

EVOLUCION PETROLOGICO GEOQUIMICA DE LOS GRANITOIDES HERCINICOS DEL NO GALLEGO

Barrera, J.L. (1); Bellido, F. (2); Pablo Macia, J.G. de (3); Arps, Ch.E.S. (4).

- (1) Facultad de Geología, Universidad Complutense, Madrid 3
- (2) Instituto de Geología, C.S.I.C., c/ Serrano 115, Madrid 6
- (3) GEOPRIN S.A. Madrid 3
- (4) Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie, Leiden, Holanda

Resumen

Se estudia el conjunto de rocas graníticas hercínicas del sector noroeste de Galicia, desde el punto de vista petrológico y geoquímico.

Por características tectónicas y mineralógicas se han distinguido cuatro grupos de granitoides: Granotoides precoces, granitoides inhomogéneos, / granitos de dos micas pre-fase 3, y granitos postcinemáticos.

Todos los grupos, a excepción de los granitoides precoces, tienen una tendencia geoquímica más ácida y evolucionada que la media total de los granitoides gallegos.

Los contenidos en Li, Rb, Ba, Sr, demuestran igualmente un alto grado de diferenciación. Li y Rb por un lado, y Ba y Sr. por otro, se comportan de / manera análoga en todos los grupos.

Abstract

This paper deals with the petrological and geochemical aspects of Hercynian granitic rocks in the northwestern part of Galicia. Based on mineralogical and structural criteria four granitoid groups are distinguished: Early-Hercynian granitoids, "inhomogeneous granitoids", an older group of two-micas granite (prior to the third Hercynian deformation) and post-cinematic granites.

Geochemically all the granitic rocks, with the exception of the Early-Hercynian granitoids, are more acid than the average value of all Galician granitoids.

Also the abundances of Li, Rb, Ba, and Sr demonstrate a high degree of / differentiation. The element pairs Li-Rb and Ba-Sr, tend to behave similarly in the granitoid groups.

INTRODUCCION

Se pretende hacer en este trabajo una primera caracterización petrológica y geoquímica detallada de los granitoides que afloran en la hoja nº 7 (Santiago de Compostela) a E - 1:200.000, para sintetizarlos en distintos grupos como base a una investigación futura que se extenderá a otras zonas gallegas.

Los datos y resultados que se van a exponer tienen sus precedentes en PABLO MACIA (1981), y en la mencionada Hoja de Santiago de Compostela (en prensa), donde están marcadas las directrices a seguir en el estudio petrológico de estas rocas.

El sector NO del Macizo Hespérico (MH) es uno de los lugares donde mejor representados están los distintos episodios de generación e intrusión granítica, a lo largo de los tiempos hercínicos. Desde la formación de los ortogneises glandulares prehercínicos hasta el emplazamiento de los granitos hercínicos postcinemáticos, se han ido sucediendo en el tiempo y en el espacio, varios pulsos graníticos relacionados, más o menos directamente, con el metamorfismo y la deformación. De esta manera se ha ido configurando la "capa o nivel granítico continental" que define la zona media-superior cortical (entre 7 y 14 km.). Fenómenos de fusión parcial con diferentes P_{H_2O} en la base de la corteza, y posibles reciclajes de rocas graníticas previas, han configurado esta zona tal y como la vemos ahora.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS GRANITOIDES.

Para facilitar la tarea de correlación con otras áreas graníticas gallegas en particular, y hercínicas en general, hemos elegido los criterios de campo y cronológicos respecto a la deformación, para realizar una división en grupos de todo el conjunto. De esta forma, consideramos que se da una visión más evolutiva de este sector, evitando así, como se verá en los aspectos petrográficos y geoquímicos, ambigüedades y solapamientos en caso de tener que clasificarlos en base a la clásica tipología de "granitos alcalinos" y "granitos calcoalcalinos". (CAPDEVILA & FLOOR, 1970; CAPDEVILA et al., 1973). La Fig. 1 y la Fig. 2 indican el área regional abarcada en este estudio, y la distribución de los tipos graníticos distinguidos, respectivamente. En total son 23 unidades graníticas las que se han individualizado, bien porque afloran como plutones aislados con carácter circunscrito, o bien porque mantienen unas características comunes y propias a lo largo de grandes áreas. Estas unidades se han reunido en cuatro grupos:

- Granitoides precoces (1 mica)
- Granitoides inhomogéneos.
- Granitos de dos micas pre-fase 3
 - a) No porfídicos
 - b) Porfídicos
- Granitos postcinemáticos.

Además de estos grupos, hay otras manifestaciones plutónicas ligadas a ellos que, debido a su escasa representación cartográfica, no se han distinguido

en el mapa ni han constituido nuevos grupos. Sin embargo, por la trascendencia genética que puedan tener a la hora de la interpretación regional, conviene hacer referencia de ellos. En esta línea, hay que citar los frecuentes afloramientos de cuarzodioritas-tonalitas, asociadas casi siempre a los granitoides precoces. Son precursores básicos y tienen composiciones mineralógicas semejantes a las de los enclaves microgranulares de estos granitoides. Particularmente interesante resulta la cuarzodiorita con "manchas" de esfena, "Englburgita", situada al oeste de Santiago de Compostela, que ha estudiado recientemente ARPS et al. (en prensa).

Intruyendo a los granitos de dos micas de Dumbria, hay una granodiorita postcinemática con anfíbol + clinopiroxeno, situada al sur de San Juan de Cãlo, dentro de la hoja de Camariñas (68/3-6).

Los diferenciados leucograníticos con moscovita + biotita se presentan frecuentemente. Forman pequeñas apófisis que atraviesan e intruyen las facies graníticas previamente cristalizadas. Entre las más importantes está la que intruye a la granodiorita de Bayo y que se denomina granito de Tremouzo. (Ca. 10 km. NE de Muros). Otras son las que afloran en la granodiorita de Negreira y en el granito de La Coruña. Estas rocas pueden constituir diferenciaciones finales de los granitos encajantes, ARPS (1970).

Las rocas más básicas, muy poco representadas, son cuarzodioritas-tonalitas íntimamente ligadas al magma granodiorítico. Las facies siguientes en abundancia son las granodioritas y, posteriormente de forma mayoritaria los granitos s. s., los cuales aparecen dispersos por toda la región, en distintos niveles de emplazamiento respecto a su lugar de generación.

GRUPOS GRANITICOS.

Los cuatro grupos de granitoides mencionados constituyen casi la mitad de la superficie de la Hoja de Santiago. La nomenclatura que se ha seguido para denominarlos es la que viene determinada por el lugar donde se proyectan en el triángulo QAP (Fig. 3), realizado a partir de la norma, una vez corregida la biotita en su contenido de Or. Casi todos los grupos pertenecen a granitos s. s., con pequeñas representaciones de granodioritas, a excepción de los precursores básicos. Las características de campo más interesantes y las petrográficas están sintetizadas en los Cuadros I y II, respectivamente. Dentro de ellos y ampliando algunos de los aspectos que adelantó PABLO MACIA (1981), consideramos oportuno hacer algunas precisiones en cada uno

CUADRO I

Características de campo

	Texturas			Contactos	Enclaves		Diques
	grano	flujo	deformación		S	I	
GRANITOIDES PRECOCES							
Granodiorita de Bayo	# m-g	si	Milonitización en los bordes. Z	Intrusivo	Esq-Paragn. Anf-Ortog.	Microgran.	
Granodiorita de Negreira	# m-g	si	Cataclástica	Intrusivo		Microgran.	A
Granodiorita de La Coruña	# m-g	si	Variable	Intrusivo	Esq. cornean.	Microgran.	(A) (P) (D)
GRANITOIDES INHOMOGENEOS	(#) f-m-g		Local		Surmicáceos		AP
GRANITOS DOS MICAS PRE-FASE 3							
1.- No Porfídicos							
Granito de Laxe	(#) g	local	local	Intrusivo	Surmicáceos		AP
Granito de Dumbria	(#) f-m	local	local	Intrusivo	Roca caja esquistos		AP
Granito de Muros	f-m		si	Intrusivo	Surmicáceos		
Granito de Barbanza	(#) m-g		si		Roca caja		AP
Granito de Banza	f-m		local				AP
Granito de Barbeito	f-m		si	Intrusivo			AP
Granito de Monte Neme	(#) f-m		variable	Difuso	Roca caja		Acidos - Q
Granito de Pico de Moda	m-g		variable Z	Difuso	(surmicáceos)		Q
Granito de Vilarcloa	m-g		milonítica variable	Difuso			AP
2.- Porfídicos							
Granito de Finisterre	# m-g	si	milonítica Z	Difuso	Surmicáceos	Microgran.	
Granito de Ruña	# f-m	si	algo por.	Intrusivo	Surmicáceos	Microgran. Tonalitos	
Granito de Muxia	# m-g		variable	Intrusivo	(Surmicáceos)		AP Q
Granito de Villardoa	# f-m	si	milonítica	Intrusivo y difuso			AP
Granito de Varilongo	# m-g		si	Intrusivo			A Q
Granito de Santiago y Bertamir.	# m-g	local	local	Difuso	(Surmicáceos)		AP
GRANITOS POSTCINEMATICOS							
Granito de Traba	(#) f-m		no	Intrusivo		(Microgran.)	(A) Q
Granito de El Pindo	(#) m-g		no	Intrusivo		(Microgran.)	(A) (P)
Granito de Pando	m-g		no	Intrusivo			
Granito de Confurco	# m-g	local	no	Intrusivo	(Surmicáceos)		

f= grano fino; m= grano medio; g= grano grueso; #= porfídico; Z= cizalla; ()= poco abundante; A= apilitas; P= pegmatitas; D= diabasas; Q= cuarzo.

