

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA AMBIENTAL DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ÁMBITO DEL COMPLEJO MINERO DE BELLMUNT Y EL MOLAR (EL PRIORAT)



Georgina Arnó⁽¹⁾, Víctor Camps⁽¹⁾, Montse Colomer⁽¹⁾, Andrés Navarro⁽²⁾, Ignasi Herms⁽¹⁾, Jordi Cirés⁽¹⁾

FUNDACIÓN CENTRO INTERNACIONAL DE HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA CIHS

(1) Área de Geología i Recursos. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC)
(2) Departament de Mecànica de Fluids. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial i Aeronàutica de Terrassa (ETSEIAT) - UPC

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La comarca del Priorat es uno de los mejores ejemplos del rico y variado patrimonio geológico y minero de Catalunya. En Bellmunt del Priorat y el Molar, encontramos numerosos vestigios de la minería metálica asociada a la explotación del plomo (Pb), y otros metales, abandonada desde el SXX. La protección y conservación del patrimonio geológico requiere de un estudio de las condiciones geoambientales alrededor de la actividad minera que se llevó a cabo en esta zona. En este sentido, el ICGC en colaboración con el *Departament de Mecànica de Fluidos de la UPC*, está llevando a cabo un proyecto para la caracterización geoquímica de las escombreras, sedimentos de corriente, suelos y aguas subterráneas en el ámbito del complejo minero Bellmunt – el Molar. Uno de los objetivos específicos del proyecto es el **análisis de la calidad de las aguas y el estudio de la movilidad de los metales** que han sido objeto de explotación.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO

La extensión del ámbito de estudio es de 65 Km² y se ha definido en base a la existencia de indicios minerales, antiguas explotaciones (principalmente de Pb y Mn), la delimitación de cuencas hidrográficas (principalmente de la del río Siurana) y la existencia de puntos de agua.

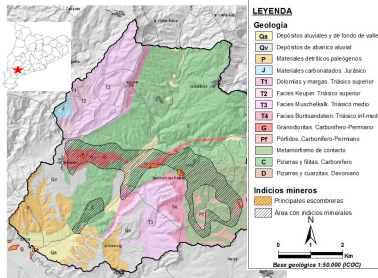


Fig. 1: Mapa geológico 1:50.000 del ámbito de estudio (ICGC, 2014). Se sitúan las principales escombreras y el área donde se detectan indicios de mineralizaciones metálicas y antiguas explotaciones asociadas al zócalo paleozoico.

Geológicamente la zona de estudio está formada por un zócalo paleozoico constituido por pizarras y filitas, y una cobertura mesozoica discordante de materiales detríticos y carbonatados triásicos y materiales carbonatados jurásicos. En la parte SW de la zona se distinguen materiales detríticos paleógenos recubiertos por depósitos aluviales del cuaternario.

Las zonas con mayor interés metalogenético se relacionan con las **mineralizaciones de Pb, Zn y Ag**, asociadas a la intrusión de granodioritas y pórfidos en el zócalo paleozoico.

4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

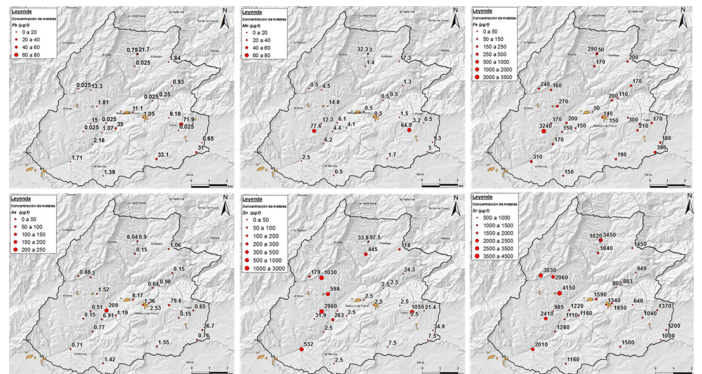
Descripción de los resultados obtenidos

El resultado muestra una gran homogeneidad de las **facies hidroquímica** mayoritariamente del tipo **bicarbonatada cálcica** (ver diagrama de Piper Fig.4). Destaca el **elevado contenido en SO₄²⁻** (ver *Tabla 1* de resultados).

- Los valores de **CE (°20)** varían entre 600 y 1500 µS/cm. Los datos de **pH** indican aguas de tipo neutro ligeramente alcalino probablemente debido a la disolución de carbonatos y/o aluminosilicatos presentes en la zona de estudio.
- En general, las aguas subterráneas y superficiales presentan **bajos contenidos metálicos** disueltos situándose en el diagrama de Ficklin (*Plumlee et al., 1999*) en la zona "Near-neutral, Low-metal". Tan sólo destacan los leves contenidos en Pb y Ni (*Tabla 1*).

Fig 4: Diagrama de Piper de las muestras de agua analizadas.

Fig.5: Distribución de los metales más representativos en las aguas: Fe, Pb, Zn, As, Mn y Sr. (en µg/l).



