

Los granates del tramo del núcleo de la Sierra de los Santos (Córdoba)

POR

F. PEREZ LORENTE

*Departamento de Geología
Colegio Universitario de Logroño*

y **R. ARANA CASTILLO**

*Departamento de Geología
Facultad de Ciencias
Universidad de Murcia*

SUMMARY

The Sierra de los Santos (Sierra Morena, prov. of Córdoba) consists of precambrian and paleozoic materials, essentially chloritic schists, limestones and small outcrops of acid and basic igneous rocks.

The garnets studied in this work are the only relict minerals from the first metamorphism process developed in this area. X-ray, optical and chemical data of these garnets are reported. They correspond to the pirlalpite series; finally, metamorphism conditions having given birth to the garnets are discussed.

1. INTRODUCCION

La Sierra de los Santos está comprendida en la zona de Ossa Morena de Lotze (1945) y de Julivert et al. (1974). En trabajos posteriores se ha discutido la validez de esta división y se definen varios dominios en el sector oriental de la misma (Delgado Quesada et al., 1977), situando el sector estudiado en el dominio de Villafranca de Córdoba-El Vacar.

La estratigrafía del precámbrico de la región se puede sintetizar en base a los datos existentes en la serie que se describe a continuación.



<i>Edad/accidentes</i>	<i>Divisiones</i>	<i>Características</i>
	Granito de El Escribano	Plutonismo complejo.
	Formación de Torreárboles	Arcosas y rocas volcánicas ácidas.
Discordancia	Tramo de Malcocinado	Rocas volcánicas desde ácidas a básicas, resedimentadas o no. Calizas de estromatolitos.
¿Discordancia? 600 m. a.	Tramo de El Encinajejo	Rocas sedimentarias, turbidíticas en la base y de plataforma en el techo.
	Formación de Azuaga	Turbidítica en muchos afloramientos.
Discordancia 1.000-1.200 m. a.	Serie Negra	Abundantes intercalaciones de cuarcitas negras en pizarras de colores muy oscuros.
¿Discordancia? 1.750 m. a.	Gneises de D. ^a Loba	Intrusiones de granitos anatéticos. Migmatización y metamorfismo intenso.
	Tramo de La Albariza	Rocas pelíticas procedentes de sedimentos poco profundos. Intercalación de cuarcitas con distena.
¿2.600 m. a.?	Tramo de las Mesas	Rocas volcánicas básicas submarinas.
	Tramo del Arroyo-Argallón	Arcosas con alguna intercalación de cuarcitas negras.
	Tramo de Sierra Albarrana	Cuarcitas depositadas en plataforma. Hay estructuras sedimentarias de ambientes muy someros.
Discordancia ¿2.600 m. a.?	Tramo del Hoyo	Datos muy dudosos para interpretaciones sedimentológicas.

Es en este tramo del Hoyo en el que se encuentran los granates que a continuación se describen.

En las figuras 1 y 2 se indica, respectivamente, la situación geográfica y geológica del sector estudiado.

2. ESTUDIO MINERALOGICO

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES.

Los granates están contenidos en micasquistos cloriticos grises y oscuros. La composición mineralógica de estas rocas es sencilla:

- Cuarzo; se encuentra esencialmente en los lechos que pudieron ser sedimentarios o producidos por una foliación tardía (quizá s_1). En menor proporción hay cristales de cuarzo formados en dos generaciones posteriores, s_2 y s_3 , paralelos a las respectivas esquistosidades, así como una generación tardía, producida por removilización hidrotermal.
- Plagioclasa sódica; presenta una composición media An_{4-6} y ha crecido con blastesis durante la formación de la esquistosidad s_2 .
- Clorita, variedad penninita, con abundantes inclusiones desorientadas de mena metálica. Debe haberse formado a partir de minerales máficos de generaciones anteriores.
- Epidota, variedad pistacita; presenta un crecimiento blástico y es sincinemática con s_2 . Algunos cristales se han alterado parcialmente a calcita.
- Moscovita y biotita, bien individualizadas y sincinemáticas con la esquistosidad s_2 . La primera es mucho más abundante.
- Minerales accesorios y accidentales, en baja proporción y constituidos por apatito, circón, calcita y menas metálicas.

