



Estudio petrológico de enclaves máficos en granitoides hercínicos del Macizo Hespérico

Petrological study of some dark inclusions in hercynian granitoids from the Hesperian Massif (Spain)

BELLIDO, F.; KLEIN, E.; VERGARA, A. y VILLAR P.

Se estudian algunos enclaves de origen ígneo incluidos en granitoides hercínicos sincinemáticos meso y catazonales situados en la zona Centroeibérica. Esta serie de rocas así como otras similares situadas en áreas próximas, y estudiadas por diversos autores, presentan un notable grado de variabilidad composicional, encontrándose desde tipos fuertemente metaaluminicos a otros peraluminicos, e incluso rocas aberrantes fuertemente subsaturadas y con leucita normativa.

También se observa, a nivel de afloramiento y microscópico, una fuerte heterogeneidad en las estructuras y en las texturas, debido a la superposición de procesos de hibridación y reajustes mineralógicos. Estas transformaciones están además relacionadas en parte con reacciones entre los materiales básicos y los granitoides que las incluyen. En los casos estudiados, la reactividad está realizada por el carácter catazonal de los granitoides, por su riqueza en fase volátil (manifiesta por una considerable proporción de moscovita) y por la imbricación con los procesos metamórficos regionales y la migmatización.

Por otra parte, se estudian rocas de un pequeño cuerpo plutónico básico, intrusivo en un conjunto de metasedimentos de grado medio-alto, próximos a un área de intensa migmatización, y que por sus características pueden corresponderse con algunos de los enclaves básicos incluidos en los granitoides migmáticos inhomogéneos.

Palabras clave: Macizo Hespérico, enclaves máficos, granitoides, Hercínico.

Several dark inclusions of igneous origin from synkinematic meso and catazonal Hercynian granitoids of the Central Iberian Zone are studied. The rocks of this group of inclusions and of similar ones outcropping in adjacent areas, which have been studied by various authors, show a remarkable degree of compositional variability. They range from strongly meta-aluminous to peraluminous types and even unusual undersaturated rocks or rocks with normative leucite are known to exist among them.

Hybridization processes, together with mineralogical readjustments, resulted in a marked textural and structural heterogeneity of the rocks at the scale of an outcrop or under the microscope. Part of these transformations can be related to interaction between the basic material of the inclusions and the enclosing granitoids. In the cases studied, reactivity was enhanced by the catazonal character of the granitoids, their richness in volatiles (as indicated by their considerable amount of muscovite) and their involvement in processes of regional metamorphism and migmatization.

The rocks of a small plutonic outcrop intrusive in medium to high grade metasediments are studied. The chemico-mineralogical characteristics of these rocks suggest that they may be comparable with some of the basic inclusions found in masses of the so-called inhomogeneous migmatitic granitoids.

Key words: Hesperian Massif, dark inclusions, granitoids, Hercynian.

BELLIDO, F.; VERGARA, A.; VILLAR, P. (I. T. G. E.). KLEIN, E. (GEOPRIN, S. A.).

INTRODUCCION

Los enclaves máficos estudiados en este trabajo se encuentran como inclusiones en diferentes tipos de granitoides hercínicos de la Zona Centroibérica, y por sus características mineralógicas y composicionales, presentan peculiaridades, que les diferencian con respecto a los tipos comunes de enclaves microgranudos en estos granitoides. Asimismo, estos enclaves estudiados constituyen un grupo heterogéneo cuya variabilidad obedece en parte a la litología original de los enclaves, y en parte al diferente grado de interacción entre los enclaves y los granitoides, y a la superposición de los procesos metamórficos regionales (migmatización en algunos de los casos).

Algunos de los enclaves estudiados, tienen características composicionales y mineralógicas, que presentan relativa semejanza con enclaves vaugneríticos en granitoides del Macizo Central Francés, y de la región de Muxía-Finisterre, en el noroeste de España. Estos enclaves corresponden en parte a las rocas monzodioríticas y monzoníticas estudiadas por MARTINEZ (1974) en los gra-

nitoides de los Arribes del Duero (Salamanca), así como algunos enclaves sieníticos incluidos en granitos de dos micas de Lumbralles (Salamanca), próximos a la localidad de La Redonda.

Otros de los enclaves corresponden a inclusiones monzodioríticas en algunos de los granitoides migmatíticos-inhomogéneos de la zona de Padrón (La Coruña).

También se estudian las rocas monzoníticas de una pequeña intrusión localizada en metasedimentos de grado alto de la zona de Couso (término municipal de Campo Lameiro), en la provincia de Pontevedra. Esta intrusión está próxima a un área migmatítica, en la que en los granitoides se encuentran enclaves muy similares a los del afloramiento estudiado.

CARACTERISTICAS PETROLOGICAS DE LOS ENCLAVES Y DE LOS GRANITOIDES ASOCIADOS

Entre las inclusiones procedentes de la zona de Salamanca, una de ellas corresponde a un megaenclave de una roca granuda

inequigranular, de grano medio y color grisáceo. La inequigranularidad está determinada por la presencia de láminas finas de biotita de hasta 6 mm que destacan sobre una matriz de grano medio de composición esencialmente feldespática. La mineralogía principal de esta roca está constituida por feldespato potásico, albíta, biotita (flogopítica), anfíbol y algo de cuarzo. Como minerales accesorios se encuentran apatito, titanita y circón. La composición corresponde a una cuarzoesienita.

Estas rocas han sufrido una considerable recrystalización, que se manifiesta principalmente en poligonizaciones de los minerales feldespáticos (Fig. 1), y están incluidas en granitos mesozonales biotítico-moscovíticos con sillimanita accesoria, en la zona de Lumbrales (La Redonda).

Los otros enclaves estudiados en la zona de Salamanca corresponden a rocas máficas con texturas granudas y microgranudas. Estas rocas presentan a menudo notable heterogeneidad, incluso a escala de afloramiento y pueden tener carácter porfídico más o menos marcado, debido a la presencia de fenocristales de anfíbol. La mineralogía principal consta de plagioclasa, anfíbol, biotita (flogopítica), feldespato potásico y cuarzo en escasa proporción. En algunas de estas rocas puede aparecer clinopiroxeno, pero no se encuentra en las muestras analizadas. Entre los minerales accesorios se encuentran: apatito, titanita, allanita, circón, opacos y epidota. Tienen composiciones que varían entre cuarzomonzodioríticas y monzodioríticas.

Con respecto a sus texturas y estructuras, estas rocas tienen una fábrica foliada, con apreciable recrystalización de los feldespatos y del anfíbol fundamentalmente (Fig. 2). Están incluidas en monzogranitos biotítico-moscovíticos con megacristales, de emplazamiento meso-catazonal.

