

**ANATEXIA INDUCIDA: PETROGENESIS DE LOS
GRANITOS HESPERICOS DE TENDENCIA ALCALINA.
PARTE I: LEUCOGRANITOS DEL AREA O DE
ZAMORA Y SALAMANCA**

F. BEA*

J. M. UGIDOS*

RESUMEN.—De acuerdo con datos geoquímicos, se pone de manifiesto que los leucogranitos de origen mesocortical no han sido producidos en un proceso anatético simple, sino que en su génesis han intervenido fluidos y elementos químicos asociados procedentes de magmas calcoalcalinos. Esta interpretación permite explicar la variación de condiciones de P_{H_2O} durante el metamorfismo, las anomalías geoquímicas de estos granitos y su convergencia química con las facies más evolucionadas de la serie calcoalcalina. Los granitos se originan, entonces, en un proceso de anatexia inducida.

SUMMARY.—According to geochemical data now available it is showed that granites interpreted as results of mesocrustal anatexis are not produced in a simple manner. It seems that in their genesis have contributed fluids and associated chemical elements arising from calc-alkaline magmas. This interpretation explains P_{H_2O} variation during metamorphism, geochemical anomalies, and chemical convergence with the more evolutioned facies of the calcoalcaline series. Then, considered granites are originated by means of an induced anatexis.

INTRODUCCION

Los granitoides del Macizo Hespérico han sido agrupados en dos series distintas de acuerdo con los criterios adoptados por el grupo de geólogos del NO de la Península Ibérica, en la III reunión (1970) y trabajos posteriores (CORRETGÉ, 1971; CAPDEVILA et. al., 1973; UGIDOS, 1973; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, 1974; BEA, 1975; UGIDOS y BEA, 1976; CORRETGÉ et al. in litt.). Dichas series están integradas por una parte por granitos calcoalcalinos, granodioritas y rocas asociadas y por otra por granitoides de tendencia alcalina relacionados en mayor o menor grado con fenómenos anatéticos mesocorticales. Por el contrario, los tipos graníticos calcoalcalinos han sido considerados como

* Departamento de Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Salamanca.

de origen profundo (CAPDEVILA et al. op. cit.) atendiendo a datos diversos, habiéndose precisado recientemente su procedencia genética de niveles basiocorticales (BEA, op. cit., y trabajo in litt.).

Algunos autores han puesto de manifiesto que la serie de tendencia alcalina no es una unidad genética sencilla (UGIDOS, 1974 a y b; BEA, 1975; UGIDOS y BEA, 1976), sino que está compuesta por dos tipos de granitoides:

- Aquellos que son miembros diferenciados y/o contaminados de la serie calcoalcalina.
- Los que realmente muestran evidencias de haberse originado por medio de una anatexia mesocortical.

Por otra parte, estos trabajos han hecho sospechar que este último mecanismo únicamente es posible cuando energía térmica y materia (H_2O y componentes asociados) provenientes de los magmas calcoalcalinos contribuyen de una forma decisiva al proceso anatéctico. Es intención del presente trabajo mostrar hasta qué punto ha tenido lugar tal influencia.

El área elegida para realizar este estudio se encuentra situada en las zonas occidentales de las provincias de Salamanca y Zamora consideradas por MARTÍNEZ FERNÁNDEZ (1974 a y b), debido a que, de acuerdo con los datos de este autor, se presentan unas condiciones muy favorables para la observación de las relaciones espaciales entre granitos y rocas metamórficas.

TIPOS GRANÍTICOS (Basado en datos de MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, ops. cits.)

Los granitoides considerados constituyen una serie continua gradada de acuerdo con su capacidad de desenraizamiento. Se encuentran desarrollados o intruidos en los materiales infraordovícicos del complejo esquisto-grauváquico. En cuanto a sus relaciones con el metamorfismo puede señalarse que parte de los granitos se encuentran emplazados en los dominios menos metamórficos, próximos a la isograda de la biotita, mientras que otros se encuentran en torno a la isograda de la sillimanita, dándose entre todos ellos y las rocas migmatíticas una marcada afinidad petrográfica y apretadas relaciones espaciales que sugieren un fenómeno genético común.

Han sido clasificados en los siguientes grupos:

Grupo IIa. Diatexitas y granitos inhomogéneos de origen diatexítico. En transición gradual con rocas de tipo migmatítico. Modalmente constituyen granitos o leucogranitos s.s. El contenido en An de las plagioclasas puede llegar hasta el 25 %, si bien son, en general, más ácidas. Presentan minerales aluminicos tales como sillimanita y cordierita y otros "resister" al fenómeno anatéctico.

Grupo IIb. Granito microporfídico subautóctono y productos palingenéticos intrusivos. Se trata de granitos de grano grueso a medio, localmente con megacristales feldespáticos. En general son biotíticos, aunque pueden llegar a tener abundante moscovita secundaria. Las plagioclasas presentan valores máximos de An en torno al 22 %, siendo los más frecuentes entre 12 y 15 %. Minerales accesorios importantes son sillimanita y andalucita.

Grupo IIc. Leucogranitos de dos micas en macizos alóctonos o intrusivos en diques dentro de los grupos anteriores. Se diferencian de éstos por su carácter leucocrático, mayor contenido en moscovita y porcentajes de An en las plagioclasas oscilando en torno al 5 %. Presentan los mismos minerales accesorios que el grupo anterior.

De acuerdo con la interpretación de MARTÍNEZ FERNÁNDEZ (ops. cit.) estos granitos se han originado en un proceso de anatexia mesocortical, en condiciones de saturación en agua.

Queda por resolver cuál ha sido el mecanismo de esta anatexia y si los tres grupos graníticos son consecuencia de tres estadios diferentes del mismo proceso petrogenético y/o si alguno de los grupos procede de la evolución de otro, interpretaciones que son, aparentemente, las más plausibles.

