

Geoquímica de la casiterita de los filones de estaño del granito especializado de Logrosán (Cáceres, España)

Geochemistry of cassiterite from tin veins in the specialized granite of Logrosán (Cáceres, España)

E. Chicharro¹, J.Á. López-García¹ y C. Villaseca²

¹ Dpto. Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Geología, Universidad Complutense de Madrid 28040 (Madrid, España) e.chicharro@geo.ucm.es jangel@geo.ucm.es

² Dpto. Petrología y Geoquímica, Facultad de Ciencias Geológicas, Instituto de Geociencias (UCM-CSIC). Universidad Complutense de Madrid. 28040 (Madrid, España) granito@geo.ucm.es

Resumen: La cúpula granítica de Logrosán (Cáceres, España) presenta unas características petrográficas y geoquímicas que permiten definirla como un granito estannífero con un alto grado de especialización. Este stock granítico se clasifica como un granito de tipo-S, peraluminico, rico en volátiles y con elevados contenidos en elementos incompatibles, principalmente en Sn. La mineralización estannífera representa un estadio hidrotermal tardío y se concentra en zonas de alteración tipo greisen y en venas extensionales de cuarzo-casiterita que cortan al granito con dirección N35. La mena principal del yacimiento es la casiterita (SnO₂). La casiterita de Logrosán presenta una zonación composicional consistente en un incremento de la sustitución del Sn por otros cationes (Ti, Nb, Ta y Fe). La casiterita alberga frecuentemente inclusiones de rutilo y de columbita que se distribuyen, principalmente, en las zonas más transparentes del mineral encajante. Los mecanismos de sustitución catiónica en la casiterita, rutilo y columbita vienen definidos por la sustitución ideal: $2(\text{Nb,Ta})^{5+}(\text{Fe,Mn})^{2+} \leftrightarrow 3(\text{Ti,Sn})^{4+}$.

Palabras clave: Casiterita, Columbita, Rutilo, Granito estannífero.

Abstract: *The granitic cupola of Logrosán (Cáceres, España) shows petrographic and geochemical characteristics which make it possible to define it as a highly evolved stanniferous granite. This stock can be classified as a S-type, peraluminous, volatile-rich granite enriched in incompatible elements, mainly tin. The tin mineralization represents a late hydrothermal stage and it is concentrated in greisen alteration zones and in extensional quartz-cassiterite veins that cut the granite with a N35 trend. The main mineral ore in the deposit is the cassiterite (SnO₂). The cassiterite of Logrosán displays a compositional zoning related to the increase for tin substitution in favor of other cations (Ti, Nb, Ta and Fe). The cassiterite frequently contains inclusions of rutile and columbite which are mainly distributed in the more transparent areas of the host mineral. The cationic substitution mechanisms for the cassiterite, rutile and columbite follow the trend defined by the ideal substitution: $2(\text{Nb,Ta})^{5+}(\text{Fe,Mn})^{2+} \leftrightarrow 3(\text{Ti,Sn})^{4+}$.*

Key words: Cassiterite, Columbite, Rutile, Tin granite.

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de los depósitos de Sn, W y metales raros del Cinturón Varisco Europeo se asocian genética y espacialmente a granitos que presentan un alto grado de especialización química. Las mineralizaciones de Sn suelen ser el resultado de procesos magmáticos e hidrotermales (Lehmann, 1987). El objetivo del presente trabajo es la presentación de las características petrográficas, mineralógicas y geoquímicas del stock granítico de Logrosán (Cáceres, España) y de las mineralizaciones estanníferas asociadas al mismo.

CONTEXTO GEOLÓGICO

La cúpula granítica de Logrosán (Cáceres, España) se localiza en la Zona Centro Ibérica, que constituye el sector suroccidental de la Cadena Varisca europea y forma parte del cinturón magmático denominado Batolito de Extremadura Central (BEC) (Castro, 1984). El granito de Logrosán está emplazado en los materiales metasedimentarios de la Unidad Inferior del Complejo Esquisto Grauváquico (CEG) de edad Neoproterozoica. El emplazamiento del granito ocasionó el desarrollo de una extensa aureola de metamorfismo de contacto que se extiende preferentemente hacia el NE.

