

# Modelo de formación de los filones hidrotermales de Santa Cristina d'Aro, Costa Brava

Laura Castellví (1\*), Mercè Corbella (1), Gerard Casado (1)

(1) Departament de Geologia. Universitat Autònoma de Barcelona, 08192, Bellaterra (España)

\* corresponding author: [castellvibuqueras@gmail.com](mailto:castellvibuqueras@gmail.com)

**Palabras Clave:** Sistema hidrotermal, Microtermometría, Modelización geoquímica. **Key Words:** Hydrothermal system, Microthermometry, Geochemical modelling.

## INTRODUCCIÓN

En Santa Cristina d'Aro (Costa Brava) existe una zona de fracturación de dirección NO-SE con un sistema de filones de cuarzo y calcita en el extremo NO y una alteración clorítica, con movilización de REE, en el extremo SE (Rodríguez, 2018). En el presente estudio se caracteriza el sistema filoniano de la zona septentrional y se propone un modelo geoquímico de circulación de fluidos para la formación de ambas paragénesis hidrotermales.

## MÉTODOS

Se realizó un estudio petrográfico (12 láminas delgadas) con Microscopía Óptica de luz transmitida y luz reflejada y Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). Además, también se realizó un estudio petrográfico de detalle de inclusiones fluidas en cuarzo (5 muestras) y calcita (1 muestra) y un análisis de microtermometría en la UAB. A partir de los resultados obtenidos, se probaron varios modelos geoquímicos de circulación de fluidos e interacción con las rocas encajantes mediante el software Phreeqc (Parkhurst & Appelo, 1999), la base de datos llnl (Johnson et al., 2017), las Leyes de Debye-Huckel y considerando equilibrio termodinámico.

## RESULTADOS

El sistema filoniano de la zona septentrional está formado por vetas de cuarzo y cuarzo-calcita de entre 1 y 20cm de grosor y de dirección NW-SE, siguiendo el sistema de fracturación. Ambas tipologías de filones presentan dos generaciones de cuarzo. La primera se caracteriza por presentar cristales de cuarzo (Q1) subidiomórficos de tamaño >1mm y textura granular. La segunda generación de filones de cuarzo (Q2) corta la anterior y contiene cristales de aproximadamente 150 µm. Los filones de cuarzo-calcita se caracterizan por tener calcita (Cc1) asociada al cuarzo (Q1) y filoncillos de calcita (Cc2) posterior al cuarzo Q2. En ambos tipos de filones se han identificado óxidos de Fe (magnetita y goethita) diseminados en la matriz o en las zonas de fractura junto a pátinas de oxidación rojizas. En dichas zonas de fractura, ambas tipologías de filones presentan textura brechificada.

Las muestras estudiadas para la petrografía de inclusiones fluidas corresponden al estadio principal de cristalización (Q1, Cc1). La mayoría de inclusiones fluidas son bifásicas (L+V) con un 5-10% de fase vapor y pueden estar aisladas, formando *clústeres* o *trails* paralelos a los bordes del cristal. Son de morfologías redondeadas, aunque algunas tienden a formar cristales negativos de tamaño entre 1 y 40µm.

Se han medido 35 inclusiones fluidas mediante microtermometría en cuarzo (Q1), de 20-25µm. Las temperaturas de homogeneización (Th) obtenidas varían entre 63 y 203°C, con dos valores modales de 90°C y 120°C, la temperatura eutéctica (Te) es de -57,8°C y la temperatura de fusión del hielo (Tmi) de -11,1°C.

## DISCUSIÓN

### Petrografía y microtermometría

El sistema filoniano de cuarzo y cuarzo-calcita es epigenético de origen hidrotermal. No se han encontrado evidencias de campo ni petrográficas que relacionen los filones de cuarzo y calcita del NO con la cloritización en la

costa, que están separados por una zona sin afloramientos de unos 2,4 km. La presencia de ambas paragénesis en la misma zona de fracturación hace pensar que podrían producirse a partir del mismo sistema hidrotermal.