Si la génesis de los granitos responde a un esquema de estos, cabría esperar:

a) Que el grupo IIc (granitos alóctonos) se hubiese originado por medio de una fusión más intensa que la correspondiente al IIa (autóctonos), dado que no hay ningún dato que permita suponer que el primero es el resultado de la evolución de otro grupo. Por tanto debería presentar un quimismo menos fraccionado con respecto al material metamórfico original, que el grupo IIa.

b) Que la composición química de los tres grupos estuviese relacionada mediante un "trend" de fusión parcial. Según esto, el grupo IIa, originado por una fusión menos intensa, tendría un quimismo típico de una fusión incipiente, es decir, similar al de un pegmatoide metamórfico. Tal carácter pegmatoide desaparecería progresivamente a medida que la fusión se hace más generalizada, generándose el grupo IIb en primer lugar y el IIc subsecuentemente.

Sin embargo, estos enunciados son en gran parte contradictorios con los datos geoquímicos que se poseen en la actualidad (unas 150 muestras) de elementos mayores, menores y ciertos traza, tal como litio, rubidio, estroncio y bario (BEA, 1975 y datos inéditos).

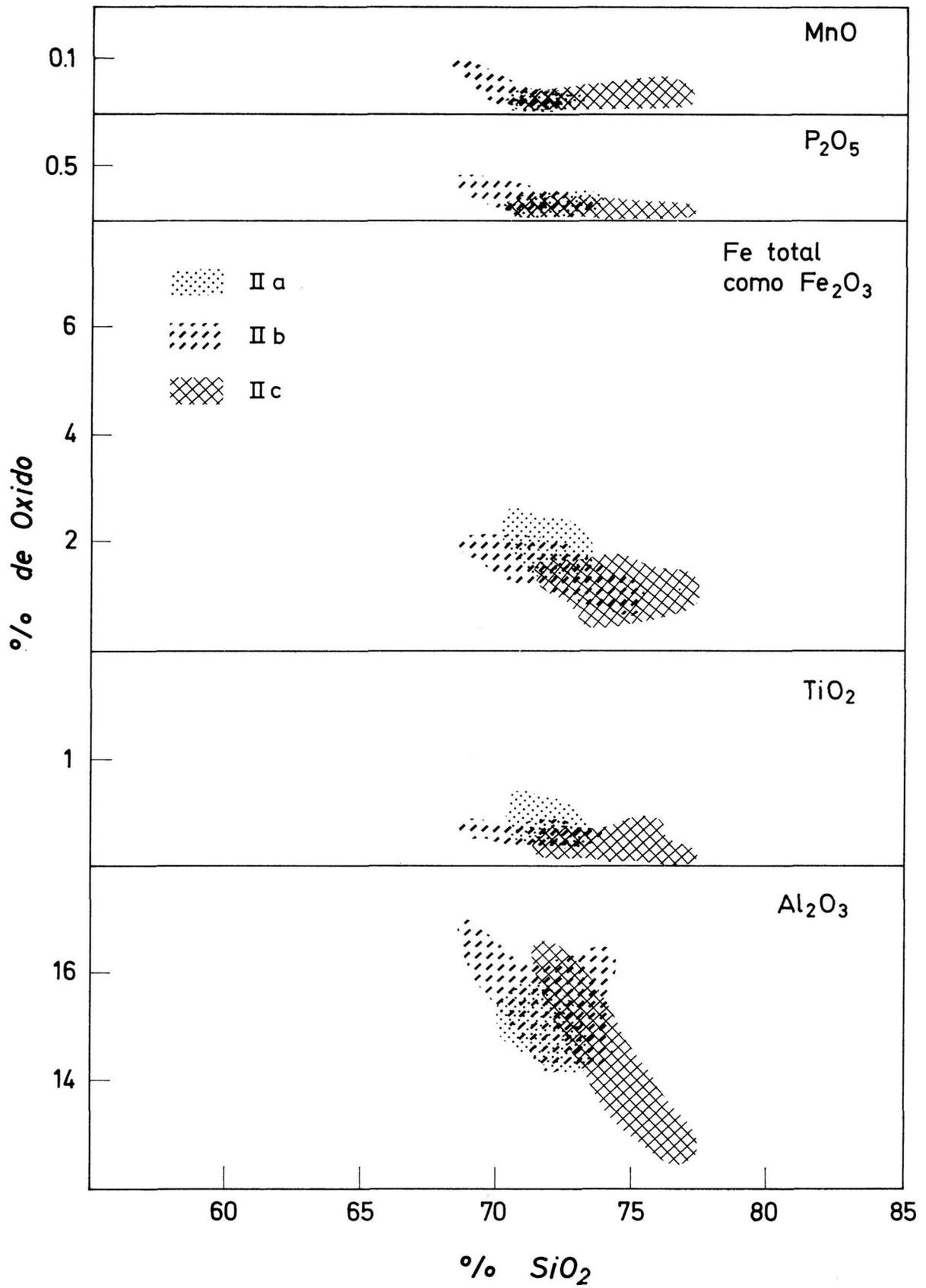


FIG. 1

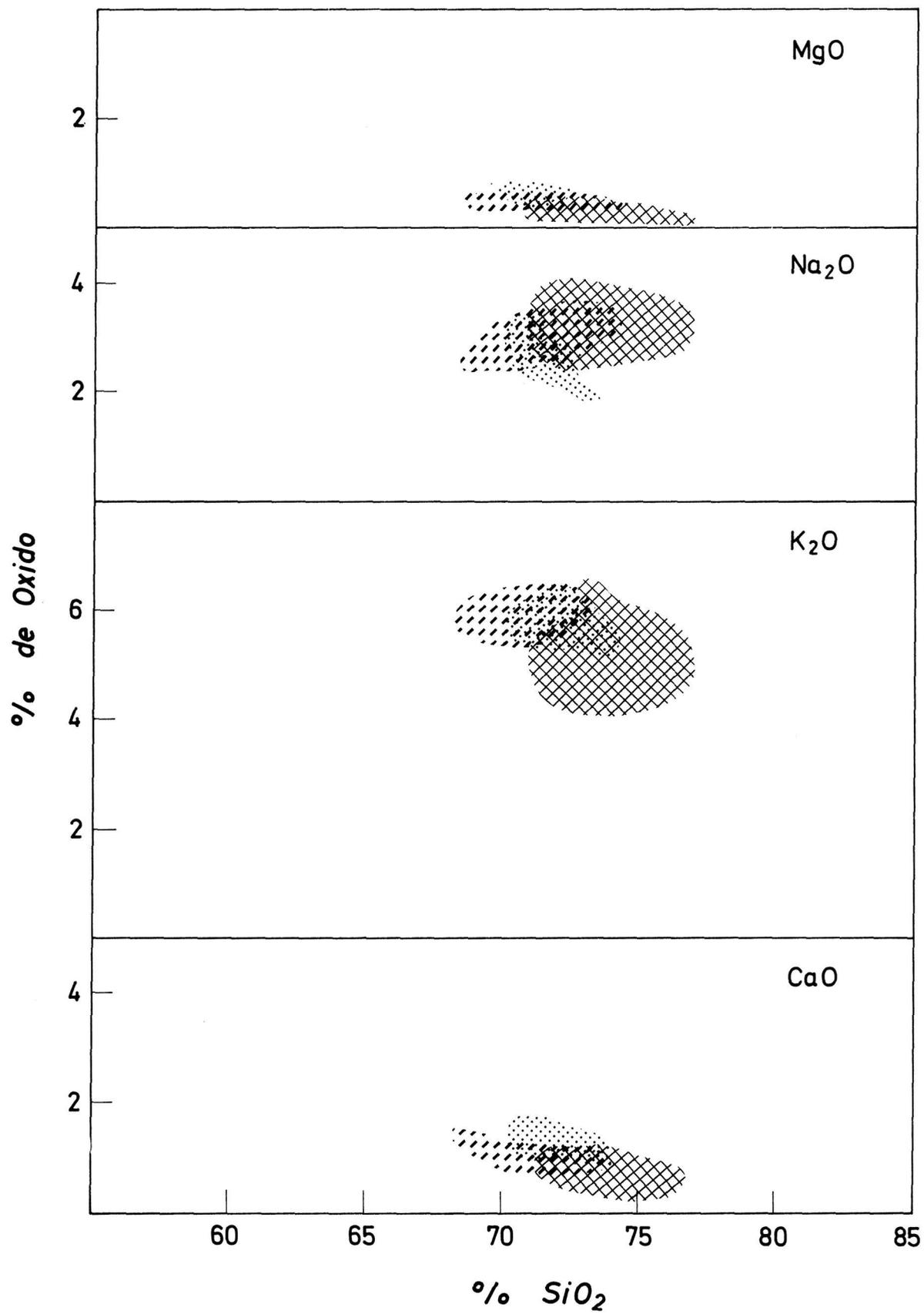


FIG. 2

GEOQUÍMICA

— Elementos mayores y menores.

Los resultados se han sumariado mediante diagramas compuestos de HARKER (Figs. 1 y 2). Como características más notorias se pueden resaltar las siguientes:

