

DIFERENTES SERIES DE ROCAS CON AFINIDADES GRANODIORITICAS EN LA SIERRA DE GREDOS (BATOLITO DE AVILA, SISTEMA CENTRAL ESPAÑOL). CRITERIOS PARA SU IDENTIFICACION

F. BEA BARREDO *

I. MORENO-VENTAS BRAVO *

RESUMEN.— En Gredos central hay dos series de rocas con afinidades granodioríticas que equivalen respectivamente a las granodioritas precoces y tardías definidas en otros dominios del Macizo Hespérico. La identificación de cada serie puede llevarse a cabo mediante criterios de campo, petrográficos y geoquímicos. Se estudian funciones discriminantes útiles a este respecto, encontrándose una basada en la concentración de SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , FeO y CaO que parece aplicable a toda la Sierra. Se pone de manifiesto que las granodioritas pertenecen a una asociación aluminosa, por lo que no se deben de llamar calcoalcalinas.

SUMMARY.— There are two different series of plutonic rocks with granodioritic affinities in central parts of the Sierra de Gredos, which are respectively equivalent to «older» and «younger» granodiorites well-established in other parts of the Hesperian Massif. Their identification can be carried out by field, petrographical and geochemical criterions. It has been found a discriminant function which seems suitable for the full extension of the Sierra. It is claimed that the granodiorites belong to an aluminous association and, consequently, cannot be called calc-alkaline.

INTRODUCCION

Un problema importante en la petrología granítica de la Sierra de Gredos consiste en averiguar si los granitoides que se agrupan dentro de la serie «calcoalcalina» (DPTO. PETROLOGIA, 1980), y que volumétricamente son los más importantes, constituyen una verdadera serie de rocas ígneas, esto es, un conjunto de rocas genéticamente interrelacionadas por un proceso de evolución magmática. O por el contrario, se incluyen allí rocas originadas en distintos procesos separados en el tiempo, que lo único que poseen en común es una composición químico-

* Departamento de Petrología y Geoquímica; Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca (España).

mineralógica lo suficientemente parecida como para que todas ellas puedan calificarse de la misma manera; en tal caso sería más correcto considerar que forman una *asociación*, evitando el uso de la palabra *serie* a fin de que, por razones semánticas, no se produzcan profundos errores de partida en la interpretación petrogenética.

Del mismo modo, el uso del término «calcoalcalinas» en este contexto resulta, cuanto menos, confuso ya que no hace referencia al índice de Peacock u otras características geoquímicas, y sólo indica la coexistencia de plagioclasa ($An > 5\%$) con cantidades subordinadas o equiparables de feldespato alcalino. Tal como más adelante se discutirá, el quimismo de las rocas granodioríticas de la sierra de Gredos es bastante diferente del que caracteriza a las verdaderas series calcoalcalinas, cuyo significado geotectónico, bien preciso, difícilmente puede invocarse en este sector de la Meseta Ibérica.

Con respecto a la primera cuestión, cabe mencionar que:

1. En todos los sectores meso y catazonales del centro-norte del Macizo Hespérico, especialmente en aquellos que alcanzan la isograda de la anatexia, se encuentran dos series de rocas granodioríticas —s.l.— (CAPDEVILA, 1969; CAPDEVILLA et al., 1973; CORRETGE et al., 1974; MARTINEZ, 1974a, 1974b; LOPEZ PLAZA, 1982, 1983) con diferente edad absoluta (PRIEM et al., 1965, 1967, 1970; CAPDEVILLA y VIALETTE, 1965, 1970; MENDES, 1968; VAN CALSTEREN et al., 1979), identificables en el campo por sus relaciones con el encajante y la deformación.

2. En la Sierra de Gredos, con extensas zonas anatéticas, se encuentra uno de los mayores afloramientos de la Península de plutonismo con afinidades granodioríticas.

3. A pesar de la carencia de datos geocronológicos precisos, resulta razonable suponer que el emplazamiento de un volúmen tan enorme de material intrusivo debió de ocurrir a lo largo de un dilatado período de tiempo, al menos tan grande como la diferencia de edad absoluta entre los episodios más antiguos (G-1: granodioritas precoces) y más modernos (G-4: granodioritas tardías) del plutonismo hercínico en Galicia, datada en torno a 20 m.a. (ops. cit.). Por tanto, cabe esperar la presencia de series similares a aquellas.

4. En concordancia con dicha suposición, un estudio geocronológico reciente sobre el vecino plutón de la Cabrera (VIALETTE et al., 1981) ha puesto de manifiesto la existencia de magmatismo ácido de edades comparables a las de Galicia. También FUSTER et al. (1981), en el sector oriental del batolito de Avila mencionan la existencia de rocas intermedias a las que, por analogía, atribuyen un significado equivalente a las G-1 gallegas.

5. Sin embargo, se suele considerar que la inmensa mayoría de las rocas plutónicas del sector occidental del batolito de Avila (Sierra de Gredos incluida) son

postectónicas, por lo que ha venido en uso habitual calificarlas como «tardías» (BARD et al., 1970; CAPDEVILLA et al., 1973; UGIDOS, 1973, 1974a, 1974b; UGIDOS y BEA, 1976, 1979; CORRETGE et al, 1974; APARICIO et al., 1975; FRANCO, 1980; DEPTO. PETROLOGIA, 1980), equiparándolas a las G-4 de Galicia, o a los granitos «younger» establecidos en Portugal (OEN ING SOEN, 1970).

6. La identificación de plutones individuales, y por tanto el reconocimiento de la secuencia de emplazamiento, se lleva a cabo con facilidad cuando estos intruyen de forma aislada en un encajante anisótropo con el que existe un buen contraste litológico. Pero cuando se suceden las intrusiones de unos plutones contra otros de composición prácticamente idéntica para dar una estructura coalescente, tal como es el caso del batolito de Avila, el problema se torna más complicado, ya que ni se puede datar la edad relativa de cada plutón por referencia a la deformación del encajante, ni resulta sencillo cartografiar los límites individuales de los plutones, así como reconocer la presencia de enclaves de un cuerpo en otro.

Además, el que exista un volumen tal de rocas isótropas que muy posiblemente posean un alto grado de plasticidad en el momento de la deformación, condiciona el que esta se concentre en zonas privilegiadas de cizallamiento dúctil (IGLESIAS y CHOUKRUNE, 1980), haciéndose progresivamente más tenue al adentrarse en las zonas internas del batolito. De manera que la ausencia de deformación no siempre puede utilizarse como criterio cronológico.

Así pues, y a pesar de las limitaciones que supone la carencia de un trabajo sistemático de geocronología absoluta, se hace necesario abordar todos estos problemas mediante un estudio en dos fases:

a) En la primera se trataría de definir criterios para identificar las diferentes series de rocas con afinidades granodioríticas de la Sierra de Gredos, en caso de que haya más de una. Estos criterios deben ser lo suficientemente eficaces como para agrupar cada facies común con sus correspondientes facies de variación, y distinguir este conjunto de otro (u otros) formando por una facies común diferente y facies de variación asociadas.

b) En segundo lugar, y mediante la aplicación de dichos criterios, se puede realizar una cartografía litológico estructural a una escala adecuada que permita poner de relieve los modos de emplazamiento, secuencia temporal y la estructura general del batolito, pasos imprescindibles para comprender la petrogénesis y evolución de este segmento de corteza durante la orogenia Hercínica.

Tal como se mencionó anteriormente este trabajo concierne de manera especial con la primera de dichas cuestiones. Se ha abordado mediante el estudio de: (1) las características estructurales y cartográficas, (2) de la textura y mineralogía, y (3) de la geoquímica de elementos mayores, menores y traza. Para aquellos datos que son susceptibles de cuantificación numérica se han utilizado técnicas estadísticas de multivariación, en concreto: (i) Análisis de Componentes Princi-

pales y (ii) Análisis Discriminante. También se han considerado datos extraídos por uno de los autores (BEA, in litt.) sobre la composición química de fases minerales.

El primer paso ha consistido en la selección de una zona piloto situada en Gredos central, sobre la que se ha efectuado una cartografía detallada así como una densa toma de muestras para estudio petrográfico y análisis químico. Sus resultados se publican en este mismo volumen (BEA y MORENO-VENTAS, 1985).

Después de haber constatado la presencia de dos facies diferentes de rocas con afinidades granodioríticas se ha procedido a establecer los criterios más útiles para su identificación.

Posteriormente estos criterios se aplican a otros puntos de la Sierra, a efectos de comprobar su eficacia.

LAS DOS FACIES DE GRANODIORITAS DE GREDOS CENTRAL

En el estudio petrológico del área piloto (ibid.) se ha puesto de relieve que en la Sierra de Gredos existe, al menos, dos facies diferentes de rocas granodioríticas, que reciben los nombres de: (i) facies de Hoyos del Espino y (ii) facies del Alberche, de acuerdo con sus localidades tipo. Ambas poseen similar composición mineralógica y química, correspondientes a granitoides de tipo S (CHAPPEL y WHITE, 1974), así como enclaves enalógenos de rocas básicas.

La facies de Hoyos del Espino está compuesta por granodioritas y monzogranitos cuya mineralogía es: $Q + Pl + F.A. + Bi \pm Cord \pm Mos$. Sus relaciones texturales son indicativas de evolución al estado magmático con una importante carga de sólidos. En líneas generales el emplazamiento es sincinemático con la fase II, lo que les confiere una foliación subhorizontal, casi siempre bien definida, que posteriormente está afectada por los pliegues y cizallas de fase III. Se encuentra en armonía mineralógica y estructural con el encajante formado por rocas migmatíticas de diversos tipos. Tanto por la litología como por las relaciones con el encajante y la deformación son equiparables a las granodioritas precoces de Galicia (ops. cit.). Al aplicar la terminología de LOPEZ PLAZA (ops. cit.) quedan clasificadas dentro del grupo II; cabe mencionar el gran parecido, no sólo estructural sino petrográfico que existe con las granodioritas de Sayago sitas en la penillanura salmantino-zamorana.

