

# Caracterización hidrogeológica preliminar del sector de Rodalquilar, Parque Natural Cabo de Gata – Níjar, Almería

*Preliminary hydrogeological characterization of the Rodalquilar area, Cabo de Gata-Níjar Natural Park, Almería*

Javier Buera Cuerva<sup>1</sup>, Matías Mudarra Martínez<sup>1</sup>, Juan Antonio Barberá Fornell<sup>1</sup> y Bartolomé Andreo Navarro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Hidrogeología y Departamento de Geología de la Universidad de Málaga. Facultad de Ciencias. 29071, Málaga  
javierbc@uma.es; mmudarra@uma.es; jabarbera@uma.es; andreo@uma.es

## ABSTRACT

The Cabo de Gata-Níjar Natural Park is one of the regions with the lowest rainfall in the Iberian Peninsula, although torrential events are common. The geological substratum is formed by volcanic rocks of different types, on the top of which there are Tertiary carbonates and more recent Quaternary deposits. This work presents the first results of the hydrogeological investigations being carried out in the Rodalquilar sector. The hypothesis of a possible hydrogeological continuity between volcanic rocks and detrital deposits located at the East is presented. This may condition the similarity of the hydrochemical facies observed, although differences between chemical compositions exist. Against the stormy rainfall, groundwater table in the detrital aquifer sediments shows piezometric raising faster and of higher magnitude than in volcanic rocks.

**Key-words:** hydrodynamics, hydrochemistry, hydrogeology, volcanic rocks, Cabo de Gata.

Geogaceta, 73 (2023), 31-34  
<https://doi.org/10.55407/geogaceta95519>  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

## Introducción

Rodalquilar es un antiguo poblado minero situado en el interior del Parque Natural y Geoparque UNESCO Cabo de Gata – Níjar, en la provincia de Almería (Fig. 1). El sustrato geológico de la región lo forman rocas volcánicas de diversa tipología, que constituyen los principales relieves del Parque Natural. Se trata de materiales afectados por fracturas, diaclasas y superficies de discontinuidad, así como por los efectos de la alteración hidrotermal que aconteció en las últimas fases de la actividad volcánica. Sobre las rocas anteriores aparecen, discordantes, carbonatos y otras rocas sedimentarias de edad Mioceno superior. Finalmente afloran depósitos sedimentarios diversos de edad Cuaternario.

En general, las rocas volcánicas se han considerado tradicionalmente de baja permeabilidad o de limitado interés hidrogeológico en la Península Ibérica

y, por ello, han sido poco estudiadas. La excepción son algunas áreas como las Islas Canarias (Custodio y Cabrera Santana, 2008 y Cabrera Santana y Custodio, 2013), donde se han usado diferentes técnicas (hidrodinámicas, hidrotérmicas, hidroquímicas, isotópicas, datación de aguas, etc.) con resultados dispares.

En el caso concreto del Parque Natural Cabo de Gata – Níjar, los trabajos científicos sobre aspectos hidrogeológicos son limitados. Cabe hacer referencia al estudio de Carrasco Cantos (1988), centrado en las variaciones del nivel piezométrico, y al de Sola *et al.* (2015), sobre los procesos hidrogeoquímicos que sufren las aguas subterráneas.

Se están llevando a cabo investigaciones detalladas en el Parque Natural Cabo de Gata – Níjar y su entorno, con el fin de caracterizar el funcionamiento hidrogeológico de las distintas formaciones litológicas, delimitar acuíferos y evaluar los recursos hídricos subterráneos. Estos recursos constituyen una fuente de agua

