

Relaciones isotópicas de δO_{18} en el ambiente plutónico metamórfico del Sistema Central Español (Sector Somosierra-Guadarrama)

Por A. APARICIO (*);
Y. A. BORSHEVSKI (**); S. L. BORISOVA (**); I. NOVITSKY (**); y L. GARCÍA CACHO (*)

RESUMEN

Por primera vez en el Sistema Central se han hecho determinaciones isotópicas de oxígeno sobre rocas plutónicas, enclaves y rocas porfiroblásticas (augen) del ciclo Hercínico. Los datos obtenidos indican el origen paraderivado de estas formaciones, confirmando el carácter híbrido (I+S) de las rocas plutónicas.

ABSTRACT

δO_{18} Isotopic relations has been determined in plutonic rocks, enclaves and augen rocks of Hercynian age. The results shows its sedimentary origin, and the hybrid character (I+S) of plutonic rocks.

INTRODUCCION

El Sistema Central Español se caracteriza por encontrarse asociados una serie plutónica de rocas granodioríticas-adamellíticas, a una secuencia de rocas sedimentarias pelíticas con edades que abarcan desde el Cámbrico al Devónico, y que está afectada por un metamorfismo regional de gradiente variable. El plutonismo y metamorfismo se consideran sincrónicos con la deformación e incluidos en el ciclo Hercínico (APARICIO et al., 1977). Como resultado de la interacción de la roca plutónica sobre la roca metamórfica se generan enclaves dentro de la propia roca granítica o bien facies de rocas híbridas resultantes de un fuerte proceso de granitización sobre la roca caja metamórfica (APARICIO y GALÁN, 1978, 1980; APARICIO y GARCÍA CACHO, 1982).

Para el estudio isotópico de este sector se han seleccionado aquellas litofacies que presentaban una mayor divergencia interpretativa en cuanto a su petrogénesis, como corresponden a las facies

de textura «augen» de esquistos, neises y migmatitas y a los enclaves de tipo microgranular tan frecuentes en las rocas plutónicas.

Respecto a las rocas porfiroblásticas (augen) son frecuentes los autores que las consideran como derivadas de rocas volcánicas de composición ácida, haciéndolas corresponder al Precámbrico, total o parcialmente (NAVIDAD, 1975, 1978, 1979; NAVIDAD y PEINADO, 1977, 1981; NAVIDAD y LÓPEZ RAMOS, 1981; FÓSTER et al., 1981; CAPOTE y FERNÁNDEZ CASALS, 1975; CAPOTE et al., 1977; CAPOTE et al., 1982; CAPOTE et al., 1983; etc.). Otros autores, por el contrario, las consideran el resultado de un proceso de metamorfismo o granitización sobre rocas edimentarias pelíticas (APARICIO y GARCÍA CACHO, 1970; APARICIO et al., 1975; APARICIO y GALÁN, 1979, 1980; APARICIO y GARCÍA CACHO, 1982; SÁNCHEZ CELA y APARICIO, 1982).

Aunque datos estructurales (APARICIO et al., 1979 a), metamórficos (APARICIO, BELLIDO, 1976; APARICIO et al., 1979 b; APARICIO y GARCÍA CACHO, 1982), estratigráficos (APARICIO et al., 1975 a) y mineralógicos (LÓPEZ RUIZ et al., 1978, 1980, etc.) apuntaban a un origen sedimentario para el material original de las facies augen, el tema es de gran

(*) Departamento de Geología (M. N. C. N.), C. S. I. C. José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 MADRID.

(**) Instituto de la Litosfera (Moscú), Academia de Ciencias de la URSS.

interés para la interpretación del hercínico Ibérico, pues estas facies son igualmente abundantes en el resto del Macizo (Galicia y Extremadura), en donde son consideradas también por la mayoría de los autores que han trabajado en estas áreas, como representativas de facies volcánicas pertenecientes al Precámbrico, llegándose a establecer una continuidad en las mismas desde Galicia, pasando por Zamora (Puebla de Sanabria), Segovia (Honrubia) y Sistema Central, con zonas muy extensas, teóricamente enterradas bajo sedimentos terciarios.

El otro tipo de formaciones estudiadas corresponden a enclaves microgranulares sin estructura definida y tamaño y formas variables que aparecen incluidas en las rocas granodioríticas-adamellíticas, no sólo de este sector del Sistema Central, sino en todo el área plutónica Hercínica, y que han sido interpretadas de forma diversa, bien como restos de rocas sedimentarias pelíticas o margosas metamorfozadas incluidas por el granito (APARICIO et al., 1975 b), o bien, como opinan la mayor parte de los autores, considerarlas restos de materiales plutónicos básicos (precursores básicos) infracrustales tomados por las rocas plutónicas graníticas en su ascenso y que pudieran ser el origen por fusión cortical de las rocas granodioríticas-adamellíticas (BARD et al., 1970; CAPDEVILLA et al., 1973; FÚSTER et al., 1981; BARRERA et al., 1981, etc.).