La cúpula granítica está atravesada por varios sistemas de fracturas estériles (N180 y E-W), débilmente mineralizados (N-S) o con alta concentración de mineralización estannífera (N30). En los sectores graníticos más alterados, es decir, greisen o granito albitizado, también se halla mineralización de tipo diseminado. La continuidad del sistema de filones estanníferos en los metasedimentos corneanizados encajantes no es visible. No obstante, se localizan varios sistemas filonianos estanníferos encajados en el CEG con direcciones que varían de N20 a N40 en el área de El Serranillo, situada a unos 2 km al NE del afloramiento granítico, pero siempre dentro de la aureola de metamorfismo de contacto que impone el granito, que en este sector se expande predominantemente hacia el NE.

PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA DEL GRANITO DE LOGROSÁN

El granito de Logrosán es un afloramiento de pequeñas dimensiones (1.5 x 2.5 km) en el que se diferencian varias facies graníticas (granito de 2 micas de grano medio, granito porfídico con fenocristales de feldespato potásico, granito aplítico) y escasos cuerpos pegmatíticos de pequeñas dimensiones. Además existen sectores, asociados normalmente a zonas muy fracturadas, en las que el granito presenta una fuerte alteración hacia un granito arenizado-albitizado y/o tipo greisen. En el contacto entre el granito y los metasedimentos del CEG se produce una intensa turmalinización. En la sección más oriental del plutón se aprecia una mayor variabilidad litológica, así como una deformación local del granito.

La mineralogía principal está constituida por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y moscovita. Los minerales accesorios son circón, apatito, monacita, turmalina, rutilo, pirita y berilo. La clorita, moscovita, escorodita y plagioclasa albitica son los minerales de alteración en este granito. Localmente el granito presenta enclaves biotíticos. En cuanto a la química mineral (Chicharro et al., 2011) destacan los altos contenidos en fósforo de los feldespatos y los elevados valores de flúor en la moscovita tanto primaria como hidrotermal (hasta 1,6 % en peso) y en el apatito (3,1 – 5,0 % en peso). Por otro lado, es de destacar la abundante presencia de turmalina, tanto en el granito como en los filones.

El granito de Logrosán se clasifica modalmente en el diagrama QAP como un monzogranito leucocrático o leucogranito (IC < 5%). Presenta un marcado carácter peraluminico con una relación molecular A/CNK ($Al_2O_3/CaO+NaO+K_2O$) que varía de 1.21 a 1.43 y es perfosfórico (P_2O_5 hasta 0.78 wt%). Este granito es asimilable a los tipo-S de la nomenclatura internacional. Los contenidos en lantánidos del granito de Logrosán muestra que está enriquecido en HREE con respecto a LREE y presenta

una anomalía negativa de Eu (Eu/Eu^*) con valores comprendidos entre 0.15 – 0.33 (Fig. 1).

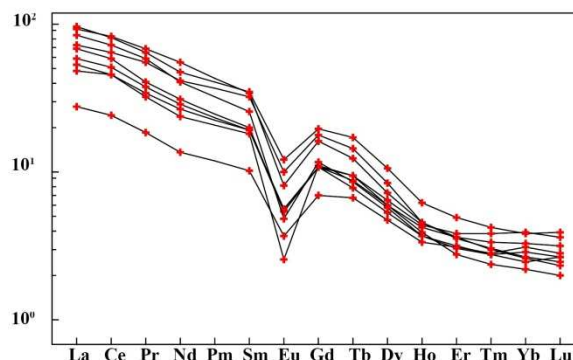


FIGURA 1. Diagrama de REE del granito de Logrosán normalizado a los valores del Condrito según valores de Sun y McDonough (1989).

Los análisis de las de las muestras de granito estudiadas reflejan un enriquecimiento en elementos incompatibles como el Rb (hasta 425 ppm), Cs (hasta 95 ppm), Sn (hasta 244 ppm), W (hasta 155 ppm), U (hasta 15.5 ppm) y un empobrecimiento en Zr, Ba, Sr, Ni, V, Co y Sc. Estas características son típicas de granitos que presentan un alto grado de fraccionamiento geoquímico. Destacan el contenido en Sn que varía entre 33 y 244 ppm, es decir, se encuadran dentro de los granitos estanníferos caracterizados por poseer de 2 a 20 veces más Sn que los granitos ordinarios (Lehmann, 1987). Por su parte, también destacan los contenidos en W que oscilan entre 24.6 y 155 ppm. Los valores de Ta y Nb en el granito son bajos, los contenidos en Ta son siempre menores a 5 ppm y en Nb no superan generalmente las 10 ppm.