## RESUMEN

El Parque Natural de Cabo de Gata – Níjar es una de las regiones con menores precipitaciones de la Península Ibérica, si bien son comunes los eventos torrenciales. El sustrato geológico lo forman rocas volcánicas de diversa tipología, sobre las que se disponen carbonatos terciarios y depósitos cuaternarios más recientes. En este trabajo se presentan los primeros resultados de las investigaciones hidrogeológicas que se están efectuando en el sector de Rodalquilar. Se plantea la hipótesis de que exista continuidad hidrogeológica entre las rocas volcánicas y los sedimentos detríticos cuaternarios que afloran al este, hacia el mar, lo cual podría condicionar la similitud de facies hidroquímicas constatada, aunque existen diferencias en las composiciones químicas. Ante las precipitaciones torrenciales, en los materiales acuíferos detríticos se registran ascensos piezométricos más rápidos y de mayor magnitud que en las rocas volcánicas.

**Palabras clave:** hidrodinámica, hidroquímica, hidrogeología, rocas volcánicas, Cabo de Gata.

Fecha de recepción: 13/07/2022  
Fecha de revisión: 28/10/2022  
Fecha de aceptación: 02/12/2022

que sustenta los ecosistemas y la biodiversidad del espacio natural protegido. Aunque están adaptados a condiciones áridas, el aprovechamiento de los recursos hídricos subterráneos por parte del ser humano, unido a los efectos adversos del cambio climático, intensificarán el estrés hídrico y afectarán al sostenimiento de los ecosistemas.

En este trabajo se presentan los resultados preliminares de las investigaciones que se están llevando a cabo en el área de Rodalquilar (valores de precipitación y temperatura media anual del orden de 18 - 20 °C y 240 mm). En concreto, se analiza la respuesta hidrodinámica de las formaciones geológicas ante dos eventos pluviométricos torrenciales ocurridos en la primavera de 2022. De manera adicional, se describen las características hidroquímicas generales de las aguas subterráneas en la zona de estudio. Estos resultados servirán para mejorar la gestión del agua y la conservación de los ecosistemas; en definitiva, para optimizar la gestión del

parque natural y geoparque.

### Marco geológico

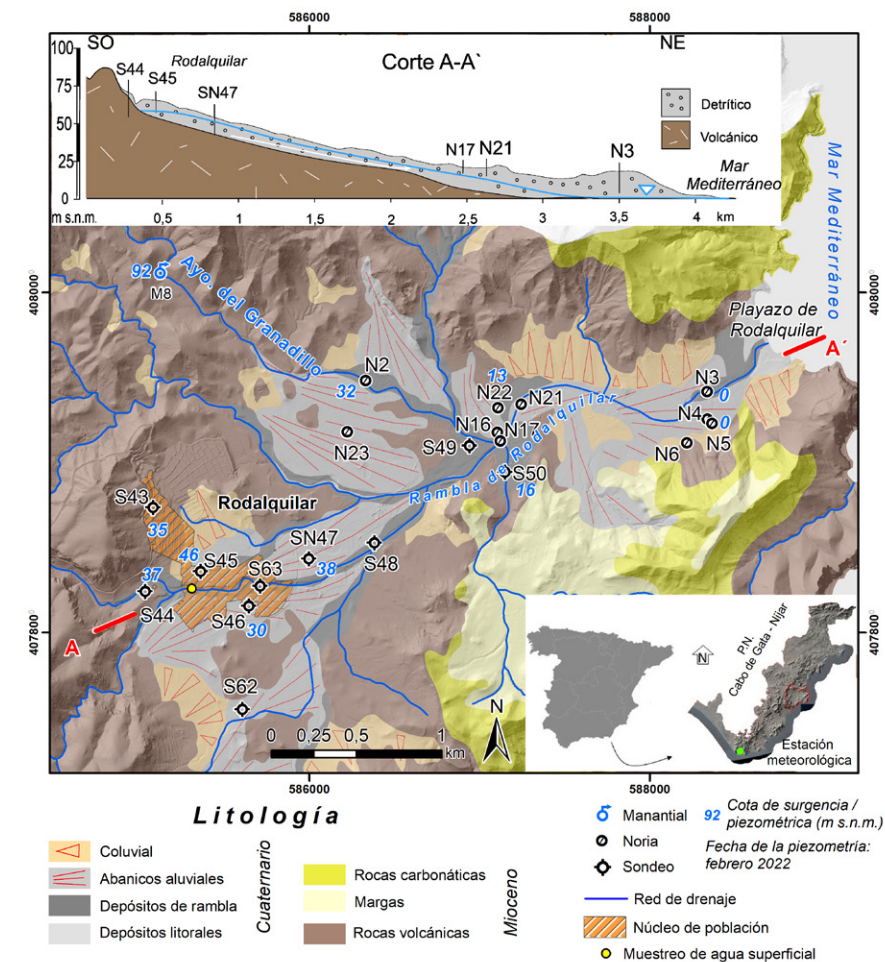
La mayoría de las rocas volcánicas que afloran en el Parque Natural Cabo de Gata – Níjar están asociadas a coladas andesíticas, dacitas y, en algunos casos, riolitas (Pineda-Velasco *et al.*, 1983; Arribas, 1993; Soriano *et al.*, 2014). La mineralogía dominante son fenocristales de plagioclasa, hornblenda, piroxenos y biotita en una matriz formada por vidrio volcánico y plagioclasas. En ocasiones aparecen venas de cuarzo, cuya génesis es post-volcánica. El conjunto volcánico sufrió alteración hidrotermal durante el Mioceno superior (Tortonense – Mesiniense), más intensa hacia el noroeste de la región (Pineda Velasco *et al.*, 1983; Soriano *et al.*, 2014).

