

NOTA PREVIA SOBRE LA PETROLOGIA Y GEOQUIMICA DE LOS GRANITOIDES DE LA SIERRA DE GUADARRAMA (ESPAÑA)

E. BRANDEBOURGER *
C. CASQUET **
F. DEBON *
J.M. FUSTER **
E. IBARROLA ***
P. ISNARD *
P. Le FORT *
M. NAVIDAD **
M. PEINADO **
J.M. STUSSI *
C. VILLASECA **

RESUMEN.— Este trabajo constituye un avance de un estudio geoquímico-geocronológico en curso sobre los granitoides hercínicos tardi y post-cinemáticos del sector oriental del Sistema Central Español.

El muestreo realizado hasta el momento, totaliza 230 muestras (treinta de ellas enclaves y diques tardíos), procedentes de la Sierra de Guadarrama, en las que se han efectuado análisis químicos completos de elementos mayores y algunos elementos traza significativos.

Combinando los datos macroscópicos y petrográficos con los criterios de clasificación químico-mineralógicos (Debon y Le Fort, 1982), hemos distinguido los siguientes grupos, exceptuando enclaves y diques:

1. Rocas intermedias: cuarzodioritas y granodioritas meta-alumínicas con anfíbiotita y abundantes enclaves microgranudos. Son volumétricamente escasas, con fábrica planar o plano-lineal y más abundantes en la zona occidental del sector estudiado.

2. Adamellitas con afinidades granodioríticas. Se trata de un grupo de rocas variablemente peralumínicas con biotita y a veces con silicatos alumínicos, principalmente cordierita y en ocasiones sillimanita, en proporciones variables. Se pueden distinguir dos subgrupos según sean o no porfídicas. En un primer análisis parece que las adame-llitas no porfídicas muestran tendencias alumino-cafémicas (ocasionalmente hay rocas con anfíbol), mientras que los tipos porfídicos son de carácter más alumínico. Las re-

* Centre Recherches Pétrographiques et Géochimiques. Nancy (Francia).

** Dept. de Petrología, Universidad Complutense (España).

*** U.E.I. de Petrología y Geoquímica. Instituto de Geología Económica, C.S.I.C. (España).

laciones entre ambos tipos parecen con frecuencia de tránsito gradual. Abundan los enclaves microgranudos. Estas rocas son volumétricamente las más abundantes y muestran fábricas planares y plano-lineares no muy acusadas.

3. Granitos de grano grueso. Son rocas aluminicas ricas en cuarzo, con biotita y escasa o nula moscovita. Los enclaves microgranudos son inexistentes o muy escasos. No se observan fábricas macroscópicas.

4. Granitos de dos micas, de grano fino a medio. Constituyen una asociación aluminica, normal en contenido de cuarzo. A las micas se añaden con frecuencia silicatos aluminicos como cordierita o granate y sillimanita o andalucita. No contienen enclaves microgranudos y son estructuralmente isótopos.

Las divisiones obtenidas en otro tratamiento global de los datos mediante análisis taxonómico coinciden en gran medida con los grupos establecidos anteriormente.

El análisis factorial de los datos geoquímicos indica que los granitoides de la Sierra de Guadarrama constituyen un grupo homogéneo univariante desde un polo Al-Ca-Fe-Mg hasta un polo Si-K.

En ausencia, por el momento, de edades radiométricas suficientes, los datos macroscópicos apuntan en términos generales, a una cronología relativa coincidente con el orden descrito más arriba. Las rocas meta-aluminicas se presentan como retazos próximos a las rocas metamórficas o isleos intruidos por las adamellitas. Los granitos biotíticos de grano grueso y los de dos micas, tienen geometrías de macizos circunscritos en general de pequeñas dimensiones. Por el momento no está claro si existe una sola o más tendencias magmáticas superpuestas.

El emplazamiento de los granitoides del primer grupo y de algunos tipos muy estructurados del segundo, puede considerarse tardicinemático respecto a una fase mayor compresiva (F_2). Por el contrario, los granitos biotíticos de grano grueso y los de dos micas son post-cinemáticos.

SUMMARY.— This is a previous note of an overall geochemical and geochronological work now in progress about the late and post-kinematic hercynian granitoids of the western spanish Central System.

Sampling, up to the present, amounts to 230 rocks (thirty of them inclusions and late dykes) coming from the Sierra de Guadarrama, on which complete chemical analysis, i.e. major elements as well as the most meaningful trace elements, have been carried out.

Based on macroscopic and petrographic data along with the chemical-mineralogical criteria devised by DEBON and LE FORT (1982), we have distinguished the following groups of rocks, excluding inclusions and dykes.

1. Intermediate rocks. Meta-aluminous amphibole-biotite quartz-diorites and granodiorites and related microgranular inclusions. These rocks are scarce, being more abundant to the west of the studied area. They often show planar and plano-linear fabrics.