CUADRO II

Composición Petrográfica

	<u>Minerales principales</u>	<u>Minerales accesorios</u>
GRANITOIDES PRECOCES		
Granodiorita de Bayo	Q P F B <u>+Ms</u>	Ap Z Op Al T G Flu X Mo
Granodiorita de Negreira	Q P F B	Ap Z Op Ep Ms T
Granodiorita de La Coruña	Q P F B	Ap Z Op Ep Ef Ms G
GRANITOIDES INHOMOGENEOS		
	Q P F B Ms	<u>+Co</u> S Ap Z Op G Rt
GRANITOS DOS MICAS PRE-FASE 3		
1.- No Porfídicos		
Granito de Laxe	Q P F B Ms	Ap Z
Granito de Dumbria	Q P F B Ms	S Ap Z Op Ef Al T Flu X Mo
Granito de Muros	Q P F B Ms	Ap Z Op Ef Al T G Rt
Granito de Barbanza	Q P F B Ms	Ap Z Op Ef Al T G Rt
Granito de Banza	Q P F B Ms	Ap Z Op Ep
Granito de Barbeito	Q P F B Ms	Ap Z Op G
Granito de Monte Neme	Q P F B Ms	Ap Z Op
Granito de Píco de Meda	Q P F B Ms	Ap Z
Granito de Vilarcloa	Q P F B Ms	Ap Z
2.- Porfídicos		
Granito de Finisterre	Q P F B	Ap Z
Granito de Ruña	Q P F B Ms	Ap Z Op Ef Mo Rt
Granito de Muxia	Q P F B Ms	S Ap Z Op Al
Granito de Villardoa	Q P F B Ms	S Ap Z Op Ep G Flu Rt
Granito de Varilongo	Q P F B Ms	Ap Z Op T Rt
Granito de Santiago y Berta.	Q P F B Ms	S Ap Z Op Ep G Rt
GRANITOS POSTCINEMATICOS		
Granito de Traba	Q P F B	Ap Z Op T
Granito de El Pindo	Q P F B <u>+Ms</u>	Ap Z Op Ep Al Flu
Granito de Pando	Q P F B	Ap Z Op Ep Ef Al Flu
Granito de Confurco	Q P F B <u>+Ms</u>	Ap Z Op G Flu Mo Rt

Q= Cuarzo; P= Plagioclasa; F= Feldespago K; B= Biotita; Ms= Moscovita; Co= Cordierita; S= Sillimanita
 Ap= Apatito; Z= Circón; Op= Opacos; Ep= Epidota; Ef= Esfena; Al= Allanita; T= Turmalina; G= Granate;
 Flu= Fluorita; X= Xenotima; Mo= Monacita; Rt= Rutilo.

de estos grupos.

Granitoides precoces. Están compuestos por plutones de facies granodioríticas ($\approx 40\%$) y graníticas ($\approx 60\%$), intrusivos en los dominios circundantes, con contactos netos y discordantes. Tienen texturas porfídicas de flujo magmático, y su grado de deformación es variable. Los enclaves son microgranulitas y de las rocas caja (esquistos, paragneises, ortogneises), alguno de los cuales presenta metamorfismo de contacto. Son granitoides intrusivos, sin relación evidente con los posibles líquidos graníticos generados durante el metamorfismo regional progresivo del sector. El cortejo de diques que los acompañan es pequeño y principalmente de aplitas.

Petrográficamente la composición más común es Q-Fk-P-B. Entre los accesorios habituales están apatito y circón. El granate se presenta esporádicamente en los diques póstumos de aplita.

Granitoides inhomogéneos. Son, mayoritariamente, granitos s. s., y sólo un 20% de ellos tienen composiciones granodioríticas. Todos ellos entran dentro de la categoría de granitoides de dos micas.

En el campo tienen un aspecto heterogéneo, con zonas deformadas y abundantes xenolitos de metasedimentos y ortogneises glandulares, junto a otras sin deformación y claramente intrusivos en los anteriores y en las rocas caja metasedimentarias. Es decir, las relaciones de emplazamiento son variables y van desde autóctonos a para autóctonos, en relación evidente con los fenómenos de metamorfismo regional presentes.

La composición mineralógica es Q-Fk-P-B-Ms, con sillimanita y granate como minerales accesorios destacables.

Son muy frecuentes los diques de aplitas-pegmatitas cortando a las facies masivas.

Granitos de dos micas pre-fase 3. Casi en su totalidad son granitos s. s., de tendencia leucocrática con una homogeneidad mayor, a escala de afloramiento, que los granitoides inhomogéneos. Dentro del grupo se han distinguido dos tipos: los porfídicos, y los no porfídicos. Los primeros tienden a presentar

se en macizos circunscritos y algunos de ellos corresponden a un evento posterior a los no porfídicos (caso del plutón de La Ruña, que intruye a los granitos de Dumbria). Los segundos están representados por cuerpos menos circunscritos, dentro de los cuales existe, en ocasiones, intrusiones de facies más fina (p. e. granito de grano fino de Muros, AVE LALLEMANT, 1965).

La relación que guardan con los granitoides anteriores es, casi siempre, intrusiva, con contactos netos, indicando niveles de ascenso mayores que los granitoides inhomogéneos.

La composición mineralógica tipo es: Q-Fk-P-B-Ms. Como accesorios se encuentran preferentemente Ap-Cir-Op-Sill-Esf-All-Turm-Gr. Este último en diques aplopegmatíticos y en roca masiva.

El plutón de Finisterre constituye un caso especial, pues aunque no tiene Ms, presenta otras características propias de este grupo, por lo que hemos decidido incluirlo en él.

El cortejo filoniano más frecuente es de aplitas y pegmatitas, estando subordinados los diques de cuarzo.

Granitos postcinemáticos. Lo constituyen todos aquellos granitoides posteriores a la tercera fase de deformación, que afloran como macizos circunscritos, tres de los cuales (Traba, Pando, El Pindo), clásicamente se han denominado en Galicia como "Granodioritas calcoalcalinas postectónicas". Generalmente forman unidades intrusivas de geometría circular, exhibiendo disposiciones zonadas de sus facies mineralógicas y/o texturales (p. e. El Pindo, con facies de una mica en el borde y de dos en el centro; o el granito de Confurco, con facies moscovíticas en el borde; ARPS, 1970).

Los contactos son netos y discordantes con las rocas encajantes, sin modificar, en muchos de los casos, las estructuras de las (p. e. Confurco, ARPS -1970-). La composición modal de todos es de granitos s. s., con un típico color de campo en tonos rosas, en los plutones de Traba y El Pindo, y con abundante cuarzo intersticial como mineral principal. Fuera de este sector investigado se conocen otros plutones tardios con características de campo

semejantes, aunque con facies algo más básicas de granodioritas biotítico anfibólicas. (p. e. plutón de Caldas de Reyes, Porriño, etc.), formando junto con las graníticas s. s., cuerpos plurifaciales con disposiciones concéntricas. Por todo ésto, no es prudente ni oportuno extrapolar fuera de este sector las conclusiones concretas que se deducen. Lo que ocurrirá, cuando se logre incluirlos en un estudio más amplio, será la aparición de subtipos dentro del grupo, de manera semejante a los que existen en otras regiones orogénicas mundiales en granitos postectónicos.

La composición mineralógica más común es Q-Fk-P-+Ms como minerales principales. Como accesorios están Ap-Cir-Op-All-Fluo. En ninguno de los cuatro plutones que forman el grupo existe anfíbol, aunque, como ya hemos indicado, aparece en otros granitos fuera de este sector. Solamente, y dentro de esta Hoja de Santiago, la granodiorita de San Juan de Calo, que por relaciones de intrusión-deformación puede ser coetánea con este grupo de granitos, lo posee. Por lo tanto, hay que señalar que este pulso granítico tardío es de amplio espectro composicional, aunque en la región que lo estudiamos sólo se encuentran presentes las facies graníticas s. s. más diferenciadas.

