

## RASGOS PETROGRAFICOS Y GEOQUIMICOS DE LOS GRANITOIDES Y ROCAS METAMORFICAS DEL AREA MORILLE-MARTINAMOR (SALAMANCA, CENTRO OESTE DE ESPAÑA)

J. Saavedra (\*), E. Pellitero (\*), A. García Sánchez (\*)  
y J. L. Fernández Turiel (\*)

### RESUMEN

Las rocas metamórficas del área (cuarcitas con distintos grados de pureza, porfiroides, pelíticas, calcosilicatadas, migmatíticas y sus equivalentes cataclásticos) permiten establecer un origen sedimentario con posible y variable aporte calcoalcalino ácido en algunos tipos, sin que los niveles calcosilicatados presenten características ortoderivadas. Los granitos están ligados, en su mayoría, a las peculiaridades típicas de términos leucocráticos generados por anatexia cortical y se agrupan sin diferencias manifiestas entre sus diferentes facies. Los ortoneises, claramente anteriores, exhiben un comportamiento específico, situado entre los típicos de ambos grupos.

**PALABRAS CLAVE:** rocas metamórficas, granitos, geoquímica, origen.

### ABSTRACT

The metamorphic rocks from Morille-Martinamor area (quartz-feldspathic, aluminous, calc-silicate, migmatic and cataclastic rocks) are varied; the geochemical and mineralogical features allow to found a sedimentary origin with possible and variable acid calcoalcaline contribution for some groups, without orthoderived characteristic for the studied calc-silicate levels. The granites mainly are linked to the typical traits of leucocratic range, which are generated by crustal anatexis, and they are grouped without strong differences. The orthogneiss are older and show a typical behaviour, fairly placed between the two groups.

**KEY WORDS:** metamorphic rocks, granites, geochemistry, origin.

### Introducción

El área estudiada presenta caracteres que se repiten en muchos lugares centro-occidentales ibéricos. Esquemáticamente, se trata de una potente serie pre-ordovícica (esquistos, materiales aparentemente vulcanosedimentarios, cuarcitas y, en menor grado, rocas calcosilicatadas) en la que aparecen diversos tipos de granitoides. Al interés petrogenético se superpone, en esta zona, el hecho de que gran parte de los distintos términos litológicos tienen altos contenidos en algunos elementos de interés económico (Sn, W) de los que hay numerosos indicios y mineralizaciones. Estas razones resaltan la necesidad de una caracterización geoquímica previa para cualquier investigación de los depósitos asociados.

### Rasgos generales

Las publicaciones previas que incluían, total o parcialmente, a la zona se han reseñado con anterioridad (Pellitero, 1980, 1981), discutiéndose los diversos aspectos. En general, la serie estratigráfica ocupa los niveles inferiores de las columnas locales, está afectada por un metamorfismo regional notorio y se definen en ella los grupos de rocas cuarcíticas-porfiroides, aluminicas (pelíticas, etc.), cataclásticas y calcosilicatadas (estas últimas correspondientes a las estudiadas por Saavedra y Pellitero, 1983), además de los ortoneises.

El metamorfismo llega a formar sillimanita prismática, además de estaurólita y almandino. Se evidencian cuatro fases principales de deformación, dos de

(\*) U. E. I. Mineralogía y Geoquímica, CSIC, apartado 257, Salamanca.

ellas dando pliegues isoclinales tumbados y otras dos, posteriores, de pliegues abiertos subverticales. Los granitos, leucocráticos, siempre cortan a los ortoneises y demás rocas, aunque, a veces, presenten una concordancia aparente (Pellitero, 1981).

### Cuarcitas impuras y porfiroides (rocas cuarzo-feldespáticas)

La característica más clara de este grupo es la presencia de cuarzo y feldespatos como minerales esenciales comunes; las distintas variedades muestran tránsitos graduales de unas a otras. En parte, ciertos términos contienen minerales cálcicos en cantidades subordinadas, por lo que se incluyen dentro de este apartado y no entre las rocas calcosilicatadas propiamente dichas, aunque ya se esbozan algunos rasgos típicos de estas últimas (Saavedra y Pellitero, 1983).