Dadas las convergencias petrogenéticas existentes entre las formaciones augen y las rocas plutónicas se seleccionaron una serie de muestras en afloramientos conocidos de los sectores metamórficos del Sistema Central (zona oriental), junto a varios enclaves y rocas plutónicas del batolito del Sistema Central en orden a buscar la petrogenesis de estas formaciones y determinar el carácter I o S de estos granitos (BARRERA et al., 1981; APARICIO et al., 1983).

COMPOSICIÓN MINERAL Y QUÍMICA

En la figura 1 se han representado esquemáticamente las diferentes facies de rocas aquí analizadas, junto a la localización de las muestras cuya clasificación, composición mineral y localidad aparecen también reflejadas en la tabla 1.

Igualmente, en la tabla 2 se ha representado la

composición química de cada una de las muestras así como algunos valores de parámetros indicativos. En las figuras 2 y 3 se han representado el conjunto de rocas, independientemente de su clasificación, en el triángulo AFM y sus relaciones sílice-óxidos. Del análisis global se extrae, para el conjunto de las rocas plutónicas su inclusión en la serie calcoalcalina del Sistema Central (APARICIO et al., 1975 b, 1983), presentando los enclaves una evolución paralela a la de la roca granítica. Las muestras de esquistos y series porfiroblásticas (augen) presentan una evolución similar a la de las rocas plutónicas, lo cual resulta lógico teniendo en cuenta su génesis por un proceso de granitización en materiales sedimentarios (APARICIO y SÁNCHEZ CELA, 1982).

RELACIONES ISOTÓPICAS

Las determinaciones de δO_{18} fueron realizadas en el laboratorio de Geología Isotópica del ILSAN (Academia de Ciencias de la URSS), con un equipo de espectroscopía MASS Varian MATT-250, utilizando los métodos de xenon-fluoride con la separación de oxígeno (como O_2) de minerales y rocas. Se utilizó el patrón internacional NBS-28.

Los resultados están reflejados en la tabla 3, en donde, por grupos de rocas, se obtienen valores entre +9,2 y +7,6 por 1.000 para los esquistos porfiroblásticos, entre +11,6 por 1.000 y +7,0 por 1.000 para los enclaves, de +10,4 por 1.000 y +7,25 por 1.000 para las granodioritas-adamellíticas y de +7,6 por 1.000 y +7,0 por 1.000 para las anfibolitas, indicando, para todas las litologías muestreadas un origen paraderivado. Así, los neises y esquistos porfiroblásticos, entre los que se han incluido facies significativas como las series de La Berzosa, Lozoya (Morcuera), Riaza, Santa María de la Alameda, Hiendelaencina y esquistos de Gascuña y Cardoso, presentan valores determinativos de un origen paraderivado, alcanzándose máximos de +11,5 por 1.000 (Lozoya) y +11,6 por 1.000 (Berzosa). En este mismo orden de valores se encuentran las anfibolitas de los dos sectores analizados (ambas aparecen incluidas como macroenclaves en las rocas graníticas), que manifiestan también antecedentes sedimentarios, hecho que había ya sido indicado en anteriores trabajos (APARICIO et al., 1975 b; APARICIO y SANTOS, 1984).