FILONES ESTANNÍFEROS

La principal mineralización estannífera del granito de Logrosán se encuentra en un enjambre de filones de dirección N35, de 5-10 cm de espesor y de longitudes hasta métricas que abundan en la zona más occidental del afloramiento granítico. Esta familia de venas se entrecorta con los filones débilmente mineralizados de dirección N-S de potencias generalmente decimétricas que se interpretan como contemporáneos al sistema N35. A favor de estos sistemas filonianos se han reconocido dos fases de mineralización: Fase 1 o Fase oxidada (Sn-Fe-As), Fase 2 o Fase sulfurada (Cu-Zn-Sn-Bi). Tras la precipitación hidrotermal se sucedieron procesos de alteración supergénica. El mineral principal de mena del yacimiento de Logrosán es la casiterita (SnO_2). La alteración hidrotermal de las salbandas, de poca potencia (máximo 4 cm) se caracteriza por la formación de turmalina y moscovita.

GEOQUÍMICA DE LA CASITERITA

La casiterita se presenta en cristales euhedrales, semitransparentes, con un maclado y zonado visible en

luz transmitida y con fuertes reflexiones internas. Algunos autores (Abdalla et al., 2008) relacionan la presencia de pleocroísmo en la casiterita con un origen primario de la misma. La composición de la casiterita de los filones estanníferos del granito de Logrosán se halla muy próxima a la fórmula ideal (SnO_2). Las posiciones catiónicas ocupadas por el Sn varían entre 0.94 y 1.00 apfu y únicamente se producen escasas sustituciones de Nb (hasta 0.04 apfu), de Ti (hasta 0.02 apfu) y de Fe (hasta 0.01 apfu). Los diagramas binarios de Sn frente a Nb, Ta, Ti y Fe (Fig. 2) muestran una tendencia al enriquecimiento en Nb, Ta, Ti y Fe al disminuir el contenido en Sn en la red cristalina de la casiterita.

La casiterita alberga inclusiones de rutilo y columbita. En las proximidades de las inclusiones la casiterita presenta tonalidades más claras (menor contenido en Nb, Ta, Ti y Fe). El rutilo y la columbita presentan texturas de intercrecimiento entre sí. Por sus características texturales, con respecto a la casiterita, las inclusiones de rutilo y columbita parecen ser productos de exsolución. Las inclusiones de rutilo están enriquecidas en Nb (0.014 – 0.159 apfu) y pueden alcanzar valores en Ta de hasta 0.033 apfu. Las inclusiones de columbita corresponden composicionalmente a la fase ferrocolumbita.

