

# Los granates como guía de exploración y materia prima: El ejemplo del Hoyazo de Níjar en el cinturón metalogenético del SE Ibérico

*Garnets as a guide to exploration and as raw material: The case of El Hoyazo de Níjar in the SE Iberian metallogenetic belt*

R. Lunar (\*), J. Martínez-Frías (\*\*), R. Benito (") y D. Wolf ("" )

(\*) Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Facultad de C.C. Geológicas, UCM, 28040 Madrid

(\*\*) Departamento de Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, 28006 Madrid

("" ) Freiberg University of Mining and Technology (TU Bergakademie Freiberg), Faculty of Geosciences, Geotechnics and Mining, Institute of Mineralogy, D-09596 Freiberg, Brennhausgasse 14 (Germany).

## ABSTRACT

A review of the garnet-rich volcanic Complex of El Hoyazo (SE Spain) is given, including new data about the petrology and geochemistry of the volcanic area, and suggesting a methodological proposal for evaluating the use of garnets as a guide to mineral deposit exploration. This is significant as the Neogene volcanic region of SE Spain hosts a wide variety of mineral deposits making up a metallogenetic belt from Cartagena to Cabo de Gata: Pb-Zn ( $\pm$  Ag, Sb) (Mazarrón, Sierra Almagrera), Sb-Hg-Ba ( $\pm$  Au) (Valle del Azogue), Fe-Mn-Ba-Ag (Las Herrerías), native Au (Rodalquilar). The current exploitation of the garnets as industrial raw material is also described.

**Key words:** Garnets, mineral exploration, raw material, SE Spain.

Geogaceta, 22 (1997), 113-116

ISSN: 0213683X

## Introducción

La importancia económica de los granates, con independencia de su valor como minerales de interés gemológico, tiene una doble vertiente: por una parte, se utilizan como guías de exploración y, por otra, constituyen un recurso en sí mismo, dado que pueden ser aprovechados como minerales industriales. En este trabajo se plantean ambas posibilidades, en el marco de la provincia volcánica neógeno-cuaternaria del SE peninsular, teniendo en cuenta que en otras áreas importantes desde el punto de vista metalogenético se ha demostrado que estos minerales son una herramienta útil de exploración. Aunque en España existen varias zonas ricas en granates (Sierra Nevada, Granada; El Cabril, Hornachuelos, Córdoba; Sierra Capelada, La Coruña, entre otras). El Hoyazo de Níjar constituye un caso único:

(1) Forma parte del cinturón volcano-metalogenético del borde mediterráneo sur-ibérico, en el que existen distintos tipos de series magmáticas y mineralizaciones asociadas.

(2) Se dispone de abundante informa-

ción geológica, petrológica y geoquímica en la que apoyar la investigación y aplicaciones metalogenéticas.

(3) Constituye un caso singular por la abundancia del granate (Fig.1) y por la diversidad de formas de aparición: (a) como cristales idiomorfos aislados de 2 a 10 mm en las rocas volcánicas; (b) como componente principal de los enclaves metamórficos (Fig.2) que a su vez están también incluidos en las rocas volcánicas (cristales de hasta 1.5 cm), y (c) en forma detrítica como consecuencia de la erosión del domo dacítico.

(4) Es la única zona en Europa donde los granates se encuentran actualmente en explotación como materia prima.

(5) Además, El Hoyazo es la localidad-tipo de la cordierita, mineral que se presenta en clara asociación con el granate.

## El área volcánica del Hoyazo de Níjar

La provincia volcánica neógena del SE de España está situada al Este de las Cordilleras Béticas y se extiende desde Cabo de Gata (Almería) hasta Cartagena (Murcia). De acuerdo con López Ruiz y

Rodríguez Badiola (1980), los magmas generados en esta región incluyen las siguientes series: calco-alcalina (CA), calco-alcalina potásica (CAK), shoshonítica (SH) y ultrapotásica (UP). La actividad magmática comenzó en el tránsito Burdigaliense-Langiense, con la generación de las rocas CA, continuó con la extrusión simultánea de las CA, CAK y SH, y terminó en el Mesiniense con el emplazamiento de las rocas UP. Dentro de esta provincia volcánica las rocas CAK y SH aparecen en forma de domos, lacolitos y diques, localizándose las principales áreas volcánicas en El Hoyazo, Vera, Mazarrón y Mar Menor.

