

LA RELACIÓN ENTRE INTRUSIONES LAMINARES PROFUNDAS Y LA MINERALIZACIÓN DE AGUABLANCA: LAS ROCAS INTRUSIVAS DE CORTEGANA (HUELVA)

F. TORNOS⁽¹⁾, C. GALINDO⁽²⁾, C. CASQUET⁽²⁾, L. RODRÍGUEZ PEVIDA⁽³⁾ Y A. IRIONDO⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Instituto Geológico y Minero de España, Azafranal 48, 37002 Salamanca

⁽²⁾ Dpto. Petrología, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid

⁽³⁾ Río Narcea Nickel, 06300 Zafra, Badajoz

⁽⁴⁾ Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Querétaro, México

INTRODUCCIÓN

El depósito de Ni-(Cu) de Aguablanca (Badajoz) se localiza en una pipa magmática de edad Varisca y es producto de la removilización de un complejo estratiforme profundo parcialmente consolidado a favor de una pequeña estructura extensional de tipo *pull-apart* en un orógeno mayoritariamente transpresivo (Casquet et al., 2001; Tornos et al., 2001). Este modelo preliminar se ha visto confirmado por las dataciones radiométricas realizadas en la mineralización y rocas encajantes (Romeo et al., 2004; Tornos et al., 2004; Spiering et al., 2005) y también por la detección de un cuerpo denso y reflectivo de 1-5 km de potencia a unos 10-15 km de profundidad y localizado bajo la mayor parte de la Zona de Ossa Morena (IRB; Simancas et al., 2003), que posiblemente corresponda a un complejo magmático laminar discontinuo pero de gran extensión lateral.

La mayor parte del cuerpo reflector no aflora y, por lo tanto, no es posible determinar sus características y si realmente corresponde a una roca ígnea. Sin embargo, los cortes geológicos propuestos por Simancas et al. (2003) y Tornos et al. (2005) sugieren que el Macizo de Aracena, situado en el sur de la Zona de Ossa Morena, es un trozo de corteza media-inferior que ha sido levantado y en el que es posible reconocer restos desmembrados de este complejo magmático laminar. En este trabajo presentamos datos geológicos, geoquímicos y geocronológicos de las rocas intrusivas de la zona de Cortegana (Huelva) y de las mineralizaciones asociadas, mostrando que estas rocas pueden ser parte del complejo magmático profundo y discutiendo sus relaciones con las rocas encajantes de la mineralización de Aguablanca.

GEOLOGÍA DEL COMPLEJO PLUTÓNICO DE CORTEGANA

El Macizo de Aracena es un terreno metamórfico situado entre las zonas Sudportuguesa y de Ossa Morena. Su parte septentrional incluye una secuencia continental de posible edad Neoproterozoico Superior-Cámbrico Inferior similar a la que se encuentra en la central y septentrional de la Zona de Ossa Morena, pero afectada por un metamorfismo de alta temperatura-baja presión. La zona meridional está dominada por una secuencia oceánica muy deformada (Ofiolita de Beja-Acebuches) (e.g., Crespo, 1991; Quesada et al., 1994). En el primer caso, la serie consiste en una potente unidad de gneis peraluminico

muy deformado intercalado con corneana pelítica y con intercalaciones de cuarcita, gneis piroxenítico, ortoanfibolita, caliza y roca de silicatos cálcicos (Giese et al. 1994, Castro et al. 1999). En las zonas más internas hay abundantes intrusiones de rocas máficas y ultramáficas que, a grandes rasgos, son geoquímicamente muy similares al magmatismo metaluminico Varisco de la Zona de Ossa Morena.

