

Hidrogeología del entorno de las lagunas del Oso (Ávila)

Hydrogeology of the surroundings of El Oso lakes (Ávila)

Pedro Huerta¹, Álvaro Inthirat², Pedro Carrasco², Ildelfonso Armenteros³, Clemente Recio³, Esther Rodríguez-Jiménez³ y Javier Carrasco García⁴

¹ Dpto. Geología, Escuela Politécnica Superior de Ávila. Universidad de Salamanca, Av. Hornos Caleros, nº 50, 05003 Ávila, Spain. phuerta@usal.es;

² Dpto. Ingeniería Cartográfica y del Terreno, Escuela Politécnica Superior de Ávila. Universidad de Salamanca, Av. Hornos Caleros, nº 50, 05003 Ávila, Spain. retep81@usal.es; al.inth@usal.es

³ Dpto. Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, Pza. de la Merced S/N, 37008 Salamanca, Spain. ilde@usal.es; recio@usal.es; erj@usal.es.

⁴ Técnicas Geofísicas, S.L. Paseo de San Roque 21, 3º1 05003 Ávila (Ávila). tgeofisicas@gmail.com

ABSTRACT

In the surroundings of the locality of El Oso in the region of the Moraña (Ávila), there are many wetlands. The most important is El Hoyo lake. The Miocene and Quaternary sands constitute good aquifers with northward groundwater flow. In the vicinity of El Oso the groundwater table is very shallow and groundwater shows an ascendant vertical component. Groundwaters are fresh and have a bicarbonate-calcium-sodic composition. The natural regime of El Hoyo lake has been modified by the groundwater inputs from nearby boreholes. El Hoyo is a recharge lake during the winter, fed mainly by direct precipitation, but during the summer it can receive groundwater inputs.

Key-words: Pond, Moraña, El Hoyo lake, aquifer, Duero basin.

RESUMEN

En las proximidades de El Oso, en la Moraña abulense, existen varios humedales siendo la laguna de El Hoyo el más importante. Las arenas miocenas y cuaternarias constituyen buenos acuíferos con flujos subterráneos que van de Sur a Norte. En las proximidades de El Oso el nivel freático está muy somero y existe una componente vertical ascendente del flujo. Las aguas son dulces y tienen una composición bicarbonata cálcico sódica. La laguna de El Hoyo tiene modificado su régimen natural por aportes de agua de sondeos cercanos. El Hoyo es una laguna de recarga durante el invierno alimentada principalmente por precipitación directa, aunque durante el verano puede recibir aportes de agua subterránea.

Palabras clave: laguna, Moraña, laguna de El Hoyo, acuífero, Cuenca del Duero.

Geogaceta, 72 (2022), 15-18
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 07/02/2022
Fecha de revisión: 22/04/2022
Fecha de aceptación: 27/05/2022

Introducción

Sobre el gran sistema acuífero de la cuenca del Duero existen muchos humedales que, si bien no tienen grandes dimensiones, son relevantes en cuanto a su papel medioambiental e interés hidrogeológico (Armenteros *et al.*, 2019; Sanz-Montero *et al.*, 2019; Mediavilla *et al.*, 2020; Huerta *et al.*, 2021). En la región abulense conocida como La Moraña existen una serie de humedales de pequeñas dimensiones, muchos de los cuales se encuentran secos durante la mayor parte del año. Uno de estos humedales es la laguna de El Hoyo o de El Oso, nombre que recibe del término municipal en el que se encuentra (El Oso). Esta laguna es la que tiene una lámina de agua más estable a lo largo del año, aunque solía secarse, casi en su totalidad, durante el verano. Actualmente su régimen natural se encuentra modificado por los aportes de aguas de sondeos de una embotelladora cercana, con los que el Ayuntamiento de El Oso pretende mantener la presencia de aves en la zona. No se conoce el

caudal aportado, que suele ser variable, ni su continuidad a lo largo del año. Aunque esta laguna aparece en el catálogo regional de zonas húmedas de Castilla y León y es lugar de descanso de aves migratorias no tiene ninguna figura de protección. La proximidad del nivel freático a superficie en el entorno de la laguna de El Hoyo hace interesante estudiar el comportamiento hidrogeológico de la zona y su relación con la laguna.