En la secuencia de rocas plutónicas valores en-

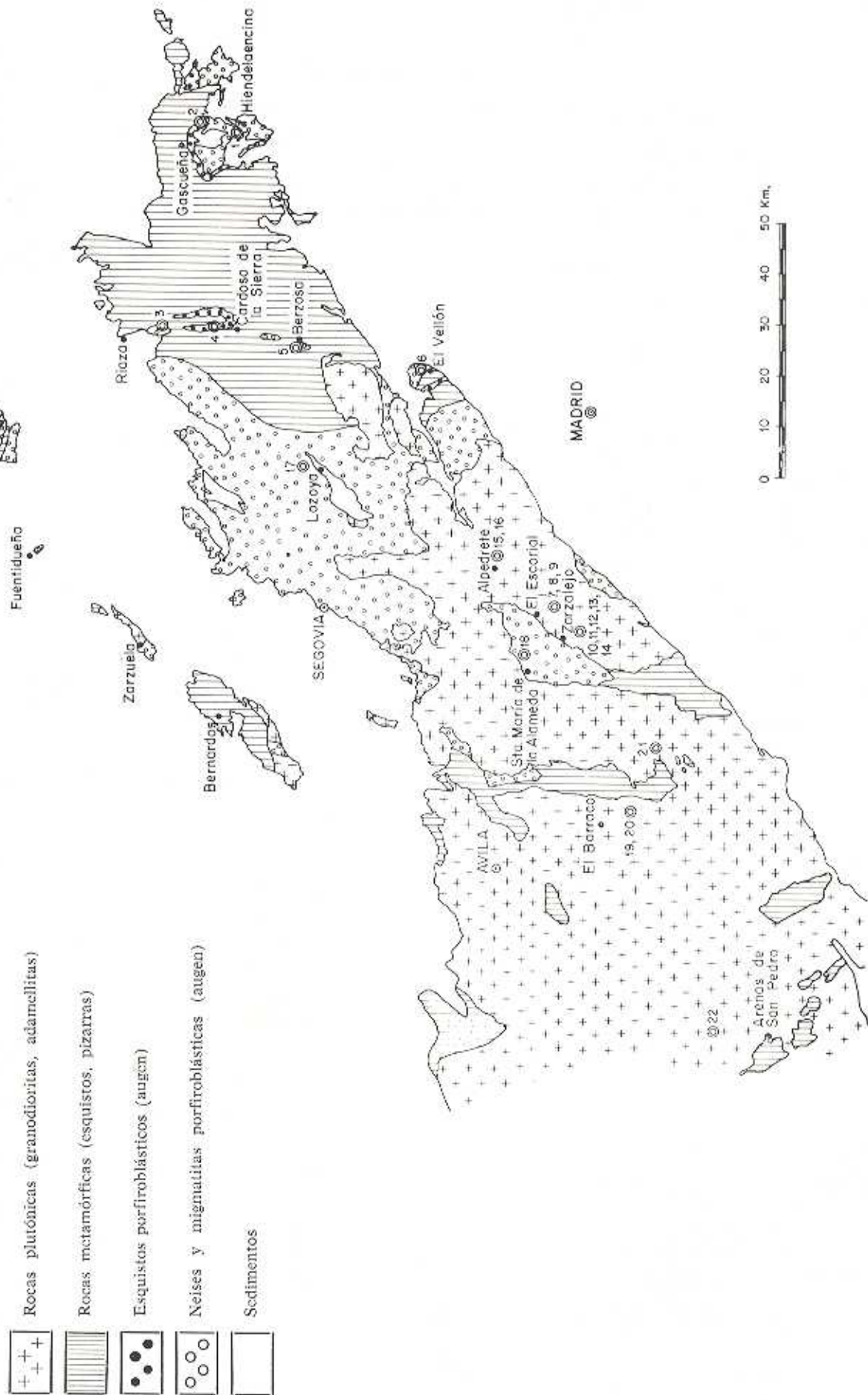


Figura 1.—Esquema geológico del Sistema Central Español (Sector Somosierra-Guadarrama) y localización de las muestras de la Tabla I.

TABLA 1
Composición mineral y localización de las muestras estudiadas

Muestras	Cuarzo	Plagioclasa	Feldespato	Biotita	Moscovita	Sillimanita	Cordierita	Esfena	Apatito	Opacos	Circón	Corindón	Anfibol	Allanita	Olivino	Piroxeno
1	x	x	x	x	x				x	x						
2	x	x	x	x	x				x	x						
3	x	x	x	x	x				x	x	x					
4	x	x	x	x	x				x	x	x					
5	x	x	x	x	x				x	x	x					
6	x	x	x	x	x				x	x	x					
7	x	x	x	x					x	x	x					
8	x	x	x	x					x	x	x					
9	x	x	x	x					x	x	x					
10	x	x	x	x					x	x	x					
11	x	x	x	x					x	x	x					
12	x	x	x	x				x	x	x				x		
13	x	x	x	x					x	x						
14	x	x	x	x					x	x						
15	x	x	x	x	x				x	x	x					
16	x	x	x	x					x	x	x					
17	x	x	x	x		x	x		x	x	x	x				
18	x	x	x	x	x				x	x	x	x				
19	x	x	x	x		x			x	x	x					
20	x	x	x	x					x	x	x		x			
21	x	x	x	x					x	x	x		x	x		
22		x		x						x			x		x	x

1. Neis porfiroblástico (augen). Hiendelaencina (Guadalajara).
2. Esquisto porfiroblástico (augen). Gascuña (Guadalajara).
3. Neis porfiroblástico (augen). Riofrío de Riaza (Segovia).
4. Esquisto porfiroblástico (augen). Cardoso (Guadalajara).
5. Neis porfiroblástico (augen). Berzosa de Lozoya (Madrid).
6. Neis porfiroblástico (augen). El Vellón (Madrid).
7. Granodiorita-adamellita. El Escorial (Madrid).
8. Enclave microgranular. El Escorial (Madrid).
9. Enclave microgranular. El Escorial (Madrid).
10. Granodiorita-adamellita. Zarzalejo (Madrid).
11. Enclave microgranular. Zarzalejo (Madrid).
12. Enclave microgranular. Zarzalejo (Madrid).
13. Enclave microgranular. Zarzalejo (Madrid).
14. Enclave microgranular. Zarzalejo (Madrid).
15. Adamellita. Alpedrete (Madrid).
16. Enclave microgranular. Alpedrete (Madrid).
17. Neis porfiroblástico (augen). Lozoya del Valle (Madrid).
18. Neis porfiroblástico (augen). Santa María de La Alameda (Avila).
19. Granodiorita-adamellita. El Barranco (Avila).
20. Enclave microgranular. El Barraco (Avila).
21. Anfibolita. El Tiemblo (Avila).
22. Anfibolita. El Arenal (Avila).