2. Adamellites with granodioritic affinities. Most of them are per-aluminous rocks with biotite and sometimes Al-silicates, mainly cordierite and less often sillimanite, in varying proportions. Two sub-groups i.e. porphyritic and non-porphyritic adamellites can be distinguished. On a first analysis the non-porphyritic rocks seem to follow an aluminous-cafemic trend (rocks with amphibole occasionally exist), whilst the porphyritic types plot along a more aluminous trend. Nonetheless, gradual transitions among both types seem to be common. Microgranular inclusions are abundant. Adamellites are by

far the volumetrically most important rocks and usually display a weak to moderate planar and plano-linear fabrics.

3. Coarse-grained granites. They are aluminous quartz-rich rocks with biotite and little or none moscovite. Microgranular inclusions are almost lacking. Furthermore they do not show macroscopic fabrics.

4. Medium and fine-grained two-mica granites. They form an aluminous association normal in quartz. Along with the micas, Al-silicates like cordierite or garnet and sillimanite or andalusite are usually present. Microgranular inclusions are never seen. From a structural point of view these rocks are isotropic.

Statistical taxonomic analysis of granitoids match to a large extent the classification put forward above.

Factorial analysis of the geochemical data shows that the Sierra de Guadarrama granitoids form an homogeneous group of rocks ranging from an Al-Ca-Fe-Mg pole to a Si-K pole.

In spite of the present lacking of enough radiometric data, macroscopic observations point to a relative chronology broadly in agreement with the classification order above. Meta-aluminous rocks are conserved either as relics near the metamorphic bodies or as large inclusions inside the adamellites. On the other side coarse grained biotite granites and two-mica granites form as a rule small massifs cutting across the adamellites.

Emplacement of the first group of rocks and, may be also, the most deformed types of the second group, are thought to be late-kinematic with regard to a main compressive phase (F_3). On the other side, coarse-grained biotite granites and two-mica granites are clearly post-kinematic.

For the moment it is uncertain weather a single or more superposed magmatic trends exist in the Central System.

I. INTRODUCCION

Este trabajo es una exposición de los primeros resultados obtenidos sobre la petrología de los granitoides que afloran en el Sistema Central entre aproximadamente el meridiano de Avila y la región de Buitrago-Torrelaguna al E.

Este trabajo se enmarca en un proyecto conjunto de investigación entre el Departamento de Petrología (U.C.M.) el C.N.R.S. de Nancy y el Laboratorio de Asoc. n° 10 CNRS/Universidad de Clermont Ferrand cuyo objetivo es el de precisar las relaciones geoquímicas y cronológicas de las rocas intrusivas hercínicas tardi y post-orogénicas de este sector de la cadena.

II. ASPECTOS GEOLOGICOS

Los granitoides del sector mencionado del Sistema Central que corresponde en su mayor parte a la Sierra de Guadarrama y comienzo de Gredos, ocupan grandes extensiones geográficas, siendo tanto más abundantes cuanto más al oeste (Fig. 1).

Están emplazados en materiales metamórficos, ortogneises y metasedimentos pertenecientes a la Zona Centro-Ibérica o Zona Axial de la cadena hercínica española (JULIVERT et al. 1975) que han sido afectados con anterioridad por al menos dos episodios de deformación penetrativa tradicionalmente atribuidos a la tectogénesis hercínica y relacionados con un metamorfismo plurifacial que evoluciona en el tiempo desde gradientes de alta a baja presión (FUSTER et al. 1973, BELLIDO et al, 1981).

Con posterioridad a estas deformaciones mayores se ha definido en el Sistema Central una tercera fase (F_3) todavía sinmetamórfica, al menos en niveles profundos y menos penetrativa (CAPOTE et al, 1982), y otras fases menores mal conocidas todavía claramente post-metamórficas.

En este trabajo solo se consideran los granitoides tardios emplazados en relación con la F_3 y posteriores, que no han sido afectados, pues, en gran medida por las deformaciones penetrativas regionales ni por el metamorfismo (V. BELLIDO et al., op. ct.).

III. TIPOS DE GRANITOIDES

Combinando los datos macroscópicos y petrográficos con los criterios de clasificación química-mineralógicos de DEBON y LE FORT (1983), hemos distinguido cuatro grupos de granitoides:

1. Rocas Intermedias: cuarzodioritas a granodioritas meta-alumínicas con biotita-anfibol y un cortejo de enclaves microgranudos con anfibol-biotita y en alguna ocasión clinopiroxeno.

2. Adamellitas. Forman un grupo bien definido de rocas, variablemente peralumínicas con biotita y a veces silicatos alumínicos, principalmente cordierita y en ocasiones sillimanita en proporciones variables. Se pueden distinguir dos subgrupos según sean o no porfídicas aunque las relaciones entre ambos parecen con frecuencia de tránsito gradual.

3. Granitos de grano grueso. Son rocas alumínicas ricas en cuarzo, con biotita y a veces con moscovita. Los enclaves microgranudos son escasos o inexistentes.