Dispuestos de manera tabular sobre las rocas volcánicas, en la parte más elevada de algunos relieves, aparecen carbonatos y margas del Mioceno superior (Fig. 1), cuya presencia se hace más patente hacia el norte y este del espacio natural. Por último, pueden reconocerse depósitos detríticos del Cuaternario (Fig. 1), en posiciones geomorfológicas distintas, sobre las formaciones anteriores. Destacan arenas, limos y conglomerados de origen aluvial-coluvial asociados a la dinámica de la rambla de Rodalquilar y afluentes. Hacia su desembocadura (Playazo de Rodalquilar), los sedimentos pasan a tener un origen costero o mixto. También hay depósitos asociados a pies de monte y conos de deyección.

Las formaciones geológicas de esta región se agrupan en las masas de agua subterránea ES060MSBT060-056 (Sierra del Cabo de Gata) y ES060MSBT060-011 (Campo de Níjar) del Plan Hidrológico de la Demarcación Cuencas Mediterráneas Andaluzas (DHCMA, 2021).

### Materiales y métodos

Entre diciembre de 2021 y junio de 2022 se realizaron 16 campañas de medidas de la profundidad del nivel freático y de los parámetros físico-químicos del agua: conductividad eléctrica, temperatura, pH y oxígeno disuelto. Para medir la profundidad del nivel piezométrico se utilizó una sonda hidronivel de la marca OTT. Los otros parámetros se midieron *in situ* con un conductímetro de la marca WTW (modelo 3310) y un multímetro HACH (HQ2200), calibrados antes de cada campaña. Al mismo tiempo se



**Fig. 1.- Esquema geológico del sector de Rodalquilar (P.N. Cabo de Gata-Níjar), modificado de Pineda Velasco et al. (1983). Se indican la posición de los sondeos, pozos y manantiales considerados en este trabajo, con la posición del nivel piezométrico en azul.**

*Fig. 1.- Geological diagram of the Rodalquilar sector (Cabo de Gata-Níjar N.P.), modified from Pineda Velasco et al. (1983). The position of the boreholes, wells and springs considered in this work are indicated, with the position of the piezometric level in blue.*

tomaron muestras de agua en pozos, sondeos y manantiales, para la posterior determinación analítica de los componentes químicos mayoritarios (mediante cromatografía iónica) en el laboratorio del Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (CEHUMA). Las muestras de agua se tomaron en envases de cristal de 250 mm y se refrigeraron para su transporte y almacenamiento.