— El grupo IIa es más rico en Ca, Fe, Ti y Mg que el grupo IIc (supuestamente formado por una fusión más intensa), teniendo el grupo IIb una composición intermedia. Podría aducirse que este hecho responde a una mayor eficiencia en la separación sólido/líquido del sistema magmático a medida que aumenta su aloctonía. No obstante, el estudio petrográfico ha revelado que la persistencia de “resister” metamórficos (bien sean minerales aislados o estructuras poliminerale) es prácticamente idéntica en las muestras pertenecientes a los grupos IIb y IIc, siendo la de ambos ligeramente inferior a la del grupo IIa. Parece difícil, por tanto, que el comportamiento químico observado se deba exclusivamente a variaciones en la cantidad de palimpsestos.

— Las áreas representativas de los tres grupos no se encuentran ligadas por un “trend” continuo observándose, incluso, que en algunos casos se dan líneas de evolución individuales más o menos paralelas. Si el esquema petrogenético anteriormente expuesto fuese válido, sería de esperar un único “trend” evolutivo que dependería del mecanismo particular que haya seguido el proceso de fusión parcial (PRESNALL, 1969).

— Elementos traza.

Los valores medios y márgenes de variación se expresan en la Tabla I.

TABLA I

	GRUPO IIa		GRUPO IIb		GRUPO IIc	
	Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango
Li	78	34-115	105	56-120	118	32-233
Rb	298	245-385	338	283-413	343	263-449
K/Rb	175	139-249	143	107-181	128	88-172
Ba	478	311-734	343	217-541	218	88-618
Sr	109	73-171	78	38-90	56	34-75

Contenidos en diversos elementos traza (expresados en ppm) de los tres grupos de leucogranitos

