

# Nuevos datos mineralógicos y texturales de los granates y fases asociadas del Cerro El Hoyazo (Almería)

*New mineralogical and textural data of garnets and associated minerals from the Cerro El Hoyazo (Almería)*

M.J. Muñoz-Espadas (\*), J. Martínez-Frías (\*\*), y R. Lunar (\*\*\*)

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

(\*\*) Centro de Astrobiología. 28850 Torrejón de Ardoz.

(\*\*\*) Dpto. Cristalografía y Mineralogía. Facultad de C.C. Geológicas, Universidad Complutense. 28040 Madrid.

## ABSTRACT

New data from the Cerro El Hoyazo Neogene volcanic complex (Níjar, Almería province, SE Spain) are given, stressing the mineralogical assemblages and textures of garnets and their associate phases. In addition, the characteristics of garnet, biotite, sillimanite, plagioclase, cordierite and quartz from both the dacite lava and metamorphic xenoliths are compared.

**Key words:** garnets, mineralogy, textures, El Hoyazo, Spain.

Geogaceta, 29 (2000), 19-22

ISSN: 0213683X

## Introducción

El Cerro El Hoyazo (Níjar, Almería, SE de España) es un domo volcánico de singular naturaleza por las características mineralógicas de los materiales volcánicos y xenolíticos que lo constituyen. Además de ser la localidad tipo de la cordierita (Zeck, 1968), es muy destacable por la abundancia y variedad de formas de aparición del granate: a) como cristales aislados en la roca volcánica; b) como componente de los enclaves metapelíticos en las rocas; y c) en forma detritica en depósitos de arenas aluviales, explotados para su uso como abrasivo (Lunar *et al.*, 1997, 1999; Benito *et al.*, 1998). La importancia del estudio de los rasgos texturales de los minerales presentes en estas rocas radica en el hecho de que se pueden determinar, desde el efecto, los procesos petrogenéticos ocurridos (Martínez-Frías, 1990). También suministra información sobre sus condiciones físico-químicas y termodinámicas. En el caso concreto de los granates de éste área, son frecuentes los zonados, surgidos como consecuencia del desequilibrio entre el cristal que crece y su entorno. El proceso se considera de carácter cinético y es el resultado de la capacidad de adsorción de material, en la interfase cristal-medio en avance, así como de la capacidad de homogeneización de la fase líquida, dependiendo del grado de difusión en ella. Es indicativo de crecimientos renovados, o de cambios rí-

	L1	L2	L3	L4	L5	EG1	EG2	EG3	EG4	Filita con bt y gte.
SiO <sub>2</sub>	63,67	63,80	63,29	63,2	63,50	43,79	42,05	44,20	43,60	58,60
TiO <sub>2</sub>	0,68	0,67	0,68	0,62	0,71	2,11	1,55	1,68	2,53	0,90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,12	17,01	17,03	17,00	17,24	33,20	29,60	31,66	32,43	21,20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,67	0,68	5,33*	4,78*	0,38*	1,82	13,47*	10,10*	10,24*	5,68*
FeO	4,18	3,71			4,22	7,40				
MnO	0,09	0,05	0,06	0,05	0,11	0,08	0,09	0,07	0,06	0,03
MgO	1,84	1,90	1,93	1,98	2,02	2,66	4,99	2,64	2,00	1,71
CaO	2,47	2,63	2,48	2,58	2,50	0,08	0,55	1,44	0,25	0,53
Na <sub>2</sub> O	2,21	2,20	1,98	2,16	2,18	1,48	0,15	1,71	1,25	1,09
K <sub>2</sub> O	3,56	3,47	3,39	3,50	3,63	3,41	2,16	3,88	2,57	4,24
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,21	0,17	0,18	0,17	0,20	0,23	0,13	0,22	0,33	0,20
H <sub>2</sub> O	2,27				2,34	2,05				
CO <sub>2</sub>	trazas					0,08				
C	0,53					1,16				
p.c.		2,75	3,64	4,22			5,06	2,48	4,37	5,09
Total	98,97	99,04		99,96	99,03	99,55	99,80	100,02	99,91	99,27

Tabla 1.- Selección de análisis químicos (% en peso) de las dacitas y enclaves gnésicos de El Hoyazo. Comparación el protolito pelítico de los enclaves. L1 y EG1: Zeck (1968). L2: Munksgaard (1984). L3 y EG2: Benito (1993) (L3: valor medio de 9 muestras). L4 y EG3: Cesare *et al.* (1997) (L4: valor medio de 11 muestras). L5 y EG4: Muñoz-Espadas (1999). Filita con biotita y granate: Cesare *et al.* (1997). \* Fe total; p.c.: pérdida por calcinación.