Situación geográfica y geología

La zona de estudio se encuentra en el borde sur de la cuenca cenozoica del Duero. Esta zona tiene un relieve aplanado con cotas en torno a los 900 metros sobre el nivel del mar (msnm), en el que destacan algunos cerros testigo. Las rocas miocenas que aparecen en la zona están constituidas por conglomerados y arcosas con cantos de rocas graníticas y metamórficas que afloran al sur de El Oso, en la sierra de Ávila. Hacia el norte de la zona de estudio (Fig. 1) predominan

las arcosas y fangos areno-limosos. En ambas zonas aparecen enrejados y nódulos de calcita formados por procesos pedogénicos.

Las rocas miocenas están cubiertas en buena parte de la zona de estudio por depósitos cuaternarios (Plio-Pleistocenos): coluviones procedentes principalmente del borde sur y de los relieves próximos; depósitos de arcosas de terrazas; depósitos de arcosas con cantos de origen fluvial. Sobre éstos se apoyan, en algunos lugares, arenas de origen eólico que forman mantos y dunas, y depósitos lacustres constituidos por arenas y lutitas con precipitados carbonáticos. Estos últimos depósitos se asignan al Holoceno (Pérez-González y Elízaga-Muñoz, 1979a; Pérez-González y Elízaga-Muñoz, 1979b) (Fig. 1). Tanto los depósitos miocenos como los cuaternarios son muy porosos y permeables, por lo que constituyen buenos acuíferos. Los humedales presentes en esta zona de la Moraña, entre los que se incluye la laguna del Hoyo tienen un origen eólico (Sanz Donaire y García Rodríguez, 1998). La laguna tiene un