La mayor parte de las rocas que se agrupan en la facies del Alberche son monzogranitos; también aparecen granodioritas y sienogranitos, aunque en menor

CUADRO I

Criterios de identificación (véase texto)

	<i>Facies de Hoyos del Espino</i>	<i>Facies del Alberche</i>
Foliación:	Subhorizontal, a veces con cizallas.	Subvertical o ausente.
Cortejo filoniano:	Escaso o muy escaso: aplitas y algunos pórfidos.	En general abundante: aplitas, pórfidos y lamprófidos.
Desarrollo de granitos rojos:	No se ha observado.	Es frecuente.
Megacristales de feld. alcalino:	Muy abundantes; hábito planar. % Ab < 17.4.	Pueden faltar; hábitos de tendencia más isométrica. % Ab > 17.4.
Plagioclasas con zonado oscilatorio:	Escasas.	Muy abundantes; suelen formar sineusis con gran número de individuos.
Grupos de biotita:	Abundantes.	Escasos.
FD (25)	> -2540.06	< -2540.06
FD (5)	> -42.15	< -42.15

abundancia. La composición mineralógica es cualitativamente similar a la de la facies de Hoyos del Espino; sin embargo, poseen unas características texturales diferentes, tal como fuerte zonado en la plagioclasa y dispersión de la biotita restítica por la mesostasis, que sugieren un mayor grado de evolución al estado magmático. Las relaciones con el encajante metamórfico son difíciles de precisar en esta zona porque sólo entran en contacto en la parte NO donde parecen discordantes, netamente intrusivas. El emplazamiento tiene lugar después de la fase II, tardi o sincinemático con la fase III, ya que se encuentran afectadas por estructuras atribuibles a esta. Por consiguiente, pueden equipararse a los granitos del grupo III de LOPEZ PLAZA (ops. cit.) y a los granitos «younger» portugueses y gallegos; no obstante, parece que por su posición estructural recuerdan más a los G-3 que a las G-4, aunque litológicamente ocurra lo contrario.

CRITERIOS DE CAMPO, TEXTURALES Y MINERALOGICOS PARA LA IDENTIFICACION DE CADA FACIES

A continuación se exponen los más útiles. De manera resumida e incluyendo también los de índole geoquímica se encuentran enumerados en el cuadro I.

1. Aspectos de campo

— Con gran frecuencia las granodioritas de la facies de Hoyos están foliadas subhorizontalmente, mientras que las del Alberche o no están foliadas, o poseen foliación subvertical. La deformación de componente subvertical puede aparecer en las dos facies, mientras que la subhorizontal es sintomática de la de Hoyos.

— El cortejo filoniano es más abundante en la facies del Alberche; la presencia de lamprófidos es característico de esta.

— El aspecto macroscópico del feldespato alcalino también es diferente. En la facies de Hoyos del Espino abundan los megacrystales de hábito tabular con plano de macla Carlsbad bien visible, mientras que en la mesostasis casi no hay. Las rocas del Alberche son menos ricas en megacrystales pero mucho más en feldespato intersticial; los megacrystales suelen poseer hábitos de tendencia prismática o isométrica, con una distribución de tamaños más amplia y en general menos idiomórficos; a veces presentan un color rosado que nunca se ha observado en la facies de Hoyos.

— El desarrollo de granitos rojos sólo se ha podido constatar, hasta el momento, sobre las rocas de la facies del Alberche.

2. Textura y relaciones texturales

— Las plagioclasas pertenecientes a las dos series tienen tendencia subauto-mórfica y suelen formar sineusis; pero la tendencia es mucho más acusada en la facies del Alberche, donde se pueden encontrar ejemplos espectaculares. Es frecuente que en las agrupaciones de plagioclasas de las granodioritas de Hoyos aparezcan texturas granoblásticas con bordes cristalinos rectos y puntos triples netos.

— Las plagioclasas de la facies del Alberche muestran siempre zonados oscilatorios muy complejos. En la facies de Hoyos pueden aparecer algunos cristales de plagioclasa de este tipo, aunque más frecuentemente están nada o escasamente zonados. Además, las plagioclasas de la facies del Alberche suelen presentar inclusiones de cuarzo de alta T^a , muy raras en las de Hoyos.

— Las biotitas de la facies de Hoyos aparecen como agregados policristalinos formando grupos o «schlierens»; las de la facies del Alberche tienen mayor tendencia a presentarse dispersas por la mesostasis.

— El feldespato alcalino de hábito intergranular es muy escaso en las granodioritas de Hoyos, pero abundante en las del Alberche. Las maclas en cruz de la microclina y el desarrollo de pertitas también suelen ser más frecuentes en esta facies.

— En las granodioritas de Hoyos se encuentran cristales precinemáticos de biotita o plagioclasa dentro de una matriz sin síntomas de «strain», lo que atestigua su carácter restítico.

3. Mineralogía

La composición mineralógica de ambas facies es cualitativamente idéntica, pero existen diferencias cuantitativas y, sobre todo, en la composición de fases minerales. Cabe destacar:

— La facies de Hoyos es más rica en biotita.

— La del Alberche es más rica en minerales accesorios y feldespato alcalino, hasta el punto de formar segregaciones o filoncillos perfeldespáticos.

— El feldespato alcalino de la facies de Hoyos es sistemáticamente menos sódico que el de la facies del Alberche. BEA (in litt.) ha encontrado que un valor de $Ab = 17.4\%$ puede servir como índice de discriminación entre los megacristales de ambas facies.

SOPORTE GEOQUIMICO: ESTUDIO GEOESTADISTICO

Espectro composicional:

En la fig. 1 se muestran los histogramas contruidos a partir de la composición de elementos mayores de las dos facies. Destacan los siguientes hechos:

— La facies de Hoyos tiene términos más pobres en sílice y más ricos en alúmina, hierro y magnesio que la del Alberche. Los intervalos de variación de los demás elementos en cada facies se solapan ampliamente.

— Los valores modales de la distribución de TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO y MgO tienden a ser más altos en la facies de Hoyos; sólomente el SiO_2 es más elevado en la del Alberche.

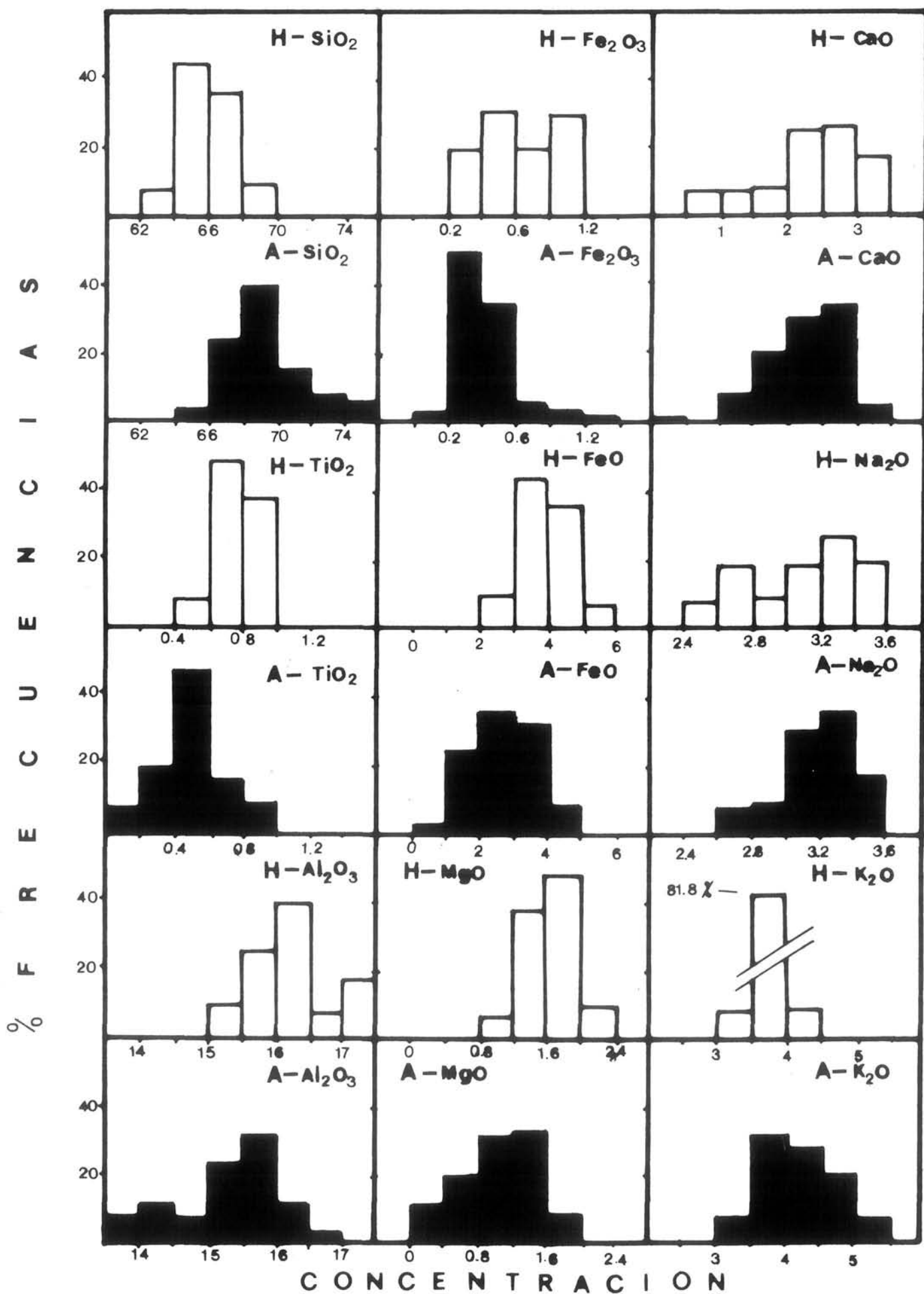


Figura 1. Histogramas sobre la concentración porcentual de los elementos mayores. En blanco se representa la facies del Hoyos, en negro la del Alberche.

— Los modelos de distribución en la facies de Hoyos suelen ser irregulares; al contrario, los de la facies del Alberche son de tipo normal o lognormal. Este hecho es atribuible al mayor grado de evolución magmática de dicha facies, que permitió alcanzar sistemas más equilibrados, especialmente en cuanto a la desmezcla de material restítico.

— Sin embargo, resulta obvio que si se considerasen todos los especímenes como formando parte de una sola muestra (en el sentido estadístico del término) no se podría establecer de manera concluyente la existencia de bimodalidad, reflejo de dos poblaciones diferentes, ni mucho menos asignar una muestra problema a un grupo concreto. Por tanto hay que acudir a técnicas estadísticas más precisas.