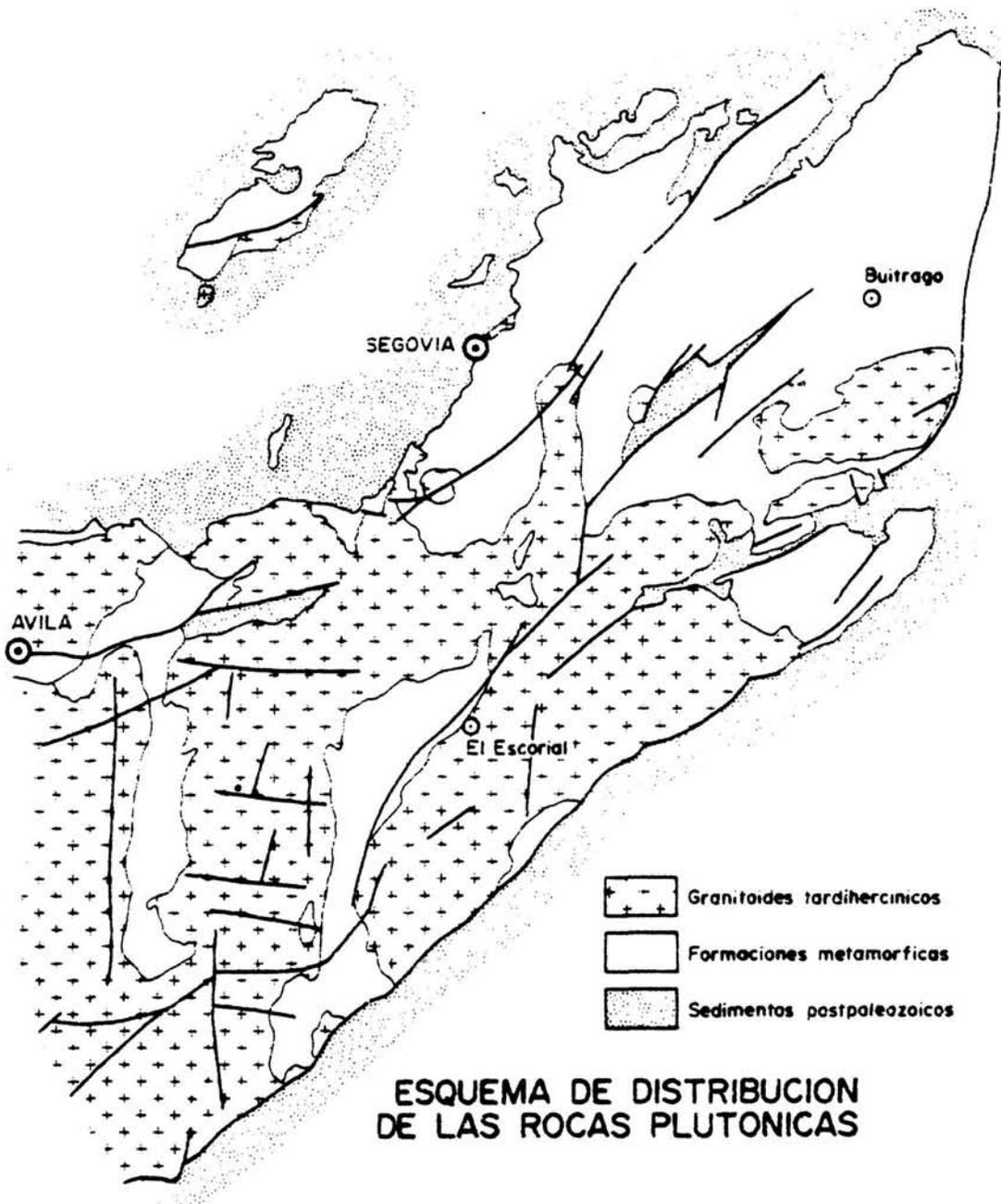


FIGURA 1

4. Granitos de dos micas de grano fino a medio. Son rocas peraluminicas en las que junto a las micas se encuentran con frecuencia silicatos aluminicos como cordierita o granate y sillimanita o andalucita. No se observan enclaves microgranudos.

Las rocas intermedias son volumetricamente poco significativas, acantonándose en la parte occidental del sector considerado. Se conservan como retazos adosados a los grandes afloramientos metamorficos o bien como enclaves de dimensiones variables en las adamellitas. A veces muestran fabricas planares o plano-lineares más o menos penetrativas, principalmente en los tipos próximos al contacto con el metamorfico.

Las adamellitas son volumetricamente las más importantes. Forman macizos de grandes dimensiones groseramente concordantes con las estructuras de la fase 3 y es frecuente observar, hacia sus bordes, una estructuración a veces muy fuerte planar o plano-linear, que se manifiesta tanto en el granito como en los gabarros. Con frecuencia estas zonas de borde son más ricas en xenolitos metamorficos y más porfidicas (DOBLAS et. al., 1983).