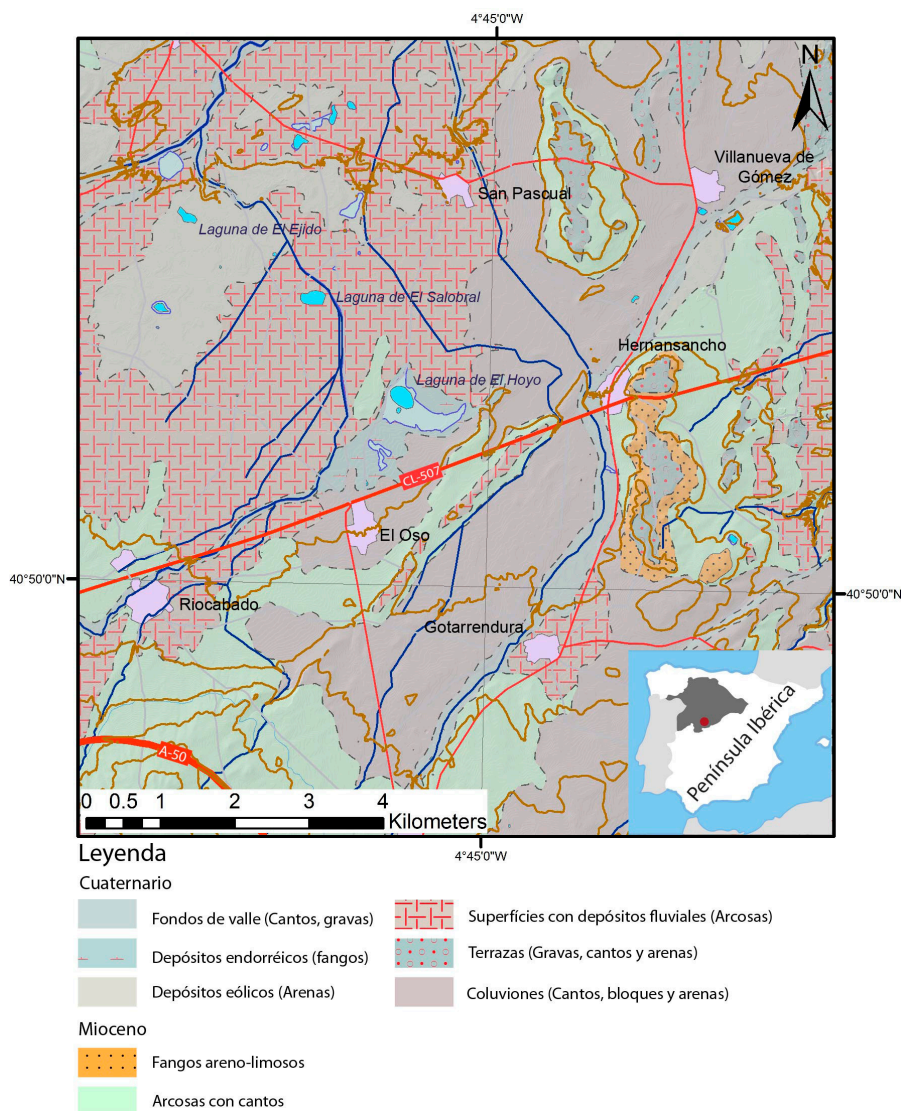


Fig. 1.- Mapa geológico de la zona de estudio. Modificado a partir de Geode Z2300 Cuenca del Duero Almazán (Pineda et al., en línea). Ver figura en color en la web.

Fig. 1.- Geological map of the study area. The map was modified from the Geode Z2300 Cuenca del Duero-Almazán (Pineda et al., en línea). See color figure in the web.

tamaño de 0.1 km², mientras que el área de drenaje que vierte a ella tiene un área de 4.8 km² (Fig.2). Su profundidad media varía entre 20 y 50 cm, aunque puede pasar de estar seca a tener 1 m de profundidad. En las proximidades de la laguna se excavaron zanjas drenantes antes de 1945 con el fin de drenar los campos que solían estar llenos de agua durante los meses de invierno.

Clima

La zona de estudio se caracteriza por tener un clima mediterráneo continentalizado, con importantes oscilaciones entre las temperaturas mínimas y máximas. Las temperaturas medias más bajas registradas en la estación meteorológica de Gotarrendura (Fig. 1) para la serie

(2016-2020), son de 4,1 °C, y se registran en enero. Las temperaturas medias más altas son de 22,5 °C y se registran en julio. La precipitación media anual es de 321 mm, siendo abril el mes más lluvioso y agosto el menos.

Metodología

La toma de datos con los que se ha elaborado el mapa piezométrico (Fig. 2) se realizó en Julio de 2021. Se midieron pozos excavados con profundidades inferiores a 15 m con una sonda de nivel. Los pozos están abiertos en el acuífero cuaternario en su mayoría aunque muchos alcanzan el acuífero mioceno. Los muestreos de parámetros fisicoquímicos se realizaron durante julio de 2020, y febrero, abril y julio de 2021. El pH se midió

con un peachímetro Hanna HI 9023 y la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura se midieron con un conductivímetro Hanna HI 9835 con sonda de temperatura incorporada. Los análisis químicos se realizaron en el Servicio de Análisis químicos de la Universidad de Salamanca y en el Laboratorio de aguas de la Confederación Hidrográfica del Duero.

Resultados

Piezometría

El mapa piezométrico de la zona (Fig. 2) indica que el nivel freático desciende de Sur a Norte, desde los relieves formados por los depósitos aluviales miocenos hasta las zonas llanas dominadas por depósitos cuaternarios. Pasa de cotas de 940 m hasta los 890 m. En la parte norte, el nivel freático se encuentra muy próximo a la superficie del terreno. En algunos casos se encuentra a 0,3 m de profundidad en la época de estiaje. Durante la época de lluvias, muchas de estas zonas llegan a estar cubiertas en grandes extensiones por una lámina de agua con profundidades centimétricas. Las líneas de flujo tienen trayectorias de Sur a Norte, y se dirigen desde los relieves hacia los valles de los ríos.

Los pozos y sondeos abiertos a profundidades mayores de 15 m, en la zona de El Oso son surgentes (Fig. 2). Algunos de estos pozos, de los que capta agua una embotelladora, están abiertos a 80, 100 y 120 m.

En un piezómetro instalado en uno de los bordes de la laguna del Hoyo (Fig. 2), abierto a 9 m de profundidad, el agua se encuentra a unos 40-80 cm por debajo del suelo de la laguna.

La evolución de la piezometría en esta zona de La Moraña en los últimos años puede considerarse estable (MI-RAME, 2022).

