

Estudio mineralógico de los granates de la Unidad de Fuente Piedra (Sierra Nevada. Cordilleras Béticas)

por J. A. GALLEGOS * R. ARANA **

SUMMARY

The Fuente Piedra Unit Includes garnet-bearing metapelites. The mineralogical study of garnets reveals a shift to the almandine end of the Al-Sp-Pyr. series in increasing conditions of metamorphism.

INTRODUCCIÓN

Los estudios realizados por uno de nosotros (J.A.G.) en el sector nord-occidental de Sierra Nevada, han permitido establecer una serie de unidades tectónicas y llegar a ciertas conclusiones petrológico-metamórficas (cf. fig. 1).

En los últimos años se ha consagrado una abundante literatura al granate (MIYASHIRO, 1953, 1961; ENGELS et al., 1960; CHINNER, 1961, 1965; STURT, 1962; BETHUNE et al., 1965; ATHERTON, 1965; ATHERTON et al., 1966; KAMAL KANDI, 1967; TURNER, 1968; HSU, 1968; LINTHOUT et al., 1968; GUIDOTTI, 1970; KEESMAN et al., 1971; MULLER et al., 1971). Por ello, pareció conveniente estudiar con algún detenimiento diferentes muestras de las metapelitas del manto de Fuente Piedra que lo contienen; estas muestras se han escogido entre las pertenecientes a los distintos estadios metamórficos encontrados (en sentido de WINKLER, 1970).

CONTEXTO PETROLÓGICO

Las rocas que contienen estos minerales son siempre micasquistos grafitosos con abundante biotita; a ello se debe que se reconozcan fácilmente en el paisaje por sus tonalidades oscuras.

Los granates son siempre pequeños (no superan el milímetro de diámetro los visibles a simple vista) y de color rosado-vináceo a marrón.

En lámina delgada se encuentran siempre como cris-

tales hipidiomorfos o idiomorfos, aunque también los hay redondeados e incluso estirados y rotos siguiendo la esquistosidad S_2 .

El aspecto más interesante a destacar aquí son sus relaciones texturales con los demás componentes de la roca.

De acuerdo con los criterios esquematizados por ZWART (1962 y 1963 a-b) y utilizados después con rendimiento por otros autores (NIJHUIS, 1964; WESTRA, 1969; PUGA, 1970; etc.), los granates de estas rocas pertenecen a una sola generación, si bien ésta presenta cierta amplitud de formación en el tiempo; de ahí que se encuentren:

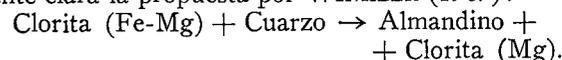
a) Granates en "bola de nieve", sincinemáticos respecto de S_1 alpina;

b) Granates con inclusiones de S_1 , pero todavía ligeramente afectados por ella; esto se hace patente por los halos de "flatening" que las superficies S_1 dibujan alrededor de ellos;

c) Finalmente, algunos se han formado en las postrimerías de la etapa de deformación que ha originado esta esquistosidad; sus características, por lo tanto, son muy próximas a las de formación en un medio estático.

Algunos aspectos de estas relaciones se muestran en las fotografías adjuntas.

En cuanto a las reacciones necesarias para su formación, dada la existencia de los minerales previos y de las evidencias texturales existentes, parece totalmente clara la propuesta por WINKLER (1967):



No obstante, conviene tener en cuenta los resultados de los estudios de HSU (1968) sobre la importancia que reviste para esta reacción el valor de la presión de oxígeno en el medio, u otros factores como los indicados por KEESMANN et al. (1971) y MULLER et al. (1971).

Precisamente los esquemas propuestos por estos últimos autores acerca de la importancia de la existencia y posibilidades de reacción de la materia carbo-

* Dpto. Geotectónica y Geomorfología, Univ. Granada.

** Dpto. Cristalografía y Mineralogía, Univ. Granada.

nosa y las menas metálicas son notablemente útiles aquí; consideraciones análogas podrían explicar que el granate falte en muestras correspondientes a estadios altos de metamorfismo, incluido en el de la distena.

De todas formas, salvo esas escasísimas excepciones, el granate se encuentra presente siempre y las condiciones del medio no parecen haber sido muy variadas; por eso pareció útil tratar de establecer la composición de granates formados en estadios diversos de metamorfismo para ver si, al aumentar las condiciones de P-T, la composición del granate mostraba una tendencia definida.