Los granitos biotiticos de grano grueso y los tipos de dos micas forman, junto con una proporción menor de adamellitas no porfidicas, macizos intrusivos en las adamellitas del grupo anterior o en los materiales metamorficos. Destaca la falta de estructuración macroscópica de estas rocas así como la ausencia casi total de enclaves microgranudos.

IV. GEOQUIMICA

El tratamiento geoquímico se basa en un muestreo realizado específicamente para este trabajo, que hasta el momento consiste en 230 rocas (treinta de ellas enclaves y diques tardíos) y en las que se han efectuado análisis químicos completos de elementos mayores y de algunos elementos traza significativos. También se ha tenido en consideración la información analítica inédita contenida en el Departamento de Petrología, así como la ya publicada (p.e. APARICIO et al, 1975).

Se ha trabajado con los criterios de clasificación químico-mineralógicos establecidos por DEBON y LE FORT (1983), consistente en una primera clasificación de las rocas mediante el empleo de los parámetros $Q = (Si/3 - (K + Na + 2/3Ca))$ y $P = K - (Na + Ca)$, seguida del análisis tipológico de las asociaciones magmáticas mediante el empleo de los parámetros $A = Al - (K + Na + 2Ca)$ y $B = Fe + Mg + Ti$ y diagrama $Q - B - F$ ($F = 555 - (Q + B)$).

En base al diagrama A - B se pueden distinguir en la Sierra de Guadarrama dos grandes grupos químico-mineralógicos de granitoides, uno meta-alumínico correspondiente a las cuarzodioritas a granodioritas con biotita y anfíbol y enclaves

microgranudos asociados, y otro peraluminico en el que se sitúan las rocas de los tres grupos restantes.

IV.1. Aspectos geoquímicos generales.

En las Figs. 2 y 3 se han proyectado los 170 análisis más característicos correspondientes a adamellitas, divididas en porfídicas no porfídicas, granitos de grano grueso y granitos de dos micas, procedentes de nuestro propio muestreo, y en el que hemos excluido por el momento a los tipos meta-alumínicos, gabarros y diques tardíos, que serán objeto de un estudio más detallado en trabajos posteriores.

En este tratamiento hemos considerado a las rocas de una manera global sin discriminación en razón de asociaciones espacio-temporales (macizos intrusivos).

Como puede verse (Fig. 2) las adamellitas no porfídicas constituyen un tipo de asociación aluminocalcálica mientras que los tipos porfídicos con pendiente positiva tienen carácter aluminico. Los granitos de grano grueso biotíticos y los de dos micas constituyen también asociaciones claramente aluminicas.

En el diagrama Q - B - F (Fig. 3) se observa que las adamellitas no porfídicas forman una asociación calcoalcalina, mientras que las porfídicas y los granitos de dos micas corresponden a asociaciones normales en cuarzo. Los granitos de grano grueso representan una asociación rica en este mineral.

Se ha efectuado un tratamiento estadístico, mediante análisis factorial basado en 200 muestras, entre las que hay algunos tipos meta-alumínicos, pero excluidos los gabarros y los diques. El resultado (Fig. 4) evidencia una continuidad geoquímica entre un polo aluminocalco-ferromagnesiano y un polo silícico-potásico.

Asimismo el análisis taxonómico de este conjunto de muestras confirma las cuatro agrupaciones definidas al principio con criterios geológicos y petrográficos.

IV.2. Consideraciones particulares.

Es evidente que la caracterización precisa de las tendencias evolutivas y de la variabilidad de los granitoides de la Sierra del Guadarrama requiere tener en cuenta su distribución geográfica regional así como su agrupación en unidades espacio-temporales bien definidas.

A este respecto los macizos circunscritos tardíos son los mejor conocidos. Tal es el caso de La Cabrera, La Pedriza, Cabeza-Mediana y probablemente Hoyo de Manzanares, disponiéndose en ellos de una mayor información geoquímica que permita precisar mejor las relaciones dentro del grupo de rocas peraluminicas.