Table 1.- Selected chemical analysis (wt. %) from El Hoyazo dacites and gneissic rock inclusions. Comparison with their pelitic protolite of the inclusions. L1 and EG1: Zeck (1968). L2: Munksgaard (1984). L3 and EG2: Benito (1993) (L3: average composition of 9 samples). L4 and EG3: Cesare *et al.* (1997) (L4: average composition of 11 samples). L5 and EG4: Muñoz-Espadas (1999). Biotite-garnet phyllite: Cesare *et al.* (1997). \* total Fe; p.c.: lost on ignition.

micos en las condiciones de formación. Las causas más comunes de zonación son interrupciones del crecimiento y cambios periódicos en la deposición de bandas sucesivas, con o sin inclusión de minerales extraños.

## El Complejo Volcánico de El Hoyazo

El cerro El Hoyazo forma parte del llamado "Cinturón Volcánico Neógeno

del sureste de la Península Ibérica", que se extiende desde el Cabo de Gata en Almería hasta el Mar Menor en Murcia, y el interior de esta última provincia. En dicho Cinturón aparecen rocas calcoalcalinas s.s., calcoalcalinas potásicas (ej.: dacitas de El Hoyazo), shoshoníticas, ultrapotásicas y basaltos alcalinos (López Ruíz y Rodríguez Badiola, 1980). Los cuatro primeros se disponen a modo de bandas desde la costa hacia el

norte, disminuyendo su edad también en este sentido, desde 17 M.a. a 6 M.a. Los basaltos, limitados a la zona de Cartagena, son más recientes, entre 4 M.a. y 2 M.a.

El edificio volcánico de El Hoyazo se formó durante el Messiniense, hace unos 6.2 M.a. (Turner *et al.*, 1999). La extrusión dacítica atravesó el basamento metamórfico alpujárride y rocas sedimentarias de la base del Neógeno, siendo posteriormente cubierta por un arrecife de coral de edad también messiniense (Dabrio *et al.*, 1981). Por un proceso de inversión del relieve, la roca volcánica aflora en una depresión central en la cima del cerro, rodeada por un anillo de rocas carbonatadas que resaltan por su mayor dureza.

**Rocas volcánicas y enclaves**

La roca volcánica de El Hoyazo se clasifica como dacita labradorítica-cordierítica-biotítica con granate. De los trabajos dedicados al estudio de estos materiales destacan los de Ossan (1888), Hetzel (1923), Burri y Parga-Pondal (1936), Zeck (1968, 1970, 1992), López Ruíz *et al.* (1977), Benito (1993), Munksgaard (1984, 1985) y Cesare *et al.* (1997). La textura de la dacita es porfídica seriada y su matriz, el 50% de la roca, es vítrea. A simple vista, pueden distinguirse algunos de sus componentes, principalmente biotitas (8% en volumen) de unos 3 mm de tamaño, pero también granates euhedrales de alrededor de un centímetro de diámetro (1%); cordieritas anhedrales azules (10%), normalmente de no más de un centímetro; y cristales anhedrales de cuarzo (6%), generalmente de entre 8 a 10 mm. Otros minerales menos frecuentes son sillimanita, plagioclasa, hornblenda, piroxeno, opacos, apatito, espinela y circón.

En la tabla 1 se presentan análisis químicos seleccionados de las dacitas de El Hoyazo. Estas rocas se clasifican, según el diagrama SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O, como rocas calcoalcalinas potásicas (López Ruíz y Rodríguez Badiola, 1980). Se diferencian de las rocas calcoalcalinas s.s. del Cabo de Gata en que sus contenidos de K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub> y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> son superiores, y los de CaO inferiores, para idéntico porcentaje de SiO<sub>2</sub>. Su relación K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O está comprendida entre 0,63 y 1,98, si bien en las dacitas es siempre mayor de 1,5, y la relación Fe<sub>total</sub>/MgO varía entre 1,2 y 2,6. Las relaciones K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O algo elevadas que presentan estas rocas, y especialmente las dacitas potásicas, son debidas al contenido relativamente bajo en Na<sub>2</sub>O, más que a un porcentaje anormalmente alto de K<sub>2</sub>O.

