desde 2,1 NTU en el mes de octubre hasta 52,9 a finales de noviembre. Las variaciones en la turbidez parecen estar asociadas a las variaciones de las precipitaciones. Se aprecia que en los primeros meses del año (enero-abril) los cambios en la turbidez

muestran una respuesta más rápida a los eventos de precipitación con variaciones desde 5 a 11 NTU. Los desfases entre los máximos de precipitación y los picos de turbidez pueden variar entre 3 y 6 días pero debido a que las medidas de turbidez no son continuas no se puede precisar. Durante los periodos en los que no hay precipitaciones se observa una estabilización y disminución de la turbidez. Las precipitaciones caídas desde septiembre hasta mediados de octubre, las cuales registran las mayores precipitaciones diarias, no suponen un aumento notable en la turbidez. Es probable que esto se deba a que la reserva de agua del suelo en esta época está vacía y no supone un aumento de la escorrentía superficial hasta que el suelo se satura.

Los análisis realizados por la empresa HYDRA en febrero y marzo de 2015 (Paredes Renes y Espinosa Antón, 2015) indican que la turbidez está producida por arcillas en suspensión con tamaños inferiores a 2 micras. La turbidez, una vez filtrada el agua por debajo de 1 micra, sigue siendo considerable (11,2 - 12,2 NTU), mientras que filtrada por debajo de 0,45 micras se reduce de manera notable. Los análisis realizados mediante ICP- MS para la fracción superior a 0,45 micras (partículas en suspensión) indican que los elementos más abundantes son Al, Si, Fe, Ca y Mg, y que una vez filtrada por debajo de 0,45 micras los contenidos en Ca y Mg apenas varían mientras que Al, Si y Fe disminuyen de manera muy importante.

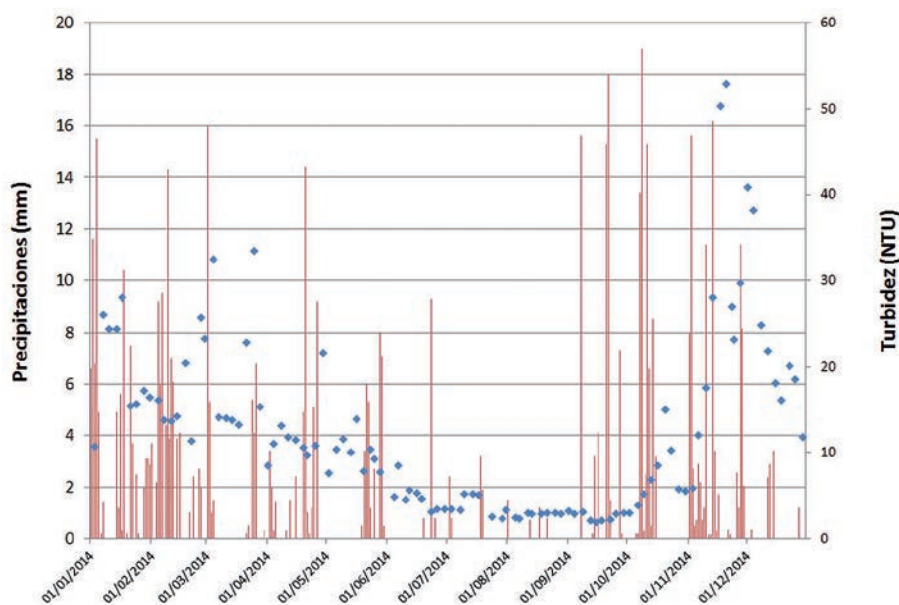


Fig. 3.- Valores de turbidez (puntos azules) del agua del manantial de Los Caños y precipitaciones (barras rojas) registradas en Salas de los Infantes para el año 2014.

Fig. 3.- Turbidity data (blue dots) from the Los Caños Spring waters and rainfall (red bars) registered in Salas de los Infantes during 2014.

Discusión

Se interpreta que el manantial de Los Caños es una surgencia kárstica que puede estar asociada a un conducto o red de conductos desarrollados en las calizas jurásicas. El manantial se sitúa sobre la traza de la falla que pone en contacto las calizas jurásicas con los conglomerados de la Fm. Señora de Brezales. Este cambio litológico de un bloque a otro, aunque pase a conglomerados, areniscas y lutitas, supone una barrera para el conducto kárstico. Este cambio provoca que el agua surja en la zona de falla.