El Complejo granatífero del Hoyazo (Almería) consiste en un domo volcánico-subvolcánico caracterizado por la presencia de andesitas y dacitas potásicas, que cubre un área aproximadamente circular de 0.7 km<sup>2</sup>. Dicho domo se encuentra emplazado entre dos episodios sedimentarios con la peculiaridad de que el cono volcánico central está erosionado.

Las rocas CAK y SH se caracterizan por presentar abundantes enclaves metamórficos e ígneos, así como otras inclusiones de cristales aislados de granate

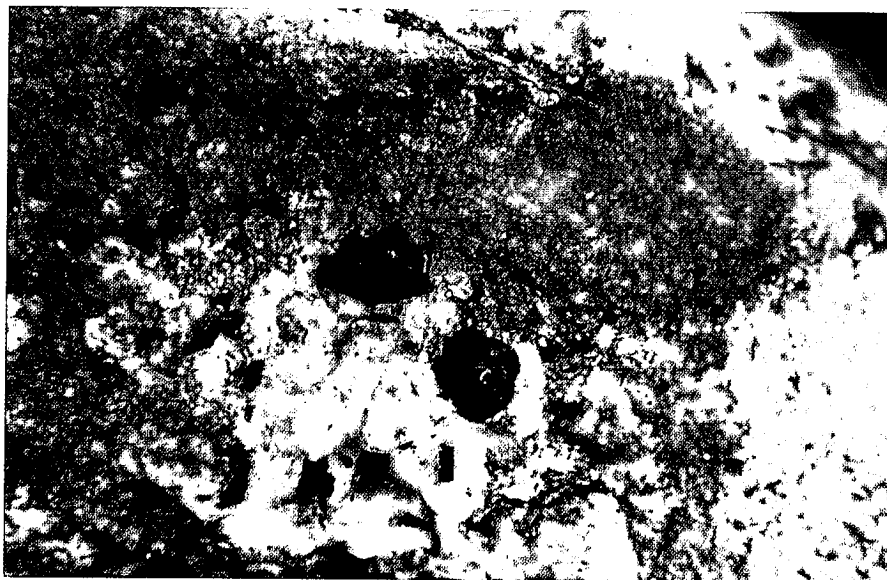


Fig. 1.- Cristales idiomorfos de granate en uno de los enclaves.

Fig. 1.- Euhedral crystals of garnet in one of the enclaves.



Fig. 2.- Aspecto general de un enclave (en sección) mostrando la distribución de los granates y sus relaciones con la foliación metamórfica.

Fig. 2.- Section of a typical enclave, displaying the distribution of garnets and their relation with the metamorphic foliation.

y cordierita. Los enclaves metamórficos más comunes son gneises ricos en almandino, cordierita, biotita y sillimanita, estando los dos primeros siempre presentes. La composición geoquímica de los enclaves muestra una baja proporción en  $\text{SiO}_2$  (38.35-50.35%), y altos contenidos en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (26.11-36.38%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{TiO}_2$  ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{TiO}_2$ : 9.06-21.28%). La composición geoquímica del resto de los elementos mayores varía de acuerdo con la

mineralogía. Los elementos traza, Cr, Co, Ni y Cu presentan rangos geoquímicos similares a los de las rocas CAK y SH, aunque contienen mayor proporción de Sc (15-42 ppm), V (181-404 ppm) e Y (20-74 ppm). En comparación con las rocas CAK, los enclaves muestran casi idénticos contenidos en Sr (35-929 ppm), Ba (153-2594 ppm) y Pb (11-186 ppm). Las concentraciones de Rb (17-269 ppm) y U (2-7 ppm) son similares o inferiores, y los valores de Th (4-34 ppm) son lige-