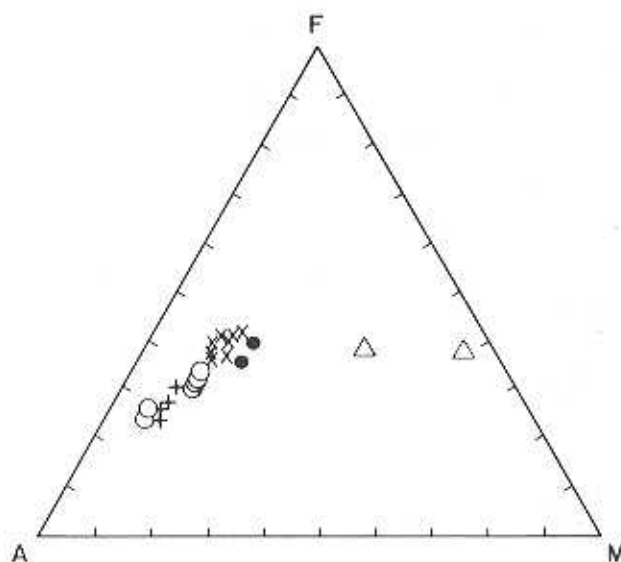


Figura 2.—Diagrama AFM sobre el que se han proyectado tanto las rocas plutónicas y sus enclaves como las facies porfiroblásticas (augen) y anfibolitas.

TABLA 2
Composición química de las rocas estudiadas

	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	68,05	64,16	69,50	66,84	73,82	72,50	69,04
TiO ₂	0,46	0,50	0,45	0,54	0,24	0,32	0,42
Al ₂ O ₃	15,75	16,85	15,01	15,65	13,45	13,48	14,64
Fe ₂ O ₃	1,31	1,27	0,90	0,55	0,43	0,39	0,55
FeO	3,15	4,47	3,24	4,73	2,07	2,78	2,93
MnO	0,05	0,07	0,05	0,09	0,03	0,02	0,05
MgO	1,62	2,56	1,48	2,65	0,81	0,86	1,15
CaO	1,12	1,73	1,16	1,93	0,80	0,86	2,84
Na ₂ O	2,83	2,77	2,50	3,07	2,92	3,19	2,93
K ₂ O	4,56	3,47	4,33	3,60	4,54	5,19	5,03
P ₂ O ₅	0,19	0,16	0,18	0,18	0,16	0,15	0,16
H ₂ O	0,85	1,64	0,99	0,01	0,41	0,28	0,01
TOTAL	99,94	99,65	99,79	99,84	99,68	100,02	99,75

	8	9	10	11	12	13	14	15
SiO ₂	67,00	67,63	67,18	66,55	65,17	63,39	65,93	70,68
TiO ₂	0,54	0,50	0,38	0,47	0,52	0,55	0,55	0,36
Al ₂ O ₃	15,25	15,31	14,73	14,65	15,68	16,11	15,85	14,12
Fe ₂ O ₃	0,70	0,51	0,41	0,92	0,06	0,67	0,57	0,06
FeO	4,44	3,83	3,28	3,27	4,76	4,66	4,45	2,44
MnO	0,09	0,07	0,06	0,07	0,08	0,09	0,08	0,05
MgO	1,57	1,49	1,23	1,45	1,44	2,07	1,75	0,94
CaO	3,93	4,05	2,96	3,86	4,03	4,58	4,62	2,90
Na ₂ O	3,81	3,74	2,81	3,37	3,76	3,29	3,43	3,20
K ₂ O	2,31	2,27	4,57	2,61	2,42	2,37	2,17	3,56
P ₂ O ₅	0,21	0,16	0,16	0,14	0,19	0,21	0,23	0,15
H ₂ O	0,09	0,32	2,11	2,54	1,80	1,64	0,44	1,05
TOTAL	99,94	99,88	99,88	99,90	99,92	99,63	100,07	99,51

	16	17	18	19	20	21	22
SiO ₂	65,68	71,03	71,55	69,42	65,11	55,10	46,25
TiO ₂	0,52	0,40	0,24	0,44	0,56	0,54	0,44
Al ₂ O ₃	16,06	14,57	14,39	14,41	15,70	17,20	8,46
Fe ₂ O ₃	0,30	0,15	0,03	0,16	0,66	0,54	6,96
FeO	3,96	3,38	3,39	2,98	4,71	5,59	7,08
MnO	0,08	0,05	0,04	0,05	0,10	0,12	0,17
MgO	1,79	1,42	1,36	1,01	1,87	6,11	20,60
CaO	5,29	1,15	0,96	2,63	4,00	9,34	4,70
Na ₂ O	3,49	2,25	2,26	3,33	3,89	2,49	1,02
K ₂ O	1,97	4,11	4,23	4,45	2,31	1,12	0,92
P ₂ O ₅	0,15	0,19	0,18	0,16	0,20	0,12	0,07
H ₂ O	0,60	1,04	1,04	0,55	0,75	1,66	2,95
TOTAL	99,89	99,74	99,67	99,59	99,86	99,93	99,62