- a) *Microconglomerados cuarzo-feldespáticos*.—Contienen plagioclasas (hasta el límite oligoclasa-andesina, como máximo), con y sin maclas, y feldespato potásico (a veces peritítico), ambos de mayor tamaño relativo, rodeados de cuarzo recristalizado y, en ocasiones, con una alteración en los bordes; las micas constituyen los restantes minerales esenciales. El apatito es un accesorio común, frecuentemente asociado a los minerales opacos en pequeños cordones.
- b) *Cuarcitas, cuarcitas micáceas, cuarcitas feldespáticas y cuarcitas feldespático-biotíticas*.—Son de grano fino, diferenciándose entre sí por la proporción de feldespatos, cuarzos y micas. Contienen apatito (que, esporádicamente, se agrupa en cristales para dar una roca de aspecto bandeado o moteado), esfena, rutilo y otros accesorios comunes.
- c) *Cuarcitas clorítico (biotítico)-granatíferas*.—De grano fino, presentando la asociación, en sentido centrípeto, de las siguientes bandas:
  1. Con cuarzo, clorita, plagioclasas, grandes granates zonados e idiomorfos, materia carbonosa.
  2. Cuarzo, mayor cantidad de materia carbonosa, granates zonados. Limita con la banda 1 a través de un nivel clorítico con biotitas cloritizadas más gruesas.
  3. Grandes láminas cloríticas, cuarzo, moscovita y materia carbonosa, con esfena, zoisita y granate accesorios.
- d) *Cuarcitas granatífero-zoisíticas, piroxeno-anfibólicas y anfibólico-granatíferas*.—De grano fino o muy fino, suelen contener cantidades apreciables de Sn y W, incluso minerales propios o muy enriquecidos en estos elementos.

### Rocas ricas en aluminio

Son las que predominan indiscutiblemente en el área, en las que se marcan con nitidez las huellas del metamorfismo regional. Además de las micas y el cuarzo, los minerales dominantes son sus equivalentes

metamórficos, la turmalina, el grafito y, esporádicamente, feldespatos, sulfuros y otros. Se han agrupado como sigue:

- Filitas clorítico-sericíticas.
- Esquistos biotíticos.
- Esquistos biotítico-feldespáticos.
- Esquistos de dos micas.
- Esquistos andalucíticos (de dos micas, con feldespatos).
- Esquistos biotítico-cordieríticos.
- Esquistos estaurólíticos (con sillimanita o granates).
- Esquistos sillimaníticos.
- Neises feldespático-biotíticos (con sillimanita ocasional) y cuarzo-feldespáticos, con mayores cantidades de micas que en las rocas cuarzo-feldespáticas antes descritas.

### Ortoneises

Bajo la denominación genérica de ortoneis de San Pelayo se incluyen todos los términos graduales comprendidos entre un extremo muy biotítico (bandeado fino, con cristales porfídicos de feldespato potásico idiomorfo, de grano medio a fino) y otro más rico en moscovita (feldespato potásico porfídico no idiomorfo, más abundante que en el caso anterior, de bandeado más ancho), ambos con frecuentes bandas feldespáticas centimétricas (concordantes con la foliación); el término biotítico acumula nódulos de silicatos aluminicos (sillimanita, sobre todo) y el claro, feldespatos. Las plagioclasas suelen llevar mirmequitas asociadas, con zonación ocasional; el tamaño es reducido casi siempre, pero otras veces aparece como porfidoblastos. El feldespato potásico se manifiesta en grandes cristales, peritítico y con escasas maclas visibles o bien muy maclado. La turmalina es un accesorio común.

Estos ortoneises se diferencian perfectamente de las rocas cuarzofeldespáticas aludidas con anterioridad por su carácter muy orientado, textura neísica notable y mineralogía granítica; los rasgos geoquímicos corresponden a términos ácidos calcoalcalinos (Pellitero, 1980). A veces es muy visible el giro de los feldespatos por las deformaciones tectónicas. Esporádicamente, son frecuentes los enclaves de esquistos biotíticos, cuarzo-feldespáticos, etc. Se localizan en la zona central del área estudiada.

### El granito de Martinamor

De carácter leucocrático, aparece mayoritariamente en las inmediaciones de esta localidad. Dentro de la zona hay también numerosas apófisis, de caracteres análogos (Gonzalo *et al.*, 1975; Pellitero, 1980). Hay una gradación completa entre las diversas facies y, como se indicó en la descripción general, son pos-

teriores al ortoneis de San Pelayo, porque lo cortan indudablemente en varios puntos. El granito de Martinamor se emplaza entre dos fases de deformación, dentro del ciclo hercínico (Pellitero, 1980).

