

Estudio de los granates asociados a la pegmatita de elementos raros Berry-Havey (Maine, EEUU): variaciones composicionales e implicaciones petrogenéticas

ENCARNACIÓN RODA-ROBLES (1*), WILLIAM SIMMONS (2), ALFONSO PESQUERA (1), PEDRO PABLO GIL-CRESPO (1), JOSÉ TORRES-RUIZ (3)

(1) Departamento de Mineralogía y Petrología, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Apdo. 644, 48080, Bilbao

(2) Dept. of Earth and Environmental Sciences, University of New Orleans, USA

(3) Departamento de Mineralogía y Petrología, Universidad de Granada

INTRODUCCIÓN

El granate es un mineral que puede estar asociado a diferentes litologías, entre las que se encuentran las pegmatitas graníticas peraluminicas. Dado que su composición química es sensible a los cambios de presión y/o temperatura, es un mineral útil como indicador del grado de fraccionamiento y de la evolución interna de las pegmatitas en las que aparece (p.e. London, 2008). En este trabajo se presenta el estudio del granate presente en distintas zonas de la pegmatita de elementos raros de Berry-Havey (Maine, EEUU). Se describen las texturas y variaciones composicionales y se discuten las posibles implicaciones petrogenéticas que dichas variaciones pueden tener para la evolución interna del cuerpo pegmatítico.

LOCALIZACIÓN GEOLÓGICA Y DESCRIPCIÓN DE LA PEGMATITA

La pegmatita Berry-Havey (Condado de Androscoggin, W del estado de Maine), pertenece al campo pegmatítico de Oxford, dentro del Dominio Migmatítico de Sebago (Solar & Tomascak, 2009), que forma parte del "Central Maine Belt", al norte de los Apalaches. Este cinturón presenta una dirección NE-SW, y está compuesto por sedimentos de edad Paleozoico inferior, intruidos por granitos devónicos y pérmicos, durante la Orogenia Acádica (e. g. Osberg 1978; Solar & Brown 2001a). El metamorfismo pasa desde la facies de esquistos verdes en el NE, hasta la de anfibolita-migmatita en el SW (Guidotti 1989). El Dominio Migmatítico de Sebago se encuentra en el "núcleo" de este cinturón metamórfico (Solar & Brown 2001b) y consiste, principalmente, en migmatitas pelíticas, con cuerpos graníticos de tamaño métrico subordinados, subconcordantes

con las estructuras regionales.

La pegmatita Berry-Havey es un cuerpo altamente evolucionado, enriquecido en Li, F, B, Be y P. Encaja en una anfibolita rica en tremolita, con biotita y diópsido localmente abundantes. Muestra una estructura interna compleja en la que se pueden distinguir cuatro zonas, cuyo grado de fraccionamiento aumenta hacia el interior de la pegmatita: (1) zona de pared (ZP): en contacto con la roca encajante. Muestra textura granítica bastante homogénea, de tamaño de grano variable (fino a medio). Localmente se observa una textura gneísica. Los minerales principales de esta zona son cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita y moscovita. La turmalina y el granate son minerales comunes, con apatito como principal accesorio. (2) Zona intermedia (ZI): volumétricamente es la más importante, y está principalmente, constituida por grandes masas de intercrecimiento gráfico de cuarzo y microclina ± albita. Otros minerales presentes son el granate, la biotita y la turmalina. (3) Zona de borde de núcleo (BN): se sitúa entre las unidades superior e inferior de la zona intermedia y alberga a los cuerpos irregulares que constituyen el núcleo. Está principalmente constituida por albita (clevelandita) y cuarzo, con turmalina abundante. Esta constituye un nivel continuo formado por cristales prismáticos de hasta 50 cm de longitud, que se localiza bajo el núcleo de la pegmatita, al igual que otro nivel más discontinuo formado por cristales de granate. (4) Zona de núcleo (ZN): es la zona más interna de la pegmatita, y la más compleja en su mineralogía y texturas. Es una zona constituida por diversos cuerpos irregulares, de hasta 10 m de longitud, que pueden presentarse aislados o interconectados. Los minerales

principales son cuarzo y feldespato potásico masivos, en contacto con masas de lepidolita violácea de grano fino, moscovita y lepidolita de grano grueso, albita, turmalina (rosa, verde y "watermelon"), y masas centimétricas de montebrasita y de fosfatos de Fe-Mn. Berilo, casiterita y columbita-tantalita son los accesorios más comunes de esta zona. Estos cuerpos irregulares albergan cavidades miarolíticas con cuarzo ahumado, albita y lepidolita, y abundantes cristales prismáticos, de turmalina verde y "watermelon", de calidad gema, de hasta 15 cm de longitud. Dentro de la pegmatita encontramos además masas con textura gneísica, de hasta 1,5 m de Ø, localizadas comúnmente en la ZI, y que muestran una mineralogía y una textura muy similares a la de la facies gneísica de la ZP, con una transición gradual al material común de la ZI.