Análisis de Componentes Principales:

El Análisis de Componentes Principales (véase DAVIS, 1973; LE MOITRE, 1982, etc...) es una técnica matemática más bien que estadística, ya que no conlleva la toma de decisiones por aceptación o denegación de una hipótesis; se limita a poner de manifiesto la estructura que definen los datos en el espacio n-dimensional de las variables.

Entre sus numerosas aplicaciones se encuentra el poder averiguar si un conjunto muestral está formado por diferentes subconjuntos, sin que para ello sea necesario efectuar una clasificación previa; desde este punto de vista puede considerarse como un método aséptico, exento de prejuicios.

Los dos componentes principales son los dos vectores propios de la matriz de varianza-covarianza (o de correlación cuando se trabaja con las variables normalizadas) que tienen asociados los dos valores propios de mayor magnitud. La suma de los n valores propios es igual a la varianza total del sistema, y cada valor propio puede expresarse como un porcentaje de esta; por tanto, cabe esperar que los dos vectores principales lleven asociada la mayor parte de la varianza del sistema.

La matriz de varianza-covarianza (o de correlación) puede visualizarse geoméricamente como un hiperelipsoide n-dimensional. Los dos vectores principales corresponden a los dos ejes mayores del elipsoide, y el plano que definen es el de máxima varianza. Si se proyecta la muestra sobre dicho plano se obtendrá la mayor dispersión posible de los especímenes; además, a partir de sus posiciones relativas es posible establecer interrelaciones significativas de índole taxonómico.

TABLA I

Matriz de correlación de las granodioritas de Gredos

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	M.V.	F	Li	Rb	Ba	Sr	Tl	Cr	Co	Cu	Ni	Pb	Zn	K/Rb	
SiO ₂	1																									
TiO ₂	-.918	1																								
Al ₂ O ₃	-.912	.8142	1																							
Fe ₂ O ₃	-.332	.3193	.3015	1																						
FeO	-.924	.9364	.8057	.1775	1																					
MgO	-.886	.9210	.7727	.2896	.9154	1																				
MnO	-.766	.6515	.7888	.0759	.7577	.5499	1																			
CaO	-.723	.6077	.6442	-.040	.7305	.5592	.7394	1																		
Na ₂ O	-.193	-.013	.2523	-.214	.1171	-.065	.4216	.5564	1																	
K ₂ O	.7139	-.795	-.695	-.199	-.788	-.706	-.739	-.720	-.288	1																
P ₂ O ₅	-.638	.5650	.4648	.2629	.5532	.5487	.3257	.3075	-8.5E	-.293	1															
M.V.	-.328	.2775	.2327	.2929	.1900	.3346	.0296	-.214	-.464	-.106	.3897	1														
F	-.188	.5586	.3298	.0694	.5077	.5260	.2661	.3944	-.054	-.290	.5031	.1081	1													
Li	-.101	.1430	.1718	.2765	.0848	.1011	.1202	-.194	-.200	-.170	.0948	.3195	.0120	1												
Rb	.4177	-.323	-.335	-.015	-.458	-.395	-.393	-.501	-.382	.3763	-.219	.1530	5.5E	.5268	1											
Ba	-.430	.4904	.4391	.1236	.4993	.4922	.2717	.2906	-.140	-.259	.0655	.0152	.2310	.0130	-.160	1										
Sr	-.715	.7265	.6595	.1132	.7548	.7819	.5285	.5865	.0197	-.561	.3141	.1234	.5669	.0270	-.330	.7903	1									
Tl	.3931	-.383	-.380	.2549	-.416	-.333	-.433	-.572	-.254	.3695	.0863	.0296	-.211	.2455	.2564	-.354	-.478	1								
Cr	-.267	.3177	.2537	-.076	.3228	.3155	.2565	.2743	.0625	-.078	.0581	-.177	.2675	-.147	-.259	.0658	.1742	-.203	1							
Co	-.841	.8941	.7333	.1852	.9166	.8941	.6727	.6608	.826	-.685	.4793	.1400	.5290	-.011	-.502	.5471	.8265	-.440	.3766	1						
Cu	-.342	.4740	.2725	.1979	.4380	.4496	.2576	.2224	-.164	-.273	.0640	.0156	.2367	.2324	.0149	.4292	.4095	-.106	.2931	.4229	1					
Ni	-.151	.1087	.2170	-.085	.1193	.1152	.1523	.1004	.0774	9.4E	-.030	4.2E	.0911	.0413	-.099	-.136	-.044	-.060	.8073	.0982	.1809	1				
Pb	.4191	-.236	-.272	-.202	-.320	-.296	-.312	-.353	-.300	.1739	.5935	-.053	-.117	.2360	.4782	.1413	-.080	-.021	1.6E	-.247	.0245	.0856	1			
Zn	-.786	.8646	.6946	.2500	.8000	.7999	.5325	.4419	-.115	-.564	.5143	.4032	.6502	.2669	-.136	.5350	.7526	-.336	.1961	.8050	.4664	.0473	-.014	1		
K/Rb	.900	-.156	-.150	-.089	.108	.088	-.121	-.064	.1365	.3590	.0377	-.216	-.180	-.640	-.707	-.042	-.072	.0633	.2371	0.311	-.185	.1260	-.351	-.228	1	

Se ha realizado un A.C.P. sobre una muestra de 36 especímenes representativos de rocas con afinidades granodioríticas; 11 pertenecen a la facies de Hoyos y 25 a la del Alberche, habiéndose clasificado inequívocamente mediante los criterios de campo, texturales y mineralógicos anteriormente expuestos. Sobre cada uno de los especímenes se han considerado las siguientes variables (25 en total): SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MgO, MnO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, M.V. F, Li, Rb, Ba, Sr, Tl, Cr, Co, Cu, Ni, Pb, Zn y K/Rb.

Teniendo en cuenta que las unidades y, sobre todo, las magnitudes absolutas en que se expresan las variables son muy diferentes, se ha preferido normalizar-

TABLA II

Los dos componentes principales de la matriz de la tabla I, con sus correspondientes valores propios y porcentajes de varianza asociada.

Variable	Vector I	Vector II
SiO ₂	0.2980	0.0030
TiO ₂	-0.2937	-0.0816
Al ₂ O ₃	-0.2705	-0.0045
Fe ₂ O ₃	-0.0767	-0.2071
FeO	-0.3008	-0.0063
MgO	-0.2889	-0.0653
MnO	-0.2433	0.1065
CaO	-0.2344	0.2322
Na ₂ O	-0.0485	0.3612
K ₂ O	0.2414	-0.0021
P ₂ O ₅	-0.1734	-0.0578
H ₂ O	-0.0670	-0.3134
F	-0.1767	-0.1016
Li	-0.0267	-0.4049
Rb	0.1371	-0.3947
Ba	-0.1671	-0.0858
Sr	-0.2570	-0.0377
Tl	0.1456	-0.1549
Cr	-0.1031	0.1678
Co	-0.2910	0.0284
Cu	-0.1415	-0.1460
Ni	-0.0426	0.1015
Pb	0.0981	-0.2157
Zn	-0.2623	-0.1915
K/Rb	0.0316	0.3771
Valor propio	10.344	3.325
% de varianza	41.28	13.30

las, partiendo de la matriz de correlación (tabla I) en vez de hacerlo a partir de la matriz de varianza-covarianza. En la tabla II se muestran los dos componentes principales de dicha matriz, que sumen el 55% aprox. de la varianza total del sistema. Las cargas de cada una de las variables sobre estos dos vectores están representadas gráficamente en la fig. 2. La interpretación de los vectores principales cae fuera de los límites del presente estudio y será objeto de un trabajo posterior; para los objetivos aquí perseguidos baste considerar que:

— en el vector I actúan SiO_2 , K_2O , Rb, Tl y Pb con signo opuesto al de las demás variables; representa un índice de la actividad del feldespató potásico y de la sílice.

— en el vector II juegan Na_2O , CaO, Mn, Cr, Ni y K/Rb frente a TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO, M.V., Li, Rb, Tl, Pb y Zn. Su interpretación es más compleja que en el caso anterior, pero puede considerarse como una expresión de la actividad de volátiles, capaz de lixiviar la plagioclasa y oxidar la biotita.

En la fig. 3 se ha efectuado la proyección de la muestra sobre el plano definido por V-I y V-II. Se observa que los especímenes pertenecientes a cada facies delimitan distintos campos, con un área mínima de solapamiento; puede concluirse, pues, que la separación de las rocas granodioríticas de la Sierra de Gredos en dos facies diferentes está correctamente fundamentada desde el punto de vista geoquímico, y que los mencionados criterios de campo, texturales y mineralógicos coinciden sobre dos grupos composicionales diferentes.

Podría efectuarse la discriminación geoquímica de un espécimen problema de proyección en este diagrama, pero no es recomendable ya que para ello existen técnicas estadísticas más adecuadas, tal como las funciones de discriminación.

Análisis Discriminante:

A diferencia del Análisis de Componentes Principales, el cálculo de las funciones discriminantes (FD) exige el conocimiento previo de los subconjuntos que integran el grupo de datos sometido a estudio y entre los que se quiere efectuar la discriminación.