La facies más común (grano medio-fino) suele contener turmalina en nódulos y dispersa, plagioclasa poco cálcica asociada a feldespato potásico (pertitas) o corroída por él, poca biotita relativa a la moscovita y dos generaciones, como mínimo, de feldespato potásico y moscovita. La facies pegmatóide es semejante a la anterior, salvo en lo que respecta al tamaño de grano (de medio a muy grueso), ausencia de turmalina en nódulos (sólo aparece dispersa) y presencia ocasional de granates, a veces muy abundantes y de gran tamaño; los enclaves de rocas metamórficas son los más frecuentes.

### El granito de Santa Genoveva

Ocupa una extensión muy reducida y localizada, siendo posterior a los otros granitos. Está localmente greisenizado (emplazamiento superficial), es de grano medio a grueso, porfiroide y de dos micas con biotita predominante. Hay evidencias muy claras de fenómenos deutéricos generalizados y mineralizaciones de interés.

### Técnicas experimentales y fundamento de los diagramas empleados

Las determinaciones de los distintos elementos se realizaron por fluorescencia de rayos X y espectrometría de absorción atómica, tal y como se detalla en otra parte (Pellitero, 1980).

La composición mineralógica da la pauta para estudiar las relaciones geoquímicas con ayuda de parámetros adecuados. La relación (valores en % en peso) de óxidos ( $Al_2O_3 + Fe_2O_3 + TiO_2 + MnO$ ) /  $K_2O$  es muy elevada para materiales muy evolucionados en el ciclo exógeno (aluminicos) y regularmente decreciente en la serie calcoalcalina desde los términos menos a más silíceos; la relación  $Na_2O / (CaO + MgO)$  separa a los materiales con carbonatos (valores bajos), exógenos, y es sensible a la variación de los términos más ácidos de la serie calcoalcalina, por lo que el diagrama con ambos parámetros es de doble interés, en el campo ígneo y en el sedimentario. Un complemento adecuado es la suma de  $CaO$  y  $Na_2O$ , baja en rocas formadas a partir de sedimentos maduros y sin carbonatos y regularmente variable en la serie calcoalcalina.

De la observación de los datos analíticos de los 15 elementos en trazas de los que se dispone, los que muestran un contraste más significativo genéticamente son Zr, Rb y Sr; los demás presentan pocas variaciones o cambian de modo paralelo a alguno de éstos.

Por tal motivo, se ha hecho una representación triangular, reajustando previamente la suma de los contenidos de los tres a 100. Resulta también útil el conocido diagrama K/Rb-Rb, empleado con mucha frecuencia en problemas de magmatismo.

Como referencia, en los casos en los que existe suficiente información, se ha indicado la posición, en los diagramas respectivos, de los principales grupos de rocas involucradas en la litología que presenta la zona estudiada. Esto se ha construido en base a los miles de análisis recogidos en Le Maitre (1976), Stillman y Williams (1978), Kremenetskiy y Samodurova (1979) y Kremenetskiy *et al.* (1980). En las circunstancias en las que el número de datos (de diversas localidades) permite señalar inequívocamente una tendencia general en la serie calcoalcalina, volcánica y/o plutónica, ésta se ha marcado por una línea (cuyo extremo en flecha marca los términos más silíceos), en la que se ha señalado localmente la posición representativa de los términos más comunes.

Otro factor comparativo que aparece en los diagramas son los rasgos geoquímicos de los granitos leucocráticos, típicamente emplazados en zonas de profundidad relativa alta y considerados como productos de anatexia cortical, cubriendo un gran margen de edad (desde 2.000 a 28 m. a.) y procedentes de diversas partes del mundo (datos de Cocherie, 1978); quedan dentro de la superficie indicada en las figuras. La otra línea terminada en flecha (esta vez ninguna otra señalización) se ha construido a partir de los datos analíticos de Strong y Hanmer (1981) de los granitos leucocráticos hercínicos del sur de Bretaña, plutones que tienen muchos rasgos en común con los que aquí se estudian.