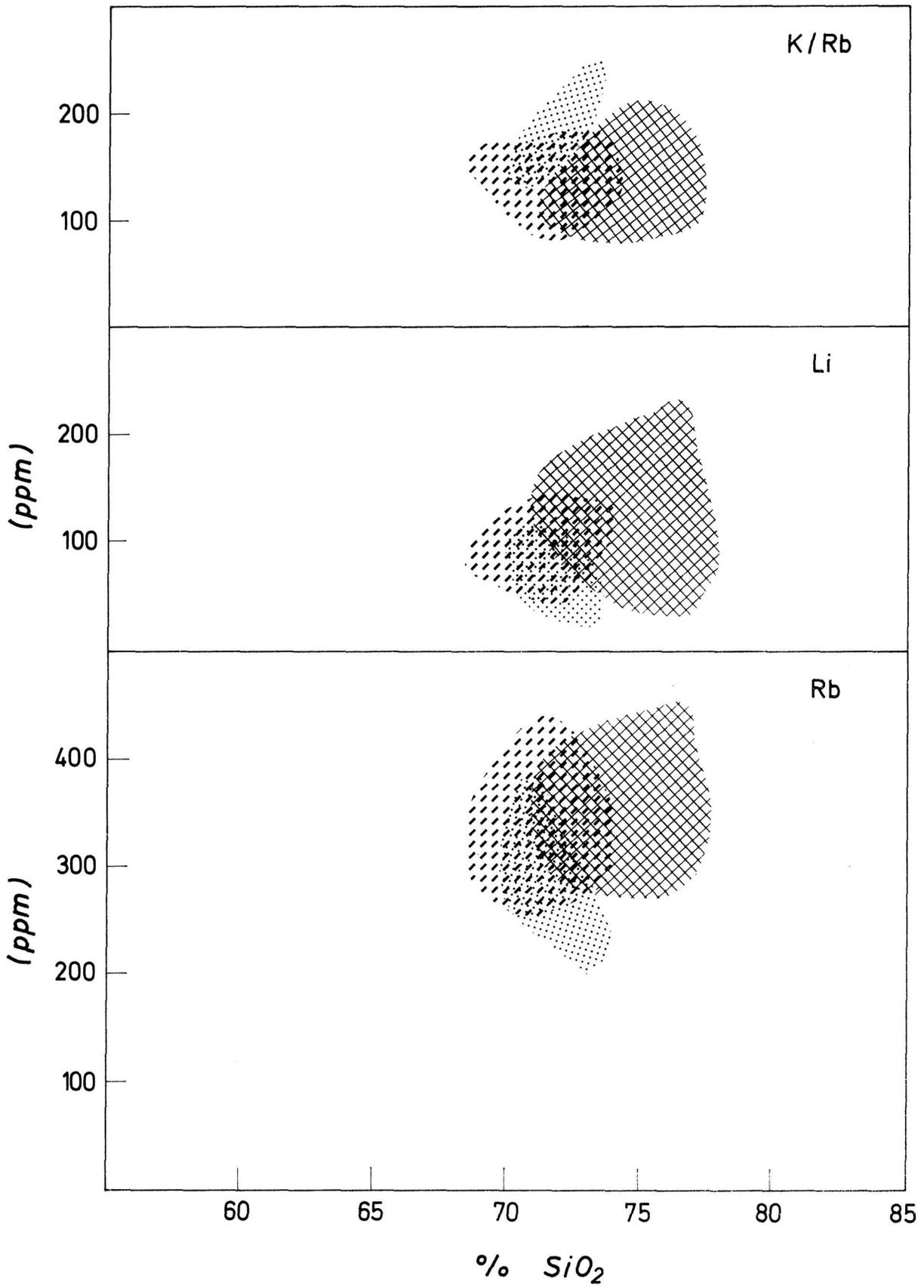


FIG. 3

En trabajos anteriores (BEA, *ops. cit.*) se ha puesto de manifiesto que los altos contenidos de Li constituyen una característica típica de los granitoides calcoalcalinos hespéricos. De la misma forma, los granitos aquí considerados se caracterizan por poseer elevados valores del mismo elemento que, aunque de un orden ligeramente inferior al de las rocas calcoalcalinas, resultan sorprendentemente altos si se comparan con las medias que se han definido para granitos, que oscilan en torno a las 40 ppm (BEUS, 1964; HEIER y ADAMS, 1964). El grupo más rico en Li es el Iic, al que le sigue el Iib y luego el Iia.

En el diagrama de distribución con respecto al SiO_2 (Fig. 3) es muy difícil apreciar tendencias correlativas, tanto en cada grupo concreto como si se considera el conjunto.

Similarmente, los contenidos de Rb de los leucogranitos son muy altos (Tabla I), superiores en 100 ó 150 ppm a los valores considerados como típicos en granitos: 196 ppm según HURLEY et al. (1962) y 190 ppm de acuerdo con HEDGE (1966). Igual que en el caso anterior, la riqueza en Rb aumenta con el grado de aloctonía, no mostrándose evidencias de correlación con el SiO_2 (Fig. 3).

Los valores de la relación K/Rb disminuyen desde el grupo Iia hasta el Iic (Tabla I), de tal forma que los grupos Iib y Iic presentan valores medios inferiores a 160 ppm, cayendo, por tanto, dentro del campo de los granitos