	LAVA	ENCLAVE
<b>Granate</b>	0,2 a 10 mm, euhedral, zonado normal, inclusiones de Bt, Sil (fibrolita), Qtz y Zrn	hasta 15 mm, euhedral, zonado normal, inclusiones de Qtz, Bt, Zrn y Mnz
<b>Biotita</b>	cristales euhedrales aislados o en agregados orientados, inclusiones de Sil (fibrolita) y opacos	cristales euhedrales, inclusiones de sillimanita acicular, grafito y circón, o incluidos en Crd, Grt, Pl, Sa y Sil (fibrolita)
<b>Cordierita</b>	-euhedrales, macla en sectores, hasta 2 mm, inclusiones de Sil acicular paralela al borde, o en el núcleo -anhedrales, no maclados, hasta 1 cm, bordes corroídos, inclusiones de Sil acicular, Gr y Bt	poiquiloblastos anhedrales, centimétricos, inclusiones redondeadas o corroídas de Pl y Sa
<b>Sillimanita</b>	-agregados fibrosos (fibrolita) -cristales aciculares en la matriz	-agregados fibrosos (fibrolita) -cristales aciculares en Crd, Pl y Grt
<b>Plagioclasa</b>	cristales aislados o en agregados, 20 µm-3 mm, inclusiones de Bt, Sil, Spl y Hbl	anhedrales, de hasta varios milímetros, inclusiones de Sil (fibrolita), Bt y opacos
<b>Cuarzo</b>	hasta centimétricos, corrosión ocasional, inclusiones de Sil acicular	-----

Tabla 2.- Comparación de las texturas de los minerales de las lavas y de los enclaves.

Table 2.- Comparison of the mineral textures in the lava and in the inclusions.

La cantidad de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> permanece prácticamente constante.

Con respecto a los elementos traza, las rocas calcoalcalinas potásicas presentan concentraciones de Rb, Ba, Pb, Sr, Zr y, sobre todo, de elementos ferromagnesianos (salvo el Co), que son superiores a las de las rocas calcoalcalinas s.s. No obstante, sus relaciones K/Rb y Rb/Sr sólo son un poco más alta y algo inferior, respectivamente, a las de las rocas calcoalcalinas s.s.

La roca volcánica presenta enclaves comprendidos entre 50 cm y el tamaño de un solo cristal (o agregado de unos pocos cristales) de las especies minerales que los componen. Los enclaves se clasifican, según su litología, en dos grupos principales: enclaves metamórficos (60%) y enclaves ígneos (40%) (Zeck, 1968, 1992). Dentro del primer grupo, el tipo más abundante e importante es el de los enclaves gnéusicos de granate, biotita y sillimanita (Tabla 1).

Los minerales principales de estos enclaves son la biotita y la sillimanita; muchas muestras contienen también granate y cordierita, mientras que sólo en unas pocas se ha encontrado plagioclasa, feldespato potásico y cuarzo. La foliación, no siempre bien desarrollada, está marcada por la disposición de venillas ricas en biotita intercrecida con sillimanita en agregados fibrosos. Otros minerales presentes son espinela, corindón, apatito, opacos (grafito, magnetita, ilmenita), circón y vidrio.

Estos enclaves se han interpretado como restitas, por extracción de entre un 30 y un 60% en peso de fundido riolítico a partir de un protolito pelítico, una filita

con biotita y granate, del basamento alpujárride. Se estima que se equilibraron a 850±50°C y 5-7 kbar (Cesare *et al.*, 1997) (Tabla 1).