### Interpretación y discusión

**Rocas graníticas.**—Dos rasgos se destacan inmediatamente en la observación de las figuras 1, 2 y 3. En primer lugar, los granitos se disponen, sobre todo, en las zonas más evolucionadas de la secuencia calcoalcalina (la misma posición ocupan los granitos cuyos análisis se recogen por Gonzalo *et al.*, *op. cit.*, no representados aquí para no recargar las figuras). En segundo lugar, el granito de Santa Genoveva se individualiza parcialmente del conjunto (hay alguna superposición con ciertos términos del granito de Martinamor).

Resulta evidente la peculiaridad de los granitos leucocráticos respecto a la serie calcoalcalina general (sobre todo, según las figs. 2 y 3), cualesquiera que sea su edad, y la inserción de los del área de Morille-Martinamor en este grupo. También es notoria la inexistencia de discontinuidades entre ellos, confirmando las observaciones precedentes en el terreno respecto a la cotemporaneidad y evolución continua de las facies. Las figuras 3 y 4 apoyan lo citado pre-

cedentemente y destacan el fuerte enriquecimiento relativo en Rb.

**Rocas metamórficas.**—La escasez relativa de análisis disponibles respecto a la abundancia de tipos diferentes hacen que éste sea sólo un primer intento de

nos con la relación  $(Al_2O_3 + Fe_2O_3 + TiO_2 + MnO) / K_2O$  más alta (término predominante) y los más evolucionados (silíceos) de la serie calcoalcalina, hecho que recibe un apoyo complementario en las observaciones petrográficas citadas. Lo esbozado, a partir de los elementos mayoritarios en las figuras 1 y 2,