En el presente caso se han establecido dos subconjuntos: uno representativo de la facies de Hoyos del Espino, y el otro de la del Alberche; para formarlos únicamente se han considerado especímenes que presenten todas las características definitorias de la respectiva facies. La función discriminante entre ambos grupos es aquel vector que, en el espacio n-dimensional definido por las variables, distribuye los especímenes combinando la máxima separación entre los grupos con la mínima dispersión entre los miembros que componen cada grupo. Si la discriminación es efectiva, ocurrirá que, al proyectar la muestra sobre el vector discrimi-

REPRESENTACION DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES

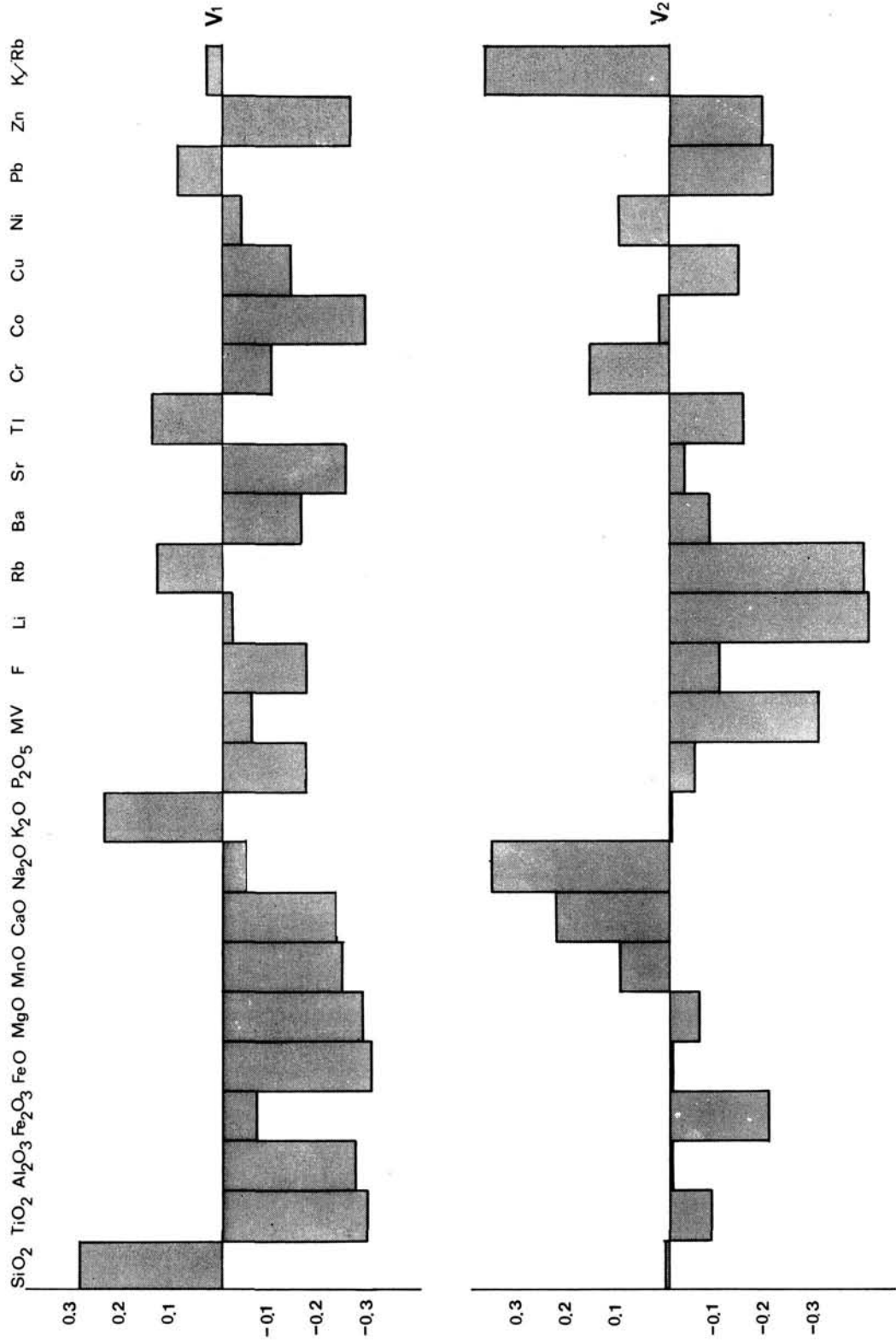


Figura 2. Cargas de las variables sobre los dos componentes principales.

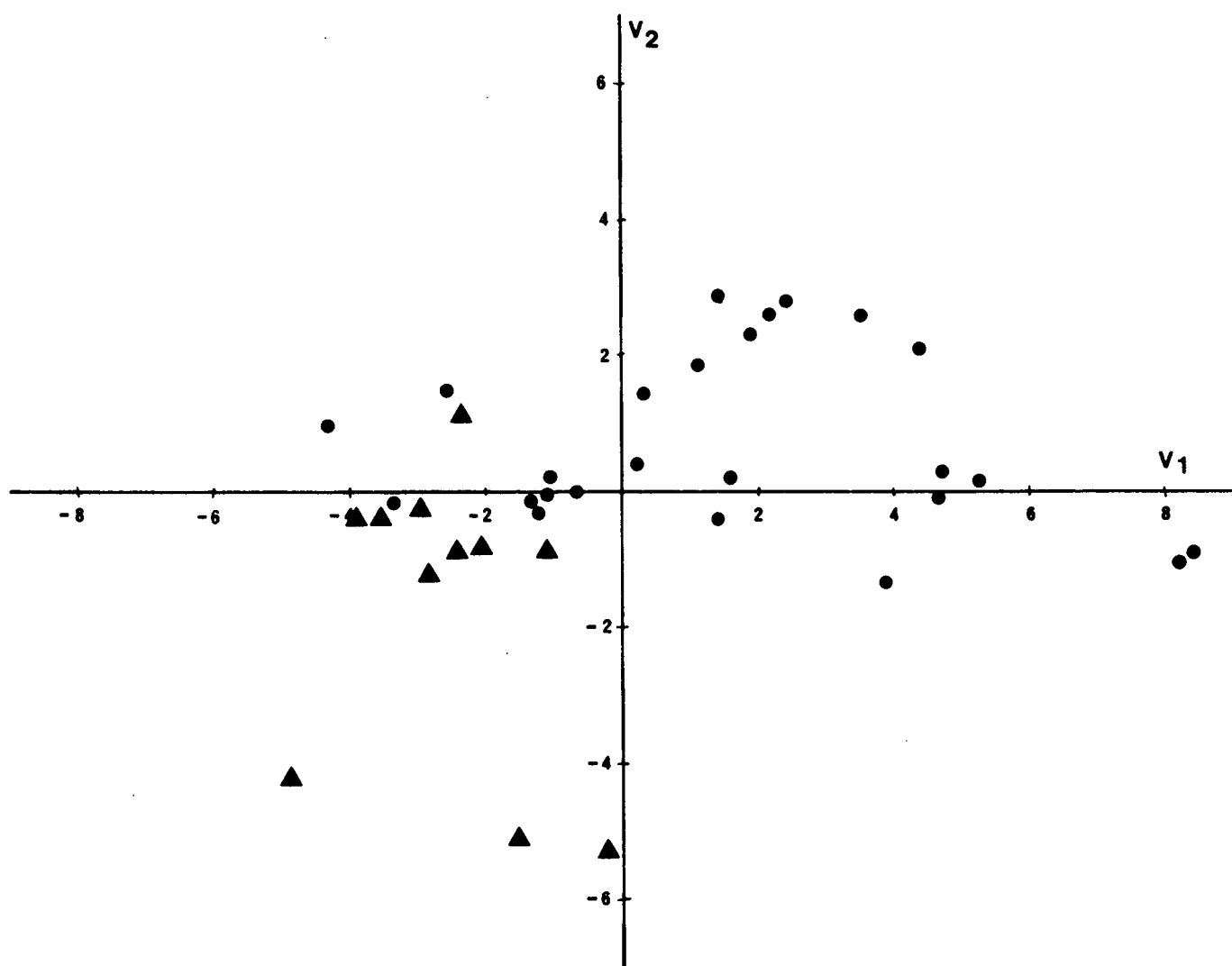


Figura 3. Proyección de las muestras sobre el plano de los dos componentes principales. Triángulos, facies de Hoyos; puntos, facies del Alberche.

nante, los miembros de cada subconjunto se situarán en extremos opuestos; el punto que separa los segmentos de vector así definidos se llama *índice discriminante*; la distancia que separa la proyección de las medias de los subconjuntos recibe el nombre de *distancia de Mahalanobis*. Cuando las de proyección de cada subgrupo se solapan, el segmento de superposición se denomina *zona de indeterminación*.

La capacidad de discriminación de una función FD depende de dos factores distintos pero íntimamente relacionados: (1) la diferencia efectiva entre las medias, que puede estimarse mediante el test T_2 de Hotelling convenientemente transformado a una distribución F; y (2) el porcentaje de individuos de cada subgrupo que invaden el campo contrario, difícil de estimar significativamente a menos que la muestra sea lo suficientemente numerosa.

La mayor ventaja de las funciones discriminantes es que una vez definidos los grupos de control y calculado el vector de discriminación, pueden aplicarse a especímenes problema, en los que no resultan evidentes los criterios de asignación. En el caso que nos ocupa son útiles para clasificar aquellas rocas cuyas características no permitan decir con claridad si pertenecen a la facies de Hoyos o a la del Alberche.

Es posible realizar el análisis a partir de 2 o más variables. Una vez determinado el vector discriminante se computa la contribución relativa de cada variable a la discriminación total; pueden eliminarse aquellas cuya contribución sea insignificante, repitiendo el cálculo sobre un espacio m-dimensional reducido. Se reproduce el proceso hasta obtener una función discriminante compuesta por el menor número posible de variables pero aún efectiva. Las ventajas de reducir las variables al mínimo son evidentes, tanto desde el punto de vista analítico como del propio cálculo.

El análisis discriminante sobre las granodioritas de Gredos se ha llevado a cabo utilizando en los grupos de control a los 36 especímenes ya mencionados, 11 de la facies de Hoyos y 25 de la del Alberche. Se han efectuado cuatro cálculos diferentes: sobre 25, 9, 5 y 2 variables. A continuación se exponen los resultados obtenidos:

Discriminación sobre 25 variables: Para el primer análisis se han usado todas las variables determinadas. En la tabla III se encuentran expuestos los coeficientes de la función discriminante, la contribución relativa de cada variable y los parámetros estadísticos. La proyección de la muestra sobre el factor de discriminación está en la fig. 4.

TABLA III

Funciones discriminantes entre las granodioritas de la Sierra de Gredos: coeficientes, contribución porcentual de las variables y parámetros estadísticas.- MA y MB simbolizan la proyección de las medias de la facies de Hoyos y del Alberche respectivamente; ID, el índice discriminante; D^2 la distancia de Mahalanobis; T^2 el resultado del test de Hotelling; V_1 y V_2 los grados de libertad en el numerador y el denominador para la aplicación del test F.