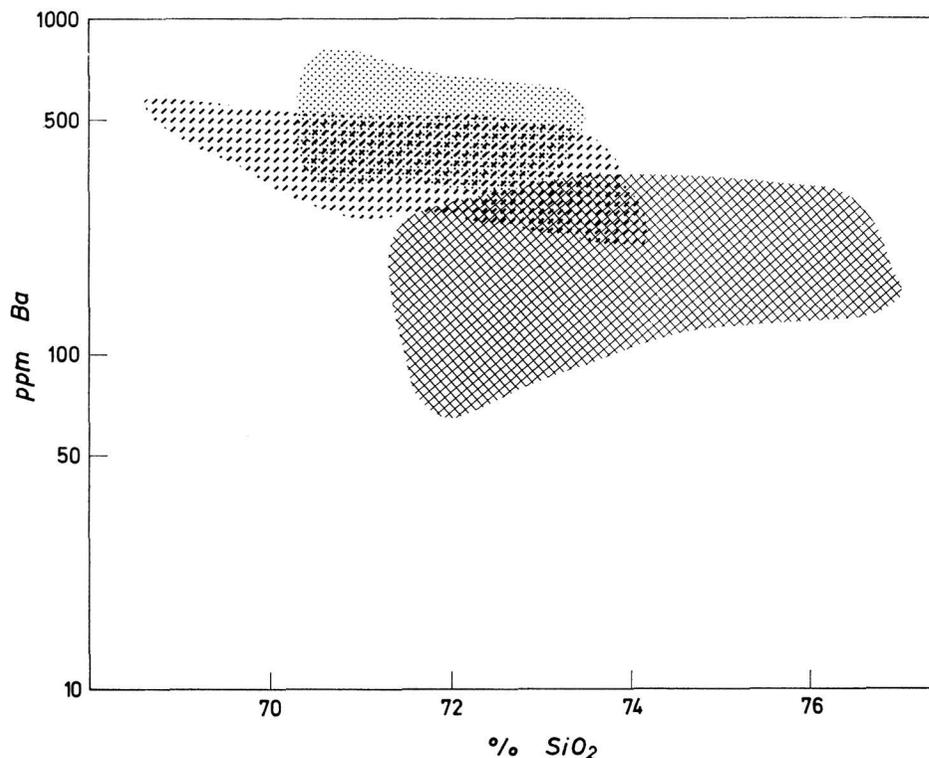


FIG. 4

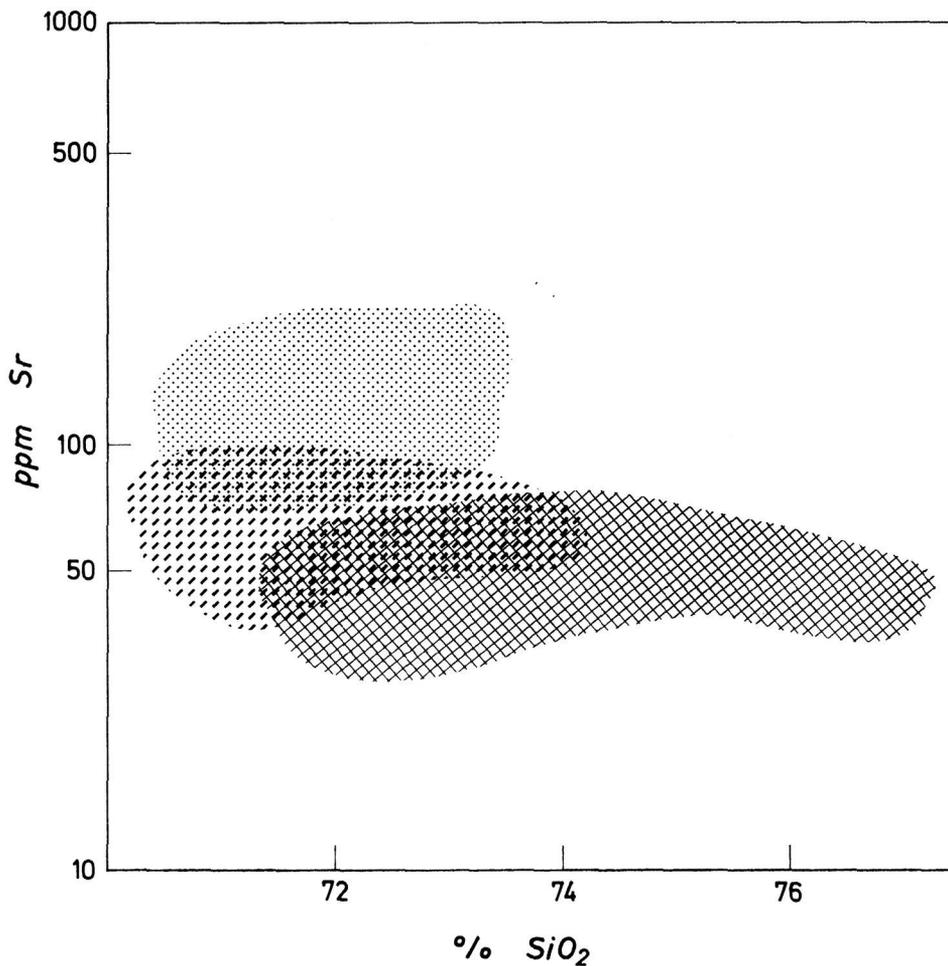


FIG. 5

muy diferenciados o pegmatoides (AHRENS et al. 1952; TAYLOR et al., 1956; HEIER y TAYLOR, 1959).

Sin embargo, los contenidos de Ba del conjunto (Tabla I) son netamente inferiores a los que típicamente presentan las rocas graníticas (del orden de 732 ppm: PUCHELT, 1972), con un modelo de distribución inverso a los vistos anteriormente, siendo el grupo IIa el más rico en Ba con disminución progresiva de los contenidos en dicho elemento hasta el grupo IIc.

En el diagrama SiO_2 -Ba (Fig. 4) se pone de manifiesto la falta de correlación entre ambos valores, así como la existencia de una separación total entre los campos representativos de los grupos extremos IIa y IIc.

De la misma forma, los valores de Sr (Tabla I) son mucho más bajos que las medias obtenidas por TUREKIAN (1956): contenidos de Sr en granitos del orden de 282 ppm. El diagrama de distribución con respecto a la sílice (Fig. 5) es muy parecido al del Ba, caracterizándose, igual que éste, por una notoria

ausencia de tendencias correlativas y la separación total entre los campos de los grupos IIa y IIc.

Atendiendo a todo lo expuesto queda claro que el carácter químico del grupo IIa es notablemente diferente del que presenta el IIc.

Asimismo, en los diagramas de variación se observa la dificultad de que tales diferencias hayan sido producidas exclusivamente por un proceso de diferenciación magmática o bien que respondan a diferentes intensidades de un proceso simple de fusión parcial.

A este respecto resulta especialmente significativo el diagrama K/Rb-Rb (Fig. 6), en el cual cada grupo evoluciona según una línea independiente más o menos paralela a los demás. Es necesario tener en cuenta que este diagrama se caracteriza por su capacidad para encuadrar en el mismo "trend" a los miembros de una serie petrogenética originada por variaciones cuantitativas del mismo fenómeno (DUPUY y ALLEGRE, 1972). Dado que no se refleja dicho "trend" y teniendo en cuenta los datos expuestos, se hace patente la necesidad de admitir otra solución.