Estas rocas plutónicas son especialmente abundantes en las cercanías de Cortegana, donde forman cuerpos lentejonares de hasta 600 m de potencia (Complejo Plutónico de Cortesana) subconcordantes con la foliación de la roca encajante, que es casi horizontal. Están formados mayoritariamente por gabro y norita de grano grueso. Incluyen lentejones discontinuos de ortoacumulado ultramáfico de grano grueso, websterita olivínica, lherzolita, dunita y ortopiroxenita; hay cantidades más accesorias de harzburgita, troctolita y wehrlita. Muy localmente hay cantidades accesorias de anortosita. Todas estas rocas tienen abundante flogopita y clinocianita intercumular. En todas las rocas ígneas son frecuentes los enclaves de skarn, roca de silicatos cálcicos, corneana pelítica y migmatita, pero lo son especialmente en su zona marginal. De hecho, a lo largo del contacto con la migmatita y corneana pelítica encajante hay una zona híbrida muy heterogénea de entre 15 y 300 m de potencia formada por diorita y tonalita con abundantes restos parcialmente asimilados de roca encajante y abundantes facies orbiculares. En estas rocas el grafito puede ser muy abundante; se interpreta como derivado de la asimilación de cuarcita rica en grafito e intercalada en la secuencia metasedimentaria Neoproterozoica (Rodas et al., 2000). Todas estas rocas están afectadas por una intensa pero irregular alteración hidrotermal que ha retrogradado la paragénesis primaria. Apesar de estar en la zona de mayor grado metamórfico y con migmatización generalizada, las rocas ígneas no están afectadas por el metamorfismo regional, cuyas condiciones máximas (>920 to 1000°C; 4 to 6 kbar) han sido establecidas por Patiño Douce et al. (1997) y Diaz-Azpiroz et al. (2004). A 340 Ma su profundidad de intrusión se estima entre 12 y 19 km, que es similar a la calculada para el metamorfismo (12-18 km profundidad).

Los trabajos de exploración minera realizados por Río Narcea han reconocido varias zonas mineralizadas dentro de los acumulados ultramáficos (Spiering et al., 2005). La mineralización aparece de forma intercumular

o remplazando a los minerales magmáticos y está formada fundamentalmente por pirrotita y calcopirita con pequeñas cantidades de pentlandita. Los contenidos medios en la zona investigada son de cerca del 0.16%Ni y 0.08%Cu, aunque puntualmente se han obtenido valores de 1.36% Ni y 0.2% Cu. El contenido en platinoides es bajo, 2-6 ppb. Sin embargo, la relación Cu/Ni del cumulado mineralizado (0.53) es significativamente mayor que en el depósito de Aguablanca.

Al Oeste del Macizo de Aracena se encuentra el Complejo Ígneo de Beja, que incluye gabro con olivino-hiperstena, cuarzo-diorita, troctolita y anortosita, muchas veces con facies de acumulado, y que tiene concentraciones de óxidos de Fe-Ti-V y diseminaciones de Cu-(Ni) (Mateus et al., 2001).

EDAD DE LA INTRUSIÓN Y MINERALIZACIÓN

Dos concentrados de flogopita de una cuarzo-diorita de la zona de contacto (TEJ-3) y una websterita de la zona central (ZOM-23) han sido datados por el método $40\text{Ar}/39\text{Ar}$. La muestra TEJ-3 ha dado una edad de isócrona de 321.5 ± 32.6 Ma, cuya imprecisión probablemente refleja la interacción existente en el margen del cuerpo intrusivo entre las rocas máficas y el encajante. La muestra ZOM-23 ha dado una edad plateau de 336.2 ± 1.7 Ma y una edad de isócrona menos precisa de 328.1 ± 6.3 Ma. Ambas edades probablemente reflejan la edad mínima de la cristalización de las rocas ígneas y mineralización asociada en el Complejo Plutónico de Cortegana.