### Resultados

#### Hidrodinámica

La figura 1 muestra las cotas piezométricas medidas en varios sondeos, y pozos del área de estudio. Existen cotas piezométricas superiores a 40 m s.n.m. en el entorno del campamento minero de Rodalquilar, con valores progresivamente más bajos hacia la línea de costa.

En la primavera de 2022 se registra-

ron 230mm de lluvia en la estación del Cabo de Gata (Fig. 1). Destacan dos eventos pluviométricos de carácter torrencial: el primero, de 139 mm en total, ocurrió entre los días 25 y 26 de marzo, mientras que el segundo (52 mm) tuvo lugar el 04 de mayo. Ambos eventos provocaron la generación de escorrentía superficial, en barrancos y cauces principales.

La figura 2 muestra las variaciones del nivel piezométrico en varios sondeos durante el periodo de control. Los puntos denominados S43 y S44 están en rocas volcánicas, mientras que S45, SN47 y SN47BIS, N2, N3 y N16 se ubican sobre formaciones detríticas cuaternarias, aunque se desconoce si cortan el sustrato volcánico en profundidad. Las evoluciones piezométricas permiten distinguir dos tipos de respuesta hidrodinámica frente a los eventos torrenciales. En el punto S44 las variaciones son atenuadas; tan solo se observa un ascenso del nivel del

Punto	Tipología	Nº de medidas	CE (mS/cm)	T (°C)	pH	O <sub>2</sub> (mg/l)	Eh (mV)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)
N2	Pozo	2	1,38	22,1	7,77	6,71	-	54,3	35,2	135,5	195,1	95,7	172,9
N3	Pozo	1	1,99	21,6	7,53	7,60	-	233,8	238,3	957,8	1216,1	934,8	243,1
N16	Pozo	2	3,52	21,5	6,76	3,48	-	207,9	106,9	500,6	697,7	472,2	254,0
N17	Pozo	1	4,34	21,6	6,98	3,61	-	255,1	139,3	638,5	870,9	579,6	2836,1
N21	Pozo	1	1,72	22,0	7,16	6,57	-	79,4	50,7	246,3	321,6	183,9	126,5
N22	Pozo	1	5,98	23,2	6,99	5,26	-	308,0	243,2	869,9	1407,8	743,2	257,4
S43	Sondeo	2	2,84	27,3	6,57	3,37	30,90	88,5	71,4	387,1	492,6	403,5	153,0
S44	Sondeo	1	2,33	23,9	9,30	2,30	-250	53,2	47,9	362,8	471,3	302,1	25,9
SN 47	Sondeo	7	2,86	21,9	6,61	2,06	237	128,9	72,7	403,9	539,9	423,5	208,3
SN 47 BIS	Sondeo	5	0,29	21,2	6,14	2,24	-95	33,5	4,8	17,4	22,5	37,7	93,3
M8	Manantial	11	1,98	17,8	8,02	7,60	250	72,3	47,9	301,2	384,5	80,7	382,9
RR	Agua superficial	1	1,10	18,0	7,30	7,64	0	100,5	29,2	99,4	165,5	195,1	119,8

Tabla I.- Valores puntuales y medios (n>1) de los parámetros físico-químicos medidos in-situ y químicos obtenidos en laboratorio.  
 Table I.- Single and mean values (n>1) of physico-chemical parameters measured in-situ and chemical parameters obtained in the laboratory.