MÉTODOS ANALÍTICOS

Los granates analizados fueron recogidos "in situ" en las distintas zonas de la pegmatita Berry-Havey. Se elaboraron secciones pulidas para el estudio petrográfico y análisis mediante microsonda electrónica (Cameca SX50, de la Universidad Paul Sabatier, Toulouse, Francia). Los datos (~100 análisis) proceden de veinte cristales, pertenecientes a seis facies diferentes. En los granos con formas redondeadas se realizaron barridos de centro a borde para tratar de identificar posibles zonaciones.

PETROGRAFÍA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA

Los granates estudiados proceden de la

ZP (textura granítica y textura gneílica); de la ZI (sobre y bajo la ZN, en este caso, asociado al nivel de granate), del BN, y de una de las masas con textura gneílica localizada en la ZI. Hasta el momento no ha sido observado granate dentro de la ZN. En la ZP el granate se presenta como fase minoritaria en las zonas con textura granítica, siendo más abundante en las zonas con textura gneílica. En ambos casos aparece generalmente en forma de cristales subredondeados, de hasta 2,5 cm y color marrón-rojizo en la facies granítica, y de hasta 4 mm de \emptyset y tonos rojizos en la facies gneílica, aunque también es relativamente frecuente que presenten formas poikilíticas. La ZI es la que presenta una mayor concentración de granate, principalmente en la unidad inferior, situada bajo el BN y la ZN, constituyendo el nivel de granate. La presencia de este nivel es una característica común en las pegmatitas del campo de Oxford y de otros campos pegmatíticos del "Central Maine Belt". Es un nivel guía para los mineros, ya que por debajo es muy rara la presencia de zonas mineralizadas. Se trata de un nivel más o menos bien definido, en ocasiones doble, que en el caso concreto de la pegmatita Berry-Havey es relativamente discontinuo. En él los cristales de granate, de formas redondeadas, aparecen con un tamaño medio de hasta 6 cm de \emptyset , y colore marrón-rojizo. En la unidad superior de la ZI también aparecen con frecuencia cristales de granate, aunque no llegan a constituir un nivel continuo como en la unidad inferior. El aspecto de estos cristales en muestra de mano y al microscopio es muy similar al de los cristales del nivel de granate. En el BN el granate se observa de forma accesoria y los cristales pueden alcanzar tamaños medios de varios cm de \emptyset . En esta zona el granate puede asociarse a turmalina, lepidolita y lollingita, que aparece en pequeñas fracturas en los bordes de los granates. La turmalina, de tonos azules, forma una corona sobre el conjunto granate+lollingita, con límites irregulares y frecuentes inclusiones vermiculares de cuarzo. Creciendo radialmente se pueden observar cristales plumosos de lepidolita de hasta 2 cm de longitud. Finalmente, en la masa de textura gneílica dentro de la ZI, el granate muestra texturas similares a las del granate de la misma facies en la ZP. En cuanto a la composición química de los granates, se observan importantes diferencias dependiendo de la zona a la que se asocian. Todos ellos son almandino, con proporciones variables, en general importantes, de Mn, y contenidos menores de Mg y Ca. Los granates asociados a la ZP presentan los