**Granates de las lavas dacíticas y de los enclaves gnéusicos**

El granate es un componente muy notorio de la roca volcánica, aunque no abundante. Los cristales, que alcanzan un tamaño de varios milímetros, son euhedrales o subhedrales. Sus propiedades físicas son muy similares a las de los granates que se encuentran en los enclaves gnéusicos de granate, biotita y sillimanita: su hábito y tamaño son similares (0,2 a 10 mm en las lavas, y hasta 1,5 mm en los enclaves). Por otra parte, ciertas propiedades físicas tales como el color, la birrefringencia, la arista de la celda unidad (a<sub>0</sub> = 11,537±0,01 Å) y el índice de refracción (n = 1,809) (Zeck, 1968) son aproximadamente iguales. Los granates de las lavas contienen inclusiones de biotita, fibrolita, cuarzo y circón. En los de los enclaves, la fibrolita aparece restringida a zonas relativamente estrechas paralelas a los bordes del cristal, mientras que además de inclusiones de cuarzo de unos 0,3 mm de diámetro, biotitas y circones contienen monacitas (Tabla 2).

El almandino es el componente principal de los granates de las dos procedencias. En función de sus términos finales, la composición de los granates de las lavas, de centro a borde, se ha corroborado que está entre Alm<sub>70-82</sub>Pir<sub>6-16</sub>Gros<sub>15-2</sub>Espes<sub>11-1</sub>; mientras, la de los granates de los enclaves es Alm<sub>70-82</sub>Pir<sub>9-15</sub>Gros<sub>15-2</sub>Espes<sub>8-1</sub>. Con respecto a su zonación composicio-

nal, ambos muestran núcleos ricos en manganeso y calcio, mientras que el hierro y el magnesio aumentan hacia los bordes (Muñoz-Espadas, 1999).

### Fases asociadas al granate en las lavas

Las biotitas son el principal componente máfico de las dacitas. Aparece como cristales euhedrales de unos pocos milímetros de diámetro o en forma de agregados de varios milímetros, constituidos por varios cristales orientados paralelamente, que a menudo incluyen fibrolita y opacos (grafito). Estos agregados son fragmentos de los enclaves de tipo gnéisico.

La sillimanita se encuentra en forma de pequeños cristales aciculares en la matriz. También aparece como agregados densos de sillimanita fibrosa (o fibrolita), acompañada por láminas de biotita paralelas a la foliación, que posiblemente precedan de los enclaves gnéisicos.

La cordierita de las lavas se presenta con dos tipos de hábito: como cristales euhedrales con macla en sectores, o bien como cristales anhedrales no maclados. En el primer caso su tamaño varía desde unos pocos micrómetros a unos 2 mm, y es frecuente la presencia de acículas de sillimanita, paralelas al borde del cristal, o concentrada en el núcleo. En el segundo, los cristales pueden alcanzar un tamaño de 1 cm, sus bordes suelen estar corroídos, y contienen inclusiones de sillimanita, también acicular, acompañada por grafito y biotita. Las cordieritas anhedrales no se diferencian de las que aparecen en los enclaves, por lo que se trataría de xenocristales.

La plagioclasa se presenta en forma de cristales individuales de entre 20  $\mu$ m y 3 mm, generalmente maclados, aunque también son abundantes los agregados de este mineral. A menudo contienen cristales de biotita, sillimanita, espinela, piroxeno y hornblenda. Hay varios tipos de cristales según su composición y zonado: aquellos con núcleo cálcico cuya composición varía entre  $An_{75}$  y  $An_{95}$ , y otro tipo con un núcleo más sódico.

Los cristales anhedrales de cuarzo pueden estar corroídos. Sus tamaños varían ampliamente desde unos pocos milímetros a, excepcionalmente, 10 cm. Como inclusiones pueden contener sillimanita acicular.

### Fases asociadas al granate en los enclaves gnéisicos

Con respecto a las fases más importantes que aparecen junto al granate en los enclaves gnéisicos, las biotitas euhedrales, de no más de varios milímetros de tamaño, contienen inclusiones de sillimanita acicular, grafito y circón. A su vez, hay cristales de biotita que han quedado incluidos en cristales de cordierita, granate, plagioclasa, sanidina y fibrolita. Con frecuencia se ha observado la presencia de vidrio intersticial junto a los cristales de biotita. Dentro del propio mineral, también se encuentran inclusiones de vidrio, a menudo acompañadas por uno o varios pequeños cristales de espinela verde o púrpura.