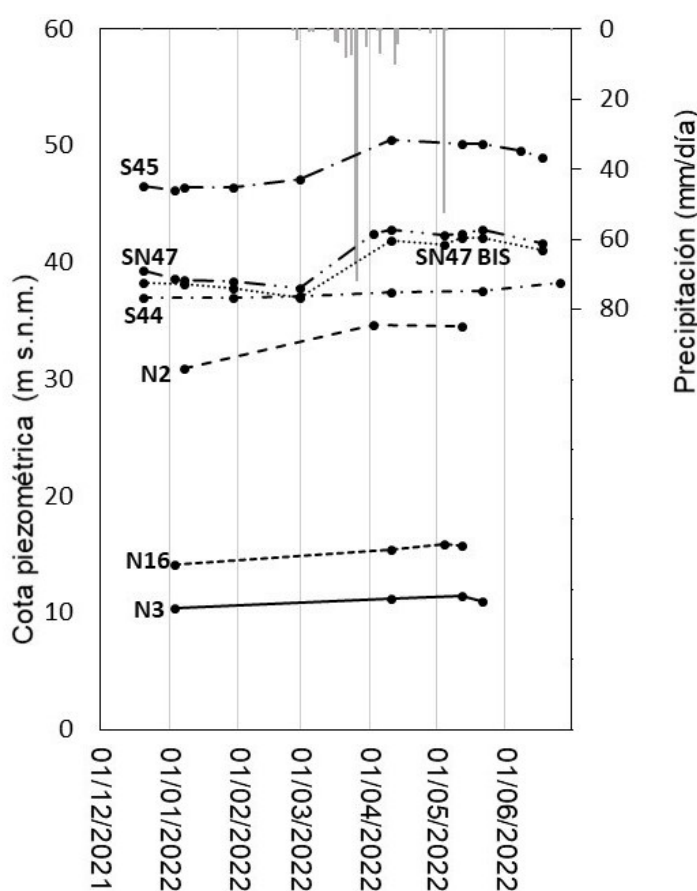


Fig. 2.- Evoluciones piezométricas en algunos puntos del sector de Rodalquilar. Se incluyen tanto sondeos en rocas volcánicas (S44) como los que interceptan el acuífero detrítico (S45, SN47, N2, N16 y N3).

Fig. 2.- Piezometric evolution at some points in the Rodalquilar sector. Both wells in volcanic rocks (S44) and those intercepting the detrital aquifer (S45, SN47, N2, N16 and N3) are plotted.

orden de un metro al final del periodo de control.

En los sondeos S45 y SN47 y SN47 BIS se registraron ascensos piezométricos de hasta 4 metros en una semana (en SN47 y SN47 BIS), según la periodicidad de medida, tras el evento torrencial de final de marzo (Fig. 2). Un nuevo ascenso, esta vez de 1 metro, se reconoció en los sondeos SN47 y SN47 BIS como con-

secuencia de las lluvias de mayo. En los pozos (N2, N3 y N16) se pueden apreciar menores variaciones del nivel freático, a lo sumo 3 metros de ascenso en el punto N2 (Fig. 1). La elevación del nivel freático fue de 1 metro en los pozos situados próximos a la línea de costa (N3 y N16). Los eventos de recarga provocaron que se pudiese medir el nivel piezométrico en el punto N23, normalmente seco.