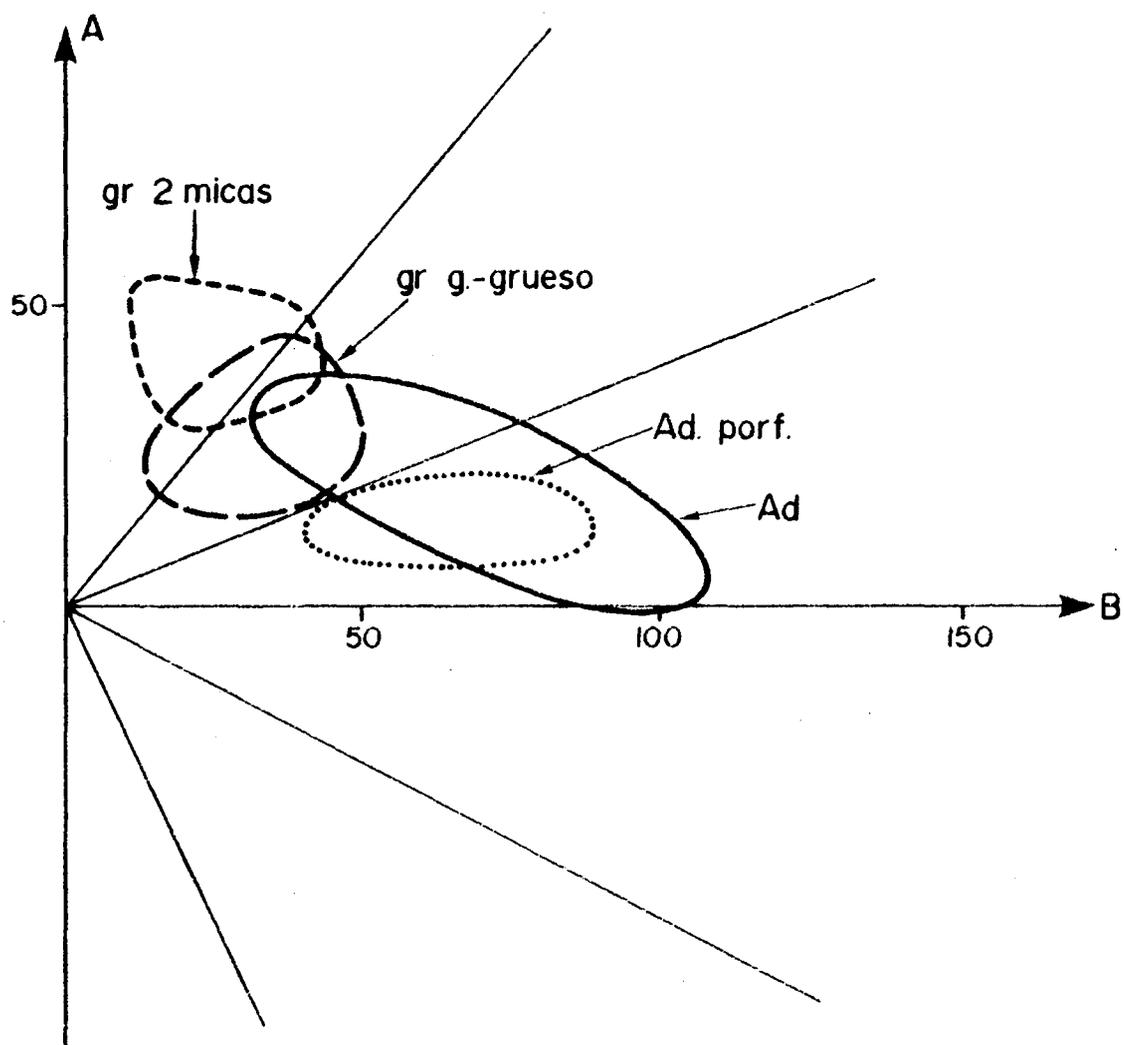


FIGURA 2

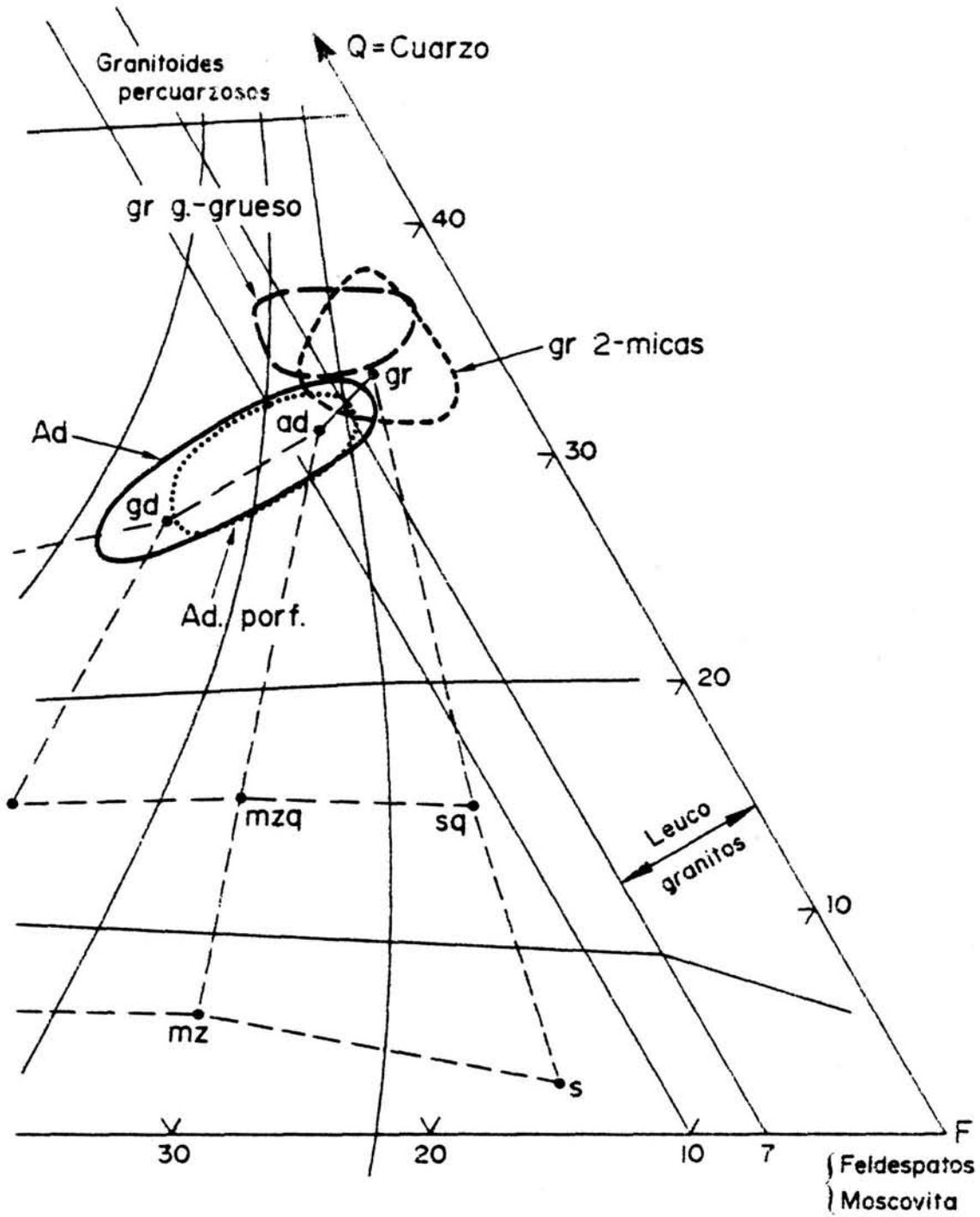


FIGURA 3

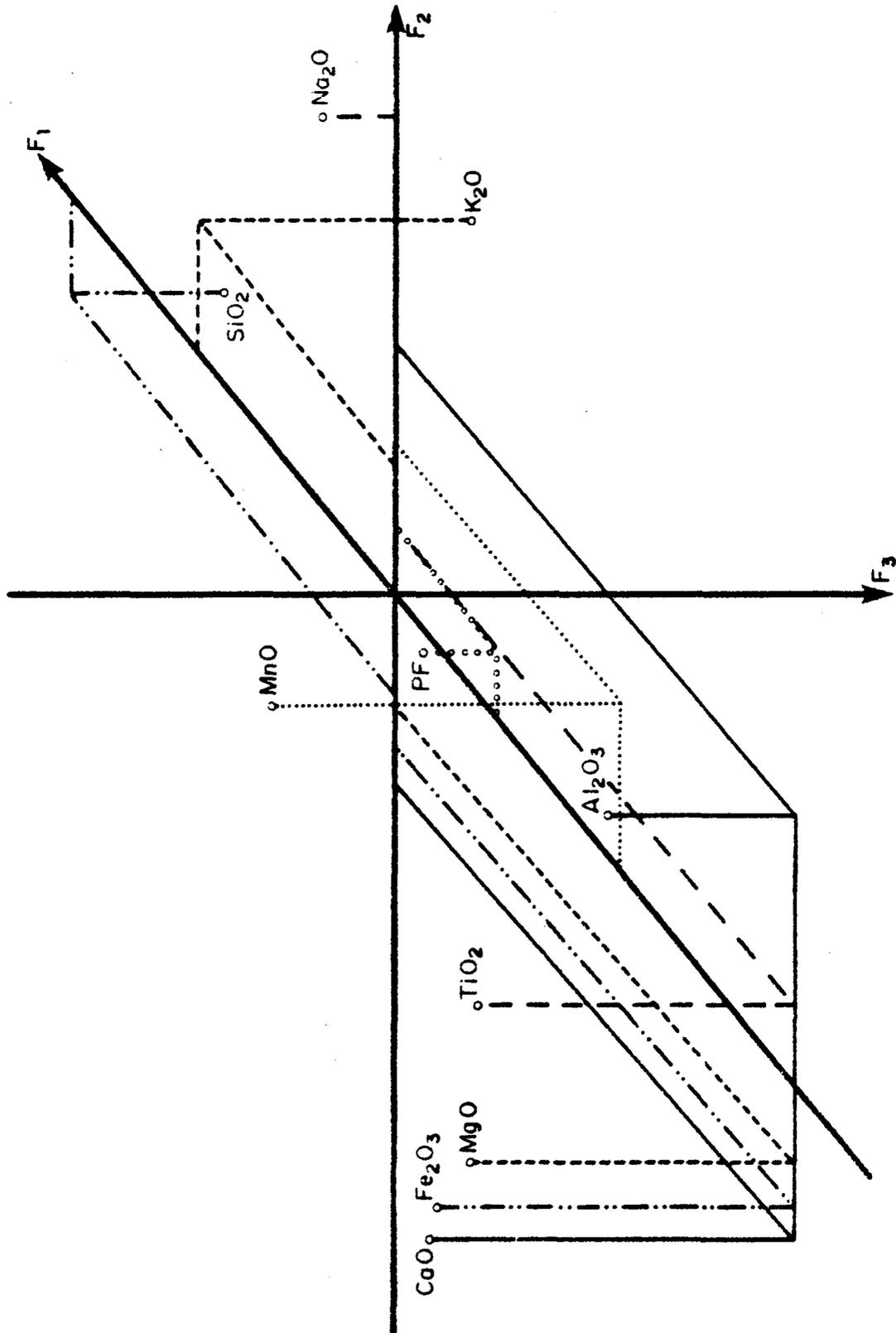


FIGURA 4

Al considerar individualmente estos macizos se encuentra que sus litologías, fundamentalmente granitos biotíticos de grano grueso, en menor proporción adamellitas no porfídicas, y granitos de dos micas se alinean en los diagramas A -B según tendencias alumínicas con nula o débil pendiente positiva. La presencia de moscovita en los granitos de dos micas se traduce en algunos casos en un aumento anormal del valor del parámetro A, con una desviación consiguiente respecto de la tendencia alumínica normal del macizo.

Respecto a los macizos relictos constituídos por rocas intermedias (cuarzo-dioritas a granodioritas biotítico-anfibólicas), los datos existentes, incluyendo los enclaves granudos metalumínicos, sugieren una tendencia típica aluminio-cafémica calcoalcalina.

Las adamellitas, que como se ha dicho constituyen las rocas volumétricamente más significativas se proyectan a caballo entre las dos tendencias anteriores. Se trata pues de un grupo de rocas con gran importancia petrogenética.