Los diques más frecuentes son de cuarzo, mientras que las aplitas y pegmatitas aparecen de forma esporádica.

La intrusión y emplazamiento de estos plutones tardíos debió corresponder a un proceso similar al de "stopping" regionalizado (AVE LALLEMANT, 1965; OEN, 1970), coincidente con el decrecimiento de las fuerzas compresivas orogénicas. Este proceso, que en parte tendría ya un cierto carácter distensivo, provocó la fracturación circular del techo de las cámaras graníticas, a las que no deben ser ajenas las estructuras de diques anulares póstumos que hay en la zona (Fig. 2). La poca presencia de enclaves, la ausencia de modificaciones en las estructuras regionales en el momento del emplazamiento, y algunos de los parámetros geoquímicos que veremos más adelante, hablan a favor de un proceso genético de tipo no-orogénico (OEN, 1970), con ascensión pasiva de los líquidos graníticos. Sin embargo, hay que señalar que en otros lugares del MH (p. e. Extremadura) el proceso de ascensión de cuerpos graníticos tardíos, que pueden ser sincrónicos con los de Galicia, parece hacerse por fenómenos diapíricos que abomban la roca encajante, ocasionando deformaciones sobre la aureola de contacto, CORRETGE & MARTINEZ (1978).

CARACTERISTICAS GEOQUIMICAS

El estudio geoquímico se ha realizado con 92 análisis químicos de roca total, de los que una pequeña parte carecen de contenidos en elementos traza. Por eso, según el caso que se trate, se hará uso del total o de una parte de los análisis.

En el Cuadro III están representados los valores medios de los óxidos mayores, elementos traza y norma CIPW de los grupos graníticos distinguidos. No se han incluido los datos de los precursores básicos por ser pocos, y carecer de representatividad, por tanto, el valor medio correspondiente. Sin embargo, se han añadido las medias de rocas graníticas de ámbitos más amplios, y la media de todos los granitos gallegos (MGG), BARRERA et al. (en pren.), como términos comparativos.

En el cuadro puede verse que todos los grupos corresponden a granitos bastante ácidos y, con la excepción de los granitoides precoces, son términos más evolucionados que el MGG, y que la media de VINOGRADOV (1962). En algunos casos se acercan notablemente a la composición de los granitos bajos en Ca dada por TUREKIAN & WEDEPOHL (1971).

Elementos mayores. En el diagrama AFM (Fig. 4) se observa que todos los granitoides alcanzan en su línea evolutiva una posición cercana al vértice A. Sólo los precursores básicos y los granitoides precoces se sitúan en posiciones más intermedias. Considerando conjuntamente todos los grupos graníticos, se observa que siguen pautas de variación de series granitoides.

El diagrama binario sílice/álcalis (Fig. 5), pone de manifiesto variaciones bastante pequeñas del contenido en álcalis para cada grupo. Exclusivamente los granitoides inhomogéneos presentan un ligero enriquecimiento con el incremento en SiO_2 , influencia posible de la composición original o de la presión de H_2O durante su génesis y evolución.

En general, todos los grupos tienen un contenido en álcalis semejante a la MGG. Parte de los granitoides inhomogéneos, granitos de dos micas pre-fase 3 y granitos postcinemáticos se solapan en sus distribuciones, aunque éstos últimos tienen un ligero enriquecimiento respecto a la media, a pesar de que en sus términos finales ricos en SiO_2 manifiestan una disminución relativa del contenido en álcalis. La importancia del papel desempeñado por el SiO_2 en los estadios más evolucionados, se refleja, en que la escasa actividad filoniana está constituida fundamentalmente por diques de cuarzo para este grupo de granitos.

CUADRO III

Media de la composición química

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	67.63	72.71	72.18	73.10	67.17	74.23	69.10	70.91
Al ₂ O ₃	15.39	14.74	14.18	13.82	15.49	13.60	14.55	14.62
Fe ₂ O ₃	1.53	0.74	0.96	0.98				
FeO	1.89	0.92	1.23	0.76	3.81*	1.83*	3.47*	2.37*
MnO	0.04	0.03	0.03	0.05	0.07	0.05	0.08	0.05
MgO	1.49	0.47	0.62	0.24	1.56	0.26	0.93	0.77
CaO	2.17	0.73	0.92	0.86	3.54	0.71	2.21	1.18
Na ₂ O	3.25	3.17	3.29	3.46	3.83	3.48	3.73	3.27
K ₂ O	4.42	4.70	4.51	4.63	3.03	5.06	4.02	4.37
TiO ₂	0.55	0.22	0.31	0.24	0.40	0.14	0.27	0.34
P ₂ O ₅	0.19	0.08	0.10	0.09	0.21	0.14	0.16	0.14
H ₂ O	1.21	1.23	1.39	1.59				1.27
Li	92	103	71	107	24	40	40	-
Rb	270	344	278	339	110	170	200	-
Ba	503	406	375	393	420	840	830	-
Sr	207	78	75	84	440	100	300	-

Norma CIPW

Q	24.85	33.89	32.71	33.18	21.03	31.64	23.58	30.1
Or	26.12	27.78	26.65	27.36	17.91	29.90	23.76	25.8
Ab	27.50	26.82	27.84	29.28	32.41	29.45	31.56	27.7
An	9.52	3.10	3.91	3.68	16.13	2.61	9.92	4.9
Di	-	-	-	-	0.1	-	-	-
Hy	5.08	1.94	2.55	0.88	10.30	3.87	8.39	5.8
Mt	2.22	1.07	1.39	1.42	-	-	-	-
Il	1.04	0.42	0.59	0.46	0.76	0.27	0.51	0.6
Ap	0.44	0.19	0.23	0.21	0.46	0.32	0.37	0.3
C	1.77	3.30	2.46	1.77	-	1.45	0.43	2.7
I.D.	78.47	88.49	87.20	89.82	71.37	90.99	78.9	83.6

- 1.- Granitoides precoces (n = 8)
- 2.- Granitos de dos micas pre-fase 3 (n = 25)
- 3.- Granitoides inhomogéneos (n = 31)
- 4.- Granitos postcinemáticos (n = 8)
- 5.- Granitos altos de Ca (Turekian y Wedepohl 1961)
- 6.- Granitos bajos en Ca (Turekian y Wodepohl 1961)
- 7.- Rocas graníticas (Vinogradow 1962)
- 8.- Granitoides de Galicia (n = 342; Barrera et al. 1981).

* Contenido en hierro total

En el diagrama Q-Ab-Or de LUTH et al. (1964) (Fig. 6), se han proyectado independientemente cada grupo. Las líneas cerradas indican las zonas de mayor concentración de los valores. Los granitoides inhomogéneos y los granitos de dos micas presentan cierta similitud en su distribución, aunque los primeros tienen máximos de distribución algo más amplios (desde 3kb a 0.5 kb) que los segundos (de 1 kb a 0.5 kb). Los dos grupos presentan líneas evolutivas concordantes con las de los magmas graníticos hidratados (LUTH et al., 1964) y sus composiciones actuales son las equivalentes a las de los mínimos isobáricos para fundidos mínimos. Este carácter húmedo o hidratado, está bien reflejado en su composición mineralógica (todos con dos micas) y en la abundancia de pegmatitas que los acompañan. Por tanto, estos granitos debieron formarse a través de líquidos ricos en agua.

Los granitoides precoces y los granitos postcinemáticos, tienen una distribución algo diferente que los anteriores. Las líneas evolutivas de sus concentraciones, se apartan sensiblemente de las que siguen los mínimos isobáricos de P_{H_2O} . Los dos grupos, y más intensamente el primero, se desvían hacia la superficie cotéctica de la Or, en dirección de su vértice. Esta disposición es propia de una cristalización en ambiente relativamente seco, LUTH et al. (op. cit.), lo cual queda comprobado por la ausencia general de dos micas y de diques aplíticos-pegmatíticos que, sobre todo en los últimos, arrastrarían los álcalis con la fase volátil, dejando empobrecido el granito en estos elementos.

Por último hay que destacar que los granitos postcinemáticos tienen peculiaridades propias de granitos intermedios entre granitos subsolvus e hipersolvus. Estas características son: su máxima concentración en el mínimo isobárico de 0.5 kb; son los más subsaturados en alúmina, con un corindón normativo medio de los más bajos (1.77); ausencia de pegmatitas y ligero desplazamiento hacia el campo de la Or, lo que parece indicar un origen por cristalización de líquidos pobres en H_2O .

Elementos menores. Sólo se tienen valores para el Li, Rb, Ba, Sr, que son algunos de los elementos traza más generalmente utilizados para el estudio

de la evolución de las rocas graníticas. En todos los grupos (ver Cuadro III) se encuentran contenidos altos de Li y Rb, e inferiores de Ba y Sr, poniendo en evidencia, aún más si cabe que los elementos mayores, el elevado grado de diferenciación de estas series.

