

Extracción Secuencial del Pb como Método de Datación Directa de Mineralizaciones: La Mina de Cala (Huelva)

JORGE CARRIEDO (1,*), MASSIMO CHIARADIA (2), FERNANDO TORNOS (1)

(1) Instituto Geológico y Minero de España (IGME). C/ Azafranal 48, 1. 37001. Salamanca (España). J.carriedo@igme.es
(2) Department of Mineralogy. University of Geneva. Rue des Maraichers 13. CH-1205 Geneva (Switzerland)

INTRODUCCIÓN.

La geocronología es una herramienta fundamental para entender los procesos metalogénicos, muchas veces epigenéticos, de carácter polifásico o ligados a cuerpos ígneos subaflorescentes. El patrón habitual se basa en la datación indirecta de las rocas ígneas asociadas espacialmente (e.g., U/Pb en circón) o minerales de alteración asociados al evento mineralizador (e.g., Ar/Ar, K/Ar en anfíbol o mica). Estos métodos de datación indirecta son válidos siempre y cuando las relaciones entre rocas ígneas/alteraciones y la mineralización sean evidentes. En yacimientos polifásicos con una compleja historia tectónica, magmática o hidrotermal, en los que se superponen diversos procesos, resulta en muchas ocasiones difícil identificar dichas relaciones y, por lo tanto, puede ser aventurado asumir estas edades como las del evento mineralizador. Se hace necesario el desarrollo de técnicas geocronológicas orientadas a obtener una datación directa sobre los minerales que forman parte de la mineralización.

En este resumen se presenta un ejemplo de extracción secuencial

(stepwise leaching, PbSL) de plomo (Frei et al 1997), como sistema factible para la datación directa de mineralizaciones, en este caso aplicada sobre depósitos de magnetita. La muestra analizada pertenece a la mina de Cala (Huelva), yacimiento que presenta una compleja historia tectono-hidrotermal, que hace que las relaciones de campo sean difíciles de interpretar (Carriedo et al., 2006). La reproducibilidad de las relaciones isotópicas obtenidas en las distintas extracciones secuenciales en un concentrado monomineral de magnetita muy radiogénica, ha permitido establecer una isocrona y obtener una edad de la mineralización, que es consistente con la geología de la zona.

CONTEXTO GEOLÓGICO.

La mina de Cala se localiza en el flanco sur del Antiforme Olivenza-Monesterio (Ossa Morena, Fig.1), megaestructura kilométrica de traza axial NW-SE. Esta mina ha sido uno de los mayores productores de hierro de España durante el s. XX, con unos recursos mínimos de más de 60 Mt@39% Fe y 0.27% Cu. La mineralización se ubica en las

proximidades de un stock granodiorítico-monzogranítico conocido como el stock de Cala (SC), emplazado a favor de una estructura tipo pull apart (Tornos et al 2002) que se desarrolla en el contacto tectónico entre la Unidad Herrerías (UH) y la unidad Cumbres Hinojales (UCH), pertenecientes al Cámbrico Inferior-Medio (Apalategui et al 1990). La mineralización se desarrolla por reemplazamiento de las litologías de la UCH, que incluyen caliza, dolomía, rocas de silicatos cálcicos (RSC) y pizarra.

Mineralización y alteración hidrotermal

A escala de detalle, la mineralización es muy compleja e incluye dos tipos principales e independientes de alteración-mineralización (Carriedo et al 2006): I) ligada a un skarn cálcico (SKRM); y, II) mineralización sintectónica que reemplaza al skarn y a las rocas encajantes corneanizadas, desarrollada sincrónicamente con una deformación por cizalla extensional con cierta componente sinistral (SZRM). La SKRM se asocia con el desarrollo de un skarn cálcico clásico (Casquet et al 1978; Velasco & Amigó 1981), en cuya fase progradada se forma un skarn piroxénico-granatífero rico en hierro (di_{60-80} , ad_{48-50}). Durante la etapa retrógrada tiene lugar la mineralización, por desestabilización del granate y clinopiroxeno, dando lugar a una paragénesis dominada por magnetita y ferroactinolita. La SZRM constituye la mayor parte de la mineralización, presentándose como cuerpos lenticulares con un fuerte control estructural y sincrónico con la intrusión de diques de microgabro. Su textura es bandeada, y la paragénesis dominada por magnetita, cuarzo, anke-rita, actinolita, biotita verde y clorita. Ambos estilos presentan una mineralización sincrónica o superpuesta a la magnetita de Cu(-Au), dominada por calcopirita, pirita y pirrotita. Si bien la