2.2. DATOS ÓPTICOS.

Los granates presentan en lámina delgada las características de la serie piralspita (terminología de Winchell, 1958), es $declu$, la serie piropo-almandino-espesartita. Son isótropos, coloración rosa pálido, fuerte refringencia y hábito idiomorfo a hipidiomorfo, según el grado de alteración experimentado. En detalle se puede advertir un crecimiento en dos fases, la primera de tipo helicítico, que engloba a la esquistosidad s_1 y la segunda de crecimiento masivo, lo que daría origen a los contornos idiomorfos de los granates. En la fig. 3 se incluyen unos esquemas estructurales realizados sobre microfotografías de láminas delgadas.

Se ha determinado el índice de refracción en numerosos fragmentos de granate por el método de inmersión en líquidos Cargille con luz de Na y a 25 °C. El valor medio obtenido es de $n = 1,795 \pm 0,05$, que corresponde a un término situado entre piropo y almandino.

2.3. DATOS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X.

En la tabla I se indican los resultados del análisis difractométrico —método de polvo— de una muestra enriquecida en granates en la fracción comprendida entre 0,149 y 0,200 mm. Se utilizó para ello un separador isodinámico Frantz L-1, con intensidad de campo de 0,5 amperios, pendiente transversal de 15° y pendiente longitudinal de 13°.

En la tabla I se incluyen sólo las reflexiones correspondientes al granate, ya que en la película aparecen también algunas líneas de cuarzo, clorita y mica; estos minerales son los principales constituyentes de las inclusiones de estos granates, y que, debido a su reducido tamaño, no se han podido sustraer totalmente de la muestra.

A partir de los dobletes $K\alpha_1$ y $K\alpha_2$ en la zona de reflexión de retroceso («back-reflection») se ha determinado el valor de a_0 , tras el ajuste de los puntos por mínimos cuadrados. El parámetro obtenido es de $a_0 = 11,583$ Å, que corresponde asimismo a un término de granate comprendido entre piropo y almandino.

TABLA I
DIAGRAMA DE POLVO DEL GRANATE (*)

Línea	$d(\text{Å})$	I/I_0	(hkl)
1	4.05	10	220
2	2.882	25	400
3	2.568	100	420
4	2.440	5	332
5	2.354	20	422
6	2.257	15	510
7	2.106	15	521
8	2.047	5	440
9	1.879	25	611
10	1.668	20	444
11	1.604	35	640
12	1.538	50	642
13	1.445	10	800
14	1.262	25	842
15	1.220	10	930
16	1.171	15	941
17	1.070	20	10.4.0
18	1.057	5	10.4.2
19	1.024	5	880
20	0.9500	5	12.2.0
21	0.9357	10	12.2.2
22	0.8711	5	12.4.4
23	0.8610	10	12.6.0
24	0.7926	20	14.4.0
25	0.7857	25	14.4.2

(*) Cámara de 114.6 mm \varnothing , radiación $\text{CuK}\alpha$ y filtro de Ni.

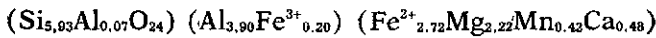
2.4. ANÁLISIS QUÍMICO.

La composición química media de tres análisis de granates se indica en la tabla II. Se utilizaron las fracciones comprendidas entre 50 y 149 micras, previa separación con líquidos densos, elutriación y con separador magnético a fin de reducir al mínimo la presencia de inclusiones.

TABLA II
COMPOSICION QUIMICA DE LOS GRANATES

	%
SiO ₂	38,84
Al ₂ O ₃	21,72
Fe ₂ O ₃	1,80
FeO	21,32
MgO	9,78
MnO	3,30
CaO	2,98
H ₂ O	0,27
TOTAL	100,01

A partir de estos datos se ha calculado la siguiente fórmula mineralógica:



Asimismo, la composición química del granate se puede expresar en moles por ciento con relación a la fórmula ideal de los términos extremos de la serie. Se obtienen de este modo los siguientes valores:

	Moles %
Almandino	45
Andradita	5
Grossularita	6
Piropo	37
Espesartita	7
TOTAL	100

Estos datos están en buena concordancia con los que se deducen de los diagramas de Winchell (1958), en base a los valores del índice de refracción (n), densidad (G) y parámetro de la celdilla unidad (a₀), obtenidas experimentalmente.