En primer lugar se constatan diferencias entre las adamellitas al este y al oeste del macizo metamórfico de El Escorial-Villa del Prado. Las primeras son más peralumínicas ($A > 25$), mientras que las segundas son sensiblemente menos peralumínicas ($A < 25$). Es significativo que las adamellitas de la parte oriental son semejantes a las facies marginales junto al metamórfico, ricas en material xenolítico, de las adamellitas occidentales.

Por lo que respecta a estas últimas muestran una clara alineación de tipo alumino-cafémica con los enclaves incluidos en ellas.

A la vista de estas consideraciones preliminares parece que puede afirmarse que en este sector del Sistema Central los granitoides forman dos asociaciones magmáticas, una alumínica y otra alumino-cafémica independientes.

Por otra parte parece existir una polaridad composicional en este sector, y en dirección transversal a la cadena, haciéndose las rocas menos cafémicas y más alumínicas hacia el este.

V. RELACIONES TEMPORALES DE LOS GRANITOIDES

Las determinaciones geocronológicas existentes sobre los granitoides de la Sierra de Guadarrama son muy escasas. Por un lado el trabajo de MENDES et al (1972) en el que se analizan dos adamellitas orientales y un granito biotítico de grano grueso perteneciente al extremo occidental del macizo de La Pedriza, intrusivo en las anteriores. La edad de las dos primeras es de 271 ± 16 y 278 ± 16 m.a.,

mientras que la del granito es de 251 ± 27 m.a.; utilizando como constante $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11}$ las edades publicadas serían respectivamente 280, 288 y 260 m.a.

Por otro lado y más recientemente, VIALETTE et. al. (1981) analizan los dos tipos de granitos que forman la mayor parte del macizo de la Cabrera: un granito de grano grueso biotítico y un leucogranito aplítico intrusivo en el anterior. El primero da 310 ± 14 m.a. y el segundo 287 ± 5 m.a. Aunque confirman la edad relativa de las intrusiones, estas dos edades parecen muy separadas entre sí y por lo menos la primera discrepante con los datos de MENDES et. al. (op. cit.).

Para resolver estos problemas está en marcha un proyecto de investigación cuyo objetivo es datar sistemáticamente la mayor parte de los granitoides de este sector del Sistema Central (ver al principio).

Mientras tanto, los datos macroscópicos, estructurales y cartográficos, confirman la existencia de una polaridad temporal en el emplazamiento de los granitoides situados al este del meridiano de Avila.

Como se ha dicho anteriormente, las rocas del primer grupo muestran a veces fábricas planares y plano-lineales más o menos penetrativas y quizás en algún caso de origen tectónico.