Características físico-químicas de las aguas

Los aguas medidas en pozos excavados (prof. < 15 m) tienen temperaturas de 16,8 °C – 17,2 °C. El pH varía entre 6,8 y 7,2 y la CE varía entre 500 y 1500 µS/cm. Durante los meses de verano estos valores (CE) se ven incrementados y existe un aumento hacia la zona norte. Los sondeos, abiertos a profundidades mayores a 15 m tienen temperaturas constantes a

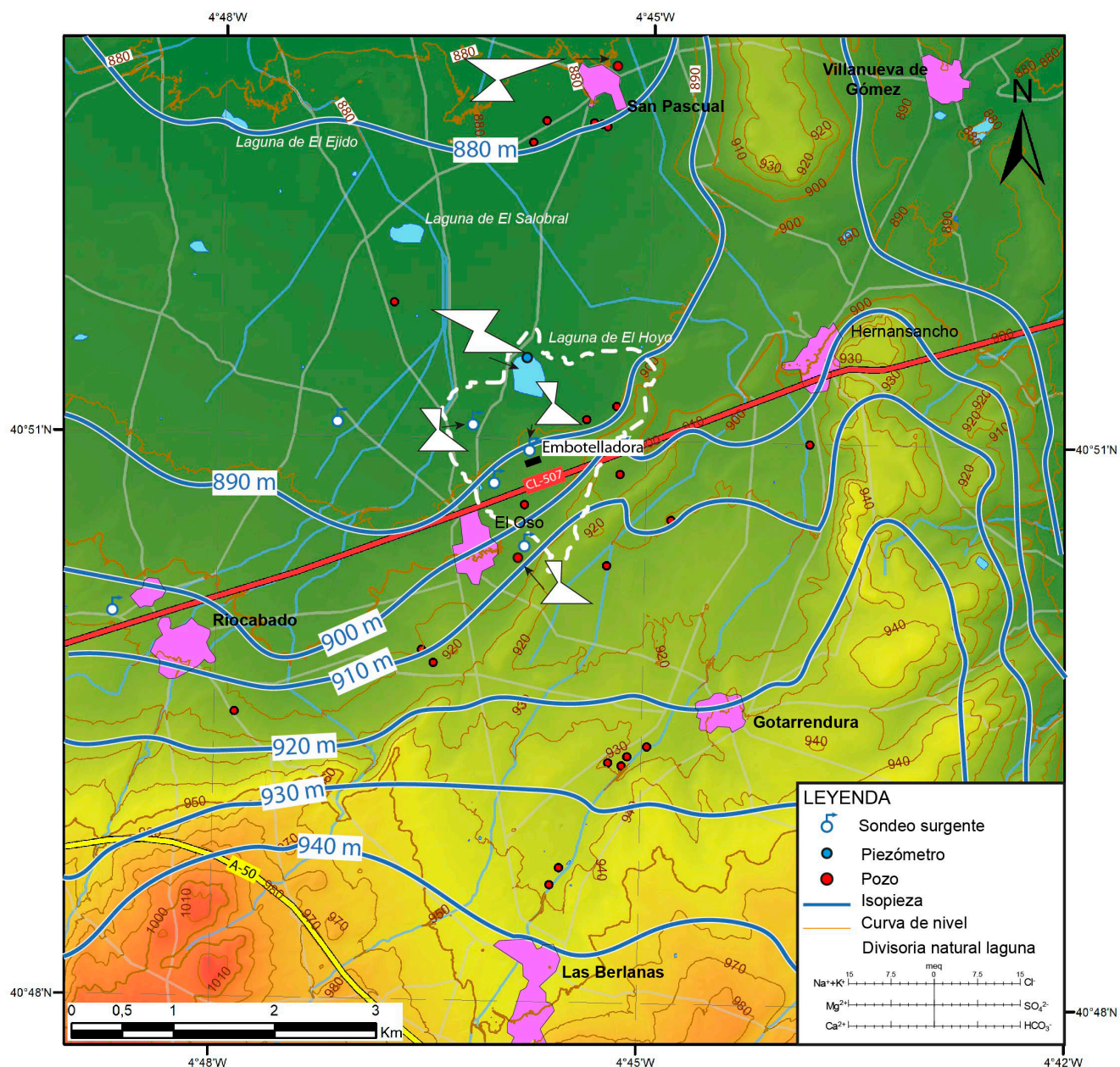


Fig. 2.- Mapa piezométrico de la zona de estudio. Elaborado a partir de pozos excavados abiertos a profundidades < 15 m en julio de 2020.
 Fig. 2.- Piezometry of the study area. The map was constructed with data from dug wells (screened at depths < 15 m), during July 2020.