Este Complejo Plutónico fue sincrónico con el metamorfismo regional, tal como indica la concordancia de los cuerpos ígneos con la foliación regional, la presencia de facies de mezcla en la zona marginal de la intrusión y la relación de estos cuerpos intrusivos con las zonas de mayor grado metamórfico (Tornos et al., 2005). Este metamorfismo ha sido datado por $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ entre 342.6 ± 0.6 y 328 ± 1.2 Ma (Dallmeyer et al., 1993; Castro et al., 1999) y, por lo tanto, parece razonable asumir que estuvo directamente ligado a la advección de calor magmático, tal como ocurre en las cercanías de muchas intrusiones laminares profundas (Pirajno, 2000). A su vez, estas edades son similares a las del emplazamiento del Complejo Ígneo de Beja (Dallmeyer et al., 1993) en ambientes profundos y del Complejo Plutónico de Santa Olalla y la formación de la mineralización de Aguablanca en niveles epizonales.

GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS ÍGNEAS

El Complejo Plutónico de Cortegana es geoquímicamente similar al Stock de Aguablanca (Casquet et al., 2001), con contenidos de SiO_2 entre 38.43 y 69.72% y Mg# entre 0.14 y 0.67, mostrando una tendencia calcoalcalina. Solo las rocas ricas en olivino son más primitivas que las del Stock de Aguablanca. Los contenidos en elementos traza son también similares sugiriendo un origen común para el magma y un grado de contaminación crustal equivalente. Sin embargo, las rocas de Cortegana están empobrecidas en MgO y FeO y enriquecidas en CaO y K_2O , probablemente reflejando la interacción con una roca más cuarzo-feldespática. Esto también se refleja en una pronunciada anomalía negativa en Eu ($\text{Eu}/\text{Eu}^* \approx 0.55$).

Los isótopos de Sm-Nd y Rb-Sr muestran igualmente la

existencia de procesos de mezcla similares a los de Aguablanca, pero con una tendencia muy distinta. Así, hay un empobrecimiento en las relaciones $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$ y $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ligados al incremento en Rb/Sr y Sm/Nd, respectivamente. Un término extremo de este proceso de mezcla podría ser una roca intermedia entre el manto empobrecido y rocas de la corteza superior, pero isotópicamente más primitivo que los magmas del Stock de Aguablanca. El segundo término extremo se caracteriza por unas elevadas relaciones Rb/Sr y Sm/Nd e hipotéticamente podría corresponder a rocas pertenecientes a una corteza inferior continental. Hay evidencias de campo que indican que los procesos de mezcla tuvieron lugar en o cerca del nivel de emplazamiento y la geoquímica de algunas de las rocas de la zona (Bachiller, 1996; Castro et al., 1999) es consistente con este modelo.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las evidencias geológicas, geoquímicas y geocronológicas son consistentes con la hipótesis de que las rocas del Complejo Plutónico de Cortegana pertenecen al complejo magmático laminar que subyace bajo la Zona de Ossa Morena.

Tanto la geología del Macizo de Aracena como los datos geofísicos indican que el complejo magmático laminar era muy discontinuo y formado por varias decenas de sills subhorizontales e intrusiones irregulares que probablemente evolucionaron diferentemente dependiendo de su tamaño, naturaleza de la roca encajante, temperatura de intrusión y grado de asimilación de las rocas encajantes. Estas variables han condicionado la geología y geoquímica de las distintas unidades magmáticas, aún a escala local. Las diferencias isotópicas sugieren que la cámara magmática bajo el Stock de Aguablanca es distinta al Complejo Plutónico de Cortegana. Probablemente, bajo Aguablanca, la intrusión de un volumen significativo de magma sobrecalentó la roca encajante y fue capaz de asimilar cantidades significativas de roca de caja, perteneciente a la corteza media. La interacción dio lugar a la inmiscibilidad de un magma sulfurado que se separó del fundido silicatado y que evolucionó mediante procesos AFC desde una composición toleítica primitiva a una de tendencia calcoalcalina. El tamaño de grano fino en Aguablanca se interpreta como debido a la supersaturación rápida del piroxeno durante la cristalización magmática. En Cortegana, el tamaño de grano grueso de los acumulados se interpreta como debido a una cristalización lenta a partir de diversos pulsos magmáticos. En la sección estudiada los acumulados quedaron aislados de la roca de caja por rocas de carácter intermedio que son las que han sufrido la contaminación crustal. Por lo tanto, y a escala local, no se produjo homogeneización isotópica del azufre ni desarrollo de un volumen significativo de magma sulfurado inmisible. Por ello, las zonas más favorables para el desarrollo de mineralizaciones son aquellas en las que el magma poco evolucionado tuvo un alto grado de interacción con las rocas encajantes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca en un proyecto sobre la geología del SO Ibérico, financiado por el IGME y por el proyecto DGIFEDER