3. ASPECTOS GENETICOS

Para conocer el grado de metamorfismo alcanzado en una zona se han utilizado algunos minerales índice, tales como biotita, clorita, almandino, cianita, estauroilita, sillimanita y otros. Engel y Engel (1958) indican que un mineral solo o un par de minerales diadocos cambian progresivamente de composición al aumentar el grado de metamorfismo, con lo que se obtiene un conocimiento más preciso sobre la intensidad alcan-



zada en este proceso. Miyashiro (1953) encuentra, asimismo, una correlación entre el grado de metamorfismo y el contenido de MnO, CaO y FeO en granates pobres en calcio. En este sentido, Sturt (1962) ha confirmado gráficamente la variación continua de (FeO + MgO) y de (CaO + MnO) con el grado de metamorfismo. También encuentra una correlación entre el contenido en CaO del granate y la razón arista unidad/índice de refracción, aunque es dudoso que estos resultados sean aplicables a otras áreas. En general, estos valores son más sensibles a una variación en el grado de metamorfismo que la presencia o ausencia de unos minerales índice.

Al aumentar el grado de metamorfismo el granate formado a partir de rocas pelíticas muestra un incremento definido en MgO y un descenso en CaO, con independencia del contenido en MnO; esto se traduce en una reducción del tamaño de la celdilla unidad.

Nandi (1967) encuentra una buena correlación para el grado de metamorfismo alcanzado en una zona entre el tamaño de la celdilla unidad y la relación $(\text{FeO} + \text{MgO})/(\text{CaO} + \text{MnO})$. Esta relación es hiperbólica y se diferencian una zona de granate, otra de cianita y otra de sillimanita. La relación $(\text{CaO} + \text{MnO})/(\text{FeO} + \text{MgO})$ es lineal, y en la gráfica se delimitan igualmente tres zonas; en este caso los resultados parecen reflejar mejor la variación ocurrida en el grado de metamorfismo, sobre todo en la zona del granate y en la de cianita. Los valores obtenidos para los granates de la sierra de los Santos quedan situados en esta gráfica cerca del límite entre las zonas de granate y cianita.

El término de granate que se ha determinado aparece, en general, en esquistos procedentes del metamorfismo regional de sedimentos arcillosos bajo condiciones muy amplias. El origen primario del granate en estadios de grado bajo puede estar en la clorita, aunque Tillell (1926a) señala que no todas las cloritas presentan una proporción adecuada de FeO/MgO para producir almandino de esta forma.

Cuando el metamorfismo regional es de grado alto, se puede formar almandino a partir de micas, formándose granate y feldespato potásico (Chapman, 1952). La ausencia de este último en los micasquistos estudiados parece indicar que no se dio este proceso en la sierra de los Santos. Por otra parte, la frecuente presencia del término almandino-piropo en rocas afectadas por metamorfismo regional de diversos grados, hace difícil precisar unas condiciones definidas (Deer et al., 1962). Finalmente, por los datos cristalográficos obtenidos y por el estudio de las paragénesis minerales posteriores al granate, parece probable que el metamorfismo sobreimpuesto en estas rocas fue de grado bajo.