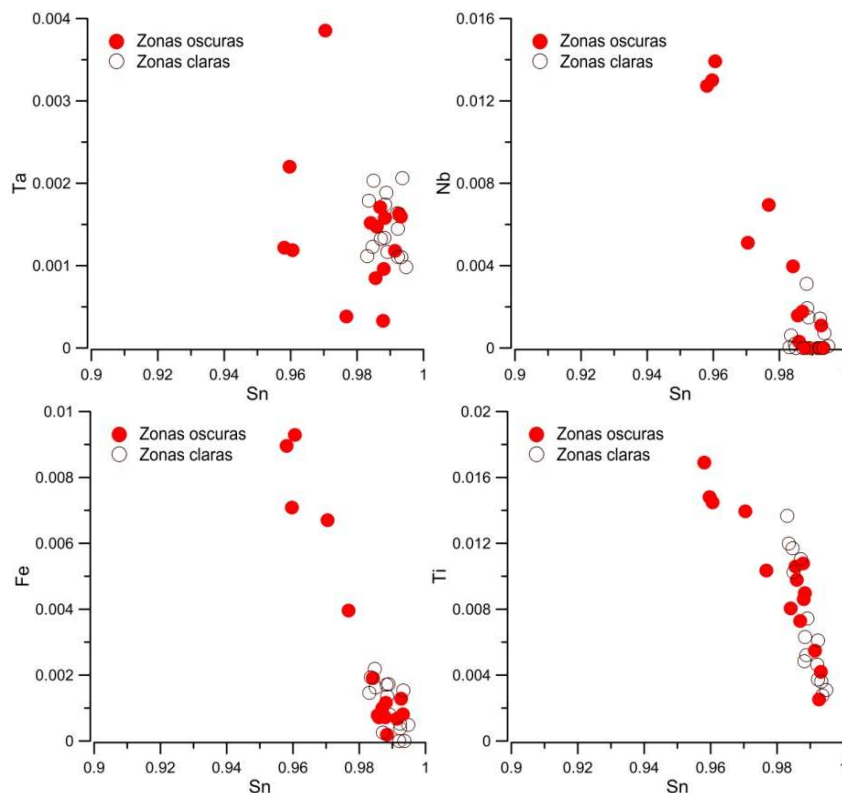


FIGURA 2. Diagramas composicionales de variación de Sn vs. Ta, Nb, Fe y Ti para la casiterita de Logrosán. Los valores están expresados en apfu.

DISCUSIÓN

La distribución de REE del granito de Logrosán presenta un relativo enriquecimiento en HREE y una marcada anomalía de Eu, características típicas de los granitos altamente diferenciados. Las características mineralógicas y geoquímicas del granito de Logrosán permiten encuadrarlo como un granito fértil. Hasta el momento, la concentración mineral principal de Sn ha sido hallada en filones de casiterita y en las zonas de alteración hidrotermal tipo greisen, nunca dispersa en el granito. La abundancia de turmalina (agregados pegmatíticos, venas, salbandas, contacto granito-encajante) y los elevadas proporciones de F en el apatito granítico y en las micas magmáticas e hidrotermales indican una importante participación de volátiles (B y F) en el tránsito del sistema magmático al hidrotermal. Por otra parte, las inclusiones de columbita y rutilo rico en niobio en la casiterita indican

que el sistema hidrotermal estuvo, al menos temporalmente, saturado en Ti y Nb.

La estructura de la casiterita permite la entrada de diferentes cationes en sustitución al Sn. Algunos autores (Stevenson y Taylor, 1973) atribuyen estas variaciones sistemáticas en la composición química de la casiterita al medio de formación: Nb y Ta predominante en medios de alta temperatura y Ti dominante en medios de media-baja temperatura. En la estructura de la casiterita de Logrosán el Ti es el catión que sustituye predominantemente al Sn por lo que el origen de la casiterita cabría incluirlo en los medios de media-baja temperatura según las interpretaciones de Stevenson y Taylor (1973). La casiterita de Logrosán presenta un enriquecimiento en Nb con respecto a Ta al igual que otras casiteritas de la Zona Centrobérica (Murciego et al., 1997; Neiva, 2008). Según Möller et al. (1988) la predominancia del Nb sobre el Ta en la casiterita está relacionada con la mayor abundancia

natural del Nb sobre el Ta y la preferencia del Nb al estado tetravalente, mientras que el Ta preferiría el estado pentavalente. La correlación de la geoquímica de la casiterita de Logrosán con la línea de tendencia $2(\text{Nb,Ta})^{5+}(\text{Fe,Mn})^{2+} \leftrightarrow 3(\text{Ti,Sn})^{4+}$ definida por Černý y Ercit (1985) (Fig. 3) sustenta que éste debe de ser el mecanismo principal de la incorporación de Nb, Ta, Ti y Fe en la casiterita de Logrosán. La buena correlación entre las inclusiones de rutilo estudiadas y la línea de tendencia $2(\text{Nb,Ta})^{5+}(\text{Fe,Mn})^{2+} \leftrightarrow 3(\text{Ti,Sn})^{4+}$ indican que este mecanismo es también responsable de la incorporación de Nb, Ta, Fe y Mn en el rutilo (Fig. 4). En el caso de la columbita la correlación no es tan buena (Fig. 4) aunque de la distribución de las muestras estudiadas se concluye que la sustitución $2(\text{Nb,Ta})^{5+}(\text{Fe,Mn})^{2+} \leftrightarrow 3(\text{Ti,Sn})^{4+}$ es dominante.

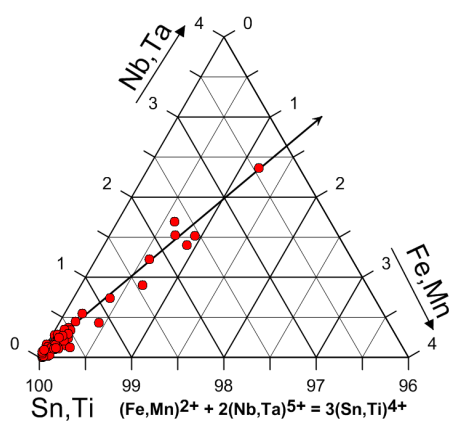


FIGURA 3. Diagrama composicional ternario Sn,Ti-Nb,Ta-Fe,Mn para la casiterita de Logrosán.