TABLA 2 (Continuación)

NORMA C.I.P.W.	1	2	3	4	5	6	7
O	28,02	24,76	32,13	24,21	35,58	29,43	23,67
Or	26,95	20,50	25,59	21,27	26,83	30,67	29,72
Ab	23,96	23,45	21,16	25,99	24,72	27,00	24,80
An	4,32	7,54	4,58	8,40	2,92	3,29	11,94
C	4,58	5,77	4,53	3,62	2,66	1,41	—
Den	—	—	—	—	—	—	0,40
Dfs	—	—	—	—	—	—	0,53
En	4,03	6,38	3,69	6,60	2,02	2,14	2,68
Fs	4,04	6,46	4,56	7,51	3,11	4,29	4,04
Mt	1,90	1,84	1,30	0,80	0,62	0,57	0,80
Il	0,87	0,95	0,85	1,03	0,46	0,61	0,80
Ap	0,44	0,37	0,42	0,42	0,37	0,35	0,37
ID	78,92	68,71	78,88	71,47	87,12	87,10	78,20

	8	9	10	11	12	13	14	15
Q	22,81	24,21	23,27	25,07	20,16	19,57	22,66	29,46
Or	13,65	13,41	27,00	15,42	14,30	14,00	12,82	21,04
Ab	32,25	31,66	23,79	28,53	31,83	27,85	29,03	27,09
An	17,69	18,28	13,64	17,14	18,75	21,35	21,42	13,41
C	—	—	0,16	—	—	0,31	0,01	0,09
Den	0,15	0,27	—	0,43	—	—	—	—
Dfs	0,22	0,37	—	0,48	—	—	—	—
En	3,84	3,59	3,06	3,41	3,59	5,16	4,36	2,34
Fs	6,73	5,72	5,17	4,34	7,98	7,26	6,94	3,93
Mt	1,01	0,74	0,59	1,33	0,09	0,97	0,83	0,09
Il	1,03	0,95	0,72	0,89	0,99	1,04	1,04	0,68
Ap	0,49	0,37	0,37	0,32	0,44	0,49	0,53	0,35
ID	68,71	69,29	74,06	69,02	66,29	61,43	64,51	77,59

	16	17	18	19	20	21	22
O	22,02	35,66	35,97	24,36	19,50	6,21	—
Or	11,64	24,29	25,00	26,30	13,65	6,62	5,44
Ab	29,54	19,05	19,13	28,19	32,93	21,08	8,63
An	22,34	4,46	3,59	11,23	18,54	32,45	15,79
C	—	4,78	4,78	—	0,01	—	—
Den	1,10	—	—	0,25	—	7,00	5,00
Dfs	1,35	—	—	0,41	—	3,67	0,58
En	3,95	3,54	3,39	2,40	4,66	11,97	32,70
Fs	5,59	5,51	5,88	4,49	7,36	7,20	4,36
Fo	—	—	—	—	—	—	11,41
Fa	—	—	—	—	—	—	1,68
Mt	0,43	0,22	0,04	0,23	0,96	0,78	10,09
Il	0,99	0,76	0,46	0,84	1,06	1,03	0,84
Ap	0,35	0,44	0,42	0,37	0,46	0,28	0,16
ID	63,20	78,99	80,09	78,84	66,08	33,91	14,07