Los enclaves procedentes de la zona de Padrón en Galicia, corresponden a monzodioritas heterogranulares de grano medio, que constituyen inclusiones decamétri-

co-hectométricas en granitoides migmatíticos inhomogéneos. Como minerales principales contienen plagioclasa, biotita (flogopítica), anfíbol y cuarzo, y como accesorios titanita, apatito, allanita, opacos, circón y epidota.

Con frecuencia presentan texturas moteadas, debido a la presencia de agregados de plagioclasa con titanita y corresponden a las Engelburgitas citadas por ARPS *et al.* (1974) (Fig. 3). Estas rocas presentan estructuras groseramente foliadas y están afectadas por intensas recrystalizaciones.

También, por su similitud con enclaves ígneos que se encuentran en granitoides migmatíticos de áreas próximas, se ha estudiado un pequeño cuerpo de monzonitas emplazado en un conjunto de metasedimentos de grado alto en la zona de Couso (Pontevedra). Esta roca tiene una textura granuda foliada, marcadamente heterogranular, con grandes placas de biotita, que pueden alcanzar más de 2 cm. Su mineralogía principal consta de plagioclasa, biotita (flogopítica), anfíbol y cuarzo (en escasa cantidad), y como accesorios contiene titanita, circón, apatito, allanita y opacos. Estas rocas están afectadas por una fuerte deformación y recrystalización, definiéndose estructuras intensamente foliadas.

CARACTERIZACION GEOQUIMICA

En la Tabla 1 figura la composición química mayoritaria de los enclaves estudiados, así como la de otras rocas de características análogas de la zona de los Arribes del Duero, tomados de MARTINEZ (1974) y de rocas de afinidades vaugneríticas de la zona de Muxía-Finisterre, procedentes de GIL IBARGUCHI (1979). También se incluye con fines comparativos, una media de enclaves microgranudos del Sector Oriental del Sistema Central Español, publicada por BARRERA *et al.* (1981).

Los contenidos de SiO₂ de los enclaves estudiados fluctúan en un rango bastante

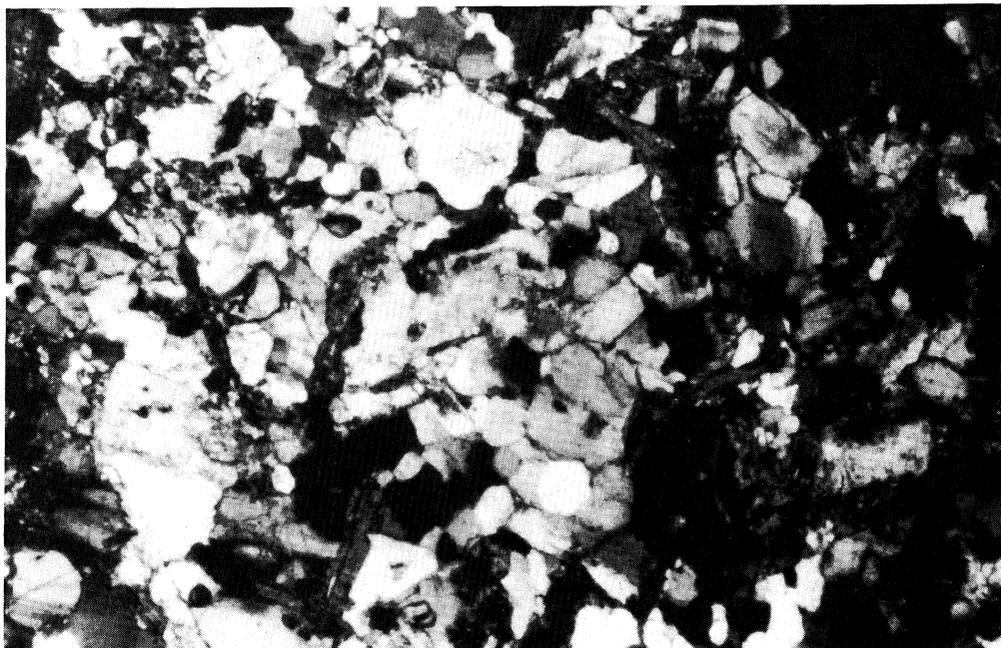


Fig. 1. Base de feldspatos recrystalizados; en enclave sienítico (VA-162) NC X 11.5.

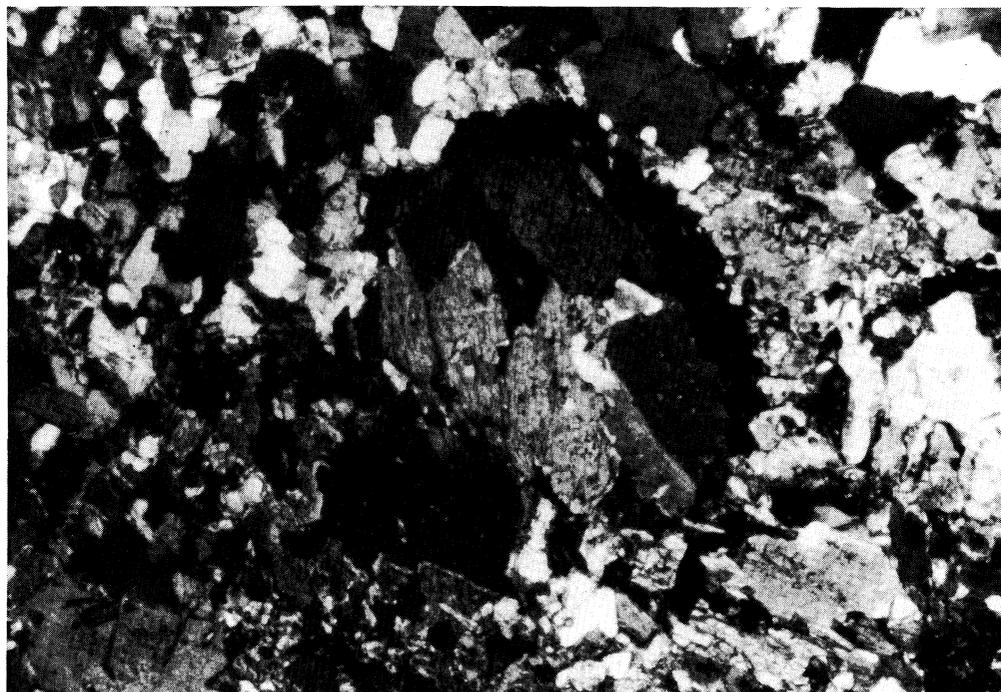


Fig. 2. Cristal subidiomorfo de anfíbol, recrystalizado a un agregado policristalino de anfíboles neoformados; en enclave cuarzomonzodiorítico. NC X 11.5.