valores más bajos en Mn y los más altos en Mg y Ca, con amplios rangos composicionales ($Alm_{63,1-76,2}Sps_{11,1-28,6}Prp_{3,0-14,1}GrS_{0,1-4,5}$). El granate que se asocia a las masas con facies gneílicas dentro de la ZI muestra unas composiciones muy similares, que varían en el rango $Alm_{65,0-78,5}Sps_{10,4-29,0}Prp_{1,0-12,2}GrS_{1,0-3,9}$. Los granates asociados al BN son los más ricos en Mn y pobres en Ca y Mg ($Alm_{67,4-67,8}Sps_{30,3-30,8}Prp_{0,5-0,9}GrS_{0,9-1,2}$). En la ZI sobre el BN y ZN, los valores son también altos para el Mn y bajos para Ca y Mg ($Alm_{65,8-70,8}Sps_{26,2-31,8}Prp_{0,9-1,5}GrS_{1,3-1,7}$). Finalmente, los granates asociados a la ZI bajo el BN y ZN, pertenecientes al nivel de granate, muestran composiciones intermedias ($Alm_{65,1-74,6}Sps_{12,2-28,4}Prp_{3,6-9,9}GrS_{1,8-3,8}$). A pesar del amplio rango composicional que presentan los granates, sólo se han observado, zonaciones de núcleo a borde en los cristales subredondeados de la ZP, tanto en aquellos asociados a la facies granítica, como a los que aparecen en la facies gneílica. En estos cristales se observa un aumento del contenido en Mn de núcleo a borde, paralelo a una disminución en el contenido en Mg, Fe, y en ocasiones Ca.

DISCUSIÓN

Es conocido que la composición química de los minerales presentes en las pegmatitas (micas, feldespato, turmalina, óxidos, fosfatos), puede reflejar el grado de evolución y la historia de la cristalización. En el caso del granate, la proporción Fe/(Fe+Mn) suele disminuir a medida que aumenta el grado de fraccionamiento (Černý & Hawthorne, 1982). La zonación interna que presenta la pegmatita Berry-Havey, (textura, mineralogía y composición química) sugiere que la cristalización se produjo de borde a núcleo, dándose un fraccionamiento importante que favoreció la creación final de un fundido pegmatítico altamente enriquecido en elementos incompatibles y volátiles. De esta manera, aunque la composición global de la pegmatita se corresponde con la de un fundido granítico simple, las últimas facies en cristalizar en el interior del cuerpo, volumétricamente inferiores al 10%, están altamente evolucionadas. La composición química del granate asociado a las distintas zonas refleja también esta evolución interna de forma clara. Así, el granate de la ZP muestra una composición propia de pegmatitas poco evolucionadas, mientras que el granate asociado a la ZI y al BN tiene un

contenido más alto de Mn, característico de las pegmatitas de elementos raros (Černý & Hawthorne, 1982). La clara zonación de núcleo a borde de los granates de la ZP, y la ausencia de dicha zonación en el resto de la pegmatita, puede estar relacionada con la presencia abundante de turmalina coexistiendo con el granate en la ZI y BN, que controlaría la proporción Fe/(Fe+Mn) durante la cristalización de esas zonas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Jefferson Morrison, propietario de la mina Berry-Havey, las facilidades dadas en todo momento para la realización de este estudio. La financiación ha corrido a cargo del proyecto de investigación CGL2012-31356 (con subvención de fondos FEDER) y con la ayuda para grupos de investigación de la UPV/EHU, GIU/1216.

REFERENCIAS

- Černý, P. & Ercit, T. S. (2005): *The classification of granitic pegmatites revisited*. *Can. Min.*, **43**, 2005-2026.
- Černý, P., and Hawthorne, F.C. (1982): *Selected peraluminous minerals*. In Černý, P. Ed., *Granitic pegmatites in Science and Industry. Short Course (MAC)*, **8**, 163-186.
- Guidotti, C.V. (1989): *Metamorphism in Maine: an overview*. In R.D. Tucker, and R.G. Marvinnay, Eds. *Studies in Maine Geology*, **3**, p. 1-19. *Maine Geological Survey, Augusta, Maine*.
- London, D. (2008): *Pegmatites. The Canadian Mineralogist, Special Publication n° 10*, 347.
- Osberg, P.H. (1978): *Synthesis of the geology of the northeast Appalachians, U.S.A.* In P.E. Schenk, and E.T. Tosier, Eds. *Appalachian-Caledonide orogen. Geological Survey of Canada, Paper 78-13*, p. 137-167.
- Solar, G.S., and Brown, M. (2001a): *Deformation partitioning during transpression in response to Early Devonian oblique convergence, northern Appalachian orogen, USA. Jour. of Struct. Geol.*, **23**, 1043-1065.
- Solar, G.S., and Brown, M. (2001b): *Petrogenesis of Migmatites in Maine, USA: Possible Source of Peraluminous Leucogranite in Plutons? Jour. Petrol.*, **42**, 789-823.
- Solar, G.S., and Tomascak, P.B. (2009): *The Sebago Pluton and the Sebago Migmatite Domain, southern Maine; results from new studies. 2009 Annual Meeting of Northeastern Section*.