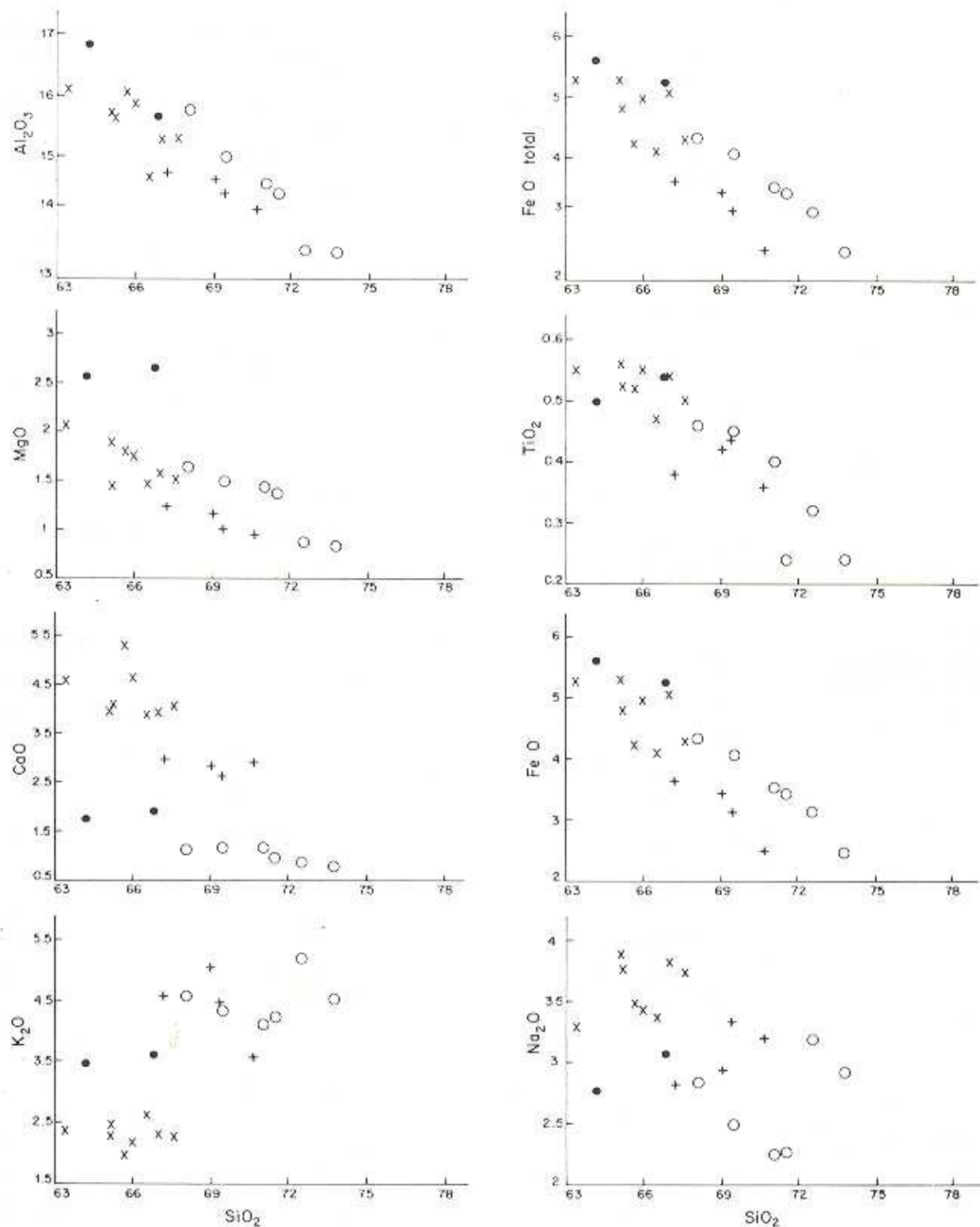


Figura 3.—Relaciones sílice/óxidos para las rocas analizadas (excepto anfibolitas).

- Migmatitas y neises porfiroblásticos (augen)
- Esquistos porfiroblásticos (augen)
- + Granodioritas-adamellitas
- × Enclaves en granodioritas-adamellitas

TABLA 3
Relaciones isotópicas δO_{18} en rocas del Sistema Central

Muestra	δO_{18} media $\times 1.000$ (SMOW)
1	+ 7,6
2	+ 7,6
3	+ 7,2
4	+ 9,2
5	+11,6
6	+ 4,2
7	+10,4
8	+ 7,1
9	+ 7,55
10	+ 7,8
11	+10,6
12	+ 7,65
13	+ 7,0
14	+ 7,3
15	+ 7,7
16	+ 8,05
17	+11,5
18	+ 6,9
19	+ 7,25
20	+ 7,9
21	+ 7,0
22	+ 7,6

tre +10,4 por 1.000 y +7,25 por 1.000 confirman su génesis en la corteza superior y su ascendencia paraderivada (TAYLOR, 1985; HARMON et al., 1984, etcétera). La fuerte correlación con los valores obtenidos en los enclaves microgranulares de +10,6 por 1.000 y +7,0 por 1.000 incide también en la fuerte relación genética de granitos y enclaves, bien considerando los enclaves microgranulares como resultado de un proceso de asimilación de las formaciones metamórficas, o como relictos de un proceso anatéxico; aunque la masiva abundancia de estos enclaves en la proximidad de zonas de contacto, apoya más fuertemente la primera posibilidad. En la clasificación de los granitos de este sector como tipo S o I, APARICIO et al. (1983), basándose en consideraciones de tipo geoquímico, indicaron el carácter híbrido I+S de ellos, los valores de δO_{18} obtenidos vienen a confirmar este dato (O'NEIL y CHAPPELL, 1977; MARGARITZ et al., 1978; LEE et al., 1982; etc.). La proximidad y superposición de los valores encontrados establece una cierta relación genética entre todos los tipos litológicos analizados, y por extensión, se puede llegar a marcar la identidad temporal de

los procesos plutónicos, metamórficos y de granitización que las afectan (APARICIO y GARCÍA CACHO, 1982; SÁNCHEZ CELA y APARICIO, 1982).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos por medio de las relaciones isotópicas de oxígeno en una amplia variedad de rocas del Sistema Central permite confirmar, una vez más, lo expuesto por algunos autores (APARICIO y GARCÍA CACHO, 1970; APARICIO et al., 1975 a; APARICIO y GARCÍA CACHO, 1982, etc.), sobre el carácter híbrido (antecedentes sedimentario) de las facies augen del Sistema Central y del Hercínico Ibérico (SÁNCHEZ CELA y APARICIO, 1982) y de su génesis como consecuencia de un proceso de granitización inducido por las series plutónicas calco-alcalinas. Por otra parte, se puede también establecer definitivamente el carácter híbrido I y S de las rocas plutónicas del Sistema Central (APARICIO et al., 1983) y el origen paraderivado de los enclaves microgranulares (micáceos y anfibolíticos).