BTE2003-290. Agradecemos la ayuda y comentarios de Francisco Velasco, Jorge Carriedo, Carmen Conde, Lorena Luceño y Casimiro Maldonado.

REFERENCIAS

- Bachiller, N. (1996). Tesis Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid (inédito).
- Casquet, C., Galindo, C., Tornos, F., y Velasco, F. (2001). *Ore Geology Reviews*, 18, 237-250.
- Castro, A., Fernandez, C., El-Hmidi, H., El-Biad, M., Diaz, M., Rosa, J., y Stuart, F. (1999). *Contributions Mineralogy Petrology*, 88, 26-37
- Crespo, A. (1991). Tesis Doctoral. Ediciones Universidad Granada, Granada. 327 pp.
- Dallmeyer, R.D., Fonseca, P.E., Quesada, C., y Ribeiro, A. (1993). *Tectonophysics*, 222, 177-194
- Diaz Azpiroz, M., Castro, A., Fernández, C., López, S., Fernández Caliani, J.C., y Moreno-Ventas, I. (2004). *Journal Iberian Geology*, 30, 23-52.
- Giese, U., Walter, R., y Winterfeld, C. (1994). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 192-3, 333-360.
- Mateus, A., Jesus, A.P., Oliveira, V., Gonçalves, M.A., y Rosa, C. (2001). *Estudos Notas e Trabalhos Instituto Geologico Mineiro*, 43, 3-16.
- Patiño Douce, A.E., Castro, A., y El-Biad, M. (1997). *GAC-MAC Annual Meeting, Ottawa, Abstracts Volume 22*, p A113
- Pirajno, F. (2000). *Kluwer Academic Pub., Dordrecht*, 556 pp.
- Quesada, C., Fonseca, P. E., Munhá, J., Oliveira, J. T., y Ribeiro, A. (1994). *Boletín Geológico Minero*, 105, 3-49.
- Rodas, M., Luque, F. J., Barrenechea, J. F., Fernandez Caliani, J. C., Miras, A., y Fernandez Rodriguez, C. (2000). *Mineralogical Magazine*, 64, 801-814.
- Romeo, I., Lunar, R., Capote, R., Dunning, G.R., Piña, R., y Ortega, L. (2004). *Macla*, 2, 29-30
- Simancas, J. F., Carbonell, R., Gonzalez Lodeiro, F., Perez Estaun, A., Juhlin, C., Ayarza, P., Kashubin, A., Azor, A., Martínez Poyatos, D., Ruiz Almodovar, G., Pascual, E., Saez, R., y Expósito, I. (2003). *Tectonics*, 22, 1962-1974.
- Spiering, E.D., Rodriguez Pevida, L., Castelo, J.M., Garcia Nieto, J., y Martinez, C. (2005). *Proceedings Geological Society Nevada. Symposium 2005*.
- Tornos, F., y Casquet, C. (2005). *Terra Nova*, 17, 286-290.
- Tornos, F., Casquet, C., Galindo, C., Velasco, F., y Canales, A. (2001). *Mineralium Deposita*, 36, 700-706.
- Tornos, F., Casquet, C., y Relvas, J. (2005). *Ore Geology Reviews*, 27, 133-163.