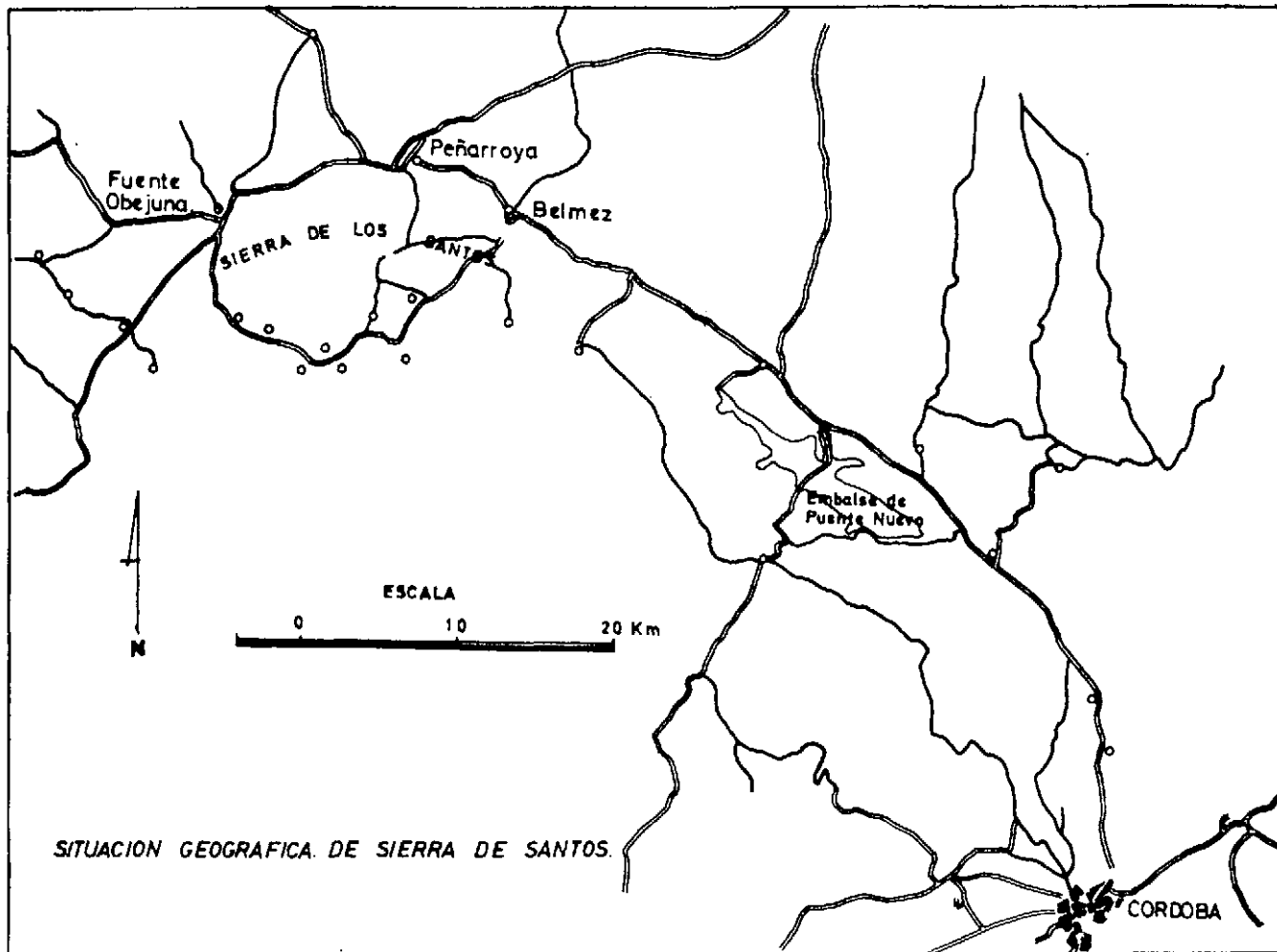


FIG. 1.—Situación geográfica de la zona estudiada.