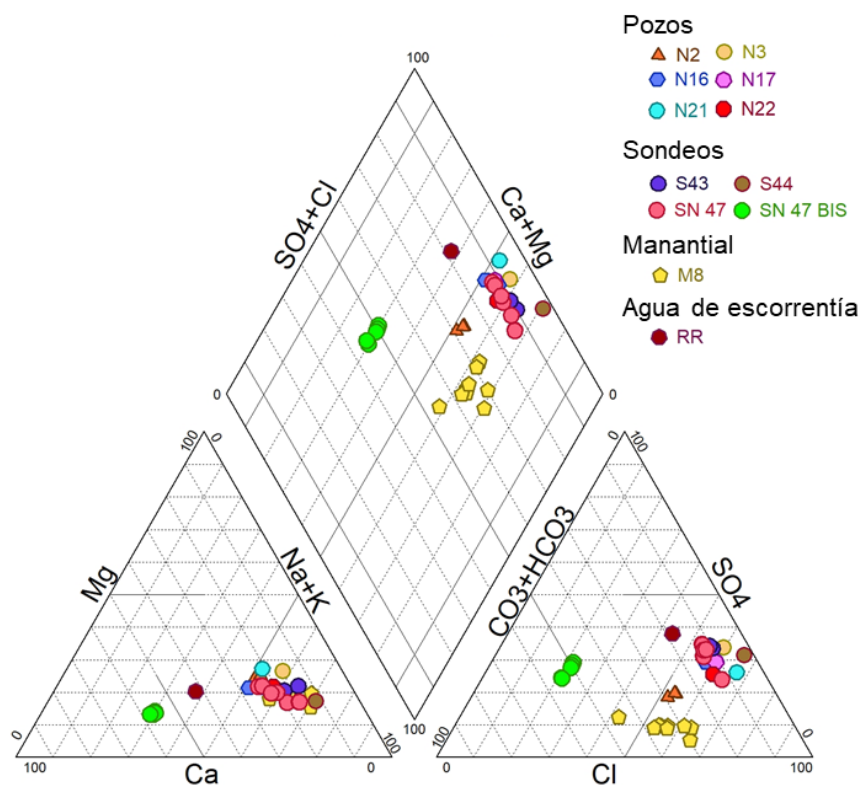
### Hidroquímica

Las aguas subterráneas del entorno de Rodalquilar muestran valores de conductividad eléctrica (Tabla I) comprendidos entre 5,98 mS/cm (N22) y 0,29 mS/cm (SN-47BIS). La temperatura del agua ha variado entre 17,8°C en el punto M8 y 27,3°C en el sondeo S43. En general, las aguas presentan facies hidroquímicas de tipo mixto o clorurada-sódica, con tendencia a ser bicarbonatada cálcica en el caso de las muestras tomadas en el punto SN47BIS (Fig. 3). Las aguas de los sondeos ubicados en rocas volcánicas (S43 y S44) presentan menores concentraciones de calcio y magnesio que las de los puntos ubicados en rocas detríticas. Sin embargo, los contenidos de los demás iones son similares (Tabla I).

Salvo en el pozo N2, las facies hidroquímicas de las aguas procedentes del acuífero detrítico son parecidas a la muestra del sondeo S44, construido en rocas volcánicas. La posición en el diagrama de Piper de las aguas drenadas por la surgencia M8, que drena rocas volcánicas, denota menor proporción de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y mayor de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Tabla I). No obstante, el agua del punto S44 presenta diferencias significativas en sus parámetros físico-químicos (Tabla I). Este punto tiene un pH básico (9,30), un potencial redox de -250 mV y una temperatura de 23,9°C, solo superada por el punto S43, también en roca volcánica, con una temperatura de 27,4°C (Tabla I). Estos resultados contrastan con los parámetros físico-químicos obtenidos en los otros puntos.

### Discusión

La distribución espacial de las cotas piezométricas en el área de estudio pone de manifiesto valores más elevados en sondeos del entorno de Rodalquilar (S45 y



**Fig. 3.- Diagrama de Piper con las muestras de agua de todos los puntos (sondeos, pozos y manantial) que interceptan tanto el acuífero detrítico, rocas volcánicas y/o ambos.**

*Fig. 1.- Piper diagram representation of water samples from all points (wells, boreholes and springs) intercepting either the detrital or volcanic aquifer or both.*

eventualmente SN47). El resto de las cotas piezométricas permite plantear la hipótesis de un flujo del agua subterránea desde las rocas volcánicas hacia los materiales cuaternarios situados hacia el este.

La respuesta hidrodinámica de los sedimentos detríticos a los eventos torrenciales es de mayor magnitud y se produce de forma más rápida cuanto más alejado de la costa se encuentre el punto de observación. Ello denota la recarga por infiltración del agua de lluvia y de escorrentía, producida durante los eventos pluviométricos, en los materiales acuíferos detríticos. En cambio, la evolución piezométrica en el punto S44, situado en rocas volcánicas, muestra un comportamiento más inercial.