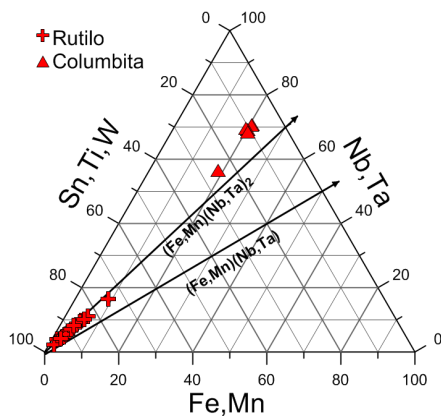


FIGURA 4. Diagrama composicional ternario Sn,Ti,W-Nb,Ta-Fe,Mn para las inclusiones de columbita y rutilo de la casiterita de Logrosán.

CONCLUSIONES

El stock granítico de Logrosán es un ejemplo de granito estannífero altamente fraccionado con un elevado contenido en volátiles. Esta cúpula granítica posee un importante potencial metalogénico. La mineralización principal se desarrolla a favor de filones a partir de los cuales circularon los fluidos hidrotermales ricos en Sn, Ta, y Nb que dieron lugar a

la precipitación de la casiterita, rutilo rico en niobio y de la columbita. Las sustituciones catiónicas de Sn, Ti, Ta, Nb y Fe, según corresponda, en la casiterita, el rutilo y la columbita se atribuyen a la sustitución ideal $2(\text{Nb,Ta})^{5+}(\text{Fe,Mn})^{2+} \leftrightarrow 3(\text{Ti,Sn})^{4+}$. Las mineralizaciones no se expanden fuera de la masa granítica, salvo en el sector NE de la misma donde emigran unos centenares de metros y encajan en su aureola térmica (sector de El Serranillo).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está incluido en los objetivos del proyecto CGL2011-23560 del Ministerio de Ciencia e Innovación y del proyecto GR35/10-A (grupo 910492) de la Universidad Complutense de Madrid.

REFERENCIAS

- Abdalla, H.M., Matsueda, H., Obeid, M.A. y Takahashi, R. (2008): Chemistry of cassiterite in rare metal granitoids and the associated rocks in the Eastern Desert, Egypt. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 103: 318-326.
- Castro, A. (1984). *Los granitoides y la estructura hercínica en Extremadura Central*. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, 202 p.
- Černý, P. y Ercit, T.S. (1985): Some recent advances in te mineralogy and geochemistry of Nb and Ta in rare-element granitic pegmatites. *Bulletin de Mineralogie*, 108: 499-532.
- Chicharro, E., Villaseca, C., López-García, J.Á., Oyarzun, R. (2011): Caracterización mineral del granito peraluminico de Logrosán (Cáceres). *Geogaceta*, 50: 71-74.
- Lehmann, B. (1987): Tin granites, geochemical heritage, magmatic differentiation. *Geologische Rundschau*, 76: 177-185.
- Möller, P, Dulski, P., Szacki, W., Malow, G. y Riedel, E. (1988): Substitution of tin in cassiterite by tantalum, niobium, tungsten, iron and manganese. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52: 1497-1503.
- Murciego, A., García Sánchez, A., Dusausoy, Y., Martín Pozas, J.M. y Ruck, R. (1997): Geochemistry and EPR of cassiterites from the Iberian Hercynian Massif. *Mineralogical Magazine*, 61: 357-365.
- Neiva A.M.R. (2008): Geochemistry of cassiterite and wolframite from tin and tungsten quartz veins in Portugal. *Ore Geology Reviews*, 33: 221-238.
- Stevenson, B.G. y Taylor, R.G. (1973): Trace element contents of some cassiterites from Eastern Australia. *Proceedings of the Royal Society of Queensland*, 84 (3): 43-54.
- Sun, S.S., McDonough, W.F. (1989): Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. En: *Magmatism in the Oceanic Basins* (A.D. Saundersy M.J. Norry, M.J., eds.). Geological Society London Special Publications, 42: 313-345.