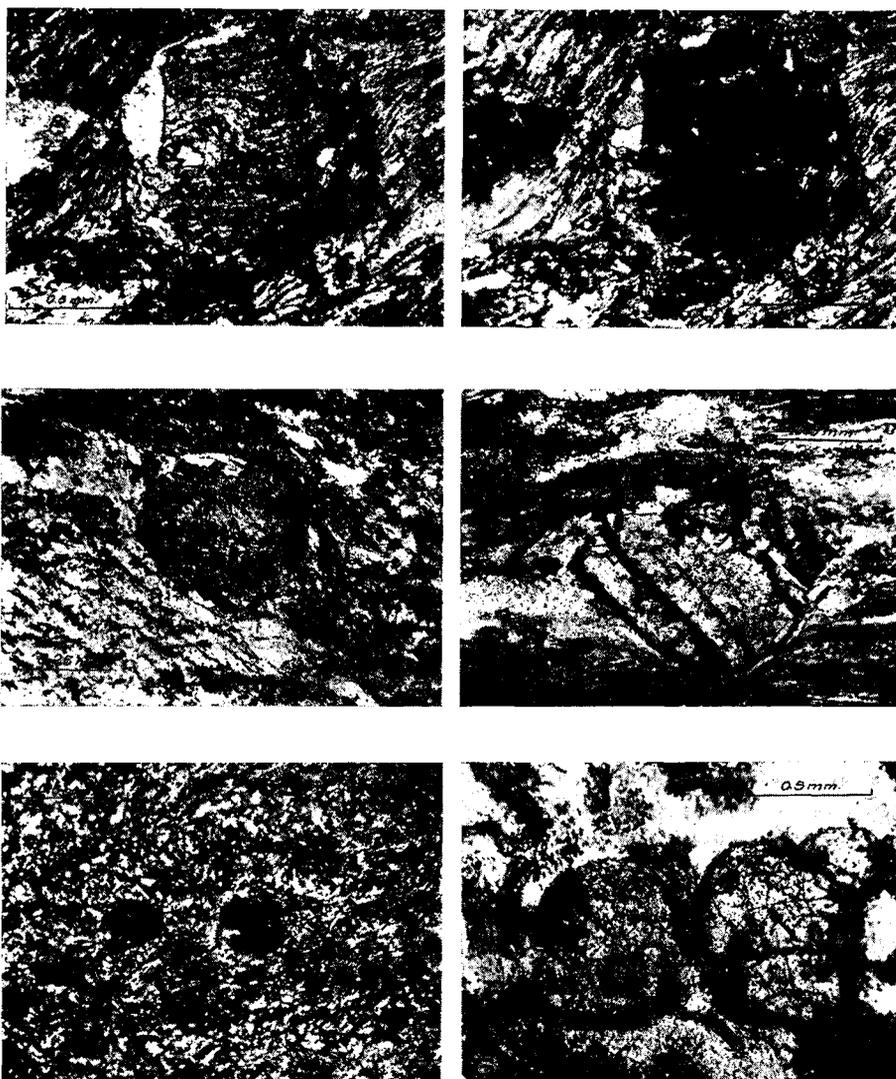
Los resultados de este estudio son los que queremos exponer brevemente en esta nota.

MÉTODO

Los pasos fundamentales han sido:

1. Separación de los granates.
2. Diagrama de polvo y cálculo de "a₀".
3. Medida del índice de refracción.

Las muestras se han tomado atendiendo a dos criterios: que contengan granates de tamaño suficiente como para asegurar la separación en condiciones ade-



LÁM. I. — 1. Muestra RD-VI. Granate con inclusiones orientadas de cuarzo y clorita. Un polarizador. — 2. Idem, con polarizadores cruzados. — 3. Muestra Co-IV. Granate redondeado con aureola de "flattening". Un polarizador. — 4. Muestra Ab-I. Granate hipidiomorfo alterado parcialmente a óxidos de hierro. Un polarizador. — 5. Muestra RD-X. Contexto general de los granates, con aureola de "flattening" muy patente. Polarizadores cruzados. — 6. Muestra RD-X. Detalle de otros granates, con alteración avanzada. Un polarizador.

cuadas para su estudio que se encontraran en rocas de los estadios metamórficos de la biotita, estauroлита y distena fijados por WINKLER (1970), determinados previamente por el estudio microscópico (fig. 1).

1. Para conseguir el aislamiento del mineral problema se trabajó sobre la fracción más rica en granates obtenida por tamizado; en ella se intentó la separación,

es altamente satisfactorio, con un porcentaje generalmente superior al 95 % en granate.

En algunas muestras todavía se llevó a cabo un enriquecimiento final eliminando las impurezas que quedaban manualmente.