En el diagrama Ba-Rb-Sr (Fig. 7) puede observarse amplios solapamientos de todos los grupos; sin embargo, se puede trazar una separación vaga entre precursores básicos junto con granitoides precoces y el resto. Las tendencias generales de evolución se sitúan según el valor de la relación Ba-Rb, sin existir grandes variaciones en el contenido de Sr. Las distribuciones globales corresponden con términos evolucionados, a pesar de que la dispersión que se observa es propia del carácter heterogeneo de algunos de los grupos.

En los diagramas que enfrentan las razones interelementales (tanto de mayores como de menores) con el ID medio de cada grupo, (Fig. 8), hay una neta separación en los granitoides precoces y el resto, los cuales se proyectan conjuntamente en altos valores de ID (87 a 90). En la relación Ca/Sr hay un margen muy pequeño de variación, y los valores responden a índices de evolución altos. Las bajas relaciones de K/Rb, sobre todo en los granitos de dos micas pre-fase 3 y en los granitos postcinemáticos marca, esta vez de forma más extrema, el alto grado de diferenciación del conjunto o la procedencia a partir de materiales originales ricos en fases alcalinas. Los relativamente elevados valores de K/Ba (algo menores para los granitoides precoces), siguen confirmando esta tendencia. En la relación Ba/Sr los granitoides precoces se comportan como la media de rocas graníticas, mientras que el resto de los grupos ~~tienden~~ hacia los valores de granitos bajos en Ca, muy evolucionados (Cuadro III) (TUREKIAN & WEDEPOHL, 1971). Para considerar la influencia de la moscovita respecto al total de las micas se han proyectado también las relaciones anteriores frente al valor de C/C+Hy (Fig. 9), que consideramos que para rocas de esta composición, constituyen un estimador aproximado de la abundancia relativa de la biotita y moscovita. En los diagramas se marca una tendencia a la disminución de K/Rb conforme amenta la cantidad de C/C+Hy, así como una tendencia al aumento de K/Ba en el mismo sentido, lo que teniendo en cuenta la escasa variación del K, evidencia una apreciable disminución del Ba y aumento de Rb. La relación Li/Rb

presenta un cambio brusco de comportamiento, con un valor más elevado en los granitoides precoces, pero con una tendencia al aumento conforme se incrementa la relación en los restantes grupos.

Correlaciones entre elementos mayores y elementos menores. Con el objeto de conocer el control ejercido por los elementos mayores hacia los menores, se han elaborado las matrices de correlación interelementales, para los cuatro grupos de granitoides (Cuadro IV).

En el Cuadro V están sintetizados los factores mineralógicos y evolutivos que controlan a los cuatro elementos traza considerados. Resumiendo algunos de estos factores, podemos decir lo siguiente para cada grupo granítico .

En los granitoides precoces, las correlaciones del Li y Rb con los elementos mayores son paralelas, y sus contenidos están asociados con la abundancia de biotita. Tienen correlaciones negativas con la sílice y los componentes de la plagioclasa. Comportamiento parecidos del Li, han sido citados por NOCKOLDS & MITCHELL (1952), y TAUSON (en VLASOV, 1966) para plutones graníticos calcoalcalinos pobres en H_2O , semejantes a los que se tratan aquí. Este incremento del Li con el contenido de biotita de la roca lo han atribuido estos autores, a una precipitación intersticial sobre la fase micácea ya formada, durante los últimos estadios de cristalización, caracterizados por una alta concentración en Li. Las conductas variables de este elemento son más frecuentes de lo que parece. Respecto a su control por parte de la biotita en los granitos gallegos (YPMA, 1965) demostró que la cantidad del Li que entra en esta mica, es diferente según el tipo de granito que se considere. Estas distribuciones no son aleatorias y parece que están gobernadas por la cantidad de fase acuosa final disponible en los magmas graníticos, siendo concentrada preferentemente en los diques pegmatíticos (en forma de lepidolita) de los granitos de dos micas gallegos. De esta manera puede explicarse la correlación positiva que tiene el Li con el grado de acidez en el grupo de granitos de dos micas pre-fase 3 (como veremos más adelante), pues son granitos ricos en H_2O con numerosos diques pegmatíticos (con o sin lepidolita, según datos de fuera del sector estudiado) (YPMA, 1965).

CUADRO IV

	Granitoides precoces				Granitoide inhomogéneo			
	Li	Rb	Ba	Sr	Li	Rb	Ba	Sr
SiO ₂	-0.46	-0.32	-0.67	-0.75	-0.49	-0.19	-0.54	-0.12
Al ₂ O ₃	0.42	0.63	0.07	0.28	0.31	0.13	0.56	0.02
Fe ₂ O ₃	0.32	0.12	0.75	0.85	0.47	0.16	0.42	0.14
FeO	0.44	0.30	0.67	0.81	0.45	0.13	0.37	0.14
MnO	0.61	0.34	0.59	0.43	0.30	0.25	0.27	-0.10
MgO	0.29	0.21	0.49	0.88	0.40	0.09	0.48	0.20
CaO	-0.13	-0.24	0.48	0.78	0.12	-0.30	0.57	0.51
Na ₂ O	-0.49	-0.50	-0.45	-0.74	-0.11	-0.23	0.18	0.29
K ₂ O	0.27	0.58	0.05	0.61	-0.00	0.42	-0.39	-0.37
TiO ₂	0.41	0.06	0.69	0.38	0.43	0.11	0.47	0.01
P ₂ O ₅	0.76	0.45	0.55	0.33	0.18	0.25	0.46	0.23
H ₂ O	0.64	0.30	0.68	0.09	-0.05	-0.06	-0.32	-0.16

	Granitos de 2 micas pre-fase ³				Granitos tardios			
	Li	Rb	Ba	Sr	Li	Rb	Ba	Sr
SiO ₂	0.23	0.32	-0.07	-0.01	0.58	0.31	-0.33	-0.19
Al ₂ O ₃	0.12	0.02	0.26	0.11	0.02	-0.81	0.89	0.87
Fe ₂ O ₃	-0.31	-0.26	-0.10	-0.10	0.64	-0.29	-0.12	-0.02
FeO	-0.16	-0.24	-0.10	-0.05	0.33	-0.26	-0.25	-0.19
MnO	0.12	0.13	0.33	0.33	0.34	-0.39	0.49	0.53
MgO	-0.23	-0.18	-0.12	0.04	-0.17	-0.02	-0.27	-0.29
CaO	-0.19	-0.27	-0.15	0.08	0.37	-0.20	-0.02	0.03
Na ₂ O	-0.02	-0.00	0.04	0.30	-0.84	0.11	0.08	-0.02
K ₂ O	-0.19	-0.03	0.02	-0.19	-0.65	-0.07	0.10	-0.02
TiO ₂	-0.19	-0.24	0.04	0.01	-0.63	-0.12	-0.20	-0.27
P ₂ O ₅	-0.20	-0.23	0.41	0.55	0.04	0.45	-0.28	-0.32
H ₂ O	0.16	0.04	0.05	-0.12	-0.52	0.59	-0.21	-0.33

CUADRO V

	<u>GRANITOIDES PRECOCES</u>	<u>GRANITOIDE INHOMEGENEO</u>	<u>GRANITO 2M PRE-F3</u>	<u>GRANITOS TARDIOS</u>
Li	Controlado por la <u>ma</u> yoría de los elem. básicos y K_2O . Condi <u>ci</u> onada por la Bi.	Controlado debilmente por los elem. bá <u>sicos</u> . Condicionada por la Bi.	Ligero control por la acidez de la roca.	Controlado por el SiO_2 y el Fe_2O_3 . Condicionada por la Bi según el estado de oxidación
Rb	Controlado por los elem. básicos y K_2O . Condicionado por la Bi.	Débil control de los elem. básicos y <u>ma</u> yor del K_2O . Condicio <u>nado</u> por la Bi y ¿Mos?.	Débil control por la acidez de la roca.	Controlada por el Ap y la Mosc.
Ba	Controlado por los - elem. básicos y K_2O . Condicionado por la Bi.	Controlado débilmente por los elem. básicos. Condicionado por la basicidad de la roca, y algo por la Bi.	Controlado por el P_2O_5 . Condicionado por la abundancia de Ap y ¿de la peraluminidad?	Controlado por el Al_2O_3 y MnO. Condicionado por el índice de peraluminidad.
Sr	Controlada por los elem. básicos y K_2O . Condicionado por la <u>ba</u> sicidad de la plg. y por la Bi.	Controlado por el CaO. Condicionado por la <u>ba</u> sicidad de la plg.	Controlado por el P_2O_5 . Condicionado por los factores que generan Ap.	Controlado por el Al_2O_3 y MnO. Condicionado por el índice de peraluminidad.