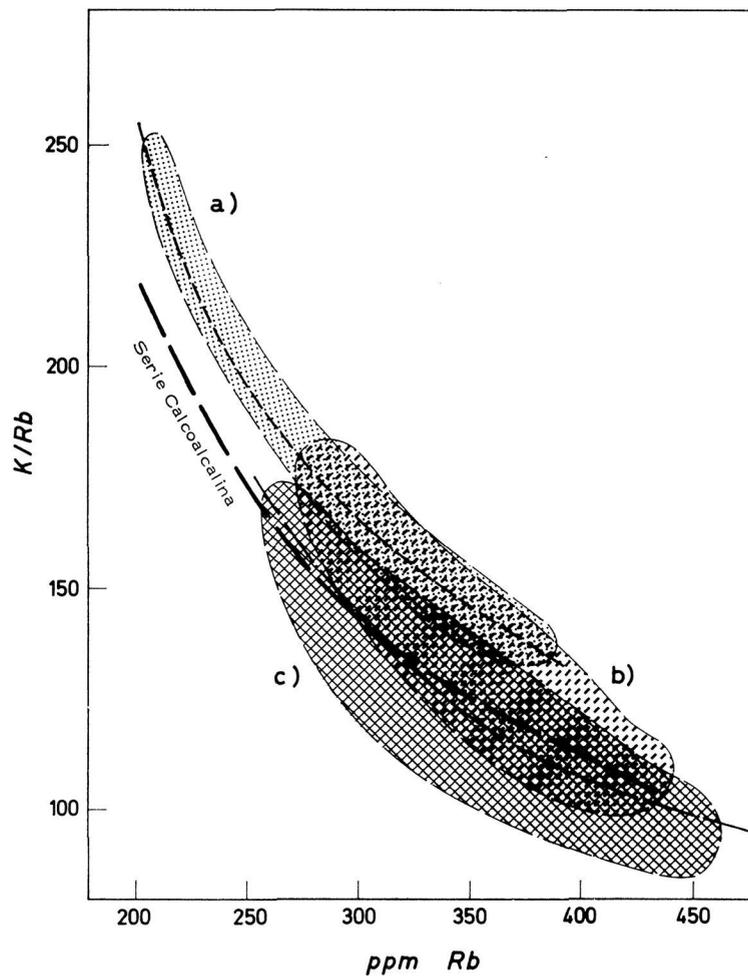


FIG. 6

PETROGENESIS: DISCUSION

El esquema petrogenético según el cual los granitos considerados se originan como consecuencia de un fenómeno metamórfico-anatético está basado en modo importante en la admisión de que tal fenómeno se ha desarrollado en condiciones de saturación en agua o al menos muy hidratadas. A este respecto son de considerar dos puntos básicos:

a) Por una parte el planteamiento acerca de la posibilidad de que existan en dominios metamórficos de alto grado tales condiciones hidratadas. De acuerdo con las ideas de FYFE (1970), BROWN y FYFE (1970, 1972), FYFE y BROWN (1972), WYLLIE (1971), LUTH (1969), PIWINSKII y WYLLIE (1968), la cantidad de H₂O existente como "pore fluid" en condiciones de metamorfismo elevado es muy baja o nula por lo que el agua necesaria para la fusión anatética debe ser suministrada por minerales hidratados, fundamentalmente filosilicatos, o bien tener un origen exterior al sistema anatético.

Por lo que se refiere al agua aportada por la descomposición de los filosilicatos debe exponerse aquí la opinión de WINKLER (1974, p. 295): "Only a small amount of biotite decomposes incongruently at the beginning of melting, and a considerable temperature rise is required to decompose a significant amount of biotite and thus increase the amount of melt. Therefore very high temperatures are necessary to melt appreciable amounts of paragneiss commonly containing about 15 to 25 % biotite. If at most only 2 % water can be supplied by the decomposition of biotite, the temperature of melts must exceed 900°C at pressures greater than 5 kb. These temperatures seem to be unrealistically high for most migmatite areas".

Es difícil, por tanto, admitir que un fenómeno anatético sea un proceso simple producido únicamente por aporte térmico.

b) Por otra parte la historia del metamorfismo en la zona que aquí se considera, hasta llegar a asociaciones mineralógicas en relación con la anatexia.

Este aspecto ha sido considerado por MARTÍNEZ FERNÁNDEZ (ops. cit.), quien ha mostrado cómo el metamorfismo evolucionó de asociaciones mineralógicas de afinidad kinzigítica, desarrolladas en condiciones de P_{H₂O} inferiores a la P_{total}, hacia asociaciones más hidratadas al abrirse el sistema para el agua. Es decir, que en el proceso metamórfico varía la cantidad de H₂O presente aumentando en los estadios finales, momentos en los que "se alcanza el climax en la génesis de movilizados anatéticos y se produce la principal masa de granitos a partir de los materiales favorables para su génesis del complejo neísico" (MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, 1974a).

De acuerdo con esta interpretación es evidente que el H₂O tiene, al menos en parte, un origen exterior a los materiales sobre los que se desarrolla el metamorfismo y anatexia asociada.

Los datos geoquímicos apoyan también la interpretación de que en la génesis de las rocas graníticas consideradas han intervenido fluidos y elementos químicos alóctonos.

En este sentido debe de considerarse:

a) El elevado contenido en Li de los granitoides. HOLLAND y LAMBERT (1972), han puesto de manifiesto que los fundidos graníticos que no impliquen un fenómeno anatético con paso total de la biotita a la fase líquida se encuentran empobrecidos en Li, tanto absolutamente como con respecto al material original.

