

# Caracterización Hidrogeoquímica e Identificación de Procesos de Interacción Agua-Roca en la Zona de Falla de Palomares (Almería)

/ PILAR HERNÁNDEZ PUENTES (1\*), ROSARIO JIMÉNEZ ESPINOSA (1), JUAN JIMÉNEZ MILLÁN (1)

(1) Departamento de Geología. CEACTION. Unidad asociada IACT (CSIC-UGR). Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Jaén. Campus Las Lagunillas s/n, edificio B3, 23071 Jaén (España)

## INTRODUCCIÓN

La región más oriental de la Cordillera Bética es una zona semiárida del mediterráneo, con una especial sensibilidad a las fluctuaciones climáticas, a los factores geológicos e hidrogeológicos y a la actividad antrópica. Esta región es también, la más activa sísmicamente de la península Ibérica, registrando numerosos eventos sísmicos a lo largo de la historia.

La nucleación y propagación de terremotos condiciona el funcionamiento de los acuíferos de zonas de falla (Faulkner et al. 2009).

Los cambios hidrológicos más característicos tras los terremotos, suelen ser incrementos del caudal de los manantiales y modificaciones de los principales parámetros hidroquímicos (Montgomery & Manga 2003). En ocasiones, estos procesos promueven cambios en el flujo de fluidos, que pueden llegar a afectar al transporte térmico regional (Brumm et al. 2009).

Algunas de estas modificaciones podrían tener su origen en: 1) cambios en la permeabilidad a causa de la apertura o cierre de fracturas como consecuencia del incremento de la presión de poro, motivada por la deformación cosísmica (Brumm et al. 2009), 2) liberación de agua y otros fluidos a causa de la consolidación o licuefacción de sedimentos próximos a la superficie, y 3) reacciones de deshidratación de minerales de la arcilla que ocurren en zonas más profundas (Bousquet et al. 2009).

La composición química de las aguas de esta zona de estudio puede estar influenciada por otros procesos además de la mezcla con agua de mar.

El presente estudio se centra en el conocimiento de los parámetros

hidroquímicos y de las relaciones roca-fluido de los sistemas acuíferos afectados por la falla activa de Palomares, aportando información esencial para caracterizar, monitorizar e, incluso, prever la actividad sísmica de esta región.

## METODOLOGÍA

Para la caracterización físico-química de las aguas subterráneas en la zona de estudio, se han realizado varias campañas de muestreo, en las que se han recogido 33 muestras de aguas desde Sierra Almenara (Murcia) hasta Sopalmó (Almería) (fig.1.).

Mediante un equipo multiparamétrico HI 9828 de Hanna-Instruments se han medido in-situ los siguientes parámetros físico-químicos: Conductividad eléctrica, Total de Sólidos Disueltos (TSD), Eh, pH, temperatura y oxígeno disuelto. También, se ha obtenido el contenido en bicarbonatos para cada muestra por determinación volumétrica.

Además se tomaron muestras de aguas subterráneas para su posterior análisis químico en laboratorio y determinación de elementos mayoritarios mediante un espectrofotómetro de absorción molecular y un espectrofotómetro de absorción atómica, en función de los límites de detección para cada elemento.

Para el tratamiento y estudio de los datos hidroquímicos se ha utilizado el software AQUACHEM (Schlumberger Water Services).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados analíticos muestran tres grupos principales de aguas, los cuales, se observan claramente en el diagrama hidroquímico de Piper (fig. 2.).

Por un lado, se proyectan las aguas de baja mineralización (8 meq/l) y conductividades menores (300-1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). En este grupo, se observan caracterizadas las aguas de Sierra Cabrera (15, 16, 20, 21, 22, 23, 24) y Sierra de los Filabres (17, 18), de facies bicarbonatadas cálcico-magnésicas. Además, se caracterizan las aguas de la Sierra de Almenara (31, 32), las aguas de Mojácar (7), Fuente Álamo (11) y la Fuente de Garrucha (33), todas ellas con facies sulfatadas-cloruradas cálcico-magnésicas. Estas aguas están íntimamente relacionadas con disolución de carbonatos procedentes de las sierras donde se han muestreado.