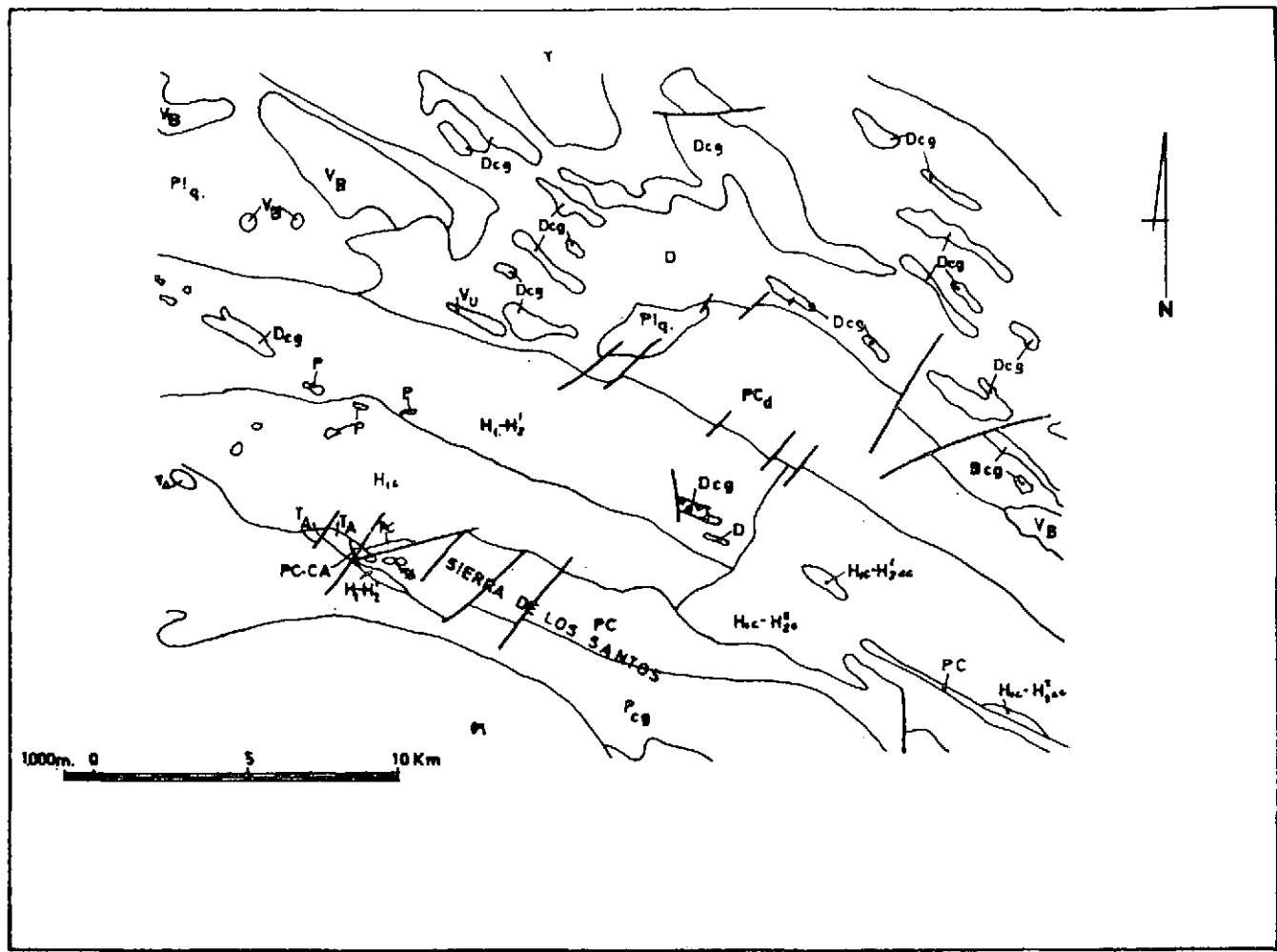


FIG. 2.—Situación geológica, según datos extraídos del IGME (1971). Explicación de los signos: PC, precámbrico indiferenciado; P_{cg}, migmatitas del precámbrico; PC_d, tramo detrítico pizarroso del precámbrico; PC-CA, Cámbrico indiferenciado; D, Devónico indiferenciado; D_{cg}, Devónico-Carbonífero; H₁-H₂, Carbonífero (Culm-Westfaliense) indiferenciado; H_{1c}-H_{2c}, Carbonífero (Dinantiense Westfaliense) calizo; P, pórfidos; V_a, aptitas; V_b, gabros y dioritas; V_u, volcánicas ultrabásicas.