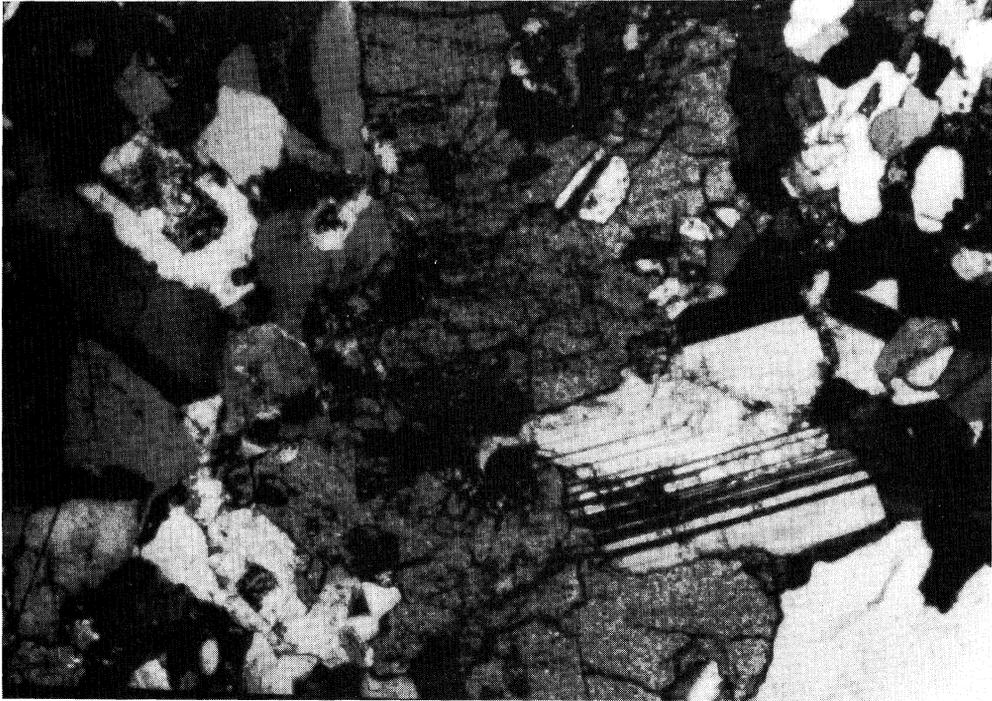


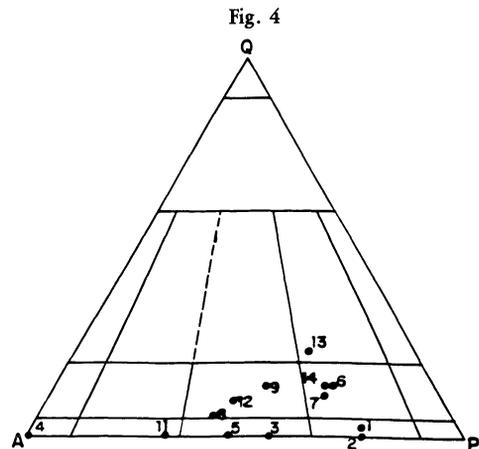
Fig. 3. Granulos de titanita sobre una base policristalina esencialmente plagioclásica; en enclave monzodiorita «engelburgítica» NC X 11.5.

reducido, aunque para la composición química total se aprecian notables variaciones. Así, para el enclave sienítico de la zona de Lumbrales (VA-162) se observa un elevadísimo contenido en K_2O simultáneamente con un alto contenido en MgO , definiendo una clara anomalía de carácter lamproítico.

Para las monzodioritas de afinidad «engelburgítica» (4091, 2072) se observan los contenidos más elevados de Al_2O_3 , con una neta separación con respecto a los otros enclaves estudiados. Asimismo, estas rocas presentan como diferencia frente al resto, unas relaciones Na_2O/K_2O y FeO/MgO mayores que 1.

Atendiendo a la composición mineralógica virtual, calculada a partir de la norma CIPW (Fig. 4), se observa que la mayor parte de los enclaves considerados corresponden a tipos con afinidades monzonitoides (cuarzomonzonitas, monzonitas, monzo-

dioritas y cuarzomonzodioritas), encontrándose algunos tipos sieníticos y una roca aberrante con feldespatoideos.



PROYECCION EN EL DIAGRAMA Q-A-P DE LAS COMPOSICIONES NORMALIZADAS DE LOS ENCLAVES ESTUDIADOS.

TABLA 1
ANÁLISIS DE ENCLAVES MAFICOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Nº de muestra	4.091	2.072	CL-1	VA-162	M-252	15-E	M-272	51-E	13-E	V-7	V-5	208	VF-0	SC-M-x
SiO ₂	53.71	53.85	54.93	56.17	54.81	56.22	57.90	57.98	61.44	45.10	50.70	52.02	62.29	62.09
TiO ₂	1.71	1.70	0.83	1.59	1.01	1.20	1.11	1.11	0.76	1.68	1.72	1.51	0.84	0.91
Al ₂ O ₃	18.40	18.70	11.69	12.05	17.30	17.87	17.71	14.34	17.10	12.68	13.74	15.74	15.41	15.08
FeO	7.34	7.21	7.18	5.19	6.19	7.15	6.60	6.15	5.01	7.12	6.17	5.92	4.73	6.21
MnO	0.09	0.09	0.12	0.08	0.17	0.10	0.13	0.16	0.06	0.13	0.06	0.14	0.06	0.16
MgO	3.75	3.48	11.39	7.20	4.25	3.84	3.61	5.24	1.91	12.07	7.28	7.50	3.73	2.59
CaO	6.43	6.15	4.98	3.70	5.56	6.74	5.69	5.96	3.83	8.71	8.10	5.70	3.92	3.33
Na ₂ O	3.36	3.56	2.39	1.77	2.75	1.90	2.69	1.98	3.08	1.34	0.44	0.62	3.09	4.29
K ₂ O	2.56	2.67	3.56	8.18	5.52	2.81	3.13	5.63	4.90	6.25	5.99	4.53	2.91	3.08
P ₂ O ₅	0.41	0.34	0.41	1.92	0.13	0.27	0.22	0.21	0.34	1.18	1.00	0.68	0.46	0.25
H ₂ O	1.27	1.32	1.60	1.02	1.31	1.08	0.70	0.96	1.18	3.45	3.09	3.50	1.86	1.26
Total	99.03	99.07	99.08	98.87	99.00	99.18	99.49	99.72	99.61	99.71	98.29	97.86	99.30	100.01