La relación observada entre las precipitaciones y la turbidez del manantial parece indicar que la turbidez aumenta con el incremento de las precipitaciones. Las medidas puntuales de caudal permiten observar que la turbidez, a simple vista, es mayor en los momentos con caudales altos (70-100 l/s) y estos ocurren en periodos húmedos. Las variaciones de caudal que muestra el manantial a lo largo del año, la similitud entre la temperatura del agua del manantial y la escorrentía superficial (arroyo Valdierre), y la baja conductividad eléctrica del agua del manantial y del arroyo Valdierre indican que las aguas del manantial no pasan mucho tiempo en el acuífero y que pueden estar relacionadas con el drenaje superficial aguas arriba del manantial. Las cuarcitas del Cámbrico que afloran en la cabecera de los distintos arroyos de la zona casi no aportan salinidad al agua como indican los bajos valores de CE. La desaparición de agua del cauce del Valdierre en verano cuando circula sobre las calizas jurásicas parece indicar que dicho arroyo puede aportar agua al manantial de Los Caños, aunque sería necesario realizar estudios con trazadores para confirmar la conexión entre los puntos mencionados al igual que se hace en otros acuíferos carbonáticos (Barberá *et al.*, 2018).

El color grisáceo de la turbidez, el hecho de que el conducto kárstico se desarrolle en las calizas jurásicas marinas, y que el arroyo Valdierre y otros arroyos de la cabecera lle-

ven aguas claras mientras el manantial tiene una turbidez evidente hace pensar que la turbidez procede principalmente del acuífero de calizas jurásicas. Así se considera improbable su origen en la sucesión continental del Jurásico Superior-Cretácico Inferior, o en los conglomerados plio-cuaternarios, ya que sus materiales finos tienen colores rojos y naranjas respectivamente.

La Fm. Alternancia de margas y calizas de Turmiel (Pliensabachiense Sup- Aaleniense Inf.), definida por Goy *et al.* (1976), situada en la sucesión del Jurásico marino y ampliamente representada en la zona, podría ser la que aporte esta turbidez por el lavado de sus margas. Los análisis realizados por la empresa HYDRA (Paredes Renes y Espinosa Antón, 2015) indican que la turbidez es provocada por arcillas y que el Ca^{2+} y el Mg^{2+} son los principales cationes en disolución. Esto es compatible con que la turbidez la aporten las margas mencionadas. Es plausible que la turbidez se adquiera cuando el agua lava las margas al circular a alta velocidad y que cuando la velocidad del agua es menor no incorpora este material cohesivo. Quizás un colapso en alguno de los conductos kársticos pueda ser el responsable de que la turbidez se haya hecho evidente en los últimos años.

Conclusiones

La cartografía de detalle elaborada en las proximidades del manantial de Los Caños ha revelado la existencia de dos fallas inversas con dirección ESE-ONO no cartografiadas previamente. El manantial es una surgencia que aparece sobre la falla que pone en contacto las calizas marinas de edad Jurásico con los conglomerados de la Fm. Señora de Brezales. Se considera que esta falla supone un bloqueo para el agua subterránea la cual se ve obligada a aflorar en superficie. La existencia de esta falla ha sido confirmada con un perfil de tomografía eléctrica.

La turbidez de este manantial aumenta en los momentos de altas precipitaciones. Se considera que la turbidez proviene del lavado de margas dentro del acuífero jurá-

sico. La aparición del problema de turbidez que antes de 2013 no existía o era mínimo quizás esté relacionada con un colapso en el conducto kárstico en las zonas donde circula por la Fm. Alternancia de margas y calizas de Turmiel.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ayuntamiento de Salas de los Infantes los datos y la colaboración aportada. En especial a Jesús Ángel González y a Héctor Martínez. Estamos agradecidos también con los comentarios realizados por el Dr. Pablo Jiménez Gavián y otro revisor anónimo, así como por la tarea realizada por los editores.

Referencias

- Arthaud, F. y Matte, P. (1975). *Tectonophysics* 25, 139-171.
- Barberá, J.A., Mudarra, M., Andreo, B. y De la Torre, B. (2018). *Hydrogeology Journal* 26, 23-40.
- Clemente, P. y Pérez Arlucea, M. (1993). *Journal of Sedimentary Petrology* 63, 437-452.
- Colchen, M. (1974). *Géologie de la Sierra de La Demanda, Burgos-Logroño (Espagne)*. IGME, Madrid, 436 p.
- Gil-Serrano, G. y Zubieta, J.M. (1972). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 277 (Salas de los Infantes) y memoria*. IGME, Madrid, 37 p.
- Goy, A., Gomez, J.J. y Yébenes, A. (1976). *Estudios Geológicos* 32, 391-423.
- Mas, R., Alonso, A. y Guimerá, J. (1993). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 6, 129-144.
- Martín-Closas, C. y Alonso Millán, A. (1998). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 11, 253-270.
- Paredes Renes, V. y Espinosa Antón, J.J. (2015). *Estudio de la Empresa HYDRA para el ayuntamiento de Salas de los Infantes*. (sin publicar) 31 pp.
- Platt, N. (1989). *Sedimentary Geology* 64, 91-109.
- Santana Torre, V.J. (2017). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 30, 27-36.