F.D.	sobre 25 var.		sobre 9 var.		sobre 5 var.		sobre 2 var.	
	coef.	%contr.	coef.	%contr.	coef.	%contr.	coef.	%contr.
SiO ₂	-27.92	29.61	-0.374	20.50	-0.667	39.65	-0.458	72.22
TiO ₂	-147.29	12.30	2.825	12.17	3.597	16.84	—	
Al ₂ O ₃	-13.43	3.93	0.704	10.63	0.200	3.28	—	
Fe ₂ O ₃	-39.82	2.35	0.246	0.75	—	—	—	
FeO	-23.44	8.15	1.901	34.13	1.324	25.83	0.537	27.78
MgO	-7.19	1.32	0.442	4.18	—	—	—	
MnO	-440.71	3.80	—	—	—	—	—	
CaO	-28.37	2.38	-2.513	10.89	-3.057	14.40	—	
Na ₂ O	-46.44	1.68	-0.531	0.99	—	—	—	
K ₂ O	-96.47	10.70	1.007	5.76	—	—	—	
P ₂ O ₅	37.39	0.95	—	—	—	—	—	
H ₂ O	-37.82	4.24	—	—	—	—	—	
F	-273.79	1.76	—	—	—	—	—	
Li	0.29	1.49	—	—	—	—	—	
Rb	1.00	0.74	—	—	—	—	—	
Ba	0.05	2.32	—	—	—	—	—	
Sr	-0.15	1.52	—	—	—	—	—	
Tl	-18.67	0.09	—	—	—	—	—	
Cr	0.26	1.20	—	—	—	—	—	
Co	0.27	0.25	—	—	—	—	—	
Cu	-0.19	0.26	—	—	—	—	—	
Ni	-0.20	0.24	—	—	—	—	—	
Pb	-1.11	1.68	—	—	—	—	—	
Zn	0.46	4.31	—	—	—	—	—	
K/Rb	1.22	2.74	—	—	—	—	—	
PARAMETROS								
M.A.	-2525.76		-6.620		-40.0244		-28.07826	
M.B.	-2554.36		-10.953		-44.2830		-30.33044	
ID	-2540.06		-8.787		-42.1537		-29.20335	
D^2	28.60		4.333		4.2586		2.25419	
T^2	218.47		33.10		32.53		17.22	
v_1	10		26		30		33	
v_2	25		9		5		2	
F	2.57		2.81		5.74		8.35	

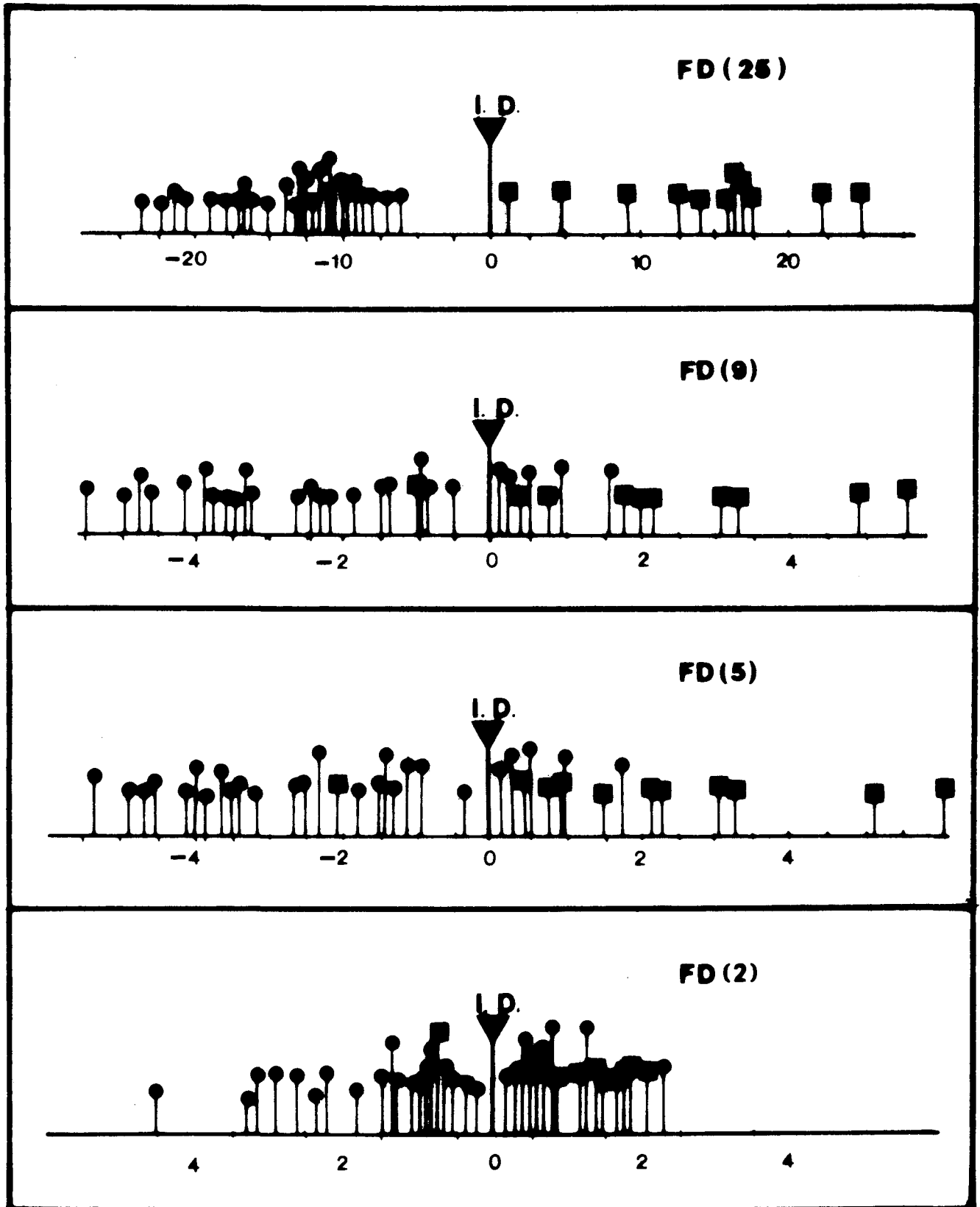


Figura 4. Proyección de las muestras sobre los diferentes vectores discriminantes. Cuadrados: facies de Hoyos; puntos: facies del Alberche. La proyección de cada espécimen se ha obtenido mediante aplicación de $PM = \sum c_i x_i - ID$, donde c_i son los coeficientes de la función discriminante, x_i los valores composicionales, e ID el índice discriminante.

Se observa que la separación en grupos es perfecta, ya que ningún punto invade el campo correspondiente a la otra facies. Para niveles de significado de $\alpha = 0.05$, $\alpha = 0.025$ y $\alpha = 0.01$ los valores críticos de F con 10 y 25 grados de libertad son 2.24, 2.51 y 3.13 respectivamente. Por tanto se concluye que hay más de un 97.5% de probabilidades de que exista una diferencia real entre las medias de las granodioritas de Hoyos y las del Alberche, que constituirán, pues, dos poblaciones diferentes y no simplemente muestras distintas.

Los porcentajes de contribución de cada variable son muy desiguales; los elementos traza, con la excepción del Zn, casi no tienen influencia. Así pues, se ha repetido el cálculo partiendo de los elementos mayores, aunque se excluye a MnO , P_2O_5 , y H_2O , sujetos a un considerable error relativo.

Discriminación sobre 9 variables: La reducción de variables supone una pérdida de la capacidad de discriminación. El valor de F ($F = 2.81$, véase tabla III) es ligeramente inferior al valor crítico para $\alpha = 0.05$ ($F = 2.85$); por tanto no se da evidencia concluyente para desechar la hipótesis de que los dos grupos sean subconjuntos de la misma población. La proyección sobre el vector discriminante (fig. 4) pone de manifiesto que 6 especímenes —1 perteneciente a la facies de Hoyos y 5 a la del Alberche— invaden el campo contrario.

Discriminación sobre 5 variables: Se ha repetido el cálculo sobre las 5 variables que en el caso anterior tienen una contribución superior al 10%: SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , FeO y CaO . Se observa (tabla III) que la capacidad de discriminación ha aumentado, ya que el valor de F supera el valor crítico para 0.05 ($F = 4.50$) lo que permite desechar la hipótesis de igualdad entre las medias. En la proyección sobre el vector discriminante (fig. 4) se escapan exactamente los mismos especímenes que antes; por tanto, parece que la discriminación sobre estas 5 variables es más efectiva que sobre las 9 utilizadas antes. El aumento de la capacidad de discriminación está relacionado con la exclusión de Fe_2O_2 y Na_2O , que poseen los mismos márgenes de variación en cada facies (fig. 2).

Discriminación sobre 2 variables: En un intento de encontrar la función discriminante más sencilla posible se ha efectuado un nuevo cálculo sobre las dos variables que más contribuyen en el vector anteriormente computado: SiO_2 y FeO . Se alcanza un resultado mediocre (tabla III): el valor de F es inferior al de rechazo de la hipótesis de igualdad entre las medias, y en la proyección (fig. 4) escapan de su sitio 1 muestra de la facies de Hoyos y 7 de la del Alberche.

De toda esta secuencia de cálculos se puede concluir que:

- los dos conjuntos muestrales pertenecen a dos poblaciones diferentes;
- la función FD (25) permite una clasificación muy efectiva;

— en caso de no utilizar todas las variables, se puede alcanzar una discriminación bastante buena mediante FD (5), mejor inclusive que si se utilizasen simultáneamente todos los elementos mayores.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

I. *Capacidad de los criterios de identificación*

La validez de las funciones discriminantes en problemas regionales sólo está asegurada en el ámbito geográfico que abarcan las muestras de control, y esto suponiendo que se hayan seleccionado juiciosamente. Al aplicarlas a otras zonas existe el riesgo de obtener resultados equívocos debido a fluctuaciones locales no contempladas en el cómputo del vector de discriminación.

Las funciones discriminantes calculadas en el apartado anterior se han obtenido a partir de especímenes provenientes de una zona piloto situada de el sector centro-norte de la Sierra de Gredos; antes de proceder a utilizarlas en zonas diferentes es necesario comprobar que siguen siendo válidas. Para ello se han seleccionado 13 afloramientos distribuidos de la manera más amplia posible dentro del sector comprendido al oeste del meridiano de Avila, sobre los que se ha efectuado un estudio de coincidencia entre los criterios de clasificación, cuyos resultados se encuentran expuestos en los tabla IV.