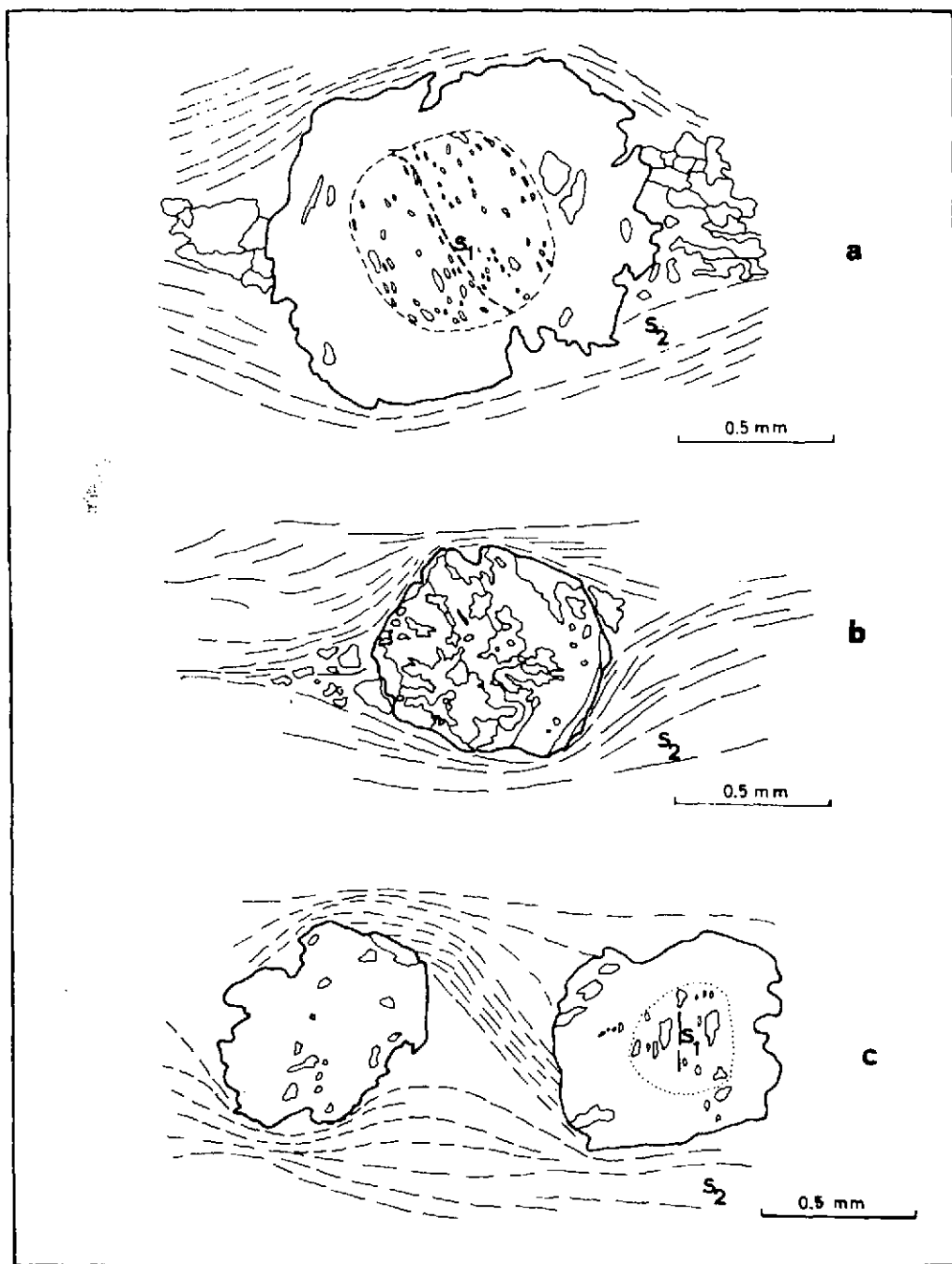


FIG. 3.—Características texturales de los granates.