Los diagramas sobre la estabilidad de la biotita (FYFE, op. cit.; BROWN y FYFE, ops. cites.; FYFE y BROWN, ops. cites.; PIWINSKII, 1975) muestran que ésta es estable en condiciones de un orden similar a las que han tenido lugar en el dominio metamórfico considerado ($P = 3,5-4$ kb; $T = 660-680^{\circ}\text{C}$, MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, ops. cites.). Por tanto, es de esperar que los procesos anatéticos producidos en tal dominio no hayan sido capaces de hacer pasar la biotita al fundido, *sin dejar residuo*, exceptuando que se hubiesen podido dar unas condiciones térmicas excepcionalmente altas (WINKLER, 1974). Consecuentemente los productos anatéticos resultantes deberían encontrarse empobrecidos en Li, deducción que no concuerda, en absoluto, con los datos geoquímicos.

b) Es un hecho conocido que los magmas originados por una fusión parcial en la que se encuentran implicadas fases micáceas se caracterizan por poseer altos contenidos en K y Rb y valores de K/Rb generalmente bajos, en función de la mineralogía del residuo (JAKES y WHITE, 1969; JAKES y SMITH, 1970; ARTH y HANSON, 1972). Esto, unido al tránsito gradual grupo IIa-migmatitas-neises, explica bastante bien el quimismo del grupo IIa (similar al de una pegmatita metamórfica) con excepción de que los contenidos en Li resultan mucho más elevados de lo que cabría esperar en un principio, tal como se ha señalado.

Sin embargo, las características geoquímicas del grupo IIc no pueden ser explicadas como resultantes de una anatexia de mayor intensidad que la que ha producido el grupo IIa. Tal anatexia no puede tener un carácter muy fraccionante debido, precisamente, a su misma intensidad y los materiales así originados deberían tener una composición química intermedia entre la del material metamórfico original y la del grupo IIa, con pérdida del carácter químico de pegmatoides que presenta éste.

Los datos químicos del grupo IIc se muestran como más alejados del quimismo del material metamórfico que los datos del grupo IIa y revelan también una tendencia pegmatoide mucho más acusada que este grupo. Además, mientras que el quimismo del grupo IIa es similar al de un pegmatoide metamórfico, el del grupo IIc es típicamente magmático caracterizado por valores de Li muy altos y contenidos en Ba muy bajos.

En consecuencia, no cabe admitir el origen del grupo IIc como debido a un proceso anatético más intenso que el que ha producido los otros grupos, ni resulta posible tampoco admitir que los tres grupos constituyan diferentes grados de la evolución del mismo proceso de fusión o bien que se deriven unos de otros por diferenciación.

Debe de resolverse, por tanto, cuál sea el posible origen de los fluidos y elementos asociados que han intervenido en la génesis de los granitos.

A este respecto, resulta altamente significativo que se dé un fenómeno de convergencia química muy acusado entre los grupos más alóctonos de los granitos de las zonas aquí consideradas y las facies más evolucionadas de los granitos de la serie calcoalcalina (BEA, 1975) (tal como se muestra en el diagrama K/Rb-Rb de la fig. 6), coincidiendo el "trend" definido por el grupo IIc, con el representativo de las rocas de dicha serie. El grado de convergencia es tal que a pesar de que unos y otros granitos son distinguibles petrográficamente sólo se ha podido encontrar un criterio químico de separación basado en el diagrama Ba/Sr-Sr (Ibid.).

Teniendo en cuenta todo lo expuesto, la explicación de la génesis y geoquímica de los grupos graníticos señalados ha de ser buscada en la contribución de aportes de material externo al sistema anatético, que fundamentalmente consistiría en fluidos pegmatoides (H_2O , K, Li, Rb, Cl, F, etc.), proveniente de los magmas calcoalcalinos situados en niveles inferiores a los aquí considerados.

Esta interpretación permite explicar:

- La variación de las condiciones de P_{H_2O} durante el metamorfismo.
- El quimismo global y las interrelaciones entre los tres grupos incluyendo el marcado aumento de carácter de pegmatoide magmático que se observa desde el grupo IIa hasta el IIc.
- La convergencia química con las facies más evolucionadas de la serie calcoalcalina y la presencia de la misma anomalía geoquímica que ha sido descrita en ésta (BEA, 1975 y trabajo in litt.).

A modo de resumen puede indicarse que los tres grupos graníticos han sido originados por el mismo proceso, en el que han participado componentes del magma calcoalcalino en distintas proporciones. Puede hablarse, por tanto, de una anatexia inducida como mecanismo de génesis de estos granitos de origen mesocortical, tal como había sido señalado por UGIDOS y BEA (1976). En trabajos posteriores se expondrán otros casos de similares características e implicaciones petrogenéticas.