2. Con estas muestras se hizo diagrama de polvo, y se utilizó la zona de "back reflection" de la película

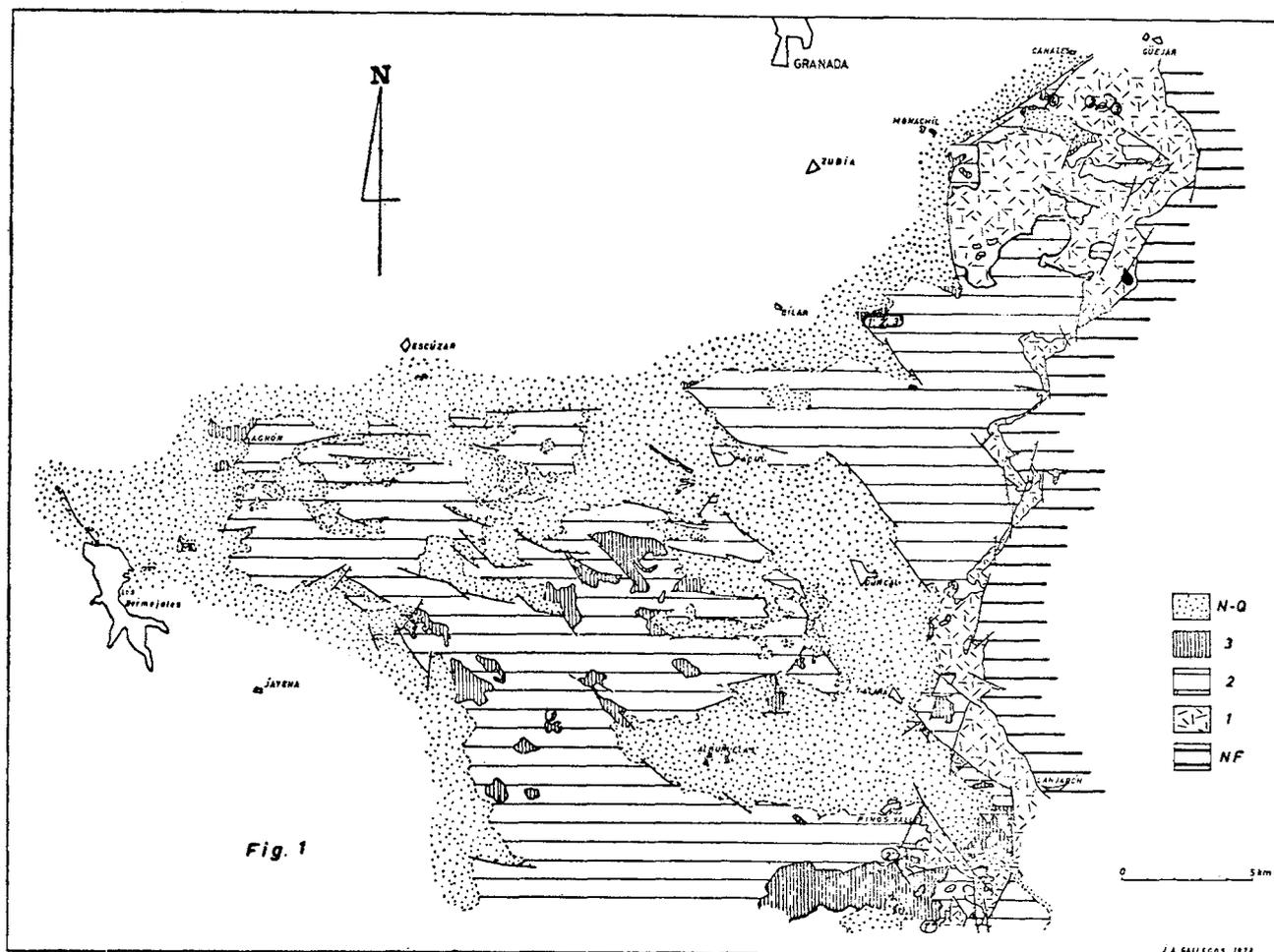


Fig. 1. — Esquema tectónico de unidades. NF: Nevadoflábriides. N-Q: Neógeno-Cuaternario. 1: Manto de Víboras. 2: Manto de Trevenque. 3: Manto de Fuente Piedra.

ción con bromoformo, pero la fracción pesada quedó muy impurificada por clorita y cuarzo.

Debido a ello, una vez quitada con imán la pequeña fracción de magnetita presente en todas las muestras, se enriqueció en granates esta fracción con un separador isodinámico FRANTZ; se operó en las siguientes condiciones:

- Pendiente longitudinal — 15°
- Pendiente transversal — 15°
- Intensidad de campo — 0,4-0,5 A.