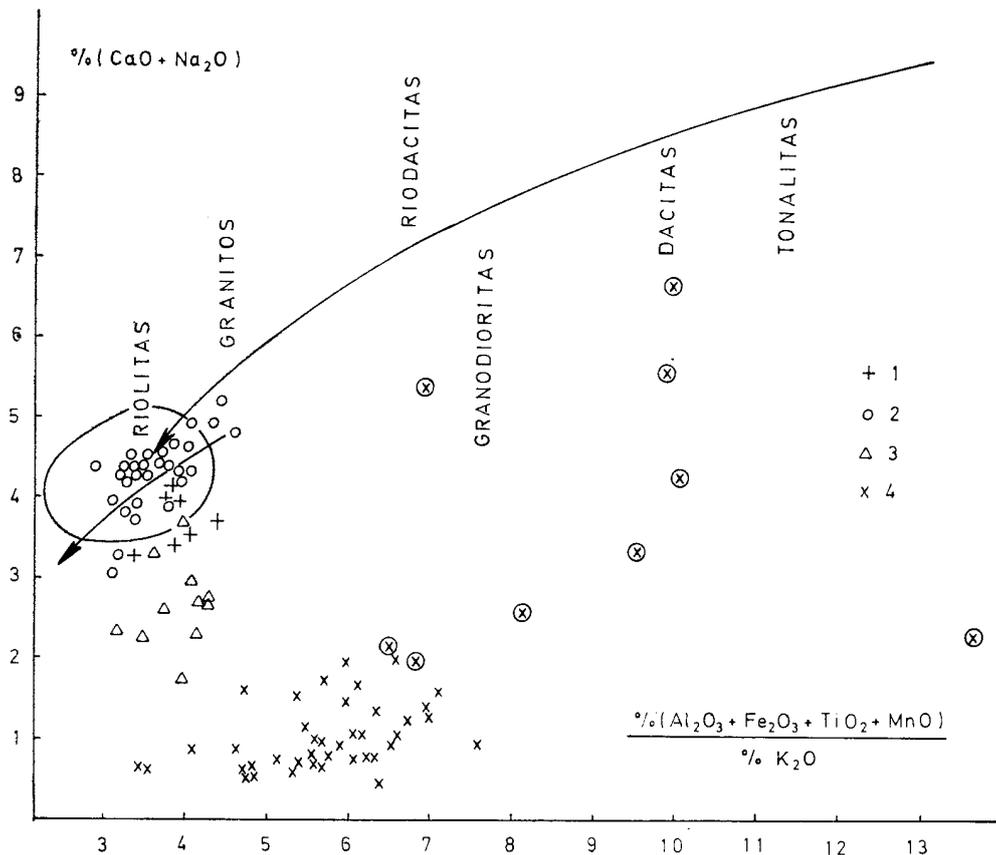


Fig. 1.—Evolución de los puntos correspondientes a las variaciones de los puntos representativos de las rocas del área de Morille-Martinamor. 1: granito de Santa Genoveva. 2: granito de Martinamor. 3: ortoneis de San Pelayo. 4: rocas metamórficas (cuarcitas puras e impuras, porfiroides y rocas ricas en aluminio). Los símbolos (aspas) encerrados en un círculo corresponden a rocas cuyo carácter inicial puramente sedimentario es muy evidente: cuarcitas, pelitas, etc. Obsérvese la posición relativa de cada grupo de rocas respecto a la evolución normal de la serie calcoalcalina y la posición de los granitos leucocráticos en general (encerrados en una superficie redondeada) coincidiendo con los que se presentan en el área de estudio.

caracterización general. Desde luego, en las figuras 1 y 2 se pone de manifiesto la separación entre los términos volcánicos de la serie calcoalcalina y estas rocas; el contenido en  $CaO + Na_2O$  en los dominios metamórficos (fig. 1) es demasiado bajo. Las rocas de inequívoca procedencia sedimentaria (pelitas, cuarcitas puras, etc.) tienden claramente a individualizarse (figs. 1-4).

Sin embargo, sí existe la posibilidad de que parte de las muestras deriven de una mezcla de los térmi-

se confirma y precisa con ayuda de las trazas; en la figura 3, parte de las rocas consideradas metamórficas evolucionan según la tendencia calcoalcalina (correspondiente a la línea terminada en flecha en el término riolítico), separándose del campo de materiales de origen sedimentario, y las rocas calcosilicatadas se sitúan fuera de dicha línea, por lo que no pueden ser consideradas como ortoderivadas. De manera similar puede interpretarse a partir de la figura 4.

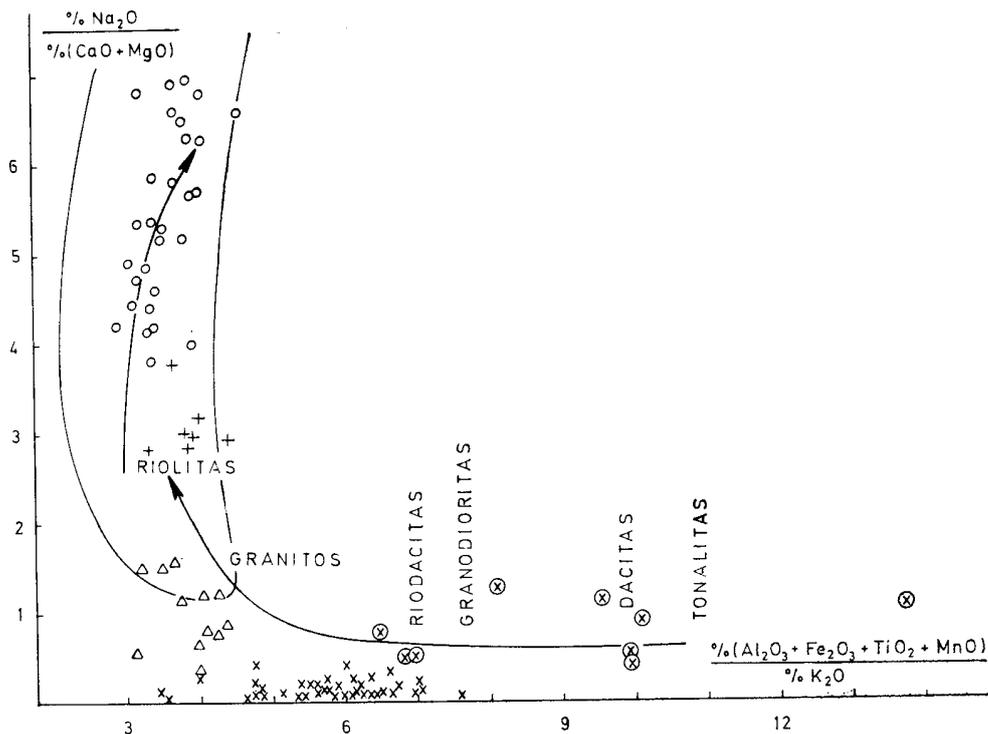


Fig. 2.—Mismos símbolos que en la figura 1. Puede apreciarse, con más claridad aún que en el caso anterior, la peculiaridad de los granitos leucocráticos de todas las edades respecto a la serie de referencia; no se ha cerrado la línea que delimita la superficie dentro de la que se encuentran por razones de simplificación.