BIBLIOGRAFIA

- AHRENS, L. H.; PINSON, W. H.; KEARNS, M. M. (1952): *Association of Rubidium and Potassium and their abundances in igneous rocks and meteorites*. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 2, 229-242.
- ARTH, J. G.; HANSON, G. N. (1972): *Quartz Diorites derived by partial melting of eclogite or amphibolite at Mantle depths*. *Contr. Min. Petr.*, 37, 161-174.
- BEA, F. (1975): *Caracterización geoquímica y esquema petrogenético de los granitos hercínicos del área Salamanca-Cáceres*. Tesis doctoral. Univ. Salamanca.
- (in litt.): *Anomalías geoquímicas de los granitoides calcoalcalinos hercínicos del área Salamanca-Cáceres-Zamora (España). Implicaciones petrogenéticas*.
- BEUS, A. A. (1964): *Distribution of lithium in igneous rocks*. *Geochem. Internat.* 808-811.
- BROWN, G. C.; FYFE, W. S. (1970): *The production of granitic melts during ultrametamorphism*. *Contr. Min. Petr.*, 28, 310-318.
- (1972): *The transition from metamorphism to melting status of the granulite and eclogite facies*. 24th. Intern. Geol. Cong., 2, 27-35.
- CAPDEVILA, R.; CORRETGÉ, L. G.; FLOOR, P. (1973): *Les granitoïdes varisques de la Meseta Ibérique*. *Bull. Soc. Geol. France*, 15, 209-228.
- Contribuciones a la III Reunión sobre Geología del NW de la Península Ibérica* (1969). *Bol. Geol. Min.*, 81, 1970.
- CORRETGÉ, L. G. (1971): *Estudio petrológico del batolito de Cabeza Araya (Cáceres)*. Tesis doctoral. Univ. Salamanca.
- CORRETGÉ, L. G.; UGIDOS, J. M.; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, F. (in litt.): *Les séries granitiques dans le secteur centre occidental espagnol*. C.N.R.S. vol. spécial: Chaînes varisques d'Europe occidentale. Rennes.
- DUPUY, C.; ALLEGRE, C. J. (1972): *Fractionnement K/Rb dans les suites ignimbritiques de Toscane. Un exemple de rejuvénation crustale*. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 36, 437-458.
- FYFE, W. S. (1970): *Some thoughts on granitic magmas*. In: "Mechanism of igneous intrusion". Liverpool. Ed. G. Newall and N. Rast. Gallery Press, 201-216.
- FYFE, W. S.; BROWN, G. C. (1972): *Granites past and present*. *J. Earth Sc. Leeds.*, 8.
- HEDGE, C. E. (1966): *Variations in radiogenic strontium found in volcanic rocks*. *J. Geophys. Res.*, 71, 6119-6126.

- HEIER, K. S.; TAYLOR, S. R. (1959): *Distribution of Li, Na, K, Rb, Cs, Pb, Tl in southern norwegian pre-cambrian alkali feldspars*. Geochim. Cosmochim. Acta, 15, 284-304.
- HEIER, K. S.; ADAMS, J. A. S. (1964): *The geochemistry of alkali metals*. Phys. Chem. Earth, 5, 255-380.
- HOLLAND, J. G. LAMBERT, R. St. J. (1972): *Geochemistry of Lithium in the Mailland Lewisian of Scotland*. 24 th. Intern. Geol. Cong., 10, 169-178.
- HURLEY, P. H.; HUGHES, T. D.; FAURE, H.; FAIRBAIN, H. W.; PINSON, W. H. (1962): *Radiogenic strontium-87 model of continent formation*. J. Geophys. Res., 67, 5315-5334.
- JAKES, P.; WHITE, A. R. J. (1969): *Structure of the Melanesian arc and correlation with distribution of magma types*. Tectonophysics, 8, 223-236.
- JAKES, P.; SMITH, I. E. (1970): *High potassium calc-alkaline rocks from Cape Nelson, Eastern Papua*. Contr. Min. Petr., 28, 259-271.
- LUTH, W. C. (1969): *The systems $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-SiO}_2$ and $\text{KAlSi}_3\text{O}_8\text{-SiO}_2$ to 20 Kb and the relationship between H_2O content $P_{\text{H}_2\text{O}}$ and P_{total} in granitic magmas*. Am. J. Sc., 267-A, 325-342.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, F. (1974): *Estudio del área metamórfica y granítica de los Arribes del Duero (Provincias de Salamanca y Zamora)*. Tesis doctoral. Univ. Salamanca.
- (1974a): *Estudio del área metamórfica del NW de Salamanca. (Cordillera Herciniana, España)*. Trabajos de Geología, 7, 3-59. Oviedo.
- (1974b): *Petrografía, estructura y geoquímica de los diferentes tipos de granitoides del NW de Salamanca (Cordillera Herciniana, España)*. Trabajos de Geología, 7, 61-141. Oviedo.
- PIWINSKII, A. J.; WYLLIE, P. J. (1968): *Experimental studies of igneous rocks series: a zoned pluton in the Wallowa Batholith, Oregon*. J. Geol., 76, 205-234.
- PIWINSKII, A. J. (1975): *Experimental studies of granitoid rocks near the San Andreas fault zone in the Coast and Transverse Ranges and Mohave Desert, California*. Tectonophysics, 25, 217-231.
- PRESNALL, D. C. (1969): *The geometrical analysis of partial fusion*. Am. J. Sci., 267, 1178-1194.
- PUCHELT, H. (1972): *Barium*. In "Handbook of Geochemistry". Berlin. Ed. K. H. Wedepohl. Springer Verlag.
- TAYLOR, S. R.; EMELEUS, C. H.; EXLEY, C. S. (1956): *Some anomalous K/Rb ratios in igneous rocks and their petrological significance*. Geochim. Cosmochim. Acta, 7, 224-229.
- TUREKIAN, K. (1956): *The geochemistry of strontium*. Geochim. Cosmochim. Acta, 10, 145-196.
- UGIDOS, J. M. (1973): *Estudio petrológico del área Béjar-Plasencia (Salamanca-Cáceres)*. Tesis doctoral. Univ. Salamanca.
- (1974a): *Granitos de dos micas y moscovíticos en la región de Barco de Avila-Plasencia y áreas adyacentes (Avila-Cáceres)*. Stvd. Geol., 7, 63-86.
- (1974b): *Metasomatismo y granitización en el complejo metamórfico de Béjar-Barco de Avila-Plasencia. Petrogénesis de los granitos de tendencia alcalina*. Stvd. Geol., 8, 27-44.

UGIDOS, J. M.; BEA, F. (1976): *Análisis comparativo de los granitos del área Béjar-Plasencia con otros granitos "younger" centro peninsulares: precisiones sobre la serie mixta*. *Stvd. Geol.*, 10, 45-59.

WINKLER, H. G. F. (1974): *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. Berlin, Springer Verlag.

WYLLIE, P. J. (1971): *The Dynamic Earth*. New York. John Wiley and Sons.

(Recibido el 19 - VII - 76)