Todos estos resultados están, pues, en abierta contradicción con la interpretación mayoritaria y clásica que se ha venido dando al Hercínico Ibérico y confirma la necesidad que algunos autores ya venían planteando desde 1970 de modificar estas interpretaciones en el sentido de que las facies augen no tienen otra representación estratigráfica que *la del nivel sedimentario que haya sido metamorfizado y granitizado en cada área del Hercínico* y eliminar su ascendencia volcánica, en el mismo sentido de que no hay necesidad de buscar «precursores básicos» en las rocas plutónicas Hercínicas generadas a partir de un proceso crustal anatéxico, encuadrándose el plutonismo Hercínico como un proceso sincinemático (*no postectónico*), y concordante en el tiempo con el metamorfismo regional y la granitización-migmatización.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado con el Proyecto 608/467 del CSIC, «Relaciones temporales y espaciales de los procesos ígneos y metamórficos de los Sistemas Central e Ibérico», y fue realizado dentro del convenio de cooperación científica entre la Academia de Ciencias de la URSS y el Consejo Su-

perior de Investigaciones Científicas, a través del Instituto de la Litosfera (Moscú) y del Instituto de Geología (CSIC). Asimismo queremos agradecer al Dr. V. Araña su inestimable ayuda y colaboración.

A J. L. Casaseca por la mecanografía y a J. Arroyo por la delimitación.