lo largo del año de unos 16 °C. El pH varía desde valores de 7 hasta 9 en los sondeos profundos de la embotelladora. La CE varía entre los 400 y 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Las aguas de la laguna muestran variaciones de temperatura a lo largo del año de unos 10 a 20 °C. El pH de la laguna varía desde 7,4 hasta 9 y la CE desde 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los meses de invierno a 2600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en verano. Tanto las aguas de los pozos excavados como las de los sondeos tienen una composición química de tipo bicarbonatado cálcico sódica. Con un total de sólidos disueltos (TSD) de entre 500-800 mg/L. Los cationes principales, el Ca^{2+} y el Na^{+} , se encuentran en proporciones similares en torno al 50%.

El anión principal es el HCO_3^- que representa aproximadamente el 90% de éstos. El Cl^- se encuentra en proporciones próximas al 10% mientras que la presencia del anión sulfato es mínima. Las aguas de la laguna muestran algunas diferencias, con un enriquecimiento del Na^{+} y del Cl^- con respecto al resto de iones (Fig. 2).

Discusión

La principal área de recarga de los acuíferos en esta zona próxima al borde sur de la cuenca del Duero se localiza en los depósitos aluviales de dicho margen, que en la zona constituyen áreas elevadas que hacia el sur dan paso a los gra-

nitos y rocas metamórficas de la Sierra de Ávila. Es posible que existan aportes de agua subterránea desde dicha sierra a través de fracturas del basamento.

El cambio de pendiente desde los relieves de la zona sur a las llanuras de la zona norte favorece, junto con la presencia de depósitos cuaternarios, la somerización del nivel freático que se encuentra muy próximo a superficie.

La presencia de sondeos surgentes en la zona de El Oso puede estar relacionada con que se encuentren ranurados en zonas con un potencial hidráulico mayor que la cota de superficie en un acuífero arenoso homogéneo. Otra posibilidad es que existan capas lutíticas que se

comporten como acuícludos o acuitardos, confinando los acuíferos en los que captan agua los sondeos. Los cambios e interdigitaciones desde posiciones proximales (al sur), a posiciones distales (al norte), de los abanicos aluviales miocenos del borde sur de la cuenca cenozoica del Duero podrían explicar esta situación. De cualquier modo parece existir una componente vertical ascendente del flujo subterráneo en esta zona. En el piezómetro situado en el borde de la laguna del Hoyo, el nivel piezométrico se encuentra por debajo del suelo de la laguna en su borde. Así que en los momentos en los que el nivel de la laguna es alto y está por encima del nivel piezométrico debe existir un aporte de agua desde la laguna al acuífero. En el estío, cuando la laguna está restringida a sus zonas centrales, el nivel de la laguna y el nivel piezométrico se igualan (Fig. 3).

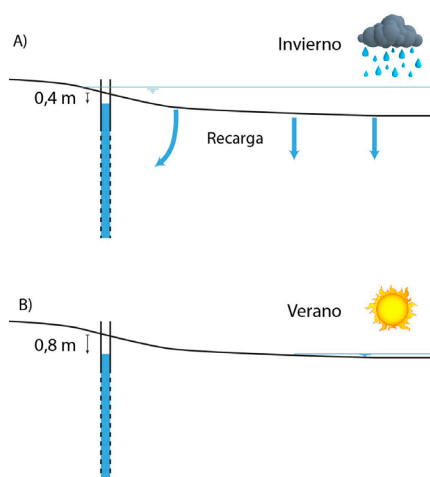


Fig. 3.- Relación entre las aguas de la laguna del Oso y el piezómetro situado en su margen durante el invierno (A) y el verano (B).

Fig. 3.- Relationship between El Oso lake waters and the piezometer placed at its margin during winter (A) and summer (B).