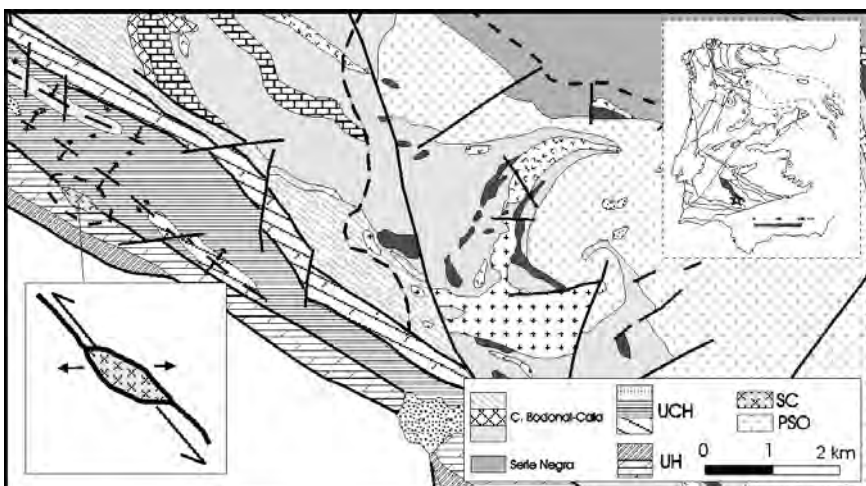


fig 1. Contexto geológico de la mina de Cala

Palabras clave: Ossa Morena, Cala, isótopos de plomo, datación.

Key words: Ossa Morena, Cala, lead isotopes, dating.

presencia de sulfuros es mayor en la SZRM, las mayores leyes económicas corresponden con zonas de SKRM.

Todo el conjunto está afectado por una deformación frágil con desarrollo de estructuras tendidas de componente inversa-dextral, que ponen el SC sobre la mineralización. Asociada a estos cabalgamientos, se desarrolla un sistema de fracturas con alteración tipo greisen, rellenas de cuarzo, clorita, ankerita y una salbanda de sericita y clorita.

Antecedentes Geocronológicos

La mineralización de Cala ha sido interpretada como un típico skarn asociado al Stock de Cala, datado en 351 ± 4 Ma (Romeo et al 2006), y por lo tanto más antiguo que el cercano Plutón de Santa Olalla (PSO), datado en 341.5 ± 3 Ma (Romeo et al 2006), con el que se habían establecido similitudes. Un primer intento de datar directamente la mineralización de este yacimiento se llevó a cabo por el sistema Re/Os sobre magnetita y sulfuros sincrónicos en una muestra de la SZRM, dando una edad de 374 ± 3 Ma (Stein et al 2006).

Metodología PbSL

La muestra seleccionada pertenece a la SZRM, zona sudeste del banco inferior de la corta. Tras diversos procesos de molienda y separación, obtenemos un concentrado del 99 % magnetita. Para el proceso de extracción secuencial, se han tomado 140 mg de muestra que se han atacado con 3 ml de una solución de $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ a $80-100^\circ\text{C}$, incrementando secuencialmente los tiempos de exposición. El residuo insoluble se ha atacado con 3 ml de $\text{HF} + \text{HNO}_3$ concentrado hasta su completa disolución. La separación del Pb se realiza por cromatografía en sala blanca. El concentrado se monta en filamentos de Re por el método del gel de sílice, introduciéndose las muestras en el espectrómetro para la medición. A su vez se han analizado las relaciones isotópicas de plomo común sobre muestras de cada uno de los tipos de mineralización, con el fin de contrastar los valores obtenidos anteriormente. Los resultados obtenidos fueron tratados mediante el programa ISOPLOT versión 3.0 para la interpretación de los mismos.

Resultados

Las relaciones $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ y $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ obtenidas para cada extracción secuencial y el residuo (Tabla 1) definen una isócrona con una edad

t	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	DS	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	DS
15'	160.419	0.87	23.187	0.12
45'	170.092	0.32	23.729	0.04
6 h	166.973	0.26	23.557	0.03
15h	667.646	1.87	50.299	0.14
rsd	126.448	0.37	21.392	0.06

Tabla 1. Relaciones $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ y $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ obtenidas para la muestra sometida a PbSL y valores de desviación estándar.

de 346.4 ± 7.3 Ma (MSWD=0.18). Si se incluyen los resultados de las muestras SZRM analizadas para Pb común, el resultado es coherente con el anterior, 348.1 ± 5.6 Ma (MSWD=0.17). Finalmente, añadiendo los valores de Pb común de las muestras SKRM, se obtiene una edad de 345.7 ± 5.1 Ma con una MSWD=1.07 (Fig. 2).

INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN.