Los especímenes n.º 1, 2, 3, 5 y 6 presentan todas las características típicas de la facies de Hoyos. El n.º 4 también, exceptuando el elevado porcentaje de plagioclasas con zonado oscilatorio, pero se incluye en dicha facies ya que las relaciones de campo y demás criterios son lo suficientemente claros. Las características cartográficas y litológicas de los especímenes del 7 al 14 permiten asignarlos a la facies del Alberche.

Sobre las 14 muestras se han aplicado FD (25) y FD (5) con los siguientes resultados:

— FD (25) falla en 6 casos, 2 de la facies de Hoyos (n.º 3 y 5) y 4 de la del Alberche (n.º 9, 10, 11 y 14);

— FD (5) clasifica bien todas las muestras excepto la n.º 4 que cae sobre el índice discriminante y se considera indeterminada;

los test estadísticos y la proyección de las muestras del área piloto sobre el vector discriminante señalaban mejor capacidad de discriminación a FD (25) que a FD (5). Pero sorprendentemente, resulta que al aplicarlas a zonas diferentes a la piloto la capacidad discriminante de FD (25) desaparece casi por completo, mientras que la de FD (5) se mantiene.

TABLA IV

Estudio de coincidencia entre los criterios de identificación. Símbolos: Foliación: H, horizontal; V, vertical; N, sin foliar; f, fuerte; t, tenue.- Riqueza en diques: E, escasos; Ab, abundantes; R, regulares.- Los mismos para plagioclasas con zonado oscilatorio y grumos de biotitas.- Resultado de las funciones discriminantes: Ho, Hoyos; Al, Alberche. Localizados de los afloramientos: (1) La Horcajada, Avila; (2) La Lastra del Cano, Avila; (3) La Covatilla, Béjar, Salamanca; (4) Mombeltrán, Avila; (5) Puerto de Mijares, Avila; (6) La Candeleda, Avila; (7) Garganta la Olla, Cáceres; (8) El Barraco, Avila; (9) Sur de Avila; (10) Avila; (11) Los Santos, Salamanca; (12) La Cabeza de Béjar, Salamanca; (13) Pantano del Burguillo, Avila, facies mesocrática; (14) ídem., facies leucocrática.

Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Foliación	H t	H f	H t	H t	H f	H f	N	V t	N	V t	V f	V t	V f	V-H f
Riqueza en diques	E	R	E	E	E	E	?	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
Lamprófidos	No	No	No	No	No	?	?	No	Sí	Sí	?	No	?	?
Plag. con zonado os.	E	E	E	Ab	E	R	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	R
Grumos de	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	R	E	E	E	E	E	E	E	E
% de Ab en feld. Alc.	15.4	13.7	16.8	17.3	11.5	15.0	22.4	25.2	21.1	24.2	23.9	20.6	18.4	17.9
FD (25)	Ho	Ho	Al	Ho	Al	Ho	Al	Al	Ho	Ho	Ho	Al	Al	Ho
FD (5)	Ho	Ho	Ho	?	Ho	Ho	Ho	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al

Mediante iteraciones numéricas se han investigado las causas de la pérdida de discriminación de FD (25), y se ha podido constatar que la responsabilidad corresponde a los elementos traza, especialmente al Li y en menor proporción al Rb, cuyos márgenes de variación en el conjunto de la Sierra son considerablemente más amplios que dentro de la zona abarcada por las muestras de control.

En efecto, en una mineralogía tal como la de estas rocas, únicamente la biotita puede coordinar cantidades significativas de Li; el Rb también se concentra en la biotita y, en menor proporción, en el feldespato alcalino; a título indicativo cabe señalar que el coeficiente de partición del Rb entre ambas fases es de $K_{Rb}^{biot./feld.} = 2.64$ para los granitoides de Hoyos, y $K_{Rb}^{biot./feld.} = 2.14$ en los del Alberche (BEA, in litt.).

La facies de Hoyos es más rica en biotita y menos el feldespato alcalino que la del Alberche, lo que explica que, aún siendo menos silícica, posea mayor concentración media de Li y prácticamente idéntica de Rb.

En el vector discriminante (tabla III) este hecho queda recogido por el coeficiente positivo de ambos elementos, de tal manera que cantidades elevadas desplazan el sentido de la discriminación hacia el campo de la facies de Hoyos.

Pero la riqueza en Li y Rb no está controlada, ni mucho menos, por la abundancia de biotita; en muchos puntos del Sistema Central existen determinados tipos de granitoides muy enriquecidos en volátiles, que alcanzan concentraciones de Li y Rb del orden de 500 ppm o superiores (BEA, 1975, 1976). Por lo general consisten en facies leucocráticas alóctonas, tardías con respecto a la deformación, y por todos los criterios comparables a las rocas de la facies del Alberche. Contienen menor porcentaje modal de biotita que las granodioritas de Hoyos, pero la que poseen es mucho más rica en Li y Rb.

Si a estas rocas se les aplica FD (25), las aportaciones de dichos elementos dominan sobre las de los demás causando un fallo de clasificación.

Este riesgo no ocurre con FD (5), ya que las variaciones de elementos mayores están mucho más controladas por la mineralogía, y difícilmente pueden esperearse de la misma magnitud con que lo hacen en los elementos traza. Por consiguiente, se recomienda desechar FD (25) para trabajos a escala regional, y se sugiere el uso de FD (5).

Un ejemplo muy claro de este fenómeno ocurre con las muestras n.º 13 y 14; ambas han sido recogidas en el mismo afloramiento, situado en las inmediaciones del pantano del Burguillo (Avila). La n.º 13 consiste en la facies común de la zona, un monzogranito perteneciente a la facies del Alberche; la n.º 14 consiste en un diferenciado ácido que la intruye, muy enriquecido en Li (243 ppm) y Rb (468 ppm). FD (25) clasifica bien la n.º 13, pero falla en la n.º 14; sin embargo, FD (5) clasifica bien a las dos.

Pero además de cuestionarse la validez de las funciones discriminantes cuando se aplican en un ámbito geográfico más amplio que el delimitado por las muestras de control, también hay que hacerlo cuando los criterios litológicos no son evidentes y, por tanto, aquellas constituyen la única vía de asignación. A falta de métodos efectivos de contraste, tal como geoquímica isotópica o de lantánidos, una buena manera de comprobar este extremo puede consistir en la confección de cartografía automática en una zona bien conocida y comparar luego los resultados con la cartografía geológica previa.

Se ha realizado un ensayo en este sentido dirigido específicamente a delimitar el contacto entre las granodioritas de Hoyos y del Alberche en el sector de Navarredonda de Gredos (Avila):

Si se hace un corte de oeste a este partiendo de Hoyos del Espino, ocurre que las características específicas de la facies se van atenuando progresivamente hasta el punto en que resulta difícil decidir dónde está el contacto con el monzogranito del Pimpollar, perteneciente a la facies del Alberche. En la fig. 5 se encuentra el esquema geológico de un pequeño sector al norte del plutón de los Boquerones, donde se supone la existencia del contacto y en el que se ha realizado una densa toma de muestras; sobre los resultados analíticos se ha aplicado FD (5), representándose por una H (Hoyos) o una A (Alberche) el resultado de la discriminación. Se observa que la falla de dirección aproximada N-S, situada en el centro de la figura separa dos sectores diferentes: uno occidental, en el que dominan las «H», y otro oriental en el que sólo hay «A». Se concluye pues, que el contacto es de naturaleza mecánica, sin descartar la existencia de pequeños apuntamientos del granito del Pimpollar dentro de la granodiorita de Hoyos. A partir de FD (25) y FD (9) se obtiene un modelo virtualmente idéntico.

El resultado es compatible con el estilo cartográfico general de la zona, y, en principio, se considera válido.

De acuerdo con lo expuesto, parece probable que los criterios en que se apoya la identificación de dos facies diferentes de rocas con afinidades granodioríticas en Gredos central pueden utilizarse en toda la Sierra. Algunos de estos criterios están sólidamente fundamentados en un buen número de observaciones petrográficas y de campo, pero otros sólo se sugieren de manera tentativa.

Dentro de la primera categoría se incluyen el tipo de foliación y la naturaleza y abundancia del cortejo filoniano. Los criterios texturales, por su propia naturaleza, son menos fiables. El contenido en Ab del feldespato alcalino parece un índice prometedor, pero hasta el momento sólo se ha determinado en un número reducido de muestras, y aunque cumple en la mayoría de los casos, resulta prematuro atribuirle una capacidad discriminante significativa. Por último, la función FD (5) reproduce de manera bastante fiel la asignación realizada por otros criterios; como primera aproximación, nuestra experiencia permite atribuirle un