NORMA CIPW

Q	1.58	0.93	-----	-----	-----	9.85	8.52	3.63	11.01	-----	-----	5.67	17.16	10.36
Or	15.13	15.78	21.04	48.34	36.62	16.61	18.50	33.27	28.96	12.08	35.40	26.77	17.20	18.20
Ab	28.43	30.13	20.22	14.98	23.27	16.08	22.76	16.76	26.06	-----	3.72	5.25	26.15	36.30
An	27.57	27.17	10.66	0.78	18.57	31.67	26.79	13.62	16.78	10.13	17.83	25.83	16.44	14.99
Ne	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	6.14	-----	-----	-----	-----
Lc	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	19.49	-----	-----	-----	-----
Di	1.37	0.93	9.42	4.71	7.68	-----	-----	13.61	-----	20.36	14.86	-----	-----	0.03
Hy	19.48	21.90	34.46	24.06	6.96	23.39	21.60	19.19	14.32	-----	21.61	32.39	19.54	16.63
Ol	-----	-----	7.69	2.93	10.13	-----	-----	-----	-----	22.03	2.42	-----	-----	-----
Il	3.25	2.17	1.06	2.03	1.29	1.53	1.42	1.42	0.97	3.19	2.19	1.93	1.07	1.73
Ap	0.95	0.79	0.95	4.45	0.30	0.63	0.51	0.49	0.79	2.73	2.32	1.58	1.07	0.53
C	-----	-----	-----	-----	-----	0.10	0.08	-----	0.58	-----	-----	1.08	1.15	-----
I.D.	45.14	46.84	41.26	63.32	55.89	42.54	49.78	53.66	66.03	37.71	39.12	37.69	60.49	64.86

1,2) Enclaves de la zona de Padrón (La Coruña); 3) Afloramiento monzonítico de Couso (Pontevedra); 4) Enclave sienítico de la zona de La Redonda (Salamanca); 5,6,7,8,9 Afloramientos y enclaves del área de los Arribes del Duero (Salamanca. En Martínez 1974); 10,11,12,13 Enclaves de la región de Muxía-Finisterre (La Coruña. En Gil Ibarguchi 1982); 14) Media de enclaves microgranudos del Sistema Central Español (en Barrera et al 1981).

En cuanto al grado de saturación en sílice, en los datos de la norma CIPW (Tabla 1), se observa que la mayoría de estos enclaves, varían entre tipos debilmente saturados con cuarzo libre, a otros próximos al límite de saturación, sin cuarzo, pero con olivino e hiperstena normativos. En el conjunto de enclaves considerados en este trabajo, solo se encuentra una roca con una subsaturación muy elevada (19,49 % de leucita vir-

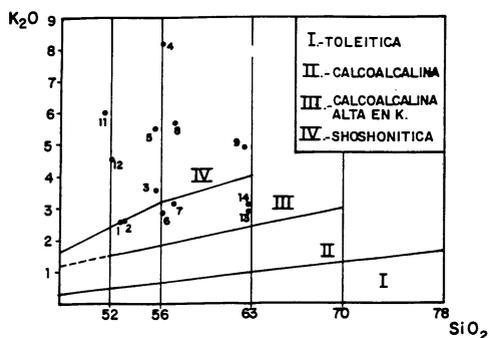
tual). Esta roca corresponde a una de las vaugneritas de la región de Muxía-Finisterre estudiadas por GIL IBARGUCHI (1982) y representa, al igual que la sienita procedente de la zona de Lumbrales, un tipo cuya relación con el resto de enclaves resulta problemática.

Una característica común a este conjunto de enclaves, es el alto contenido en potasio para los contenidos en sílice, llegándose

en algunos caso a valores muy elevados. Asimismo, es bastante frecuente que la relación K_2O/Na_2O sea superior a la unidad. Estos hechos son bastante característicos de series magmáticas de afinidades potásicas, extremo que queda claramente de manifiesto en el diagrama de PECERILLO Y TAYLOR (1976) (Fig. 5), en el que puede observarse que todas estas rocas se proyectan en

(CL-1), que tiene una relación Mg/Ni muy superior y un contenido en Ni mucho más elevado. En cuanto al enclave sienítico de Lumbrales (VA-162), se observa que presenta unos contenidos elevadísimos de Ba y Sr, así como proporciones considerables de Cr y Ni, reflejándose esto último en una baja relación Mg/Ni. Asimismo, esta roca tiene un contenido en Zr muy elevado, típico de rocas evolucionadas a partir de magma básicos alcalinos.

Fig. 5



PROYECCION DE LOS ENCLAVES ESTUDIADOS EN EL DIAGRAMA DE CARACTERIZACION DE SERIES MAGMATICAS OROGENICAS. (SEGUN PECERILLO Y TAYLOR, 1976).

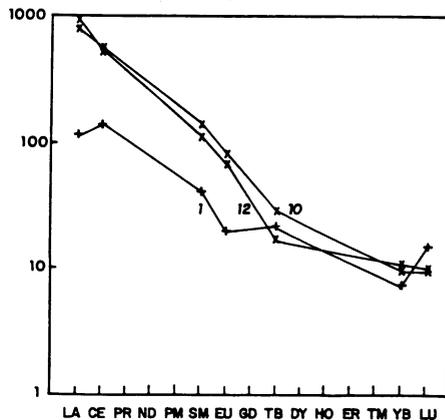
los campos de las series calcoalcalinas altas en potasio y de las series shoshonítica y ultrapotásicas. La presencia de rocas de afinidad shoshonítica entre los denominados precursores básicos, ya ha sido indicada por BEA *et al.* (1984) en su recopilación de datos químicos de granitoides del Macizo Hespérico.

Con respecto a la composición minoritaria, la información existente es menor, ya que únicamente se dispone de datos de algunos de los enclaves estudiados en este trabajo y los valores medios de algunos enclaves microgranudos del Sistema Central Español. Para los enclaves estudiados, se observa que existe una notable disparidad. Así, las monzodioritas de afinidad engelburgítica (4091 y 2072) tienen una notable similitud entre sí, pero son bastante diferentes de la monzonita del cuerpo de Couso

Para este conjunto de enclaves, se observa que la relación K/Rb es en general relativamente elevada y netamente superior a la de los granitos que los incluyen, lo que permite suponer que el aporte metasomático de elementos alcalinos ha debido ser poco importante.

En cuanto, al comportamiento de las tierras raras, solo se dispone de datos de uno de los enclaves de monzodioritas engelburgíticas (N.º 1), y de dos enclaves vaugneríticos de la región de Muxia-Finisterre (N.º 10 y 12), procedentes estos últimos del trabajo de GIL IBARGUCHI *et al.* (1984) (Tabla 2). Los espectros de tierras raras (Fig. 6) ponen de manifiesto notables diferencias entre ambos tipos de enclaves mostrando la mon-

Fig. 6



ESPECTROS DE REE DE ENCLAVES "VAUGNERITICOS" (10,12) Y DE MONZODIORITA "ENGELBURGÍTICA" (NORMALIZACION CONDRICTICA).