ramente más altos. Finalmente, cuando se compara con las rocas SH, los valores de Zr (198-539 ppm), Nb (20-35 ppm), tierras raras ( REE = 225-389 ppm), Hf (5-12 ppm) y Ta (1.6-2.7 ppm) de los enclaves son similares o ligeramente superiores a los de este tipo de rocas volcánicas. Los enclaves muestran relaciones  $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$  de entre 0.7153 y 0.7303, y valores  $\delta^{18}\text{O}$  que varían entre +9.7 y +16.2‰ (Munksgaard, 1984, López Ruiz y Wasserman, 1991).

**Interés económico de los granates**

*Los granates como guías de exploración*

Es un hecho ampliamente conocido que los granates pueden utilizarse como guías de exploración de yacimientos minerales. Los principales criterios de exploración se han referido sobre todo a las rocas ricas en granate y a los granates ricos en Mn. Aunque la mayoría de estos estudios se han centrado en la investigación de diamantes, hay también otros trabajos que enfatizan las relaciones entre las características composicionales de los granates y ciertas mineralizaciones de sulfuros de metales base y preciosos. Entre otros, destacan los siguientes: 1) mineralizaciones de oro (Valliant and Barnett, 1982, Wonder *et al.* 1988); 2) depósitos metamorfizados de sulfuros de metales base (Broken Hill, Pegmont y Mount Misery districts, Australia (Stanton, 1976, 1982; Barnes *et al.* 1983; Vaughan and Stanton, 1986), Gamsberg, South Africa (Stumpfl, 1979; Rozendaal and Stumpfl, 1984), Aggeneys, South Africa (Ryan *et al.* 1982), y 3) yacimientos de estibina (Kreuzeck Mountains, Austria; Reimann and Stumpfl, 1981) etc.

En el área del Hoyazo la utilización de los granates como guías de exploración pasa indefectiblemente por la resolución de una serie de cuestiones previas: a) su origen permanece aún sin resolver: puede ser un producto exclusivamente de las formaciones metamórficas; puede ser el resultado de la cristalización magmática directa de las rocas volcánicas, o pueden ser incluso válidas ambas hipótesis (Zeck, 1970, López-Ruiz *et al.* 1977, Munksgaard, 1985); b) no existen granates ricos en Mn puros y homogéneos, y c) hay una amplia variedad de tipos de depósitos minerales. De hecho, una de las características más significativas del volcanismo neógeno-cuaternario del SE de España es su relación espacial y temporal con mineralizaciones hidrotermales de oro, plata, Fe-Mn, y

sulfuros de metales base. Todos estos yacimientos constituyen un auténtico cinturón metalogénico que se extiende desde Cartagena a Cabo de Gata, cuyos depósitos se emplazan en distintos tipos de formaciones: Rodalquilar y Mazarrón (volcánicas), Las Herrerías (sedimentarias), Sierra Almagrera y Sierra Almenara (metamórficas), etc. Existe abundante información sobre las características de los fluidos mineralizantes, secuencias paragenéticas, inclusiones fluidas e isótopos de S y O en todas estas zonas (Arribas, 1989, Arribas y Tosdal, 1994, Martínez-Frías *et al.* 1989, Martínez-Frías 1991, Manteca y Ovejero, 1992, Morales, 1994, Oyarzun *et al.* 1995, entre otros). Sin embargo, se encuentra aún sin resolver cuál es la fuente de los metales: procedentes de los complejos volcánicos, o bien extraídos de las formaciones metamórficas afectadas por el magmatismo (un problema similar al de los granates). Recientemente Benito (1993) detectó proporciones significativas de Pb, Zn, Cu y Ba en los enclaves que aparecen en áreas donde existen depósitos minerales (ej. Mazarrón), y ausencia de este «enriquecimiento» en áreas en apariencia metalogénicamente estériles (ej. El Hoyazo). Si este patrón geoquímico pudiera ser verificado, se dispondría de bases sólidas para establecer la posible fuente de los metales en el SE de España, y los granates serían herramientas extremadamente útiles para la exploración de nuevas áreas mineralizadas. Evidentemente, estos estudios deberán correlacionarse con las características de los granates que forman parte de las formaciones metamórficas donde encajan las mineralizaciones. En este contexto, el área metamórfica mineralizada más importante del SE es Sierra Almagrera. Este macizo metamórfico está constituido por filitas grafitosas, filitas ricas en cuarzo y cuarcitas, con una paragénesis de cuarzo, moscovita, grafito, biotita y granate, y en ella encajan filones de sulfuros de metales base y sulfosales de Pb-Sb-Cu-Ag.