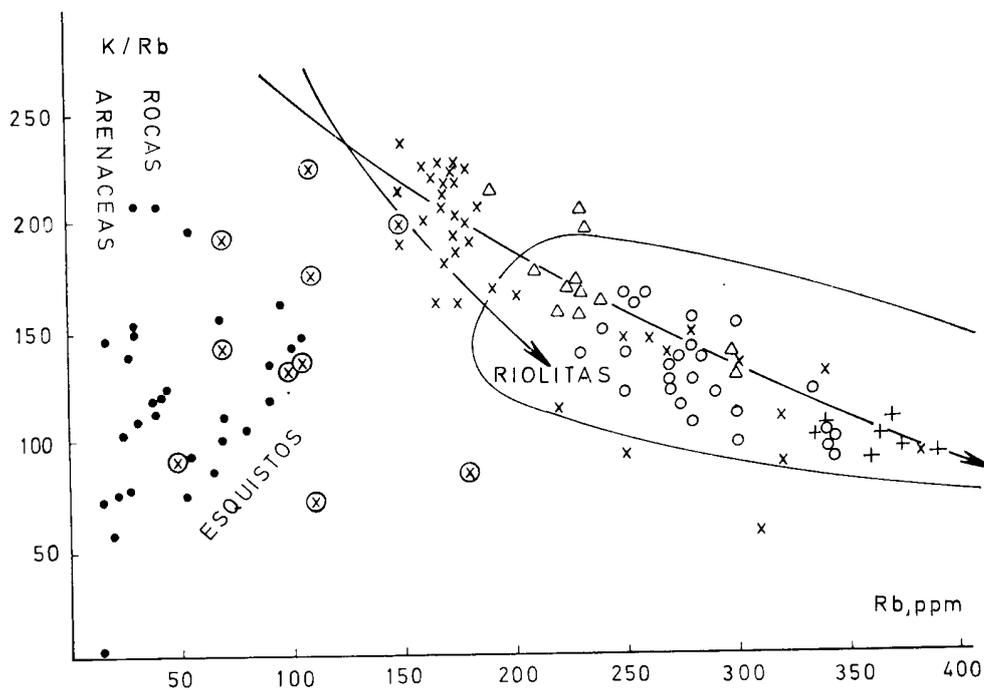


Fig. 3.—Mismos símbolos que en las restantes figuras, con la inclusión de puntos negros que representan a las rocas calcosilicatadas que se estudiaron. Es evidente la evolución de parte de las rocas metamórficas según la tendencia normal de las rocas metacalcálicas ácidas, aunque con una dispersión mucho mayor que en el caso de los granitos. Por simplificación, se han omitido los términos intermedios típicos que designan a los típicos de la serie calcoalcálica, conservando únicamente el más evolucionado (riolita), junto a la flecha.

**Ortoneises.**—En todos los casos (figs. 1-4) se aprecia que estas rocas ocupan los tránsitos entre los términos más ácidos de la serie calcoalcalina y las rocas metamórficas (excluyendo las calcosilicatadas aquí estudiadas) de la zona. Se diferencian, en posición y evolución, de ambos, aunque tiende más a aproximarse al primer caso; estas gradaciones se correspon-

agrupación de los puntos representativos, aunque se detecta una parcial y esporádica superposición con algunos términos evolucionados del granito de Martinamor. Los ortoneises, anteriores a los granitos citados, tienen una posición específica, disociada de éstos, intermedia entre ellos y las rocas metamórficas no cálcicas de la región.