TABLA 2

ENCLAVES MAFICOS

(Elementos Traza)

	1	2	3	4	14
	<u>4091</u>	<u>2072</u>	<u>CL-1</u>	<u>VA-162</u>	<u>SC-X</u>
Ba	813	733	1331	5482	381
Rb	128	115	137	304	160
Sr	505	447	468	2094	157
Cr	100	109	751	361	---
Ni	8	7	13	32	14
Y	19	17	18	29	---
Zr	193	234	201	903	201
K/Rb	164.8	191.3	213.9	221.7	---
Ca/Sr	90.9	98.2	76.1	12.6	---
Mg/Ni	2825	1235	5285	1356	---

(MISMAS REFERENCIAS QUE EN TABLA 1)

zodiorita un menor fraccionamiento, con contenidos relativamente similares de tierras raras pesadas, pero bastante inferiores de las ligeras. También, para aquella se detecta la presencia de una ligera anomalía negativa de Eu, que no se manifiesta para nada en las rocas vaugneríticas. Estas últimas, como indican GIL IBARGUCHI, *et al.* (op. cit) tienen unas pautas bastante similares a las de las rocas lamprofídicas. Por otra parte, las vaugneritas consideradas, tienen unos espectros de tierras raras muy similares a pesar de su fuerte diferencia composicional, ya que en un caso se trata de una roca fuertemente subsaturada, con alto contenido de leucita normativa (N.º 10), y en el otro, de una roca con cierto grado de saturación en cuarzo (N.º 12).

MINERALOGIA

Se han analizado biotitas, anfíboles y plagioclasas en los enclaves estudiados en este trabajo, y se dispone también de algunos datos de anfíboles y micas de las vaugneritas de la región de Muxía-Finisterre estudiadas por GIL IBARGUCHI (1979). También se han analizado en algunos casos otros minerales como epidota, allanita, titanita e ilmenita.

Los análisis de los minerales, se han realizado con una microsonda electrónica ARL-SEM2. El potencial analizador utilizado fue de 15 KV y la corriente de sonda de 20 nA. Los patrones empleados fueron albita para el Na, forsterita para Mg y Si, corindón sintético para el Al, andradita para el Ca, anatasa para el Ti, rodonita para el Mn y hematites para el Fe.

Las correcciones para los efectos de número atómico, absorción y fluorescencia se realizaron mediante al programa MAGIC IV.

Para el análisis de la allanita se emplearon como patrones en los casos del Ce, La y Nd los respectivos trifluoruros y en los de Sm y Gd los elementos puros. Las condiciones instrumentales para este mineral fueron de 210 KV y 20 nA.

Los análisis han sido realizados mediante el sistema de dispersión de longitudes de onda.

Los anfíboles (Tabla 3), de acuerdo con los criterios de LEAKE (1978), corresponden a anfíboles de tipo cálcico (clasificación al pie de la tabla). Los anfíboles de los enclaves engelburgíticos (n.º 1, 2 y 2a) son tipos mucho más aluminicos que el resto, y son los que presentan una relación Fe/(Fe + Mg) más elevada. Los anfíboles edeníticos del enclave sienítico de la zona de Lumbrales (n.º 3, 3a y 3b), tienen unas características composicionales bastante dispares con respecto a los del resto de los enclaves, con contenidos muy bajos en aluminio, siendo a su vez los que tienen mayores contenidos en titanio y álcalis.

Las micas de estos enclaves (Tabla 4) son

TABLA 3
ANFIBOLES DE ENCLAVES MAFICOS

	1	2	2a	3	3a	3b	4	4a	5	6	7
	<u>4.091</u>	<u>2.072</u>	<u>2.072</u>	<u>CL-1</u>	<u>CL-1</u>	<u>CL-1</u>	<u>VA-162</u>	<u>VA-162</u>	<u>21.701</u>	<u>21.702</u>	<u>208</u>
SiO2	36.30	39.53	40.99	52.70	49.00	49.99	52.28	51.59	50.43	48.12	54.08
TiO2	0.39	0.31	0.40	0.15	0.35	0.31	1.05	0.59	0.10	0.10	0.41
Al2O3	11.58	10.74	10.51	2.39	4.48	4.80	0.88	1.00	4.31	6.36	3.66
FeO	23.57	24.50	24.58	10.42	12.58	11.65	14.58	14.07	14.10	14.95	8.20
MnO	0.49	0.43	0.51	0.32	0.28	0.32	0.41	0.41	0.14	0.14	0.41
MgO	9.48	8.67	9.01	17.91	16.26	16.08	17.43	18.03	14.57	13.78	17.33
CaO	12.29	12.18	11.81	12.13	11.88	11.42	8.09	11.14	13.41	13.29	12.08
Na2O	1.27	1.29	1.23	0.47	0.94	0.89	2.97	1.41	0.58	0.73	0.54
K2O	1.04	0.53	0.57	0.28	0.43	0.35	1.62	0.74	0.11	0.14	0.16
Total	96.41	98.18	99.61	96.77	96.20	95.81	99.31	98.98	97.75	97.61	96.87

FORMULAS EN BASE A 23-O

Si	5.84	6.19	6.30	7.62	7.26	7.36	7.57	7.48	7.38	7.10	7.69
Al	2.16	1.81	1.70	0.38	0.74	0.64	0.15	0.17	0.62	0.90	0.31
Ti	----	----	----	----	----	----	0.11	0.06	----	----	----
Al	0.04	0.18	0.20	0.03	0.04	0.19	----	----	0.12	0.21	0.30
Ti	0.05	0.04	0.05	0.02	0.04	0.03	----	----	0.01	0.01	0.04
Fe	3.17	3.21	3.16	1.26	1.56	1.43	1.77	1.71	1.72	1.85	0.97
Mn	0.07	0.06	0.07	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.02	0.02	0.05
Mg	1.67	1.51	1.52	3.65	3.32	3.31	3.18	3.24	3.13	2.91	3.64
Mg	0.60	0.51	0.54	0.21	0.27	0.22	0.58	0.66	0.04	0.12	0.03
Ca	2.12	2.04	1.94	1.88	1.88	1.80	1.26	1.73	2.10	2.10	1.84
Na	----	----	----	----	----	----	0.16	----	----	----	0.13
Na	0.40	0.39	0.37	0.13	0.27	0.25	0.67	0.40	0.16	0.21	0.02
K	0.21	0.11	0.11	0.05	0.08	0.07	0.30	0.14	0.02	0.03	0.03
Fe/Fe+Mg	0.58	0.61	0.60	0.25	0.30	0.29	0.32	0.30	0.35	0.38	0.21

1,2) Pargasitas ferrosas; 2a) Hornblenda pargarítica ferrosa; 3,7) Actinolitas;
3a, 3b, 5) Hornblendas actinolíticas; 4) Edenita silicea; 4a) Edenita; 6) Magnesio-hornblenda (21701, 21702).