BIBLIOGRAFÍA

- APARICIO, A., y GARCÍA CACHO, L.: *Estudio geológico de la zona metamórfica de Honrubia (Sistema Central Español)*. Estudios Geol., 26, 297-315 (1970).
- APARICIO, A.; GARCÍA CACHO, L., y PEINADO, M.: *Sobre la petrogenésis de las formaciones glandulares del Sistema Central*. Bol. Geol. Min., 85, 416-427 (1975a).
- APARICIO, A.; BARRERA, J. L.; CARABALLO, J. M.; PEINADO, M., y TINAO, J. M.: *Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español*. Mem. Inst. Geol. Min. Esp., 88, 145 pp. (1975b).
- APARICIO, A., y BELLIDO, F.: *Geochemical features of the metamorphism in the Sistema Central (Spain)*. Chemical Geology, 17, 281-293 (1976).
- APARICIO, A.; BARRERA, J. L., y SANTOS, V.: *Los granitos hercínicos sincinemáticos de la Sierra del Valle (Sector Oriental de Gredos, Sistema Central Español) y sus relaciones con las series granitizadas «postectónicas»*. Estudios Geol., 33, 575-580 (1977).
- APARICIO, A., y GALÁN, E.: *El metamorfismo de bajo grado en el área central del Macizo Hespérico (Sistema Central, Toledo)*. Bol. Geol. Min., 89, 475-486 (1978).
- APARICIO, A.; BRANDLE, J. L., y SEMPÈRE, J.: *Estudio comparativo de la petrofábrica de las inclusiones de cuarzo en «cristales precinemáticos»*. Bol. Geol. Min., 90, 49-59 (1979a).
- APARICIO, A.; BRANDLE, J. L., y BELLIDO, F.: *Chemical evolution in an old crustal area (Sistema Central Español)*. Physics and Chemistry of the Earth, 11, 505-517 (1979b).
- APARICIO, A., y GALÁN, E.: *Las características del metamorfismo hercínico de bajo y muy bajo grado en el sector oriental del Sistema Central (provincia de Guadalajara)*. Estudios Geol., 36, 75-84 (1980).
- APARICIO, A., y GARCÍA CACHO, L.: *Geotermómetros y geobarómetros en el área metamórfica del Sistema Central Español*. Bol. Geol. Min., 93, 426-435 (1982).
- APARICIO, A.; BELLIDO, F.; BRANDLE, J. L.; GARCÍA CACHO, L., y SANTOS, V.: *Caracterización de los granitoides hercínicos del sector centro-oriental del Sistema Central Español*. Estudios Geol., 39, 271-306 (1983).
- APARICIO, A., y SANTOS, V.: *Optimismo mineral del afloramiento de rocas anfibólicas de El Arenal (provincia de Avila)*. Bol. Geol. Min., 95, 598-609 (1984).
- BARO, J. P.; CAPDEVILLA, R., y MATTE, Ph.: *Les grands traits stratigraphiques, tectoniques, metamorphiques et plutoniques des Sierras de Gredos et de Guadarrama (Espagne Centrale)*. C. R. Acad. Sci. Paris, 270, 2630-2633 (1970).
- BARRERA, J. L.; BELLIDO, F., y PEINADO, M.: *Variaciones mineralógicas y químicas de enclaves microgranulares de los granitoides tardihercínicos del Sistema Central Español*. Cuad. Geol. Iber., 7, 235-253 (1981).
- CAPDEVILLA, R.; CORRETGE, G., y FLOOR, P.: *Les granitoides varisques de la Meseta Iberique*. Boll. Soc. Geol. France, 15, 209-228 (1973).
- CAPOTE, R., y FERNÁNDEZ CASALS, M. J.: *Las series ante-ordovícicas del Sistema Central*. Bol. Geol. Min., 86, 581-596 (1975).
- CAPOTE, R.; CASQUET, C.; FERNÁNDEZ CASALS, M. J.; MORENO, F.; NAVIDAD, M.; PEINADO, M., y VEGAS, R.: *The Precambrian in the Central Part of the Iberian Massif*. Estudios Geol., 33, 343-355 (1977).
- CAPOTE, R.; CASQUET, C., y FERNÁNDEZ CASALS, M. J.: *Los grandes complejos estructurales del Sistema Central: Modelo de evolución tectono-metamórfica*. Rev. R. Acad. C. Ex. Fis. y Nat., 76, 314-331 (1982).
- CAPOTE, R.; JULIVER, M.; GIL, J.; SAN JOSÉ, M. A., y HERRANZ, P.: *Los tiempos precámbricos*. En libro Jubilar J. M. Ríos, Geología de España, I, 73-108 (1983).
- FUSTER, J. M.; NAVIDAD, M., y VILLASECA, C.: *Relaciones entre ortogneises y series volcano-sedimentarias en el Macizo de El Caloco (Guadarrama Central)*. Cuad. Geol. Iber., 7, 161-171 (1981).
- HARMON, R. S.; HALLIBAY, A. N.; CLAYBURN, J. A. P., y STEPHENS, W. E.: *Chemical and isotopic systematics of the Caledonian intrusions of Scotland and Northern England: a guide to magma source region and magma-crust interaction*. Phil. Trans. R. Soc. London, A310, 709-742 (1984).
- LEE, D. E.; FRIEDMAN, I., y GLEASON, J. D.: *The oxygen isotope composition of granitoid and sedimentary rocks of the Southern Snake Range, Nevada*. Contr. Min. Petr., 79, 150-158 (1982).
- LÓPEZ RUIZ, J.; APARICIO, A., y GARCÍA CACHO, L.: *Chemical variations in biotites during prograde metamorphism, Sierra de Guadarrama, Sistema Central, Spain*. Chem. Geol., 21, 113-129 (1978).
- LÓPEZ RUIZ, J.; APARICIO, A., y GARCÍA CACHO, L.: *Chemical variations of muscovites from the Sierra de Guadarrama metamorphic area, Sistema Central (Spain)*. Geol. Rundschau., 69, 94-106 (1980).
- MAGRITZ, M.; WITFORD, D. J., y JAMES, D. E.: *Oxygen isotopes and the origin of high Sr⁸⁷/Sr⁸⁶ andesites*. Earth Planet. Sci. Lett., 40, 220-230 (1978).
- NAVIDAD, M.: *Caracterización petrológica de los neises glandulares del macizo de Hevdelaencima (Guadarrama Oriental)*. Estudios Geol., 31, 343-350 (1975).
- NAVIDAD, M.: *Las series glandulares «Olla de Sapo» de los sectores Nord-Occidental y Centro-Oriental del Macizo Ibérico*. Estudios Geol., 34, 511-528 (1978).

- NAVIDAD, M.: *Las Series glandulares del sector central del Macizo Ibérico*. Estudios Geol., 35, 31-48 (1979).
- NAVIDAD, M., y PEINADO, M.: *Facies vulcano-sedimentarias en el Guadarrama Central (Sistema Central Español)*. Studia Geológica, 12, 137-159 (1977).
- NAVIDAD, M., y LÓPEZ RAMOS, C.: *Los ortoneises del sector metamórfico El Vellón-Pedrezuela (Sistema Central)*. Estudios Geol., 37, 97-108 (1981).
- NAVIDAD, M., y PEINADO, M.: *Ortogneises y metasedimentos de la formación infrabasal al Ojo de Sapo (Macizo de Hienelaencina, Guadarrama Oriental)*. Cuad. Geol. Iber., 7, 183-200 (1981).
- O'NEIL, J. R., y CHAPPELL, B. W.: *Oxygen and hydrogen isotope relations in the Berridale batholith*. Jour. Geol. Soc. London, 133, 559-571 (1977).
- SÁNCHEZ CELA, V., y APARICIO, A.: *Feldspathic-quartz rocks of sedimentary metamorphic igneous facies in relation to granulization-transformation processes in the Hercynian massif of Spain*. En: *Transformists Petrology*, 189-230. Theophrastus Publications, Atenas. Edit. FK. Drescher-Kaden. SS. Augustithis (1982).
- TAYLOR, H. P.: *Water/rock interactions and the origin of H₂O in granitic batholith*. Jour. Geol. Soc. London, 133, 509-558 (1985).

Recibido: Junio de 1986