En contraposición, se caracterizan las aguas de elevado enriquecimiento iónico (70 meq/l) y extremada conductividad (4000-14000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), siendo sus facies hidroquímicas predominantemente sulfatadas-cloruradas cálcico-magnésicas. Dentro de este grupo, existe un subgrupo de varios sondeos en Pulpí (12, 13, 14), con facies cloruradas-sulfatadas sódicas. Estas aguas enriquecidas iónicamente están relacionadas con margas pliocenas marinas de la depresión de Vera y el corredor de Pulpí, (Barragán, 2008).

Por último, existe un tercer grupo formado por dos tipos de aguas de elevada conductividad (2000-3500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y moderado contenido iónico (18 meq/l). El sondeo de los Guiraos (3), con facies sulfatada-clorurada cálcico-magnésica y el manantial de Sopalmó (8), con facies clorurada-sulfatada sódica. Este grupo está relacionado con la disolución de evaporitas y carbonatos a lo largo de fallas profundas y, por lo tanto, presentan claras evidencias de circulación profunda.

Las aguas de alto y moderado

**palabras clave:** Hidrogeoquímica, Falla Activa, Palomares, Terremotos.

**key words:** Hydrogeochemical, Active Fault, Palomares, Earthquakes.

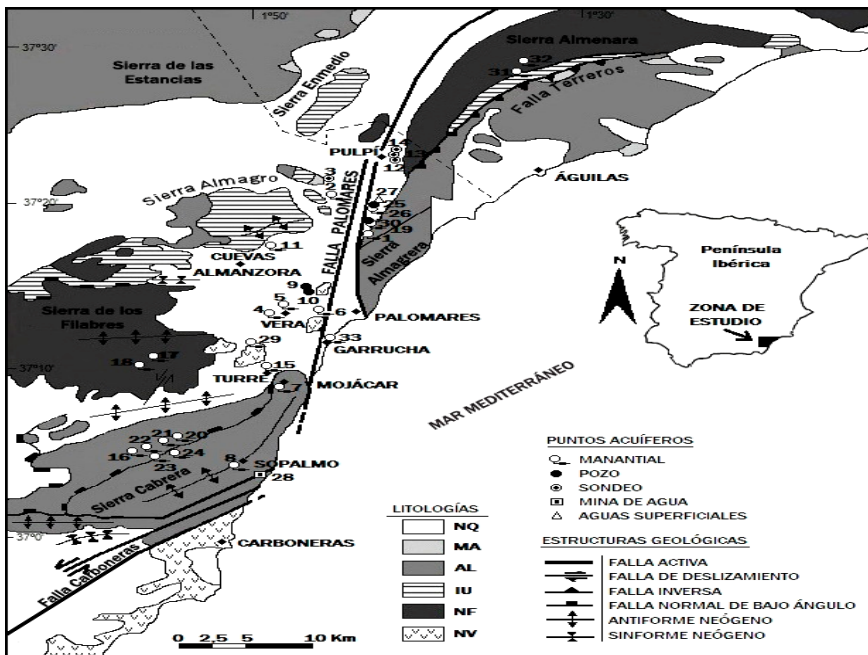


Fig 1. Localización de las muestras de aguas y esquema geológico regional. NQ: Rocas sedimentarias (Neógeno - Cuaternario), MA: Complejo Maláguide, AL: Complejo Alpujárride, IU: Unidad intermedia, NF: Complejo Nevado Filábride, NV: Rocas volcánicas recientes (Neógeno). Modificado y ampliado de Booth - Rea et al, 2003.

enriquecimiento iónico presentan una temperatura superior a 20 °C, incluso en la muestra 3 supera los 33 °C. Considerando como límite de hidrotermalismo 19 °C se certifica una clara evidencia hidrotermal en este punto y la posibilidad de origen profundo y de una relación con la actividad de la falla para alguna de estas aguas. En cambio, en las aguas de baja mineralización la temperatura es notablemente inferior, lo que evidencia

un origen más superficial.

De acuerdo con la litología de la zona, se han seleccionado los minerales calcita, dolomita, yeso y halita para el cálculo de los índices de saturación (SI). Todas las aguas están subsaturadas con respecto a la halita y, en menor medida, con respecto al yeso. Para los minerales carbonatados se identifica cómo la mitad de las aguas están saturadas con respecto a la calcita y sobresaturadas

con respecto a la dolomita y en cambio, la otra mitad se encuentran más cercanas al equilibrio.