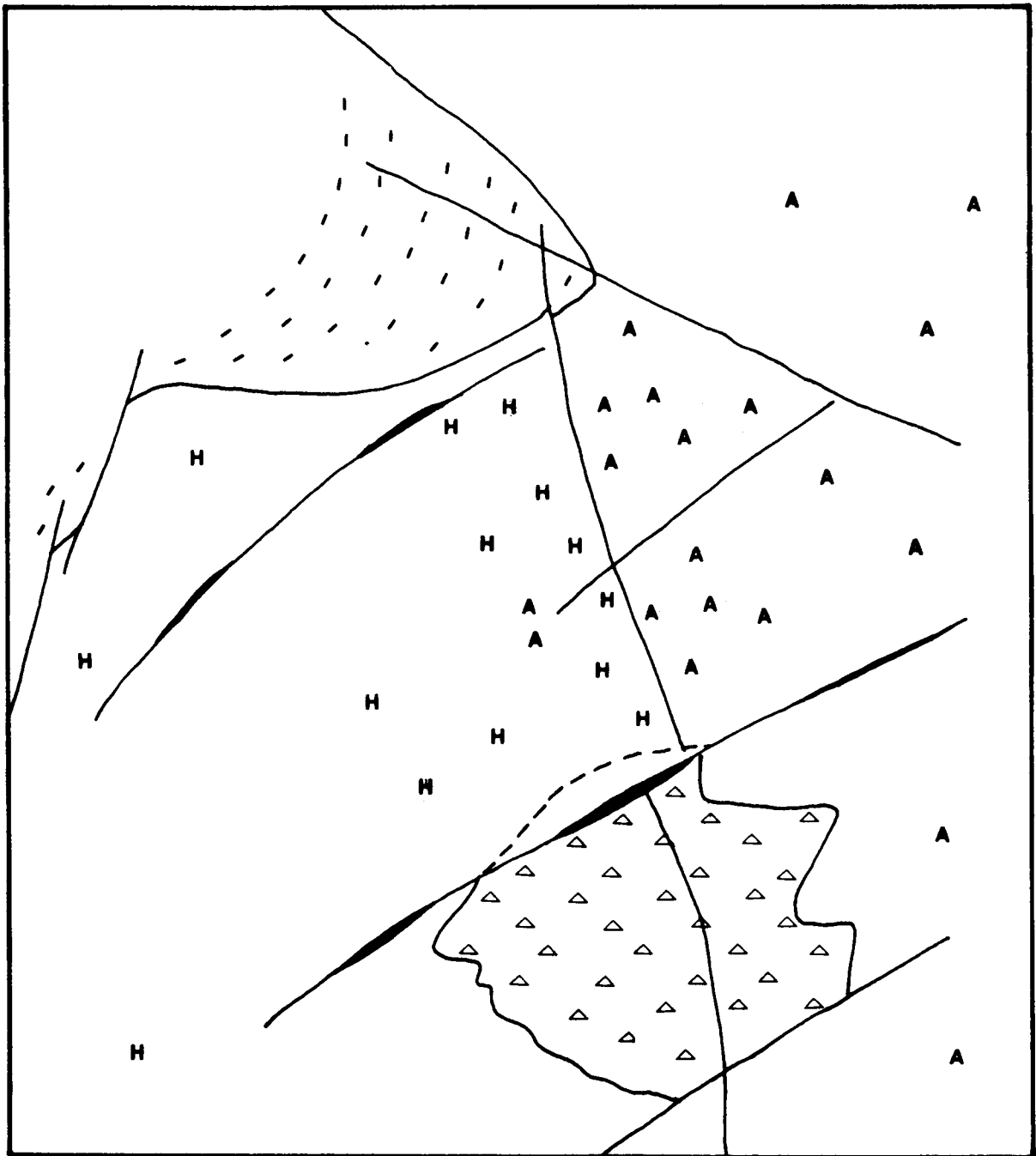


Figura 5. Esquema geológico y ensayo de cartografía automática con FD (5) al N. del Plutón de los Boquerones. Símbolos: Plutón de los Boquerones, triángulos; metamórfico, líneas de trazos; granodioritas, en blanco. H y A significan el resultado de aplicar FD (5) a una muestra en ese punto. Para mayor información cartográfica véase BEA y MORENO-VENTAS (1985) en este mismo volumen.

porcentaje de errores de clasificación inferior al 10%. No obstante es necesario mucho trabajo en otras zonas para ir refinando todos estos criterios. Los autores sugieren a todas aquellas personas interesadas en tales temas un intercambio activo de información.

II. *Facies o series*

Durante toda la exposición exterior se ha hecho referencia a los dos tipos de rocas con afinidades granodioríticas como dos facies distintas. Pero llegados a este punto surge la cuestión de si pertenecen a la misma serie de rocas ígneas o bien forman series diferentes.

En contra de la primera hipótesis existen fuertes argumentos que se pueden resumir de la siguiente manera:

- se emplazamiento ocurre a lo largo de diferentes períodos de tiempo; los tipos félsicos de la facies de Hoyos anteceden a los tipos máficos de la del Alberche;
- no se encuentran términos de una secuencia de diferenciación que sólo estén representados en una facies;
- las dos facies son muy parecidas químicamente; aún así a partir del A.C.P. se infiere la existencia de factores de consanguinidad evidente entre los miembros de cada facies, pero no de una con respecto a otra;
- las funciones discriminantes permiten asegurar con un nivel de confianza superior al 97.5% que se trata de dos poblaciones diferentes.

Por tanto, parece forzoso aceptar el que coexistan distintas series de rocas con afinidades granodioríticas. En principio, la facies de Hoyos se considera análoga a la serie de las granodioritas precoces y la del Alberche a la de las tardías; pero no se descarta la posibilidad de que, en el futuro, sea necesario efectuar subdivisiones más precisas.

III. *Sobre la aplicación del término «calcoalcalinas» en este contexto.*

A partir de la tesis de CAPDEVILA (1969; pág. 173) se hizo habitual designar las dos grandes asociaciones litológicas de granitoides que se encuentran en el Macizo Hespérico como: (1) serie alcalina, compuesta por leucogranitos y granitos de dos micas, y (2) serie calcoalcalina, formada por granodioritas y afines.

Los términos «alcalino» y «calcoalcalino» estaban empleados con el significado que les atribuían los autores franceses de la época (ej. JUNG, 1958, pág. 254; RAGUIN, 1976, pág. 31; etc...), que sólo hace referencia a las proporciones relativas de componentes feldespáticos.

Pero dichos términos también se utilizan en un sentido diferente como resultado de aplicar determinados parámetros geoquímicos, en especial el índice de saturación en alúmina de SHAND (1927), que da cuenta de la proporción entre el Al y los cationes que forman los feldespatos: Ca, Na y K. Según el valor de dicho índice se habla de rocas *peralcalinas* o alcalinas cuando $Al < Na + K$, *meta-aluminosas*, si excluido el caso anterior ocurre que $Al < Na + K + 2Ca$, o *hiperalumínicas* (peraluminosas) cuando $Al > Na + K + 2Ca$.

El índice de saturación en alúmina tiene una traducción directa en cuanto a la mineralogía de los ferromagnesianos, pero es neutral en cuanto a la composición y proporciones de los feldespatos; por tanto, un granito alcalino en el sentido de los autores franceses puede ser peralcalino, meta-aluminoso o hiperalumínico.

Las rocas meta-aluminosas forman un grupo muy amplio que, en esencia, incluye las asociaciones tholeítica y calcoalcalina; para discriminar entre una y otra se pueden utilizar diversos índices tal como el de Peacock, la «tau» de Gotti, etc...

A nuestros efectos es necesario resaltar que la primitiva acepción de los autores franceses está obsoleta, y que la mayor parte de la comunidad científica (véase CARMICHAEL et al., 1974; HUGHES, 1982, etc...) entiende por asociación calcoalcalina aquella que:

- aparece característicamente en zonas orogénicas SBZ;
- está compuesta por andesitas y, en menor porcentaje, dacitas y riolitas (o por sus equivalentes plutónicos);
- en su mayor parte es meta-aluminosa, aunque algunos de sus miembros más ácidos puedan ser hiperalumínicos;
- etc...

Recientemente DEBON y LE FORT (1982) han sintetizado los criterios geoquímicos para definir la tipología de las asociaciones magmáticas. Establecen tres tipos de asociación: (1) aluminosa, (2) cafémica y (3) aluminocafénica. Para identificar el tipo de asociación a que pertenece un conjunto de rocas dado, utilizan el «diagrama de minerales característicos», representado en la fig. 6, y sobre el que se han proyectado las muestras de las granodioritas de Gredos. Se observa que:

- todos los puntos están situados en el dominio peraluminoso, inclusive aquellos que poseen concentraciones de sílice inferior al 65%.
- los granodioritas de Hoyos definen una tendencia vertical; las del Alberche otra con pendiente positiva;

todas estas características son definitorias de una asociación aluminosa, y excluyen la pertenencia a una serie calcoalcalina.

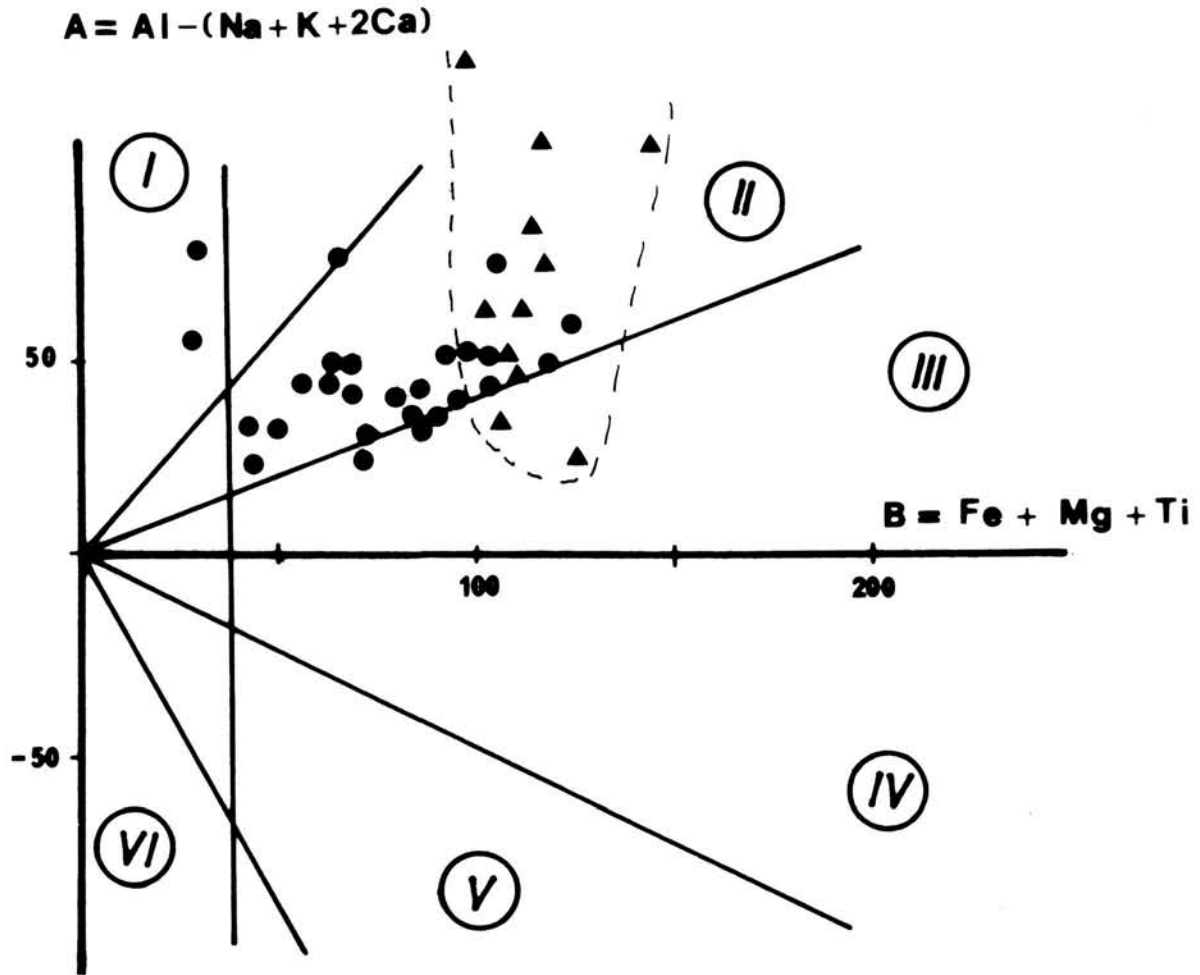


Figura 6. Proyección de las muestras en el diagrama de minerales característicos de DEBON y LE FORT (1982). Triángulos, facies de Hoyos; puntos, facies del Alberche.