Según los resultados obtenidos, el sistema filoniano se habría depositado a temperaturas mínimas de 90-120°C a partir de un fluido polisalino complejo (NaCl-CaCl<sub>2</sub>-MgCl<sub>2</sub>-(KCl)-H<sub>2</sub>O) de salinidad alta (22% eq. NaCl según el cálculo de Steele-MacInns et al. (2011)). Estos datos concuerdan con los de otros sistemas filonianos de los Catalánides (ej. Piqué et al., 2008).

### Modelo geoquímico

Conceptualmente, la génesis del sistema filoniano se explicaría a partir del ascenso de un fluido hidrotermal a través de una zona de fracturación cortando el basamento paleozoico. Este fluido ascendente reaccionaría con las distintas litologías y evolucionaría enfriándose durante el ascenso y reacción, provocando la supersaturación respecto a los minerales observados.

Se ha simulado la interacción de una salmuera con las litologías del basamento paleozoico de la zona en una columna estratigráfica (1D), considerando su posible profundidad según la potencia de las diferentes litologías descritas en la bibliografía para la Sierra Litoral Catalana, y un gradiente geotérmico de 30°C/Km. El fluido que asciende tendría una temperatura inicial de 200°C, salinidad del 22% eq en NaCl, concentración de carbono de 0,008mols/kg, pH de 4,26 y pe de -2,46. Todos los parámetros han sido sometidos a multitud de pruebas de sensibilidad, confirmando que no alteran la esencia del resultado.

Las simulaciones indican que el fluido ascendente se enfría progresivamente, mientras que las litologías encajantes se calientan. El pH tiende a valores cercanos a 6 y el estado redox pasa a -0,4v. En las primeras fases de la simulación los índices de saturación (SI) de los minerales dependen de las distintas litologías, pero a medida que avanza el tiempo de la simulación los SI están controlados por el fluido. En un estadio intermedio, en la parte inferior de la columna simulada precipitaría cuarzo, en la parte media cuarzo y calcita y en la parte superior minerales del grupo de la clorita (dafnita y clinocloro). Según este modelo, pues, podría haber una relación entre el sistema filoniano y la cloritización, ya que podrían formarse por un mismo sistema, fluido o evento hidrotermal dando lugar a dicha zonación. Queda por determinar si este fluido puede favorecer la movilización de REE.

### CONCLUSIONES

En Santa Cristina d'Aro se encuentra un sistema filoniano de cuarzo y cuarzo-calcita asociado a un sistema de fracturación de dirección NW-SE. Según los datos de microtermometría realizados en los filones de cuarzo, el sistema hidrotermal se caracteriza por un fluido de salinidad elevada (NaCl-CaCl<sub>2</sub>-MgCl<sub>2</sub>-(KCl)-H<sub>2</sub>O) y de temperaturas de deposición mínima de 90-120°C. Simulaciones de transporte reactivo 1D con Phreeqc indican que el mismo fluido hidrotermal circulando ascendentemente por el basamento paleozoico podría originar los filones de cuarzo, cuarzo-calcita y la cloritización ubicada al sur de la zona de estudio a diferentes niveles estratigráficos. Aun así, no hay datos de campo ni petrográficos que puedan sostener dicha relación.

### REFERENCIAS

- Johnson, J., Anderson, G. & Parkhurst, D. (2000): Base de datos de thermo.com.v8.r6.230 realizado en Lawrence Livermore National Laboratory. Revisión: 1.11.
- Parkhurst, D.L. & Appelo C.A.J. (1999). User's guide to Phreeqc (version 2) – A computer program for speciation, batch-reaction, on-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 99-4259. 326 pàgs.
- Piqué, À., Canals, À., Grandia, F. & A. Banks, D. (2008): Mesozoic fluorite veins in NE Spain record regional base metal-rich brine circulation through basin and basement during extensional events. *Chemical Geology* 257, pàgs. 139-152.
- Rodríguez, C. (2018): Platja de Canyet. Trabajo de Fin de Grado tutorizado por Dra. Mercè Corbella Cordoní. Departamento de Geología, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Steele-MacInns, M., Bodnar, R.J. & Naden, J. (2011). Numerical model to determinate the composition of H<sub>2</sub>O-NaCl-CaCl<sub>2</sub> fluid inclusions based on microthermometric and microanalytical data. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 75 (1): 21-40.