Asimismo las adamellitas, volumétricamente dominantes, muestran con frecuencia estructuras de flujo planares y plano-lineales variablemente acusadas y peneconcordantes con las macroestructuras de la tercera fase de deformación (F_3), tal como está definida en la parte occidental del sector estudiado, ocupando el núcleo de los anticlinorios de esta fase. La estructuración, en algún caso claramente realizada en condiciones plásticas subsolidus (DOBLAS et. al., 1983), se acentúa hacia los contactos con los grandes cuerpos metamórficos, coincidiendo con un aumento progresivo en el contenido de fenocristales y de enclaves granudos y xenolíticos. Los grandes macizos adamelíticos se han interpretado tradicionalmente como intrusiones tardi y post F_3 (FUSTER y MORA, 1970; CASQUET, 1975).

Finalmente los granitos de grano grueso y los tipos de dos micas que forman la mayor parte de los macizos circunscritos muestran poca o nula estructuración macroscópica lo que confirma su emplazamiento postcinemático, al menos respecto a las fases mayores de deformación.

BIBLIOGRAFIA

- APARICIO, A.; BARRERA, J.L.; CARABALLO, J.M.; PEINADO, M.; TINAO, J.M. (1975). Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español, Mem. Inst. Geol. Min. 88, 145 pp.

- BELLIDO, F.; CAPOTE, C.; CASQUET, C.; FUSTER, J.M.; NAVIDAD, M.; PEINADO, M.; VILLASECA, C. (1981). Caracteres generales del Cinturon Hercínico en el Sector Oriental del Sistema Central Español. En: Guía de la Excursión Geol. VII Reunión sobre Geol. del W Peninsular (Madrid). Cuad. Geol. Iber. VII.
- CAPOTE, R.; CASQUET, C.; FERNANDEZ-CASALS, M.J. (1982). Los grandes complejos estructurales del Sistema Central: modelo de evolución tectonometamórfica. Rev. R. Acad. C. Exac. Fis y Nat. 76, 2, 313-331.
- CASQUET, C. (1975). Metamorfismo plurifacial hercínico intermedio de baja presión en el Macizo de San Vicente. (Sistema Central Español) Est. Geol. 31: 217-239.
- DEBON, F.; Le FORT, P. (1983). A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. Trans. R. Soc. Edimburgh Earth Sc. 73, 135-149.
- DOBLAS, M.; CAPOTE, R.; CASQUET, C. (1983). Fenómenos de cizalla dúctil en los granitoides de la Sierra de San Vicente (Gredos, Sistema Central Español). *Estudia Geológica* (este volumen).
- FUSTER, J.M.; APARICIO, A.; CASQUET, C.; CACHO, G.; MORA, A.; PEINADO, M. (1974). Interacciones entre los metamorfismos plurifaciales y polifásicos del Sistema Central Español. Bol. Geol. y Min. 85, 595-600.
- FUSTER, J.M.; MORA, A. (1970). El carácter del metamorfismo en el macizo de la Cañada (Sistema Central Español). Est. Geol. 26, 317-321.
- JULIVERT, M.; FONTBOTE, J.M.; RIBEIRO, A.; CONDE, L.E. (1974). Memoria explicativa del Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares E. 1:1.000.000. Inst. Geol. Min. Esp. 113 pp.
- MENDES, F.; FUSTER, J.M.; IBARROLA, R.; FERNANDEZ, S. (1972). L'age de quelques granites de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español). Rev. Fac. Cienc. Lisboa, 17, 345-365.
- VIALETTE, Y.; BELLIDO, F.; FUSTER, J.M.; IBARROLA, E. (1981). Datos cronológicos sobre el granito de La Cabrera. Cuad. Geol. Iber. VII.

COLOQUIO

P. FRANCO pregunta sobre la presencia de rocas plutónicas básicas o ultrabásicas en el área investigada.

C. CASQUET: Las rocas más básicas localizadas son dioritas en la región de Avila. Hasta el momento no han aparecido rocas gabroicas con olivino.

PEREZ DE VILLAR formula dos preguntas; sobre la metodología del muestreo realizado, y sobre los elementos trazas (V) en granitos de dos micas.

C. CASQUET: Respecto a la primera pregunta se ha realizado un muestreo en base a criterios de pura densidad areal, con vistas a obtener una malla lo más representativa posible. En algunos casos se han tenido en cuenta criterios más geológicos. En cuanto a la segunda pregunta los datos están en el laboratorio y están en fase de elaboración.

UGIDOS ¿Cuáles han sido los criterios para establecer el carácter intrusivo de los granitos en los grupos 3-4 en los 1 y 2?. ¿Se trata de dataciones absolutas, criterios de campo o relativación a deformaciones?. ¿Cuál sería entonces el significado petrogenético de los grupos 3 y 4?.

C. CASQUET. Fundamentalmente datos cartográficos: geometría de las intrusiones, fenómenos en los contactos con las adamellitas (grupo 2) e isotropía estructural. Esto es: ausencia de fábricas mesoscópicas.