Se podría argumentar que pertenecen a una asociación aluminocafémica, que puede estar parcialmente situada dentro del dominio aluminoso, a veces por completo. Sin embargo (íbid., pág. 143): «... they differ from the aluminous associations by their more or less pronounced negative slope and by the location of their darkest members in or close to the metaluminose domain», criterios que evidentemente no se pueden aplicar a las series aquí estudiadas.

Se concluye, pues, que dar el nombre de asociación calcoalcalina a las rocas de afinidades granodioríticas de la Sierra de Gredos no está justificado bajo ningún punto de vista excepto, quizá, el histórico.

BIBLIOGRAFIA

- APARICIO, A.; BARRERA, J.L.; CARBALLO, J.M.; PEINADO, M. y TINAO, J.M. (1975). Los materiales graníticos hercínicos del Sistema Central Español.- Mem. Inst. Geol. Min. de España, 88.
- BARD, J.P.; CAPDEVILLA, R. y MATTE, PH. (1970). Les grands traits stratigraphiques, tectoniques, métamorphiques et plutoniques des Sierras de Gredos et de Guadarrama (Espagne centrale). C.R. Acad. Sci. Paris, T. 270, pp. 2630-2633.
- BEA, F. (1975). Caracterización Geoquímica y Esquema Petrogenético de los Granitoides Calcoalcalinos Hercínicos del área Salamanca-Cáceres-Zamora. Tesis. Ed. Univ. Salamanca.
- BEA, F. (1976). Anomalía geoquímica de los granitoides calcoalcalinos hercínicos del área Salamanca-Cáceres-Zamora (España). Implicaciones petrogenéticas. *Stud. Geol.* IX; pp. 25-73.
- BEA, F. (in litt.). Estudio de feldespatos alcalinos y biotitas en los granitoides de la Sierra de Gredos (España). Geotermometría e implicaciones petrogenéticas.
- BEA, F. y MORENO-VENTAS, I. (1985). Estudio petrológico de los granitoides del área centro-norte de la Sierra de Gredos (Batolito de Avila, Sistema Central Español). *Stud Geol.*
- CAPEVILA, R. (1969). Le métamorphisme regional progressif et les granites dans le segment hercynien de Galice Nord-oriental (NW de l'Espagne). Tesis; Univ. de Montpellier (Francia).
- CAPDEVILA, R. y VIALETTE, Y. (1965). Premières mesures d'age absolu effectuées par le méthode au strontium sur des granites et des micaschistes de la province de Lugo (Nord-Ouest de l'Espagne). C.R. Acad. Sci. Paris, 9, 260, pp. 5081-5083.
- CAPDEVILA, R. y VIALLETTE, Y. (1970). Estimation radiométrique de l'age de la deuxième phase tectonique hercinienne de Galice moyenne (Nord-Ouest de l'Espagne). C.R. Acad. Sci. Paris, 270, pp. 2527-2530.
- CAPDEVILA, R., CORRETGE, G. y FLOOR, P. (1973). Les granitoides varisques de la Meseta Ibérique. Bol. Soc. Geol. France, Vol. 7, XV, n° 3-4, pp. 209-228.
- CARMICHAEL, I.S.E., TURNER, F.J. y VERHOOGEN, J. (1974). Igneous petrology. Ed. McGraw-Hill. New York.
- CHAPPEL, B.W. y WHITE, A.R.J. (1974). Two contrasting granite types. *Pac. Geol.*, v. 8, pp. 173-174.
- CORRETGE, G., UGIDOS, J.M. y MARTINEZ, F. (1974). Les series granitiques varisques du secteur Centre-Occidental Espagnol. Cong. Internat. C.N.R.S.: La chaîne varisque d'Europe Moyenne Occidental, 243, pp. 453-461.
- DAVIS, C. (1973). Statistics and Data Analysis in Geology. Ed.: John Wiley & Sons, New York.

- DEBON, F. y LE FORT, O. (1982). A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Trans. Royal. Soc. Edimburg: Earth Sci.*, 73, pp. 135-149.
- DEPARTAMENTO DE PETROLOGIA (1980). Plutonism of Central Western Spain. A preliminary note. *Est. Geol.*, v. 36, pp. 339-348.
- FRANCO, P. (1980). Estudio petrológico de las formaciones metamórficas y plutónicas al N de la Depresión del Corneja. Tesis. Ed.: Univ. de Salamanca.
- FUSTER, J.M., NAVIDAD, M. y VILLASECA, C. (1981). Dioritoides precoces en las series metamórficas del macizo de El Caloco (Guadarrama Central). *Cuad. Geol. Ibérica*, 7, pp. 183-200.
- HUGHES, C.J. (1982). *Igneous petrology*. Ed.: Elsevier, Amsterdam.
- IGLESIAS, M. y CHOUKRUNNE, P. (1980). Zonas de cizalla dúctiles en el NO de la Península Ibérica. *Cuad. Lab. Xeol. de Laxe*, 1, pp. 163-164.
- JUNG, J. (1958). *Précis de petrographie*. Ed.: Masson et cie. Paris.
- LE MAITRE, R.W. (1982). *Numerical petrology*. Ed.: Elsevier, Amsterdam.
- LOPEZ PLAZA, M. (1982). Contribución al conocimiento de la dinámica de los cuerpos graníticos en la penillanura salmantino-zamorana. Tesis. Ed.: Univ. Salamanca.
- LOPEZ PLAZA, M. (1983). Guía de excursiones por el basamento de la Meseta Castellana. VIII Reunión de Geología del Oeste Peninsular. Ed.: Dpto. de Petrología. Univ. de Salamanca.
- MARTINEZ, F.J. (1974)a. Estudio del área metamórfica y granítica de los Arribes del Duero (Provincias de Salamanca y Zamora). Tesis. Univ. de Salamanca.
- MARTINEZ, F.J. (1974)b. Petrografía, estructura y geoquímica de los diferentes tipos de granitoides del NW de Salamanca (Cordillera Herciniana, España). *Trab. Geol.*, nº 7, pp. 61-141.
- MENDES, F. (1968). Contribution a l'étude geochronologique, par la méthode au strontium, des formations cristallines du Portugal. Tesis. Univ. Clermont-Ferrand. Ed.: Bol. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Cien. Lisboa, 1967-68, pp. 1-150.
- OEN ING SOEN (1970). Granite intrusion, folding and metamorphism in Central Northern Portugal. *Bol. Geol. Min. Esp.* LXXXI-II-III, pp. 217-298.
- PRIEM, H.N.A., BOELRIJK, N.A.I.M., VERSCHURE, R.H. y HEBEDA, E.H. (1965). Isotopic ages of two Granites on Iberian Continental Margin; the Traba Granite (Spain) and the Berlenga Granite (Portugal). *Geol. & Mijnb.*, 44, pp. 353-354.
- PRIEM, H.N.A., BOELRIJK, N.A.I.M., VERSCHURE, R.H. y HEBEDA, E.H. (1967). Isotopic age determinations on granitic rocks in northern Portugal. *Geol. & Mijnb.*, 46, pp. 369-373.
- PRIEM, H.N.A., BOELRIJK, N.A.I.M., VERSCHURE, R.H., HEBEDA, E.H. y VERDURMEN, E.A.Th. (1970). Dating Events of Acid Plutonism through the Paleozoic of the Western Iberian Peninsula. *Eclog. Geol. Helvetiae*, v. 63, pp. 255-274.
- RAGUIN, E. (1976). *Géologie du granite*. 3ª ed. Ed.: Masson et cie. Paris.

- SHAND, S.J. (1927). *The Eruptive Rocks*. Ed.: Willey and sons. New York.
- UGIDOS, J.M. (1973). *Estudio Petrológico del área Béjar-Plasencia*. Tesis. Univ. de Salamanca.
- UGIDOS, J.M. (1974)a. Características del metamorfismo en el área Béjar-Plasencia. *Bol. Geol. Min. España*. LXXXV-VI, pp. 73-81.
- UGIDOS, J.M. (1974)b. Granitos de dos micas y moscovíticos en la región de Barco de Avila-Plasencia y áreas adyacentes (Avila-Cáceres). *Stud. Geol.*, v. 7, pp. 63-86.
- UGIDOS, J.M. y BEA, F. (1976). Análisis comparativo de los granitos del área Béjar-Plasencia con otros granitos «younger» centro peninsulares. Precisiones sobre la serie mixta. *Stud. Geol.*, v. X, pp. 45-59.
- UGIDOS, J.M. y BEA, F. (1979). Ensayo sobre la génesis de las rocas graníticas del Macizo Hespérico. *Stud. Geol.*, v. XIV, 35-77.
- VAN CALSTEREN, P.W.C., BOELRIJK, N.A.I.M., HEBEDA, E.H., PRIEM, H.N.A., DENTEX, E., VERDURMEN, E.A.Th., VERSCHURE, R.H. (1979). Isotopic dating of older elements (including the Cabo Ortegal mafic-ultramafic complex) in the Hercynian Orogen of N.W. Spain: Manifestations of a presumed early paleozoic mantle-plue. *Chem. Geol.*, V. 24, pp. 35.
- VIALLETE, Y., BELLIDO, F., FUSTER, J.M. y IBARROLA, E. (1981). Datos geocronológicos sobre el granito de la Cabrera. *Cuad. Geol. Ib.*, V. 7, pp. 327-338.

Presentado por el Depart. de Petrología y Geoquímica el 21-V-84.