Por lo tanto, como propuesta metodológica, el uso de los granates como guía de exploración en el SE de España deberá tener en cuenta los siguientes aspectos: 1) estudios comparativos de los granates presentes en los enclaves y en las propias rocas volcánicas, y 2) investigación de los granates de los enclaves metamórficos existentes en las rocas volcánicas donde existen mineralizaciones (ej. Mazarrón) y en las aparentemente estériles (ej. El Hoyazo).

#### Los granates como mineral industrial

Los granates también constituyen un recurso en sí mismo, dado que pueden ser aprovechados como minerales industriales. En el área del Hoyazo, el desmantelamiento erosivo del cerro volcánico ha dado lugar a un importantísimo depósito detrítico de arenas ricas en granates, denominado localmente «rambla de las granatillas», donde estos minerales se encuentran sueltos y son, por lo tanto, de fácil recuperación. A principios de siglo es cuando la explotación de los granates alcanzó un máximo desarrollo, aunque los trabajos se paralizaron en 1933. En la actualidad, se ha renovado el interés de los granates como abrasivo como sustituto a la sílice por los riesgos que este último supone para la salud. Esto ha sido un factor determinante para que se haya reiniciado, hace aproximadamente un año, la extracción de las arenas de este área por una empresa privada (GARNETKAO, S.L.). En este momento, El Hoyazo es el único yacimiento de estas características existente en Europa (Fig.3).

En general, las aplicaciones de los granates dependen de su calidad. Así, por ejemplo, los granates de alta calidad se utilizan para lavado y molienda de vidrios y materiales cerámicos, para recubrimientos, como adherente, como abrasivo aplicado al manufacturado de metales, maderas, plásticos, etc. Los granates de baja calidad se utilizan para el lavado acondicionado del aluminio y otros metales blandos. El granate puede añadirse también a los cementos, sondeos petrolíferos, y como protector de radiación de nivel bajo a medio (Andrews, 1995). Según datos de la propia empresa, actualmente en El Hoyazo los granates se benefician para su uso como abrasivos. El procedimiento es relativamente simple y no demasiado caro. A muy grandes rasgos consiste en la recogida de las arenas ricas en granates, y su posterior cribado, preselección con separación magnética, lavado, cribado, y concentración espiral, molienda y extracción con granoselección. El producto final es un polvillo granatífero de 80 mallas, que se distribuye en pequeños sacos de 25 kg. Se estima un promedio de extracción de unas 6 t diarias.

#### Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación financiado por la OTAN, NATO CRG 960014 y ha sido parcialmente cofinanciado por los pro-

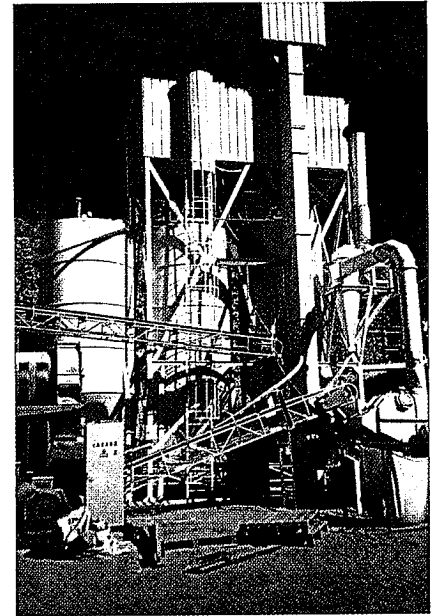


Fig. 3.- Detalle de la planta de extracción y tratamiento industrial.