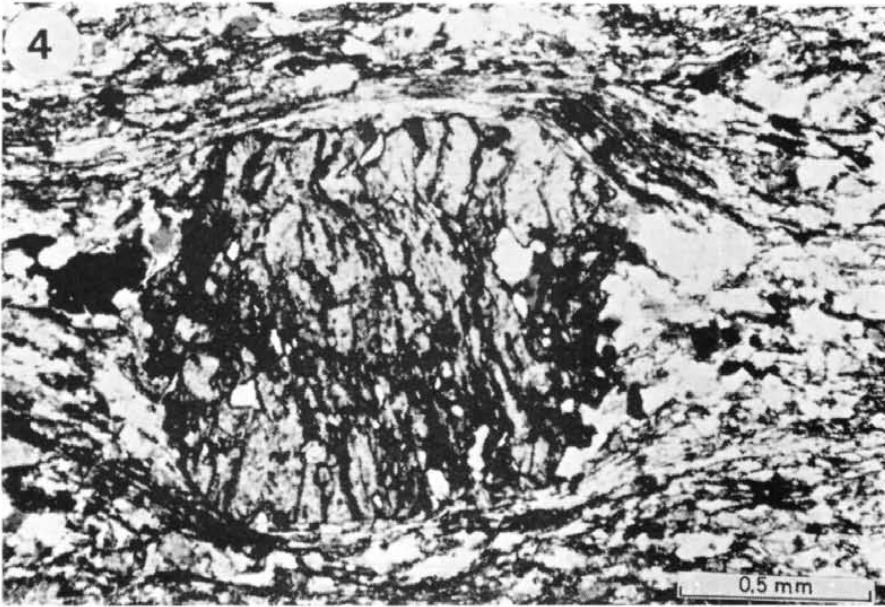


FIG. 4.—Crecimiento helicítico y masivo de un granate Polarizadores a 45°. (Compárese con fig. 3a.)

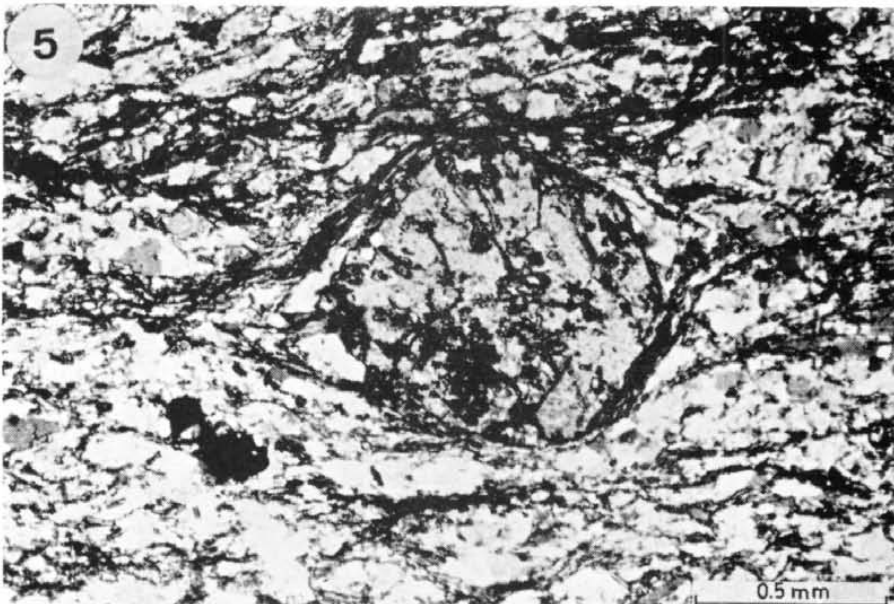


FIG. 5.—Granate hipidiomorfo envuelto por la esquistosidad s_2 . Polarizadores a 45°. (Compárese con fig. 3b.)