3. METODOLOGÍA Y MATERIALES

Para la caracterización de las aguas subterráneas, se han realizado los trabajos siguientes:

- Inventario y caracterización de 46 puntos de agua subterránea
- Medida de la profundidad del nivel piezométrico y del caudal en fuentes y drenajes. Medida de los parámetros in-situ de pH, Conductividad, TDS, Eh y T mediante medidores portátiles.



Fig. 2: Trabajos de campo de recogida y conservación de muestras de agua.

- Selección y muestreo de aguas en **26 puntos de agua subterránea** (4 fuentes, 4 drenajes de mina, 14 pozos y 4 minas de agua) y **3 puntos de agua superficial** (ver *Figura 3*).

La recogida y conservación se ha realizado según las pautas recogidas en la "UNE- EN ISO 5667-3:2003. Parte 3: Guía para la conservación y manipulación de las muestras de agua".

Análisis de datos

- El diagrama $\text{Log}[\text{SO}_4^{2-}] / \text{CE}(\text{°}20)$ (Fig. 6) se observa un claro incremento en SO_4^{2-} desde las aguas de recarga consideradas (*Alcalá, 2005*) hasta las muestras D-004 y P-002. Se produce un aumento de la mineralización por la interacción agua-roca incluyendo la oxidación de sulfuros. En la zona estudiada la piritita es escasa por lo que la reacción de oxidación debe darse por meteorización de la galena mediante O₂ atmosférico según las reacciones (1) y (2).
- En el caso del **Mn, Fe, Hg, Cu, Ag, Ba** y **Al**, las condiciones de pH/Eh indican que las fases estables en medio acuoso se corresponden con compuestos insolubles, lo que junto a la escasez de algunos de estos metales en las mineralizaciones de la zona explicaría los bajos contenidos detectados.
- La fase estable de **Pb** en las condiciones de equilibrio pH/Eh la fase predominante correspondería a **PbCO₃**. Aún así los bajos contenidos de Pb se explican por la formación de **anglesita (PbSO₄)** y **cerusita (PbCO₃)** sobre las partículas de galena del suelo que bloquearían su movilización.
- La acidez generada en el medio sería **neutralizada por la disolución de carbonatos** como la dolomita y ankerita, abundantes en la zona de estudio, según las reacciones (3) y (4). Ello explicaría los valores neutros y alcalinos de pH

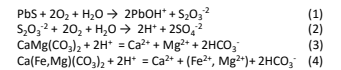


Fig. 6: Relación entre la concentración de sulfatos y la conductividad eléctrica. "Rec" son valores del agua de recarga (Alcalá, 2005)

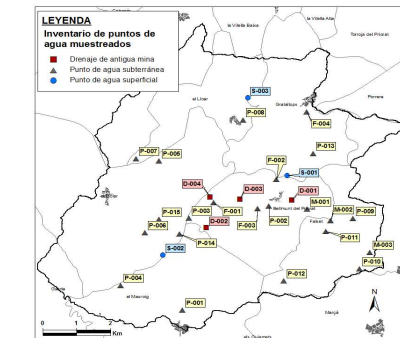


Fig. 3: Situación de las muestras de agua analizadas. D: drenaje de mina. F: fuente. P: pozo. M: mina de agua. S: agua superficial.

Las muestras han sido filtradas in-situ a 0.45 micras CA, acidificadas con HNO₃, H₂SO₄ y HCl a pH entre 1 y 2 según el tipo de análisis a realizar, y conservadas en frío hasta su transporte al laboratorio.

- Los **análisis de cationes y aniones mayoritarios** han sido realizados por el laboratorio *Mina Pública d'Aigües de Terrassa AS* y el análisis de **28 metales y metaloides** (entre los cuales Pb y Hg) y otros **20 elementos minoritarios** (lantánidos, actínidos, alcalinos y alcalinotérreos) por el laboratorio *Actlabs* (Vancouver, Canadá) mediante la técnica de ICP Masa.

- Interpretación de resultados, cálculo de la especiación química de los metales mediante el programa *PHREEQC V.3 (Parkhurst & Appelo, 2013)* y estimación de las condiciones de precipitación o movilización de los metales mediante el *Geochemist's Workbench 9.0*.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Alcalá, F.J. (2005). *Recarga a los acuíferos españoles mediante balance hidrogeoquímico*. PhD, UPC. *Inédita*.
- ICGC (2015). *Mostreig de sediments, sòls i aigües, realització d'assaigs de llixiviació i interpretació dels resultats hidroquímics en l'àmbit de Bellmunt del Priorat – El Molar (Priorat)*. *Inédita*.
- Plumlee, G.S. (1999). *The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits. Part B: Case Studies and Research Topics*, pp. 373-432. *Reviews in Econ. Geol. Vol. 6B*. Chelsea, Michigan.

Table 1: Resultados más significativos de los análisis de agua realizados. (Detailed table content is not fully legible in the image)

Tabla 1: Resultados más significativos de los análisis de agua realizados.