Fig. 3.- Partial view of the industrial plant for garnet beneficiation.

yectos PB94-0073 de la DGICYT y AMB94-110 de la CICYT. Se agradece expresamente a José Manuel Fidalgo (GARNETKAO, S.L.) su permiso para el muestreo del área, y la visita a las instalaciones de extracción y tratamiento de los granates.

#### Referencias

- Andrews, P.R.A. (1995): *CIM Bulletin*, Nov/Dec: 55-59
- Arribas, A. (Jr) and Tosdal, R.M. (1994): *Economic Geol.* 89:1074-1093
- Barnes, R.G., Stevens, B.P.J., Stroud, W.J., Brown, R.E., Willis, I.L. and Bradley G.M. (1983): *Geol. Surv. New South Wales Records* 21:289-323
- Benito, R. (1993): *Tesis Doctoral*. Universidad Autónoma de Madrid, 222 p.
- López-Ruiz, J., Rodríguez Badiola, E. and García Cacho, L. (1977): *Bull. Volcanologique* 40:1-12
- López-Ruiz, J. and Rodríguez Badiola, E. (1980): *Estudios Geol* 36:5-63
- López-Ruiz, J. and Wasserman, M.D. (1991): *Estudios Geol* 47:3-11
- Manteca, J.I. and Ovejero, G. (1992): En: García-Guinea J and Martínez-Frías J (eds) *Recursos Minerales de España*. Colección Textos Universitarios CSIC: 1085-1102
- Martínez-Frías, J., García-Guinea, J., López-Ruiz, J., López, J.A. y Benito, R. (1989): *Rev. SEM* 12:261-271

- Martínez Frías, J. (1991): *Estudios Geológicos* 47 (5-6):271-279
- Morales, S. (1994): *Tesis Doctoral*, CSIC-U. Granada, 239 p.
- Munksgaard, N.C. (1984): *Contrib. Mineral. Petrol.* 87:351-358
- Munksgaard, N.C. (1985): *Neues Jb. Miner. Mh.* 34:73-82.
- Oyárzun, R., Marquez, A., Ortega, L., Lunar, R. y Oyárzun, J. (1995): *Trans. Instn. Min. Metall. (Sect. B): Appl. earth. Sci.*, 104: 197-202.
- Reimann, C. and Stumpfl, E.F. (1981): *Inst. Min. Metall. Trans.* B90:126-132
- Rozendaal, A. and Stumpfl, E.F. (1984): *Inst. Min. Metall. Trans.* B93:161-175
- Ryan, P.J., Lawrence, A.L., Lipson, R.D., Moore, J.M., Paterson, A., Stedman, D.P. and Van Zyl, D. (1982): *Econ. Geol. Res. Unit. Univ. Witwatersrand, Inf. Circ.* pp 1-160
- Stanton, R.L. (1976): *Inst. Min. Metall. Trans.* B85:132-141
- Stanton, R.L. (1982): *Inst. Min. Metall. Trans.* B91:47-71
- Stumpfl, E.F. (1979): *Miner. Deposita* 14:207-217
- Valliant, R.I. and Barnett, R.L. (1982): *Can. J. Earth Sci.* 19:993-1010
- Vaughan, J.P. and Stanton, R.L. (1986): *Inst. Min. Metall. Trans.* B59:94-121
- Wonder, J.D., Spry, P.G. and Windom, K.E. (1988): *Econ. Geol.* 83:1070-1081
- Zeck, H.P. (1970): *Contrib. Mineral. Petrol.* 26:225-246.