TABLA-4
MICAS DE ENCLAVES MAFICOS

	1	2	3	4	4'	5	5'	6	6'	7
	4.091	2.072	CL-1	VA-162	VA-162	21.701	21.701	21.702	21.702	208
SiO ₂	36.39	36.20	35.52	38.43	38.46	36.39	38.08	35.61	35.16	38.76
TiO ₂	3.43	3.34	2.66	4.34	3.87	2.83	2.38	2.47	2.99	2.65
Al ₂ O ₃	15.98	16.15	14.33	10.61	9.77	15.39	15.76	15.47	14.82	16.48
FeO	18.83	20.30	16.77	18.12	17.39	17.96	17.91	18.61	17.75	11.73
MnO	0.25	0.28	0.19	0.17	0.12	0.10	0.09	0.10	0.10	0.42
MgO	11.31	10.71	16.31	15.05	15.02	12.22	12.36	12.89	12.84	15.90
CaO	0.03	0.05	0.38	0.21	0.36	----	----	0.10	0.06	0.38
Na ₂ O	0.02	0.02	0.37	0.25	0.30	0.05	0.10	0.04	0.03	0.28
K ₂ O	10.16	10.27	8.37	9.38	9.02	10.58	10.36	10.31	10.47	9.65
Total	96.40	97.32	94.90	96.56	94.31	95.52	97.04	95.60	94.22	96.25

FORMULAS EN BASE A 22-O

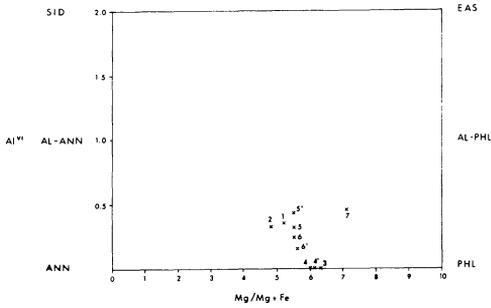
Si	5.50	5.46	5.39	5.78	5.90	5.55	5.67	5.45	5.45	5.64
AlIV	2.50	2.54	2.56	1.88	1.77	2.45	2.33	2.55	2.55	2.36
AlVI	0.35	0.33	0.00	0.00	0.00	0.32	0.44	0.24	0.16	0.46
Ti	0.39	0.38	0.30	0.49	0.45	0.32	0.27	0.28	0.35	0.29
Fe	2.38	2.56	2.13	2.28	2.23	2.29	2.23	2.38	2.30	1.43
Mn	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05
Mg	2.55	2.41	3.69	3.37	3.43	2.77	2.74	2.94	2.97	3.44
Ca	0.00	0.01	0.06	0.03	0.06	0.00	0.00	0.02	0.01	0.06
Na	0.01	0.01	0.11	0.07	0.09	0.01	0.03	0.01	0.01	0.08
K	1.96	1.98	1.62	1.80	1.76	2.06	1.97	2.01	2.07	1.79
Fe/Fe+Mg	0.48	0.52	0.37	0.40	0.39	0.45	0.45	0.45	0.44	0.48

términos dentro de la serie annita-flogopita en las que de forma casi general predomina el Mg sobre el Fe. Su clasificación y variabilidad composicional pueden apreciarse en la figura 7. Los aspectos composicionales más destacables están representados por el bajísimo contenido de Al de las micas del enclave sienítico (n.º 4 y 4'), así como por la

marcada separación de la mica de la vaugnerita de Muxía-Finisterre (n.º 7), que corresponde a un tipo netamente más flogopítico.

Las plagioclasas analizadas (Tabla 5), corresponden en la mayoría de los casos a tipos de basicidad intermedia (andesina-labradorita), con la excepción de la procedente del enclave sienítico (VA-162-a, b), que es un

Fig. 7



PROYECCION DE LAS MICAS DE LOS ENCLAVES Y ROCAS ESTUDIADOS EN EL DIAGRAMA ANNITA-FLOGOPITA-SIDEROFILITA-EASTONITA.

tipo albítico bastante puro y con contenidos en Fe relativamente altos.

Los feldespatos potásicos (Tabla 6) del enclave melasieníticos (VA-162-a, b) tienen contenidos bajos en Na (aprox. 10 % de albita) y proporciones de Fe relativamente elevadas.

La epidota es un accesorio cuya aparición no es infrecuente en estas rocas. El mineral analizado (Tabla 7) corresponde a una pistacita que se encuentra en los enclaves de tipo engelburgítico. Por sus relaciones texturales parece bastante posible que se haya formado en relación con recrystalizaciones

TABLA 5
PLAGIOCLASAS DE ENCLAVES MAFICOS

			a	b	a	b		
	4.091	2.072	CL-1	VA-162	VA-162	21.701	21.701	21.702
SiO ₂	57.85	57.29	58.70	69.12	68.93	59.70	58.10	53.79
Al ₂ O ₃	26.02	26.61	23.72	18.69	18.15	25.71	26.51	28.74
Fe ₂ O ₃	0.12	0.13	0.27	0.66	0.40	0.01	0.04	0.09
CaO	9.81	9.84	8.19	0.11	0.17	7.84	9.21	11.29
Na ₂ O	6.40	6.08	7.16	11.17	11.37	7.36	6.89	5.17
K ₂ O	0.04	0.06	0.25	0.35	0.21	0.02	0.02	0.02
Total	100.24	100.01	98.29	100.10	99.23	100.64	100.77	99.10

FORMULAS EN BASE A 32-O

Si	10.37	10.29	10.70	12.07	12.14	10.59	10.35	9.80
Al	5.50	5.63	5.10	3.85	3.77	5.38	5.57	6.17
Fe+3	0.02	0.02	0.04	0.09	0.05	0.00	0.01	0.01
Ca	1.88	1.89	1.60	0.02	0.03	1.49	1.76	2.20
Na	2.22	2.12	2.53	3.78	3.88	2.53	2.38	1.83
K	0.01	0.01	0.06	0.08	0.05	-----	-----	----

TABLA 6
FELDESPATO K DE ENCLAVES MAFICOS

	a	b
	VA-162	VA-162
SiO ₂	65.47	65.50
Al ₂ O ₃	17.54	17.86
Fe ₂ O ₃	0.61	0.74
CaO	0.04	0.00
Na ₂ O	1.22	1.09
K ₂ O	15.19	14.84
Total	100.07	100.03

FORMULAS EN BASE A 32-O

Si	12.07	12.05
Al	3.81	3.87
Fe+3	0.08	0.10
Ca	0.01	----
Na	0.44	0.39
K	3.57	3.48

inducidas por la migmatización sobre estas rocas, que constituyen «resisters» en los granitoides migmatíticos.