Los parámetros físico-químicos de las aguas subterráneas parecen indicar valores de temperatura, y en algún caso también de pH, más elevados en las rocas volcánicas, probablemente asociados a flujos algo más profundos.

En general, se aprecian diferencias en los valores de mineralización de las aguas subterráneas en el entorno de Rodalquilar, si bien tanto las muestras tomadas en puntos ubicados sobre rocas volcánicas como en sedimentos detríticos presentan facies hidroquímicas parecidas.

Este hecho coincide con los resultados obtenidos por Sola *et al.* (2015).

Las facies hidroquímicas de las muestras de agua de los sondeos S43 y S44, ubicados en rocas volcánicas, son similares a la del resto de puntos situados en materiales detríticos. Sin embargo, el agua del manantial del Granadillo (M8), situado también en rocas volcánicas, no presenta las mismas características.

## Conclusiones

A partir de los resultados preliminares disponibles del estudio hidrodinámico e hidrogeoquímico en las aguas subterráneas del entorno de Rodalquilar se ha constatado una respuesta marcada de los materiales acuíferos detríticos a los eventos de precipitaciones torrenciales. Sin embargo, la respuesta hidrodinámica en los sondeos emplazados en las rocas volcánicas es muy amortiguada. Una caracterización química inicial permite distinguir varias familias de aguas subterráneas, aunque no se observan diferencias significativas de facies hidroquímicas entre los sondeos situados en rocas volcánicas y los sondeos y pozos ubicados en materiales detríticos cuaternarios.

Se plantea la hipótesis de que pueda

existir continuidad hidrogeológica entre las rocas volcánicas y los sedimentos cuaternarios que afloran al este, aunque este aspecto tendrá que ser contrastado en las investigaciones actualmente en curso.

## Contribución de los autores

Tanto la toma de muestras como la elaboración de mapas y gráficos e interpretaciones preliminares han sido realizadas por J. Buera, investigador predoctoral. M. Mudarra, J.A. Barberá y B. Andreo han participado en campañas de muestreo, han supervisado las investigaciones y revisado el artículo.

## Agradecimientos

Este trabajo es una contribución del grupo de investigación RNM-308 del PAIDI de la Junta de Andalucía. Ha sido financiado por el proyecto *Lifewatch Environmental and Biodiversity Climate Change Lab* (EnBiC2-Lab).

## Referencias

- Arribas, A. (1993). *Mapa Geológico del Distrito Minero de Rodalquilar, Almería 1:25.000*. IGME.
- Cabrera-Santana, M.C. y Custodio, E. (2013). *Hidrología y recursos hídricos en islas y terrenos volcánicos*, 65 – 92.
- Carrasco Cantos, A. (1988). *TIAC'88. Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros Almuñécar (Granada, España)*, 37 p.
- Custodio, E. y Cabrera-Santana, M.C. (2008). *Geotemas*, 10, 785-788.
- DHCMA. (2021). *Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Plan Hidrológico 2021-2027 – Memoria*. 243p.
- Pineda-Velasco, A., Giner-Sánchez, J., Zazo-Cardeña, C. y Goy-Goy, J.L. (1983). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 1046 (Carboneras) y memoria*. IGME, Madrid, 81 p.
- Sola, F., España, S., Vallejos, A. y Pulido-Bosch, A. (2015). *Geogaceta*, 58, 135-138.
- Soriano, C.C., Giordano, G., Riggs, N.R., Porreca, M., Bonamico, A., Iosimi, D., Cifelli, F., Mattei, M., De Benedetti, A., Guarnieri, L. y Marchionni, S. (2014). *Revista de la Sociedad Geológica Italiana* 133 N°3, 325-340.
- <https://doi.org/f6qmn8>