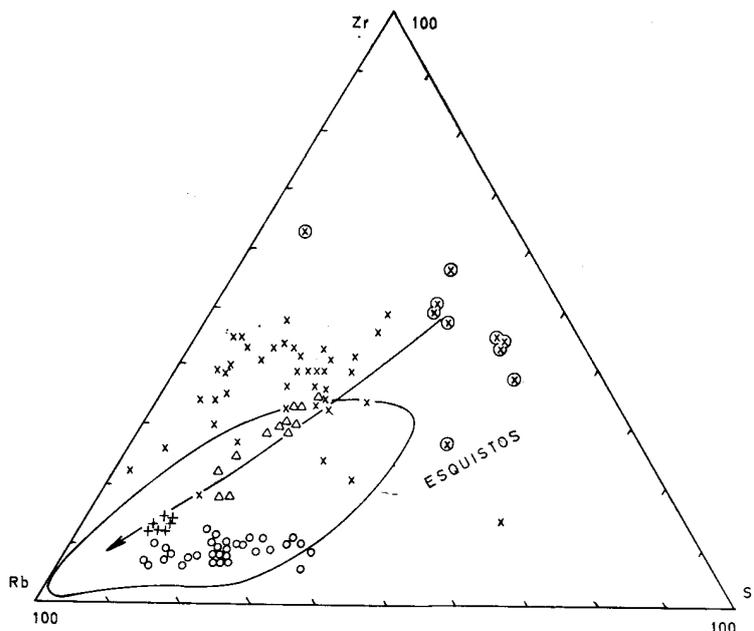


Fig. 4.—Mismos símbolos que en la figura 1.

den con los tránsitos continuos puestos de relieve al hacer la descripción petrográfica. La contribución magmática es, pues, indudable, reforzándose las deducciones obtenidas a partir del trabajo de campo, según las cuales la problemática de los ortoneises es distinta de la de los diversos granitoides posteriores.

### Conclusiones

Las rocas metamórficas de la zona son, predominantemente, alumínicas. Hay intercalaciones de otros términos subordinados (rocas cuarzofeldespáticas, etc.), parte de los cuales, mineralógica y geoquímicamente, ocupan campos intermedios entre éstas y los extremos ácidos de la serie calcoalcalina. Los granitos leucocráticos mayoritarios presentan evoluciones continuas, de acuerdo también a las observaciones *in situ*, algo peculiares en relación a la serie calcoalcalina modelo y conforme, por completo, a granitos análogos de todas las edades y localidades, para los que se suele proponer un origen cortical; el pequeño plutón, más tardío, de Santa Genoveva se individualiza bajo una

### Bibliografía

- COCHERIE, A.  
1978. *Géochimie des terres rares dans les granitoïdes*. Thèse 32 Cycle, Université de Rennes, 210 páginas.
- GONZALO, F. J.; SAAVEDRA, J.; GARCÍA SÁNCHEZ, A.; PELLITERO, E.; ARRIBAS, A. y RODRÍGUEZ, S.  
1975. Las rocas graníticas de la antifirma de Martinamor (Salamanca). *Actas II Reunión Iber-Am. Geol. Econ.*, 4, 227-246.
- KREMENETSKIY, A. A. y SAMODUROVA, L. K.  
1979. Geochemistry of the rare alkalis in regional metamorphism. *Geochem. Internat.*, 16, 106-123.
- KREMENETSKIY, A. A.; YUSHKO, N. A. y BUDYANSKIY, D. D.  
1980. Geochemistry of the rare alkalis in sediments and effusives. *Geochem. Internat.*, 17, 54-72.
- LE MAITRE, R. W.  
1976. The chemical variability of some common igneous rocks. *J. Petrol.*, 17, 589-637.
- PELLITERO, E.  
1980. *Caracteres petrogenéticos y metalogenéticos de los yacimientos de wolframio de la provincia de Sa-*

- lamanca*. Tesis doctoral, Universidad de Salamanca, 345 págs.
1981. La zona wolframífera centro-oriental de Salamanca. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 2, 227-244.
- SAAVEDRA, J. y PELLITERO, E.
1983. Origin by metasomatic diffusion of the calc-silicate rocks at scheelite-rich area of Morille (Salamanca). An example of metamorphic differentiation in Upper Proterozoic rocks from Iberian Peninsula. In: *Leaching and diffusion in rocks and their weathering products* (S. S. AUGUSTITHIS, edit.). Theophrastus Publications, S. A., Athens, 137-148.
- STILLMAN, C. J. y WILLIAMS, C. T.
1978. Geochemistry and Tectonic setting of some Upper Ordovician volcanic rocks in East and Southeast Ireland. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 42, 288-310.
- STRONG, D. F. y HANMER, K. S.
1981. The leucogranites of Southern Brittany: origin by faulting, frictional heating, fluid flux and fractional melting. *Can. Mineral.*, 19, 163-176.

*Recibido el 29 de junio de 1983.  
Aceptado el 21 de enero de 1984.*