Por su parte , el Ba y el Sr muestran también evoluciones similares entre sí, estando controlados positivamente con los elementos de la biotita y del componente básico de la plagioclasa. Tienen una notable correlación negativa con la sílice y el Na_2O .

En los granitoides inhomogéneos hay, generalmente, bajos coeficientes de correlación. Li y Rb presentan comportamiento análogo y vagamente condicionado por los elementos integrantes de las micas, encontrándose, en el caso del Rb, una correlación elevada con K_2O , por lo que se intuye un fuerte control de las micas hacia él. Ambos presentan correlaciones negativas frente a la sílice, y el Rb además, frente a los elementos de la plagioclasa.

El Ba y el Sr tienen correlaciones paralelas y positivas con los elementos de la plagioclasa y la biotita. Sus correlaciones negativas con SiO_2 y K_2O indican, de rechazo, que el control del K_2O no lo hace exclusivamente este mineral. A la misma conclusión llegó GIL IBARGUCHI (1979) en la región de Muxia-Finisterre.

Los granitos de dos micas pre-fase 3 tienen, también, bajos coeficientes de correlación para los cuatro elementos, lo que puede deberse a estar incluidos en este grupo, tipos graníticos diversos que no responden a una conducta y evolución totalmente iguales. Otra causa de esta ligera desigualdad puede estar en la abundancia de fenómenos pegmatíticos hidrotermales que llevan asociados, que ocasionan variaciones importantes en las pautas de concentración, sobre todo, del Li y el Rb. Estos dos elementos tienen una débil correlación positiva con el SiO_2 , y negativa imprecisa con los elementos de la biotita y plagioclasa.

Ba y Sr tienen comportamientos difusos, marcándose una correlación positiva con el P_2O_5 . La falta de una mayor correlación con los componentes de la biotita (con la que suelen estar ligados la mayoría de las veces) podría deberse a las redistribuciones causadas por los procesos de moscovitización tardimagmáticos tan frecuentes en estos granitos.

Dentro de los granitos postcinemáticos (considerados en su conjunto -facies de una y dos micas-), los cuatro elementos se comportan de una manera aparentemente contradictoria, según indican sus signos de correlación. Sus conductas son difíciles de interpretar satisfactoriamente, sobre todo, si se comparan con los que normalmente cabe esperar en un proceso de diferenciación granítica orogénica, lo que puede ser debido a fenómenos hidrotermales intensos o variaciones en la mineralogía. Los granitos postcinemáticos se constituyen así en un grupo algo distinto del resto, hecho éste que ya se pudo observar en los apartados anteriores.

El Li y el Rb tienen ligera semejanza en sus correlaciones pero, aunque los dos presenta evolución positiva con el SiO_2 , el Li la tiene también con algunos elementos de la biotita (Fe y Mn). Ambos tienen correlación positiva con los componentes de la plagioclasa, sobre todo Li con CaO. Estas distribuciones llevan a pensar que al Li lo controla la biotita, y al Rb, la moscovita cuando la hay, pues no parece real que el Li se meta en la red de la plagioclasa a pesar de su alta correlación con el CaO. Más bien habría que pensar que esta asociación con los elementos básicos se hace en los momentos finales, influenciados por los fenómenos de silicificación intersticial. La correlación negativa del H_2O con el Li, y positiva con el Rb apoyan una hipótesis de este tipo.

El Ba y el Sr siguen caminos muy paralelos, con antagonismos frente al SiO_2 y, vagamente, a los elementos de la biotita. Hay que destacar su elevada dependencia del Al_2O_3 y MnO, resultando extraña la falta de correlación entre Ca y Sr. También en este caso, consideramos que las anomalías observadas pueden deberse a los procesos de cristalización de moscovita (con H_2O) en las facies de dos micas y silicificación (sin H_2O).

TIPIFICACION Y CLASIFICACION DE LOS GRANITOIDES.

En el ámbito local de Galicia, y en el general del MH, se han establecido por CAPDEVILA y FLOOR (1970) y CAPDEVILA et al. (1973), respectivamente, dos grandes series graníticas con orígenes diferentes: la serie calcoalcali-

na biotítica, y la serie alcalina de 2 micas. Estas dos series coinciden a grandes rasgos con la serie I y serie S de CHAPPELL y WHITE (1974).

En los grupos graníticos que hemos distinguido se observan de manera general, algunas de las características que definen a estas dos grandes familias. No obstante, en algunos grupos, como es el caso de los granitos tardíos, se pone de manifiesto un ligero solapamiento en sus propiedades, con los propios y exclusivos de cada serie.

Los granitoides precoces presentan tendencias de tipo I. Los granitoides inhomogéneos lo hacen con los S. Los granitos de dos micas pre-fase 3 son todos, excepto el plutón de Finisterre, de la serie S. Este plutón sólo tiene una mica y lleva enclaves de tipo microgranular, lo que le hace candidato a ser del grupo I. Por esta razón resulta problemática e imprecisa su inclusión en algún grupo concreto de los distinguidos.

Los granitos postcinemáticos es el grupo que más conflicto produce a la hora de incorporarlo a alguna de estas dos series. Están formados por rocas de composición muy variada que incluyen desde tipos biotíticos a facies de dos micas, pudiéndose encontrar las dos variedades dentro de un mismo plutón (El Pindo). Estas observaciones apuntan hacia una serie mixta con características I y S, simultáneamente.

CONCLUSIONES.

Los granitoides del sector NO de Galicia constituyen un conjunto granítico de tendencia calcoalcalina relativamente rica en álcalis y sílice, con pocos representantes de términos intermedios-básicos.

Los cuatro grupos en que se ha dividido el conjunto, marcan dos naturalezas magmáticas distintas, según la abundancia en H_2O . Granitoides precoces y granitos postcinemáticos son de tendencia deficitaria en H_2O y, dadas sus características particulares mencionadas a lo largo de los apartados anteriores, representan muy probablemente dos fundidos graníticos generados a profundidades corticales distintas y/o con diferentes grados de fusión parcial. Los otros dos grupos, granitoides inhomogéneos y granitos de dos micas pre-fase 3, son de tendencia hidratada y están más o menos relacionados con los

procesos de migmatización y de metamorfismo regional hercínico de corteza media. En la región de Muxia-Finisterre, GIL IBARGUCHI (1979) entre otros autores, llegó a conclusiones parecidas, al estudiar grupos graníticos idénticos de los nuestros.

Cada una de estas dos series, evolucionan desde rocas intermedias (asociadas principalmente con los granitoides precoces) con biotita, hasta diferenciados finales de leucogranitos con moscovita \pm biotita.

Caso un poco aparte merecen los granitos tardios, los cuales conviene decir que son similares a los descritos por OEN (1970) en el N de Portugal, y que denominó "Younger Granites". Sus características petrológico-geoquímicas y las relaciones tectónicas con la roca encajante, indican que estos cuerpos plutónicos se han emplazado en una zona continental estable, después de la última fase de deformación hercínica.

Estos mismos datos también apuntan ligeramente a definirlos como granitos propios de las formaciones no orogénicas, y así lo ha reconocido igualmente OEN (op. cit.) para su grupo de "Younger Granites". Se trata por tanto, de un episodio granítico distensivo en tiempos carbonífero-pérmicos y/o de abombamiento de la corteza superior, que se manifiesta a gran escala, "precursor de la fracturación del continente hercínico en tiempos permotriásicos".

Aunque la caracterización de campo y petrológica se encuentran realizadas de un modo bastante completo, no ocurre lo mismo con la geoquímica, la cual en este trabajo corresponde a una primera caracterización, por lo que resulta problemático, hasta el momento, efectuar una separación tipológica de los granitoides, por existir abundantes solapamientos a la hora de aplicar los criterios de las series graníticas I y S de CHAPPELL y WHITE (1974), y que ya señalaron BARRERA et al. (en prensa) al realizar el estudio estadístico de los granitos gallegos.

La red filoniana que acompaña a los grupos graníticos, está compuesta por diques de aplitas, pegmatitas y de cuarzo, siendo muy escasos los diques de composición básica (lamprofidicos y doleríticos). La distribución de cada tipo de diques es, en todo momento, compatible con las tendencias ricas o

pobres en H₂O de los granitoides, deducidas por otros criterios. Así, en el caso de las tendencias ricas en H₂O, los diques que se encuentran asociados en los granitoides inhomogéneos y los granitos de dos micas pre-fase 3, son preferentemente pegmoaplíticos, mientras que los de granitoides precoces y granitos postcinemáticos son de cuarzo, con aplitas subordinadas. Esta actividad filoniana, junto con los procesos postmagmáticos de moscovitización, son una vía de transporte y enriquecimiento selectivo en ciertos elementos traza, que condiciona la conducta de otros elementos y, como consecuencia, la redistribución de ellos en los yacimientos minerales de la zona.