El resultado obtenido, al repetir dos veces la se-

para obtener el parámetro "a₀" de la celdilla, empleando los dobletes K_α.

Los resultados obtenidos, tras ajustar la curva por el método de los mínimos cuadrados y extrapolando a un ángulo 2θ de 180°, se muestran en la tabla I.

3. El índice de refracción se ha determinado con líquidos "Cargille" a 25 °C, corregidos después con un microrrefractómetro Zeiss. Los resultados se encuentran también en la tabla I.

Con todos estos datos, y siguiendo a WINCHELL (1958) (citado en DEER et al., 1967) se ha determinado

la composición, para una densidad media que oscila alrededor de 4,25.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados se muestran en la tabla I.

La única crítica que se les puede hacer proviene de la indeterminación en la medida de la densidad, ya que no parecen estar zonados en absoluto (LINTHOUT et al., 1968).

TABLA I
Composición de los granates de la Unidad
"Fuente Piedra"

Muestra		a_0 (\pm 0,004 Å)		Composición
1.	Ab-I	11,60	1,80	Alm ₂₈ Sp ₆₇ Pir ₁₄ And ₃
2.	Co-VI	11,57	1,79	Alm ₃₈ Sp ₄₄ Pir ₁₈ And ₄
3.	Co-III	11,56	1,79	Alm ₃₇ Sp ₈₄ Pir ₂₆ And ₃
4.	Co-IV	11,57	1,82	Alm ₈₀ Sp ₄₀
5. (1')	RD-X	11,57	1,80	Alm ₃₆ Sp ₄₄ Pir ₁₇ And ₄
6. (2')	RD-VI	11,56	1,80	Alm ₄₅ Sp ₃₈ Pir ₁₉ And ₃
7. (3')	RD-VIII	11,56	1,82	Alm ₇₀ Sp ₃₀
8. (1'')	G-GU	11,54	1,825	Alm ₉₀ Sp ₁₀
9. (2'')	G-CV	11,53	1,83	Alm ₁₀₀

La dificultad más obvia que hemos encontrado para hacer una medida más exacta de la densidad está en la existencia de numerosas inclusiones de cuarzo; pero no es menor la evidencia microscópica de su avanzada alteración en muchos casos. No obstante, parece que se han obtenido algunas conclusiones importantes en cuanto a la distribución relativa de la proporción de almandino.

Estas conclusiones se reflejan en las figuras 2 y 3, con lo que se evitan largas descripciones.

En la fig. 2 se representan las composiciones obtenidas, en un diagrama triangular Alm-Spe-Pir; para

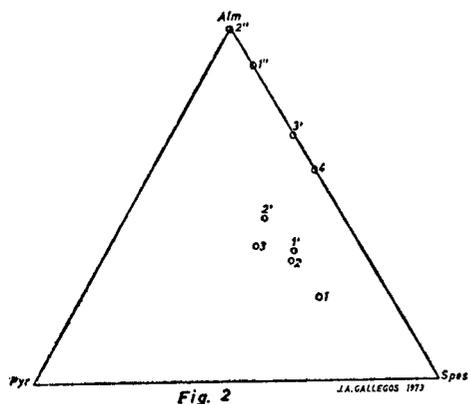


FIG. 2. — Composición de los granates estudiados (el componente Andradita se ha despreciado).

ello se ha excluido el componente Andradita, que es francamente minoritario.

En la fig. 3 se representa el porcentaje de Almandino en función de los estadios metamórficos a que

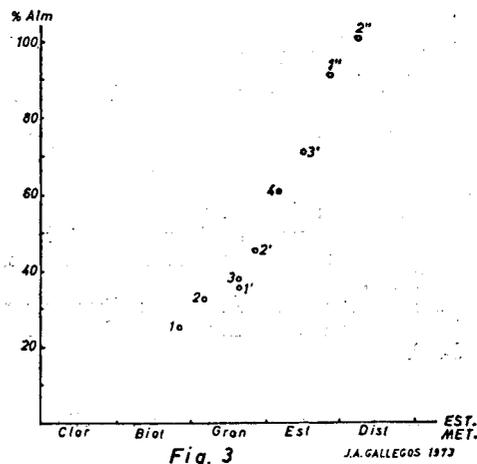


Fig. 3. — Relación entre los estadios metamórficos y el porcentaje de Almandino en los granates estudiados.

pertenecen las muestras. Como se ve, dentro de cada serie (serie 1, serie 1', serie 1''), los resultados son muy coherentes entre sí; pero también hay correspondencia estrecha entre las diferentes series para las muestras del mismo estadio metamórfico.