La cordierita se presenta como poiquiloblastos anhedrales de hasta varios centímetros de diámetro. Se han descrito cristales con inclusiones redondeadas o corroídas de plagioclasa y de sanidina. La foliación de biotita y fibrolita queda incluida como un relicto dentro de dichos poiquiloblastos. Los cristales de biotita incluidos en la cordierita tienen bordes redondeados.

La sillimanita aparece como agregados de fibrolita compuestos de cristales de varios mm de anchura. Localmente se encuentran cristales más gruesos intercrecidos con los agregados anteriores. Los manojos de fibrolita están intercrecidos de forma paralela con cantidades variables de biotita, pudiendo este mineral estar ausente. Hay también agujas de sillimanita incluidas en cordierita, plagioclasa y granate.

La abundancia de plagioclasa es muy variable: puede estar ausente, o alcanzar incluso el 15-25% en volumen de la roca. Los cristales son anhedrales, de hasta varios milímetros de tamaño, y contienen inclusiones de fibrolita, biotita y opacos. Las biotitas incluidas en la plagioclasa suelen tener bordes redondeados, y localmente corroídos. En casi todas las muestras hay inclusiones de vidrio, a la vez que este material aparece de forma intersticial entre los cristales de plagioclasa y los agregados de biotita-fibrolita adyacentes.

La plagioclasa suele mostrar zonado composicional, en el que el contenido en An aumenta primero levemente desde la zona central (de  $An_{30-40}$  a  $An_{45-60}$ ) para después disminuir hacia el borde. Las inclusiones de vidrio se concentran en una banda interior, de aspecto anubarrado, y también disminuyen hacia el borde, que carece de las mismas.

Las características texturales de los minerales descritos en este apartado y el anterior están sintetizadas en la tabla 2.

### Agradecimientos

Este trabajo se enmarcó dentro del proyecto de investigación NATO CRG 960014. Además, se ha contado con la ayuda del CSIC a través de una beca de Introducción a la Investigación, en la convocatoria de 1998.

### Referencias

- Benito, R. (1993): Tesis Doctoral, Univ. Autónoma de Madrid. 222 pp.
- Benito, R., Martínez-Frías, J., Lunar, R. y Wolf, D. (1998): *Trans. Instit. Mining Metal.* 107, B158-B164.
- Burri, C. y Parga-Pondal, I. (1936): *Schweiz. Miner. Petr. Mitt.* 16, 226-262.
- Cesare, B., Salvioli Mariani, E. y Venturelli, G. (1997): *Mineral. Mag.* 61, 15-27.
- Dabrio, C.J., Esteban, M. y Martín, J.M. (1981): *Jour. Sed. Petrol.* 51, 2, 0521-0539.
- Hetzel, W.H. (1923): Tesis Doctoral, Technical University Delft. 104 pp.
- López Ruíz, J., Rodríguez Badiola, E. y García Cacho, L. (1977): *Bull. Volc.* 40, 141-152.
- López Ruíz, J. y Rodríguez Badiola, E. (1980): *Estudios Geol.* 36, 5-63.
- Lunar, R., Martínez-Frías, J., Benito, R. y Wolf, D. (1997): *Geogaceta.* 22, 113-116.
- Lunar, R., Martínez-Frías, J., Benito, R. y Wolf, D. (1999): *Geotimes.* 44, 1, 22-27.
- Martínez-Frías, J. (1990): En: *Yacimientos minerales.* Lunar, R. y Oyarzun, R. Munksgaard, N.C. (1984): *Contrib. Mineral. Petrol.* 87, 351-358.
- Munksgaard, N.C. (1985): *Neues Jb. Miner. Mh. H-2,* 73-82.
- Muñoz-Espadas, M.J. (1999): Tesis de Licenciatura, Univ. Complutense de Madrid. 135 pp.
- Osann, A. (1888): *Zs. deuts. geol. Ges., Bd.* 40, 694-708.
- Turner, S.P., Platt, J.P., George, R.M.M., Kelley, S.P., Pearson, D.G. y Nowell, G.M. (1999): *Journal of Petrology.* 40, 6, 1011-1036.
- Zeck, H.P. (1968): Tesis Doctoral, Univ. Amsterdam. 161 pp.
- Zeck, H.P. (1970): *Contrib. Mineral. Petrol.* 26, 225-246.
- Zeck, H.P. (1992): *Trans. Roy. Soc. Edin. Earth Sciences.* 83, 139-144.