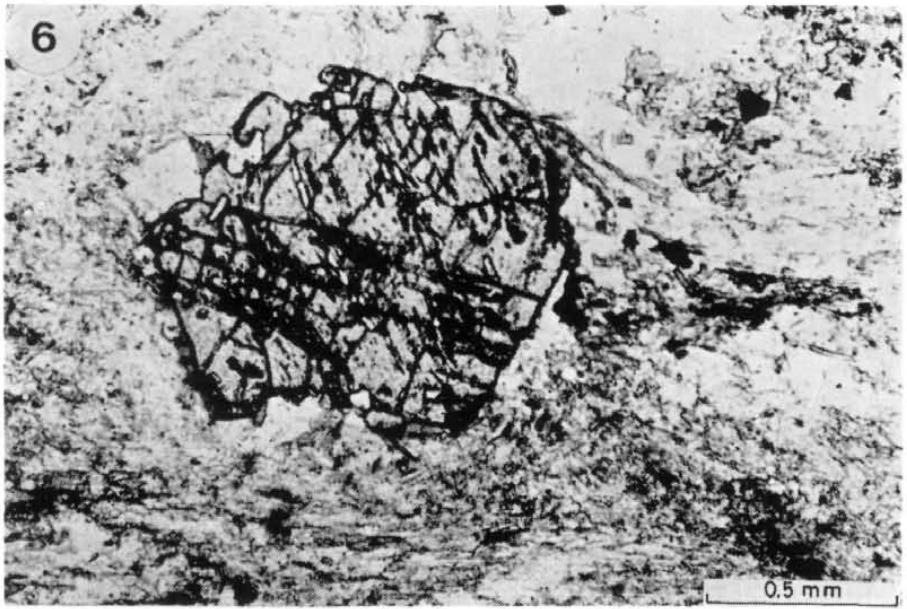


FIG. 6.—Granate hipidiomorfo, con bordes parcialmente corroídos, en el que se advierten numerosas inclusiones y microfracturas. Polarizadores a 45°.

BIBLIOGRAFIA

- CHAPMAN, C. A. (1952), «Structure and petrology of the Sunapes quadrangle, New Hampshire», *Bull. Geol. Amer.*, 63, 381.
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A., and ZUSSMAN, J. (1962), *Rock Forming Minerals*, vol. 1, pág. 381, Longman, London.
- DELGADO QUESADA, M.; LIÑÁN, E.; PASCUAL, E., y PÉREZ LORENTE, F. (1977), «Criterios para la diferenciación de dominios en Sierra Morena Central», *Studia Geol.*, XII, 75-90.
- ENGEL, A. E. J., and ENGEL, C. G. (1958), «Progressive metamorphism and granitization of the major paragneiss, northwest Adirondack Mountains». New York, Part I, total rock, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 69, 1369-1414.
- I. G. M. E. (1971), «Mapa Geológico de España E. 1:200.000. Síntesis de la Cartografía existente, hoja núm. 69 (Pozoblanco)», *Serv. Publ. Min. Industria*, Madrid.
- JULIVERT, V.; FONTBOTE, J. M.; RIBEIRO, A., y CONDE, L. (1974), «Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares», *Serv. Publ. Min. Industria*, Madrid.
- LOTZE, F. (1945), «Zur Gliederung der Varisciden der Iberischen Meseta». *Geotek. Forsch.*, 6, 78-92.
- MIYASHIRO, A. (1953), «Calcium poor garnets in the relation to metamorphism», *Geoch. et Cosmoch. Acta*, 4, 179-208.
- NANDI, K. (1967), «Garnets as indices of progressive regional metamorphism», *Mineral. Mag.*, 36, 89-93.
- PÉREZ LORENTE, F. (1971), *Estudio geológico de la Sierra de los Santos (El Hoyo, Sierra Morena, Córdoba)*, tesis licenciatura Fac. Ciencias Univ. Granada, Mem. inédita.
- PÉREZ LORENTE, F. (1977), «Geología de la zona Ossa Morena al norte de Córdoba (Pozoblanco-Bélmez-Villaviciosa de Córdoba)», tesis, *Secr. Publ. Univ.*, Granada.
- STURT, B. A. (1962), «The composition of garnets from pelitic schists in relation to the grade of regional metamorphism», *Journal Petrol.*, 3, 181-191.
- TILLEY, C. E. (1926a), «Some mineralogical transformations in crystalline schists», *Mineral. Mag.*, 21, 34.
- WINCHELL, A. N. (1958), «The composition and physical properties of garnets», *Amer. Mineral.*, 43, 595.