Si se aplica el índice de función hidrológica (IFH) que relaciona el área de la cuenca superficial con el área de la laguna y la precipitación anual efectiva (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2010), el valor para la laguna del Hoyo sería próximo a 0,4. Esto podría ser indicador de que las lagunas reciben aportes de agua subterránea. Algo que realmente ocurre a través de los aportes de los sondeos. Este índice se ha desarrollado para lagunas y "playa-lakes" de la cuenca del Guadalquivir.

La composición química de las aguas puede derivar de la meteorización de silicatos del basamento como las plagioclasas y/o de la disolución de caliches presentes en la sucesión miocena.

El agua de las lagunas muestra una mayor variabilidad en los parámetros físico-químicos debido en buena medida a las variaciones estacionales en la precipitación, la temperatura y la evaporación. Esto hace que en invierno las aguas estén más diluidas, mientras que en verano estén más concentradas. Las variaciones en el pH desde valores de 7 hasta 9 se interpretan como debidos a aportes de precipitación directa para los primeros y aportes de agua de la embotelladora para los segundos.

Conclusiones

En el entorno de El Oso existen varias lagunas, siendo la más importante la laguna de El Hoyo, también conocida como laguna de El Oso. Los depósitos miocenos y cuaternarios son buenos acuíferos arenosos en los que el agua circula de sur a norte. El nivel freático se encuentra muy próximo a superficie en la zona norte y existe una componente ascendente del flujo subterráneo en la zona del Oso.

El valor de TSD de las aguas subterráneas es de 500-800 mg/L y su composición es bicarbonatada cálcico sódica. Aunque el pH en las aguas más superficiales está próximo a 7, destaca el pH 9 de los sondeos profundos de la embotelladora.

La laguna, aunque se alimenta principalmente de agua de lluvia, también recibe aportes de agua subterráneas. Actualmente su régimen natural se ha modificado por aportes de agua de sondeos con los que se pretende mantener este ecosistema en condiciones estables.

Contribución de los autores

Huerta ha realizado tareas de toma de datos, planificación y preparación del trabajo; Inthirat ha realizado tareas de toma de datos y elaboración del trabajo. Carrasco, P. Armenteros, Recio y Rodríguez-Jiménez y Carrasco, J. han participado en la toma de datos, metodología y análisis.

Agradecimientos y financiación

Este trabajo es parte del proyecto de investigación I+D+i/ PGC2018-094566-B-C21, financiado por el MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ y FEDER "Una manera de hacer Europa". Los investigadores agradecen a la Consejería de Fomento y Medio Ambiente, Junta de Castilla y León los permisos de trabajo de campo. Los autores agradecen la labor de los editores y los comentarios de dos revisores anónimos.

Referencias

Armenteros, I., Huerta, P., Cidón-Trigo, A., Rueda-Gualdrón, M.C., Recio, C. y Martínez-Grana, A. (2019). *Geogaceta*, 66, 51-54.

Huerta, P., Armenteros, I., Recio, C., Carrasco-García, P., Rueda-Gualdrón, C. y Cidón-Trigo, A. (2021). *Science of The Total Environment*, 789, 147909.

Mediavilla, R., Santisteban, J.I., López-Cilla, I., Galán de Frutos, L. y de la Herra-Portillo, Á. (2020). *Water*, 12, 1911.

MIRAME (2022). *Confederación Hidrográfica del Duero*, http://www.mirame.chduero.es/DMAduero_09_15/index.faces, 20-02-2022.

Pérez-González, A. y Elízaga-Muñoz, E. (1979a): *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 481 (Nava de Arévalo)*. IGME, Madrid 52 p.

Pérez-González, A. y Elízaga-Muñoz, E. (1979b): *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 506 (Cardenosa) y memoria*. IGME, Madrid 68 p.

Pineda, A., Huerta, P., Nozal, F., Montes, M. y López-Olmedo, F. (en línea): *Mapa Geológico Digital continuo E. 1: 50.000, Zona Cuenca del Duero-Almazán (Zona-2300)* IGME, en línea.

Rodríguez-Rodríguez, M., Moral, F., Benavente, J. y Beltrán, M. (2010). *Journal of Arid Environments*, 74, 1478-1486.

Sanz-Montero, M.E., Cabestrero, Ó. y Sánchez-Román, M. (2019). *Frontiers in Microbiology*, 10.

Sanz Donaire, J.J. y García Rodríguez, M.P. (1998). *Observatorio Medioambiental*, 1, 65-92.