

# Geoquímica de niveles carbonatados de la provincia de Granada utilizables para la fabricación de cal hidráulica natural: datos preliminares

Salvador Morales Ruano (1,2\*), Anna Arizzi (1), Giuseppe Cultrone (1), Clara Parra Fernández (1), María Gracia Bagur González (2,3)

(1) Departamento de Mineralogía y Petrología. Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, 18071, Granada (España)

(2) Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra. Universidad de Granada-Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 18100 Armilla-Granada (España)

(3) Departamento de Química Analítica. Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, 18071, Granada (España)

\* corresponding author: [smorales@ugr.es](mailto:smorales@ugr.es)

**Palabras Clave:** Rocas carbonatadas, Cordillera Bética, Zonas Internas, Calicasas, Montefrío, Sierra Elvira. **Key Words:** Carbonate rocks, Betic Cordillera, Internal Zones, Calicasas, Montefrío, Sierra Elvira.

## INTRODUCCIÓN

En Andalucía existen diversas empresas que comercializan cales hidráulicas naturales y morteros elaborados con ellas, pero no existen plantas productoras de este tipo de aglomerante, que se importa en su totalidad del extranjero. En la mayoría de los casos del sector, la falta de producción está condicionada por la disponibilidad de la materia prima. Esta no debería ser la razón de la ausencia de fabricación de cales hidráulicas naturales en Andalucía, teniendo en cuenta la presencia casi omnipresente de afloramientos calizos con contenidos arcillosos variables.

Con esta idea en mente, se ha iniciado una exploración de afloramientos en las Cordilleras Béticas que puedan reunir las características adecuadas para su selección, partiendo del trabajo de Rodríguez Ávila (1912), en el cual sobre la base del índice hidraulicidad y del contenido en arcillas, ya se identificaban un conjunto de afloramientos de la provincia de Granada que, al menos a priori, reunían las características adecuadas para su utilización como materia prima para la obtención de cales hidráulicas naturales. Este autor identificó cuatro áreas en la provincia de Granada (Sierra Elvira-Atarfe, Montefrío, Calicasas y Caniles) en las que localizó materiales que pudieran dar lugar a cales con diferentes grados de hidraulicidad (hidráulicas, moderadamente hidráulicas, débilmente hidráulicas). En nuestro trabajo se intentan localizar los afloramientos descritos por Rodríguez Ávila (1912) –con el hándicap de que carece de coordenadas geográficas y que las referencias topográficas que aporta en su mayoría no existen en la actualidad– con objeto de caracterizar los diferentes litotectos y, a su vez, que esta caracterización aporte criterios geoquímicos para posteriores exploraciones en otros yacimientos de las Zonas Internas de la Cordillera Bética.

## GEOLOGÍA

En esta primera fase del estudio se han tomado muestras de los afloramientos más cercanos a Granada capital (Sierra Elvira, Montefrío y Calicasas). El afloramiento de Sierra Elvira se localiza en el Subbético Medio meridional (Zonas Internas de la Cordillera Bética) y en él se han tomado muestras margosas procedentes de los niveles definidos como 36 (constituido por margocalizas, margas y calizas nodulosas del Domeriense-Toarciense), 37 (margocalizas silíceas y radiolaritas del Dogger) y 38 (calizas y calizas margosas con sílex del Malm) en la hoja 1009 del mapa geológico de España (Instituto Geológico y Minero de España, 1988a). En el afloramiento de Montefrío, las muestras estudiadas proceden de los niveles definidos como 35 (margas y margocalizas rosadas, del Senoniense-Paleógeno) y 36 (margas claras con niveles turbidíticos, del Oligoceno) en la hoja 1008 del mapa geológico de España (Instituto Geológico y Minero de España, 1988b) -o sus equivalentes 19 y 21 respectivamente en la hoja 990 (Instituto Geológico y Minero de España, 1992)-. Por último, en el afloramiento de Calicasas, las muestras analizadas proceden del nivel definido como 46 (calizas y margocalizas del Neógeno de la Depresión de Granada) en la hoja 1009 anteriormente citada.