Llegamos, pues, a conclusiones totalmente conformes con las obtenidas por ENGELS et al. (1960), STURT (1962), MIYASHIRO (1963) y ATHERTON (1965), acerca del desplazamiento hacia el almandino de la composición del granate en condiciones crecientes de metamorfismo.

BIBLIOGRAFIA

- ASTM: Joint Committee on Powder Diffraction Standards (1967). Powder Diffraction File. Philadelphia.
- ATHERTON (1965): The compositions of garnets in regionally metamorphosed rocks. *Contr. of Metam.*, pp. 281-290.
- ATHERTON, M. P. and EDMONDS, W. M. (1966): An electron microprobe study of some garnets from metamorphic rocks. *Eart. Plan. Sc. Let.*, 1, 185-193.
- BETHUNE, P., GOOSSENS, P. et BERGER, P. (1965): Emploi des grenats zonaires comme indicateurs. du degré de metamorphisme. *C. R. Ac. Sc. Paris*, 260, 6.946-6.949.
- CHINNER, G. A. (1961): The origin of sillimanite en Glen Clova, Angus. *J. Petrology*, 2, 312-323.
- CHINNER, G. A. (1965): The kyanite isograd in Glen Clova, Angus, Scotland. *Min. Mag.*, 34, 132-143.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A. and ZUSSMAN, J. (1962): *Rock forming minerals*, v. 1, 77-112.
- ENGELS, A. E. J. and ENGEL, C. G. (1962): Progressive metamorphism of amphibolites Northwest Adirondack Mountain, New York. *Harold and Leonard*, 28-82.
- GALLEGOS, J. A. (1971): Los Alpujarrides al NW de Sierra Nevada (Cordilleras Béticas). Nota preliminar. *Cuad. Geol. Univ. Granada*, 2, 1, 3-14.
- GUIDOTTI, C. V. (1970): The mineralogy and petrology of the

- transition from the lower to upper sillimanite zone in the Oquossoc Area, Maine. *J. of Petrol.*, 11, 277-336.
- KAMAL KANDI (1967): Garnets as indices of progressive regional metamorphism. *Min. Mag.*, 36, 89.
- KEESMAN, I.; MATTHES, S.; SHREYER, W., and SEIFERT, F. (1971): Stability of almandine in the system $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ et delated pressures. *Contr. Min. Petr.*, 31, 132-144.
- LINTHOUT, K. and WESTRA, L. (1968): Compositional zoning in almandine-rich garnets and its relation to the metamorphic history of their host rocks. *Proc Kon. Neder. Akad. Wetens. Sr. B.* 71, 297-312.
- Hsu, L C. (1968): Selected phase relationships in the system Al-Mn-Fe-Si-O-H: a model for garnet equilibria. *J. Petrology*, 9, 40-83.
- MIYASHIRO, A. (1953): Calcium-poor garnet in the relation to metamorphism. *Geomos. et Cosm.*, 4, 179-208.
- MIYASHIRO, A. (1961): Evolution of metamorphic belts. *J. Petrology*, 2, 277-311.
- MULLER, G. and SCHNEIDER, A. (1971): Chemistry and genesis of garnets in metamorphic rocks. *Contr. Min. Petr.*, 31, 178-200.
- NIJHUIS, H. J. (1964): Plurifacial alpine metamorphism in the Southeastern Sierra de los Filabres, South of Lubrin. SE Spain. Tesis. Amsterdam.
- PUGA, E. (1971): Investigaciones petrológicas en Sierra Nevada occidental. Tesis. Granada.
- STURT, B. A. (1962): The composition of garnets from pelitic schists in relation to the grade of regional metamorphism. *J. Petr.*, 3, 2, 181-191.
- TURNER, F. J. *Metamorphic Petrology*. McGraw Hill, 1968.
- WESTRA, G. (1969): Petrogenesis of a composite metamorphism facies series in an intricate... Tesis. Amsterdam.
- WINCHEEL, H. (1958): The composition and physical properties of garnets. *Amer. Miner.*, 43, 595.
- ZWART, H. J. (1962): On the determination of polymetamorphic mineral associations, and its application to the Bosost area (Pirineos centrales). *Geol. Runs.*, 52, 38-64.
- ZWART, H. J. (1963 a): Some exemples on the relations between deformations and metamorphism from the Central Pyrénées. *Geol. en Mijnb.*, 5, 143-154.
- ZWART, H. J. (1963 b): Metamorphic history of the central Pyrénées. Valle de Arán. *Leid. Geol. Med.*, 28, 321-376.

Recibido para su publicación 26 febrero 1974.