La presencia de boro denota mayor relación con aguas termales. Existe una proporción significativa en los puntos de agua de Guazamara (25, 26, 27).

Se podría afirmar que el origen de algunas aguas subterráneas de esta zona de falla puede estar íntimamente relacionado con la circulación de aguas profundas de altas concentraciones iónicas y estrechamente con la actividad activa de la falla. Un claro ejemplo son las aguas de los Guiraos, las de Sopalmo y las de Guazamara.

La composición de estas aguas refleja procesos de interacción agua-roca, además de algunos casos de intrusión marina.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto de Investigación No. CGL2011-30153-C02-01 del Ministerio de Economía y Competitividad de España, y el grupo de investigación PROCESOS Y RECURSOS GEOLÓGICOS RNM-325 (Universidad de Jaén, CICE, JA).

## REFERENCIAS

Barragán, G. (2008): *Hidrogeología e hidroquímica de los acuíferos del bajo Almazora*. Tesis doctoral, Universidad de Almería. 391 p.

Booth-Rea, G., Azañón, J.M., García-Dueñas, V. & Augier, R. (2003): *Uppermost Tortonian to Quaternary depocentre migration related with segmentation of the strike-slip Palomares Fault Zone, Vera Basin (SE Spain)*. *Geosciense* **335**, 751-761.

Bousquet, R., Vidal, O. & de Capitani, C. (2009): *Metamorphic reactions, fluids release and their influence on subduction earthquakes*. *Geophys Res Abstr* **11**, EGU2009-12554.

Brumm, M., Wang, C.Y. & Manga, M. (2009): *Spring temperatures in the Sagehen Basin, Sierra Nevada, CA: Implications for heat flow and groundwater circulation*. *Geofluids* **9**, 195-207.

Faulkner, D.R., Mitchell, T.M., Hirose, T. & Shimamoto, T. (2009): *The Frictional Properties of Phyllosilicates at Earthquake Slip Speeds*. *Geophys Res Abstr* **11**, EGU2009-5751-3.

Montgomery, D.R. & Manga, M. (2003): *Streamflow and water well responses to earthquakes*. *Science* **300**, 2047-2049.

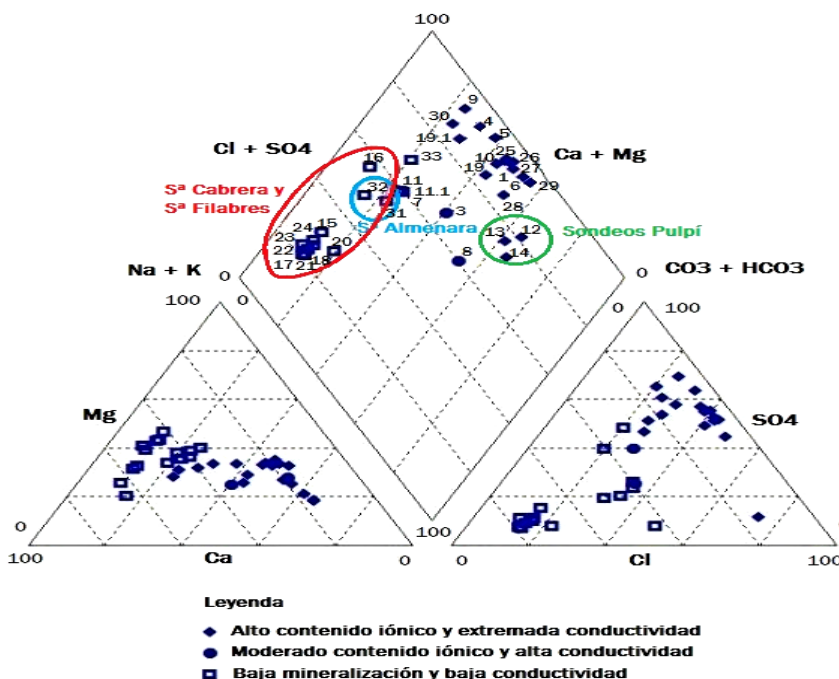


Fig 2. Diagrama de Piper resultante para las 33 aguas de la zona de falla de Palomares.