La allanita es un accesorio bastante común. Se ha realizado un análisis de este mineral (Tabla 7) en un enclave cuarzomonzodiorítico de la zona de los Arribes del Duero, debido a la circunstancia favorable de que en este caso, el mineral presenta escasa transformación secundaria. Se trata de una variedad en la que el Ce es el elemento predominante entre las tierras raras, encontrándose también contenidos apreciables de La, Nd y Pr.

Las titanitas analizadas en las rocas engelburgíticas (Tabla 7) son variedades completamente comunes, que no presentan al nivel analítico considerado ninguna peculiaridad de interés, y los minerales opacos analizados en estas rocas son ilmenitas.

En la figura 8, se han representado las relaciones $Fe/(Fe+Mg)$ en biotitas y anfíboles coexistentes en estos enclaves, obser-

vándose que en la mayoría de los casos se ajusta bastante bien a una recta, correspondiendo los puntos más alejados de la recta a los pares minerales de las rocas engelburgíticas. Estas desviaciones con respecto al resto del conjunto podrían ser debidas a reajustes inducidos por los procesos de migmatización regional, ya que estos enclaves se encuentran como relictos en granitoides migmatíticos.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

El conjunto de rocas estudiado, corresponde a una serie de tipos peculiares de enclaves plutónicos en los granitoides del Macizo Hespérico, que presentan diferencias relativamente acusadas con respecto a los enclaves microgranudos granodiorítico-cuarzodioríticos más comunes. La tipología de los granitoides en que se encuentran estos enclaves es bastante amplia, ya que como se ha referido previamente pueden estar incluidos en granitoides biotíticos con moscovita y megacrístales, granitos de dos micas y granitoides migmatíticos. Por otra parte, es muy común tanto en los casos considerados como en otras áreas de la Zona Centroeibérica, que los afloramientos de grandes encla-

Fig. 8

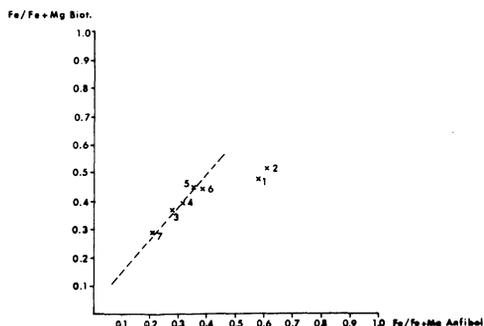


DIAGRAMA $Fe/(Fe+Mg)$ EN BIOTITAS Y ANFÍBOLES DE ENCLAVES MAFICOS

TABLA 7
MINERALES DE ENCLAVES MAFICOS

<u>EPIDOTA</u>		<u>ALLANITA</u>		<u>TITANITA</u>		<u>ILMENITA</u>			
<u>4091</u>		<u>21701</u>		<u>4091</u>	<u>2072</u>	<u>4091</u>			
SiO2	37.38	SiO2	26.69	SiO2	30.30	29.41	TiO2	50.87	
TiO2	0.21	TiO2	2.55	TiO2	41.24	40.98			
Al2O3	23.38	Al2O3	15.06	Al2O3	2.08	2.23			
Fe2O3	14.24	Fe2O3	----						
		La2O3	4.76						
		Ce2O3	10.95						
		Pr2O3	1.00						
		Nd2O3	3.12						
		FeO	18.67	FeO	1.32	1.49	FeO	46.39	
MnO	0.16	MnO	0.42	MnO	0.05	0.07	MnO	2.86	
MgO	-----	MgO	1.43	MgO	0.02	----	MgO	0.12	
CaO	21.35	CaO	11.44	CaO	25.82	25.80			
Na2O	-----	Na2O	-----	Na2O	0.02	0.03			
<hr/>		<hr/>		<hr/>		<hr/>		<hr/>	
Total	96.72	Total	96.09	Total	100.85	100.01	Total	100.124	
<u>FORMULA 13-0</u>		<u>FORMULA 13-0</u>		<u>FORMULA 20-0</u>		<u>FORMULA 6-0</u>			
Si	3.00	Si	2.64	Si	3.91	3.84			
Ti	0.01	Ti	0.19	Ti	4.00	4.02	Ti	1.95	
Al	2.21	Al	1.75	Al	0.32	0.34			
Fe	0.86	Fe	----						
		La	0.17						
		Ce	0.40						
		Pr	0.04						
		Nd	0.11						
		Fe	1.54	Fe	0.14	0.16	Fe	1.97	
Mn	0.01	Mn	0.04	Mn	0.01	0.01	Mn	0.12	
Mg	----	Mg	0.21	Mg	----	----	Mg	0.01	
Ca	1.83	Ca	1.21	Ca	3.57	3.60			
Na	-----	Na	----	Na	----	0.01			

ves máficos y ultramáficos, aparezcan en zonas en que el episodio metamórfico hercínico de bajas presiones alcanza un grado considerable, con procesos de migmatización acompañantes.

En lo que respecta a la intrusión de los magmas básicos que originaron estos enclaves, se encuentran con relativa frecuencia evidencias a nivel de afloramiento, de procesos de hibridación y mezcla con las rocas huesped. Esto pone de manifiesto que aquellos magmas, deben haberse inyectado en los granitoides cuando estos se encontraban sin consolidar y con un considerable grado de plasticidad. Por otra parte, la presencia en áreas de metasedimentos, de pequeños cuerpos básicos, de características análogas a las de enclaves incluidos en los granitoides inhomogéneos de zonas colindantes, pone de manifiesto que estos magmas también constituyeron algunas intrusiones independientes.

Otro hecho bastante común, lo constituye la frecuente aparición entre este conjunto de rocas intermedias y básicas, de tipos con afinidades potásicas, entre los que se encuentran las vaugneritas. Estas rocas de afinidades potásicas, se encuentran en general mejor representadas en relación con los granitoides de emplazamiento meso-catazonal.

La frecuencia de asociación de estos magmas básicos «singraníticos», con áreas metamórficas de elevados gradientes, podría ser un indicador de la aproximación de masas básicas de alta temperatura que elevarían el gradiente regional y reforzarían los procesos de fusión de materiales corticales y generación de granitoides.

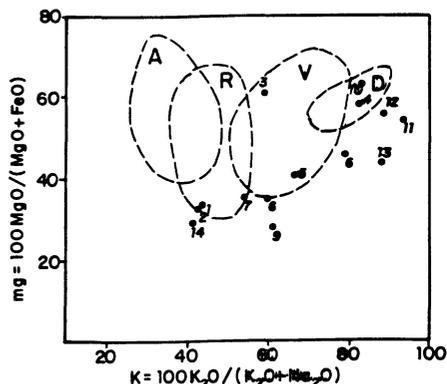
Las características geoquímicas de estos magmas básicos e intermedios, son indicativas de que deben haberse formado a partir de zonas de manto fértiles, enriquecidas en elementos incompatibles, con posterior generación en niveles superiores, de tipos intermedios a favor de procesos de hibridación.