## METODOLOGÍA

Se han analizado 56 muestras mediante fluorescencia de rayos X (FRX) y espectrometría de masas con fuente de ionización por antorcha de plasma (ICP-MS) para el análisis de elementos mayores y traza. Los análisis se han realizado en el Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio de elementos mayores mediante FRX pone de manifiesto que en las muestras analizadas los valores más altos se corresponden con los obtenidos para CaO ( $\bar{x}=35,48\%$ ) y LOI ( $\bar{x}=29,40\%$ ), seguido por SiO<sub>2</sub> ( $\bar{x}=26,09\%$ , aunque presenta valores erráticos). Del resto de elementos mayores analizados, sólo Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( $\bar{x}=4,21\%$ ), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( $\bar{x}=1,82\%$ ) y MgO ( $\bar{x}=1,10\%$ ) presentan valores medios por encima de 1%, presentando el resto de elementos analizados (MnO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Ti<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) valores medios por debajo de la unidad. La matriz de correlación pone de manifiesto una marcada correlación positiva entre Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y K<sub>2</sub>O ( $r > 0,9$  en todos los casos) así como entre CaO y LOI ( $r > 0,99$ ) y una correlación negativa entre CaO (y LOI) con SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y K<sub>2</sub>O ( $r < -0,8$  en todos los casos). Estos rasgos son propios de la presencia de calcita, cuarzo y cantidades menores de filosilicatos como fases minerales identificadas.

El estudio de elementos trazas analizados mediante ICP-MS ha servido para identificar algunos rasgos sobre las condiciones paleoambientales. A partir de las relaciones Sr/Ba (Li et al., 2022) se deduce que la paleosalinidad estuvo controlada por la presencia de aguas salinas (83% de los casos), aunque puntualmente (17% de los casos), en algunas muestras de Sierra Elvira, se observan valores compatibles con la participación de aguas dulces. A partir de las relaciones entre determinados elementos traza -Co, Cr, Ni, Sc, Th, U, V- (Shaltami & Bustany, 2021) se determinan las condiciones redox, predominando las condiciones óxicas (77% de los casos) frente a las anóxicas. Por otro lado, la mayoría de las muestras se proyectan en el campo de los carbonatos de cuencas de margen continental de aguas someras propuesto por Zhang et al. (2017) a partir de las anomalías de  $\delta\text{Ce}$  y  $\delta\text{Eu}$ , si bien otros parámetros químicos propuestos por estos mismos autores en este mismo artículo no siempre son tan determinantes en la discriminación entre los diferentes ambientes de formación considerados.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado con el proyecto de investigación PID2020-119838RA-100.

## REFERENCIAS

- Instituto Geológico y Minero de España (1988a): Mapa geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja 1009/19-41. Granada. DL: M-30.451 <https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50Hoja.aspx?Id=1009> [consulta: 16 abril 2022].
- Instituto Geológico y Minero de España (1988b): Mapa geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja 1008/18-41. Montefrío. DL: M-30.452 <https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50Hoja.aspx?Id=1008> [consulta: 16 abril 2022].
- Instituto Geológico y Minero de España (1992): Mapa geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja 990/18-40. Alcalá la Real. DL: M-10.720-1992. <https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50Hoja.aspx?Id=990> [consulta: 16 abril 2022].
- Li, F., Ma, X., Lai, X. (2022): Petrography, geochemistry and genesis of dolomites in the upper Cambrian Sanshanzi Formation of the western Ordos Basin, northern China. *J. Asian Earth Sci.*, **223**, 104980. DOI: 10.1016/j.jseaes.2021.104980.
- Rodríguez Ávila, M. (1912): Investigaciones analíticas sobre cales hidráulicas de la provincia de Granada. Congreso de la Asociación Española para el Progreso de la Ciencia. Sección 3º Ciencias Físico Químicas, 19-32.
- Shaltami, O.R. & Bustany, I. (2021): Elemental geochemistry of sedimentary rocks – A review. 2nd International Symposium on Geosciences. Proceeding Book. 93-110. [https://www.researchgate.net/publication/351127270\\_Elemental\\_geochemistry\\_of\\_sedimentary\\_rocks\\_-\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/351127270_Elemental_geochemistry_of_sedimentary_rocks_-_A_review) [consulta: 16 abril 2022].
- Zhang, K.J., Li, Q.H., Yan, L.L., Zeng, L., Lu, L., Zhang, Y.X., Hui, J., Jin, X., Tang, X.C. (2017): Geochemistry of limestones deposited in various plate tectonic settings. *Earth Sci. Rev.*, **167**, 27-46. DOI: 10.1016/j.earscirev.2017.02.003.