Aunque los resultados obtenidos son coherentes con la edad estimada de mineralización, son necesarios más datos para comprender la diferencia entre los resultados U-Pb y Re-Os. Esta puede ser debida procesos de homogeneización o apertura parcial de alguno de los sistemas durante los diversos eventos tectónicos, magmáticos o hidrotermales que han tenido lugar en la zona. La edad PbSL, calculada sobre la misma litología, indica una edad unos 20 Ma más joven. Es posible que la edad Re/Os refleje un primer evento metalogénico, aunque por ahora no se tiene constancia de procesos geológicos regionales relacionables con dicha edad. El hecho de que los datos de Pb común se amolden a la isócrona obtenida para el PbSL sugiere que todas las mineralizaciones son groseramente coetáneas dentro del margen de error de la datación. Esto indica que los dos eventos hidrotermales tuvieron lugar en un lapso de tiempo relativamente corto y sincrónico con el gran evento metalogénico de la zona que tuvo

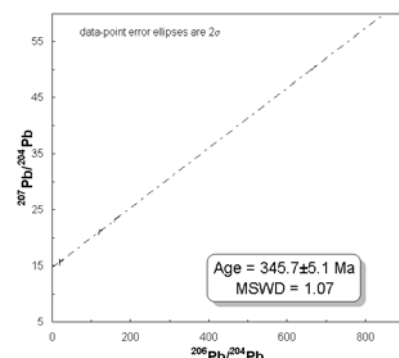


fig 2. Isócrona de 12 puntos obtenida para la mineralización de la mina de Cala, plotando los datos del PbSL junto con los valores de Pb común para los distintos tipos de mineralización.

lugar alrededor de los 340 Ma, sincrónico a la intrusión de un cuerpo máfico profundo (Tornos et al 2005). Independientemente de las posibles interpretaciones, los análisis muestran que el PbSL es una técnica de datación radiométrica tan precisa como otras, siempre que se parta de la mineralogía adecuada. Por ello, puede ser utilizada de una manera rutinaria para la datación de depósitos minerales.

AGRADECIMIENTOS.

Por su imprescindible colaboración: Luis Rodríguez Pevida, Casimiro Maldonado, Antonio Terrón y Dolores García (RNGM), José Luis Canto (PRESUR), Francisco Velasco (UPV). Este trabajo ha sido financiado a través del proyecto DGI-FEDER CGL2006-378 y el programa de becas para tesis doctorales del IGME.

REFERENCIAS.

- Apalategui, O., Contreras, F., Eguiluz, L. (1990): MAGNA, hoja 918: Santa Olalla Del Cala.
- Carriedo, J., Tornos, F., Velasco, F., Terrón, A. (2006): Mineralizaciones de magnetita asociadas a skarns y bandas de cizalla: La mina de Cala (Huelva). *Geogaceta*, **40**, 235-238.
- Casquet, C. & Velasco, F. (1978): Contribución a la geología de los skarns cálcicos en torno a Santa Olalla de Cala (Huelva-Badajoz). *Estudios Geológicos*, **34**, 399-405.
- Frei, R., Villa, I.M., Nägler, Th.F., Kramers, J.D., Przybyłowicz, W.J., Prozesky, V.M., Hofmann, B.A., Kamber, B.S. (1997): Single mineral dating by the Pb-Pb step-leaching method: Assessing the mechanisms. *Geoch. Cosmoch. Acta*, **61**, 2, 393-414.
- Romeo, I., Lunar, R., Capote, R., Quesada, C., Dunning, G.R., Piña, R., Ortega, L. (2006): U-Pb age constraints on Variscan magmatism and Ni-Cu-PGE metallogeny in the Ossa-Morena-Zone (SW Iberia). *Jour. of the Geol. Society, London*, **163**, 837-846.
- Stein, H., Markey, R., Carriedo, J., Tornos, F. (2006): Re-Os evidence for the origin of Fe-oxide-(Cu-Au) deposits in SW Iberia at the Frasnian-Famennian boundary. *Geoch. Et Cosmoch. Acta* **70**, A612. doi:10.1016/j.gca.2006.06.1135
- Tornos, F., Casquet, C., Relvas, J.M.R.S., Barriga, F.J.A.S., Sáez, R. (2002): The relationship between ore deposits and oblique tectonics: the SW Iberian Variscan Belt. In "The Timing and Location of Major Ore Deposits in an Evolving Orogen" (D. Blundell, F. Neubauer y A. von Quadt), *Geol. Society of London, Special publications*, **204**, 179-198
- Tornos, F. & Casquet, C. (2005): A new scenario for related IOCG and Ni-(Cu) mineralization: the relationship with giant mid-crustal mafic sills, Variscan Iberian Massif. *Terra Nova*, **17-3**, 286-290.
- Velasco, F. & Amigó, J.M. (1981): Mineralogy and origin of the skarn from Cala (Huelva, Spain). *Economic Geology*, **76**, 719-727.