No se observa una alta relación de dependencia entre los elementos traza y los mayores, lo que indica que el factor que controla su distribución no es único, y exclusivamente de afinidad química, sino también consecuencia de los procesos petrogenéticos que los envuelven.

De una manera general, existe en cada uno de los grupos, un paralelismo bastante grande entre los pares Li-Rb y Ba-Sr, siguiendo cada par evoluciones distintas según el grupo granítico de que se trata.

La complejidad en el comportamiento de los elementos traza, es elevada en aquellos grupos con moscovita abundante, reflejo de los procesos hidrotermales postmagmáticos ya mencionados.

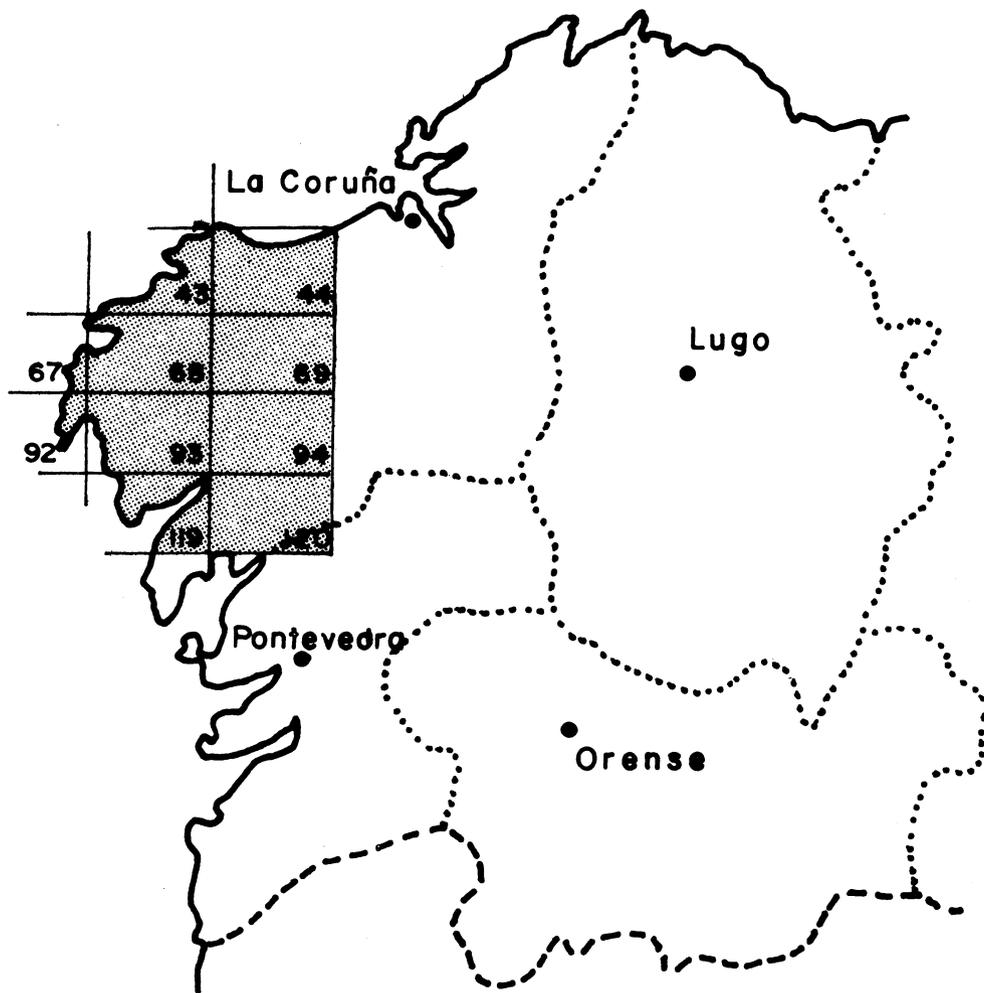
Los bajos valores de correlación que aparecen en algunos grupos (p. e. granitos de 2 micas pre-fase 3) pueden estar ocasionados por el agrupamiento de unidades poligénicas dentro de un mismo grupo.

AGRADECIMIENTOS

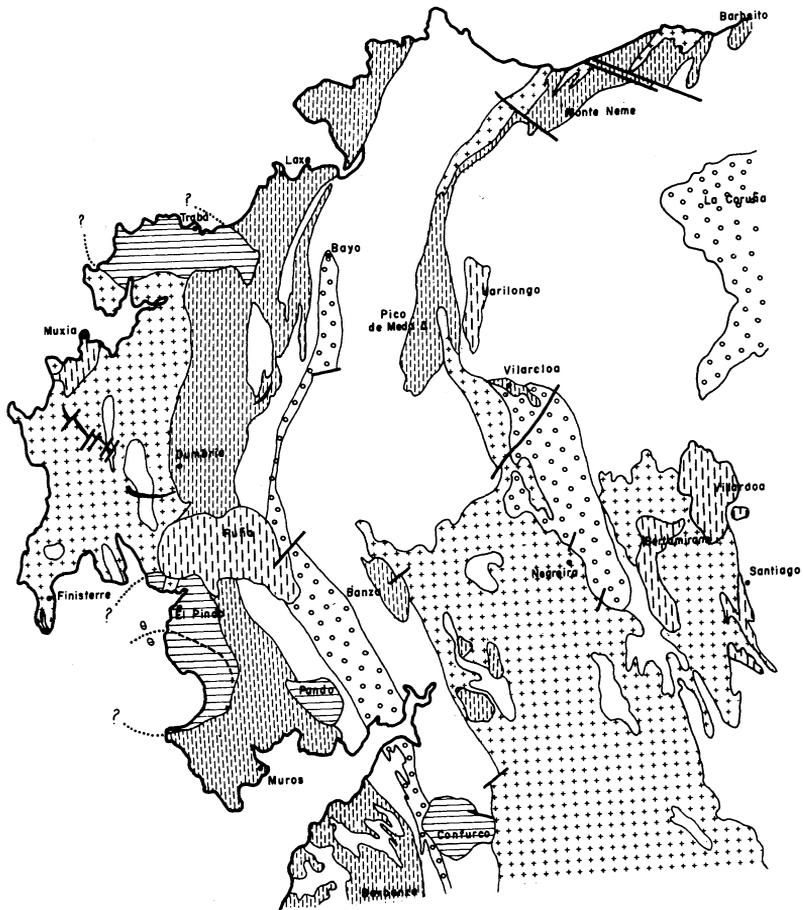
Este estudio de síntesis se ha basado de un modo importante en los mapas y memorias geológicas de las Hojas del plan MAGNA a E. 1:50.000 números: 43 (Laxe); 44 (Carballo); 67 (Muxia); 68 (Camariñas); 69 (Santa Comba); 92 (Finisterre); 93 (Outes); 94 (Santiago de Compostela); 119 (Noia) y 120 (Padrón), y en la Hoja geológica a E. 1:200.000 nº 7 (Santiago de Compostela), de reciente realización.

Agradecemos al I. G. M. E. la autorización dada para la utilización de los datos geoquímicos y cartográficos aún inéditos, pertenecientes a los proyec-

tos antes mencionados, y a D. Argimiro Huerga, Supervisor y responsable de la dirección de estos proyectos por parte del I. G. M. E., de la colaboración y apoyo prestado, para la realización del presente trabajo.



SITUACION DEL AREA ESTUDIADA
 Fig. 1



LEYENDA

-  DIQUES ANULARES
-  GRANITOS TARDIOS
-  GRANITO DE DOS MICAS PRE FASE 3
(FACIES PORFÍDICA)
-  GRANITOIDES INHOMOGÉNEOS
-  GRANITOIDES PRECOCES