La caracterización geoquímica de los en-

claves y rocas básicas considerados, correspondería en parte, como se ha indicado previamente, a tipos magmáticos que según los criterios de PECCERILLO Y TAYLOR (1976) son asimilables a series calcoalcalinas altas en K y a series shoshoníticas y ultrapotásicas. No obstante, los espectros de tierras raras de las rocas vaugneríticas estudiadas por GIL IBARGUCHI *et al.* (1984), tienen una configuración más afín a la de rocas lamprofídicas, con mayor fraccionamiento entre tierras raras ligeras y pesadas. Los espectros de tierras raras de estas vaugneritas, son diferentes a los de las monzodioritas engelburgíticas, que presentan menores fraccionamientos, y contenidos más bajos de tierras raras ligeras.

La comparación de las rocas estudiadas con las rocas vaugneríticas y afines estudiadas por SABATIER (1991), permite apreciar un cierto grado de semejanza con ellas. Así, en el diagrama $100 \times \text{MgO}/(\text{FeO} + \text{MgO}) - 100 \times \text{K}_2\text{O}/(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ (Fig. 9) se observa que los enclaves considerados en este trabajo se proyectan solo en parte en los campos de aquellas rocas. No obstante, se observa que rocas completamente análogas, se sitúan indistintamente en campos vaugneríticos o afines o en zonas externas próximas, lo que permite considerar que los cam-

Fig. 9



PROYECCION DE LOS ENCLAVES Y ROCAS ESTUDIADAS EN EL DIAGRAMA MG-K DE SABATIER (1991). (A-APPINITAS, R-REDWITZITAS, V-VAUGNERITAS, D-DURBACHITAS).

pos composicionales de estas rocas deben ser algo más amplios que los establecidos por SABATIER (1991).

Al considerar la variabilidad existente para esta serie de enclaves, en la que se aprecian al mismo tiempo una serie de características comunes (riqueza simultánea en elementos compatibles e incompatibles, anomalía positiva en K y Mg, carácter potásico) o diferenciales (distintas abundancias y espectros de tierras raras distinta saturación en SiO_2 y Al_2O_3), no se puede descartar la presencia en este conjunto, tanto de rocas relacionadas con magmas de afinidades ultrapotásicas como con magmas calcoalcalinos altos en potasio y shoshoníticos. Este tipo de convergencias puede observarse en áreas con magmatismo reciente, como por ejemplo en la zona volcánica del SE de España LOPEZ RUIZ Y RODRIGUEZ BADIOLA (1980). Esta sería en parte la razón de la coexistencia entre distintos tipos de enclaves microgranudos en granitoides, ya que si bien la génesis de todas ellas obedece a mecanismos similares de disrupción y mezcla de inyecciones de magmas básicos en magmas graníticos, los enclaves corresponderían a distintas tipologías de magmas básicos potásicos.

Por otra parte aunque las características

mineralógicas son bastante similares y se observan convergencias en cuanto a la naturaleza de micas y anfíboles, en muchos casos se aprecia que parte de la mineralogía ha sufrido fuertes recrystalizaciones. Este hecho resulta muy ostensible en los enclaves estudiados, que en algunos casos han sido afectados por los procesos regionales de recrystalización. Esto es particularmente patente en el caso del anfíbol, que puede estar fuertemente poligonizado y que en ocasiones pseudomorfiza a anfíboles o piroxenos preexistentes. Muy posiblemente, parte de la titanita, se ha formado en estos procesos de reajuste, en los que el excedente de titanio de los ferromagnesianos previos, se asocia con parte del calcio de las plagioclasas, que en su recrystalización se adaptan a composiciones estables en condiciones anfíbolíticas. Estos reajustes del contenido en titanio, es posible que también se hayan producido para las micas flogopíticas, ya que los contenidos de este elemento son en general moderados a bajos, mientras que las flogopitas de los lamprófidos y rocas ultrapotásicas son con frecuencia ricas en TiO_2 . Análogamente, la epidota aparece en algunas de estas rocas, está asociada a reajustes y reequilibrio a condiciones isofaciales con los granitoides y el conjunto metamórfico regional.

BIBLIOGRAFIA

- ARPS, C. E. S., DE PABLO, J. G. y RODRIGUEZ ARANGO, R. F. (1981). Titanite speckled diorite (Engelburgite), an aberrant co magmatic member of the Variscan calcalkaline granite series in the Hesperian Massif of Western Galicia (NW Spain). *Cuad. Lab. Xeol. Laxe* 2.
- BARRERA, J. L., BELLIDO, F. y PEINADO, M. (1981). Variaciones mineralógicas y químicas de enclaves microgranulares de los granitoides tardihercínicos del Sistema Central Español. *Cuad. Geol. Ibérica* 7, 219-234.
- BEA, F., SANCHEZ, J. C. y SERRANO PINTO, M. (1987). Una compilación geoquímica (elementos mayores) para los granitoides del Macizo Hespérico. En *Geología de los granitoides y rocas asociadas del macizo Hespérico*. Editorial Rueda, Madrid, 542 p.
- GIL IBARGUCHI, J. I. (1980). Las vaugneritas de la región de Finisterre (Galicia, NW de España). Probables productos de magmas anatócticos residuales. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe* 1, 21-32.
- GIL IBARGUCHI, J. I. (1982). Metamorfismo y plutonismo en la región de Muxía-Finisterre (NO de España). *Corpus Geologicum Gallaeciae*, 2.ª Ser I, 255 p.
- GIL IBARGUCHI, J. I., BOWDEN, P. and WHITLEY, J. E. (1984). Rare earth element distribution in some Hercynian granitoids from the Finisterre region NW Spain. *Jour. Geol.* 9, 397-416.
- LEAKE, B. E. (1978). Nomenclature of amphiboles. *Amer. Miner.* 63 (1023-1053).
- LOPEZ RUIZ, J. y RODRIGUEZ BADIOLA, E. (1980). La región volcánica neógena del sureste de España. *Est. Geol.* 36, 7-63.
- MARTINEZ, F. J. (1974). Estudio del área metamórfica y granítica de los Arribes del Duero (Provincias de Salamanca y Zamora). *Cuad. Geol. Univ. Oviedo* 7, 3-141.
- PECCKERILLO A. and TAYLOR, S. R. (1976). Geochemistry of Eocene Calc-Alkaline volcanic rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.* 58, 63-81.
- SABATIER, H. (1991). Vaugnerites: Special lamprophire-derived mafic enclaves in some Hercynian granites from Western and Central Europe. In enclaves and granite petrology. J. Didier and B. Barbarin Eds. *Developments in Petrology* 13. Elsevier.

Recibido, 27-V-92

Aceptado, 26-VIII-92