DISTRIBUCION DE LOS GRUPOS DE GRANITOIDES

Fig. 2

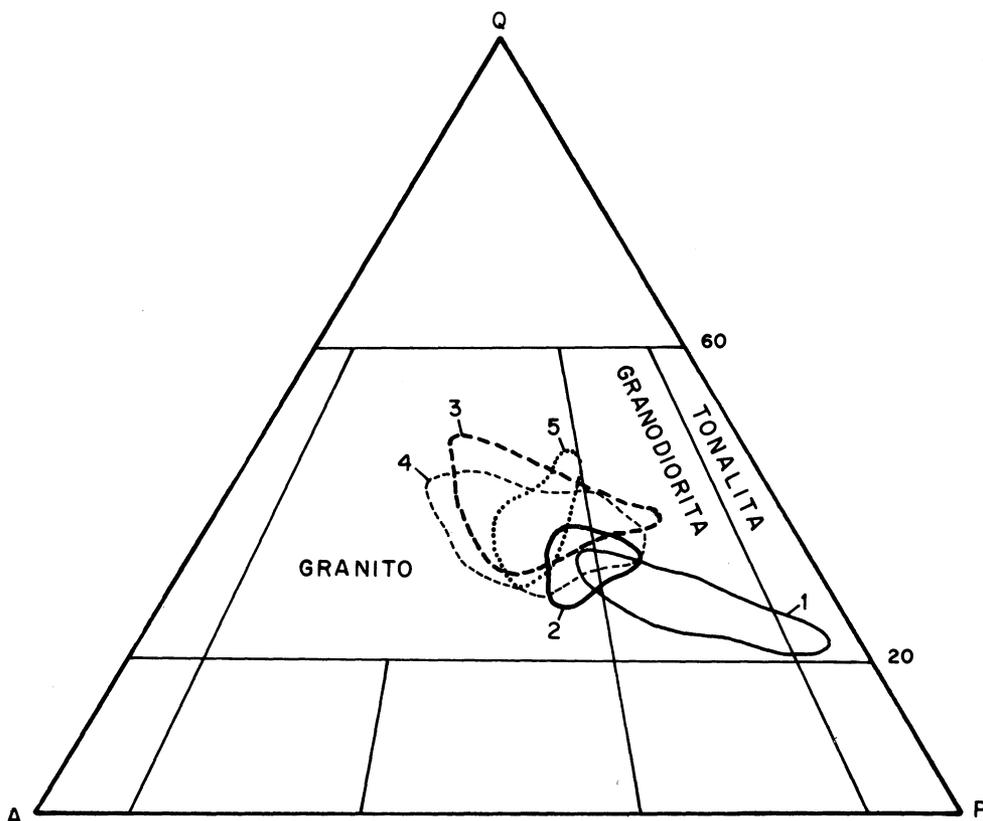


FIG.- 3 CLASIFICACION MODAL A PARTIR DE LA NORMA (CORREGIDA PARA LA BIOTITA), DE LOS GRANITOIDES HERCINICOS. (porcentajes según Streckeisen, 1.973)

LEYENDA

1. PRECURSORES BASICOS
2. GRANODIORITAS Y GRANITOS BIOTITICOS PRECOCES
3. GRANITOS DE DOS MICAS PRE-FASE 3
4. GRANITOIDES INHOMOGENEOS
5. GRANITOS POSTCINEMATICOS

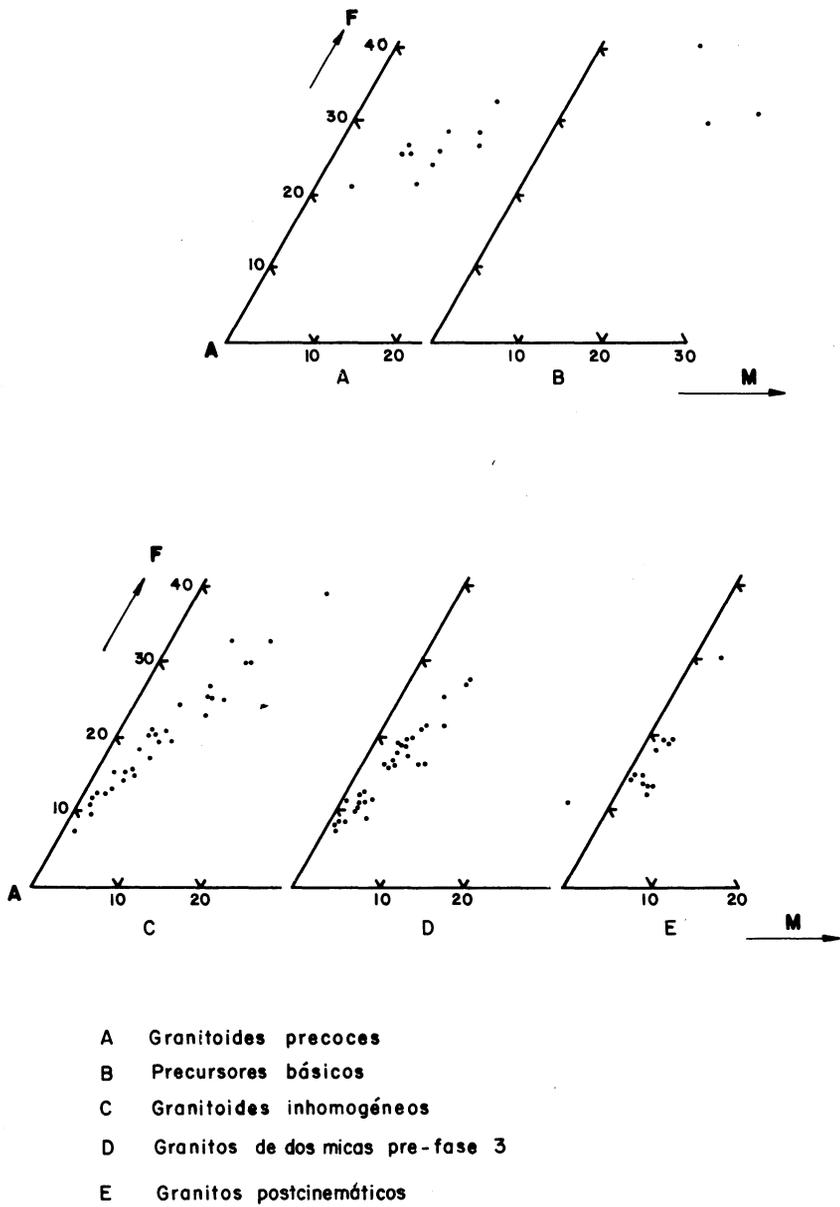
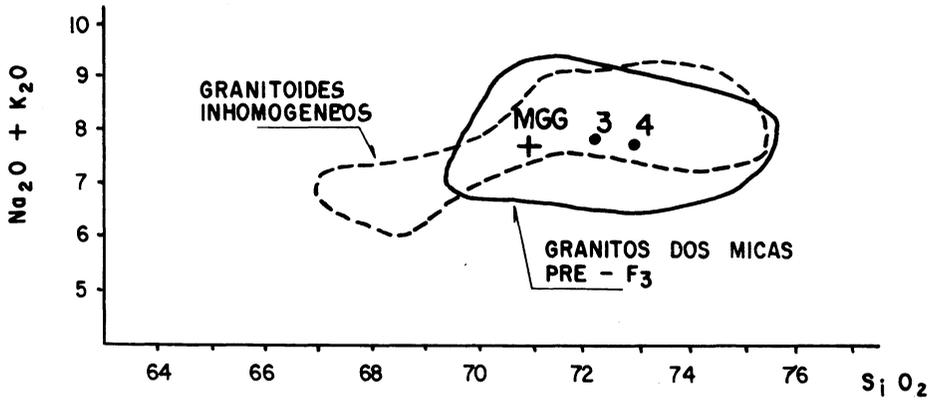
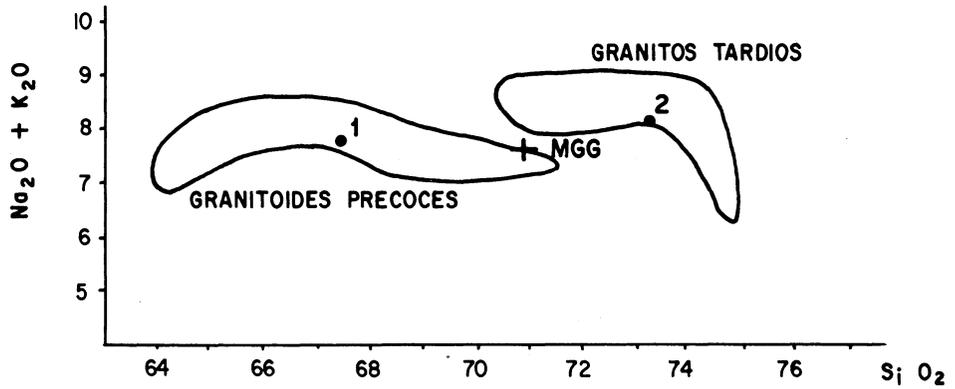


Fig. 4 .- Diagramas AFM de los Granitoides Hercínicos



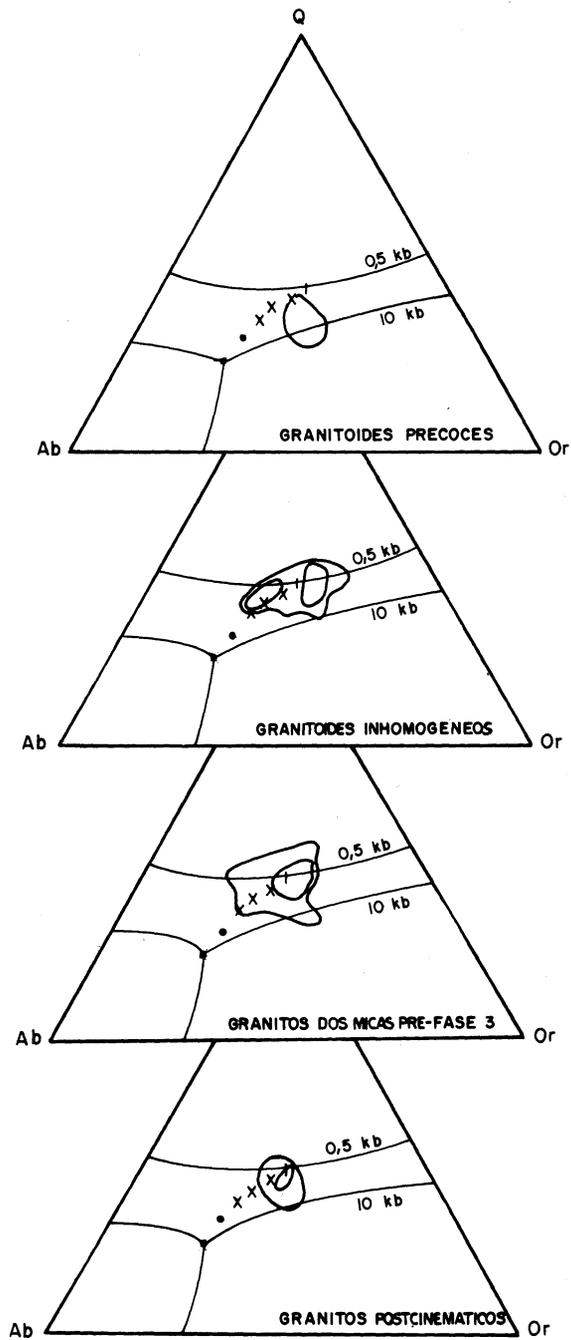
LEYENDA

+ VALOR MEDIO DE LOS GRANITOS GALLEGOS (MGG)

- VALORES MEDIOS
- 1. GRANITOIDES PRECOCES
- 2. GRANITOS POSTCINEMATICOS
- 3. GRANITOIDES INHOMOGENEOS
- 4. GRANITOS DOS MICAS PRE - FASE 3

DIAGRAMAS BINARIOS $SiO_2 - Na_2O + K_2O$ PARA LOS GRUPOS GRANITICOS.

Fig. 5



DIAGRAMAS Q - Ab - Or PARA LOS GRUPOS GRANITICOS
Fig. 6

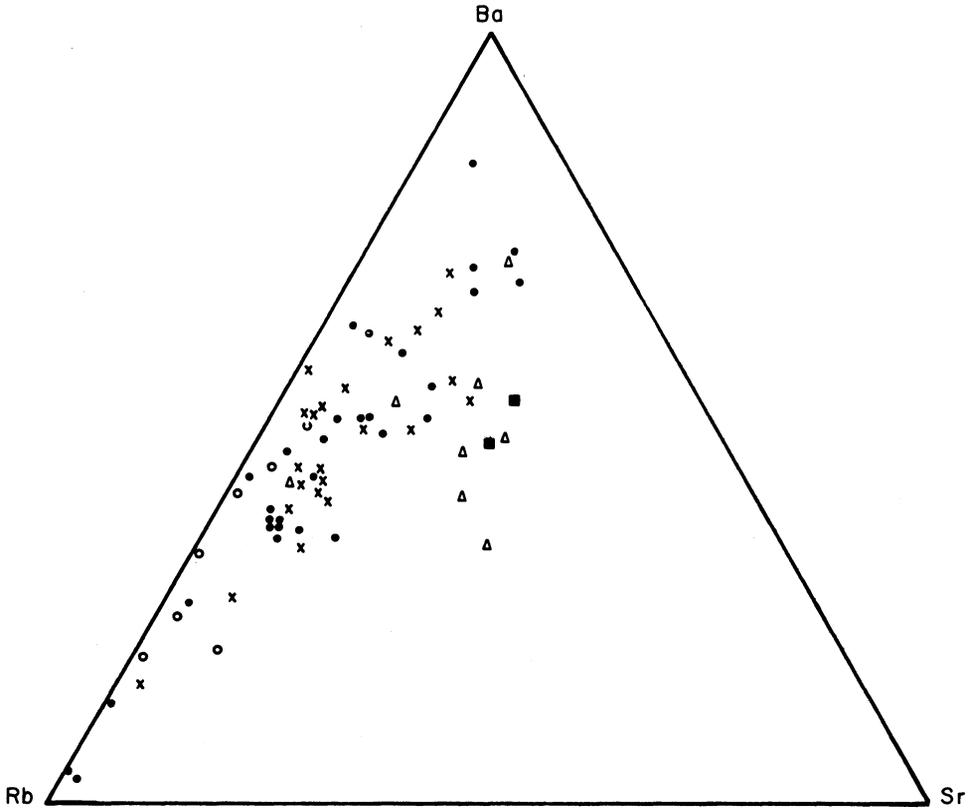


FIG.- 7 DIAGRAMA Rb - Ba - Sr PARA EL CONJUNTO DE GRANITOIDES

LEYENDA

- PRECURSORES BASICOS
- △ GRANITOIDES PRECOCES
- GRANITOS DE DOS MICAS PRE-FASE 3
- x GRANITOIDES INHOMOGENEOS
- GRANITOS POSTCINEMATICOS

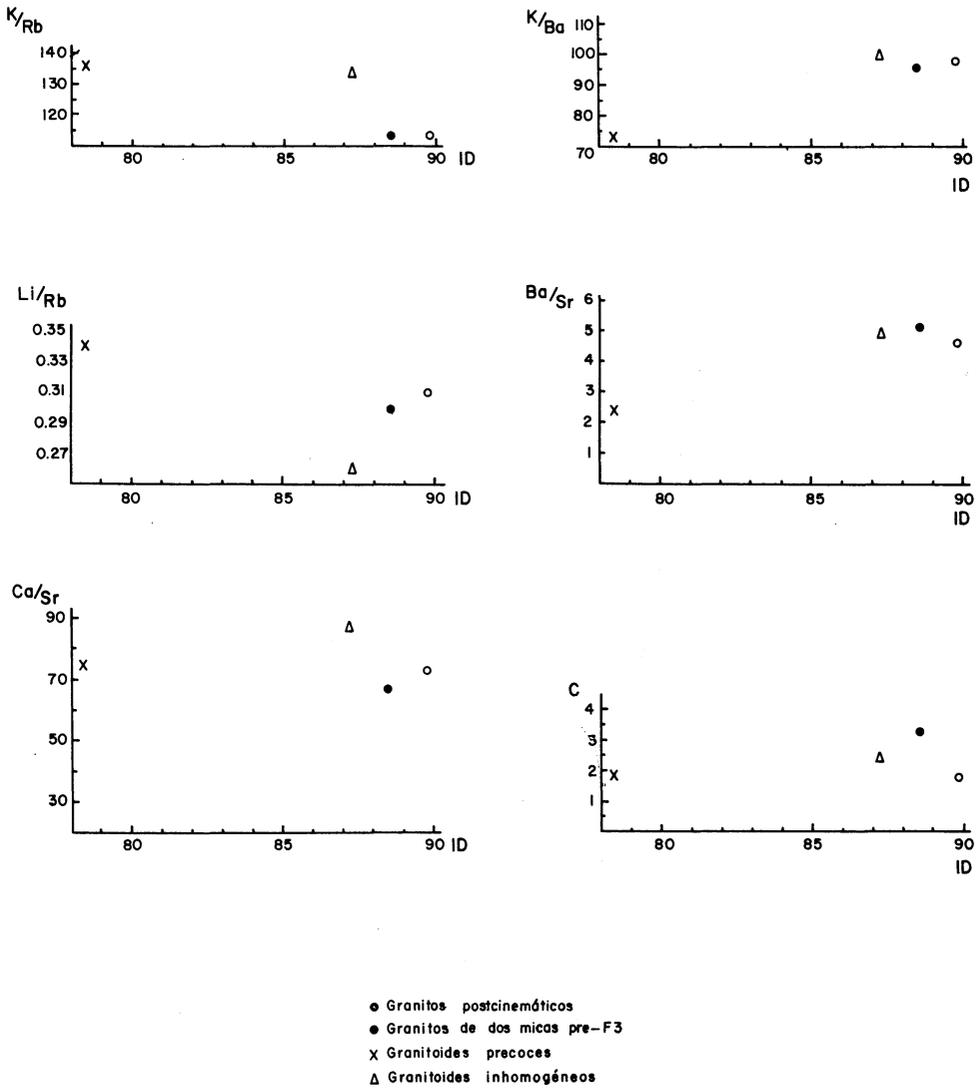
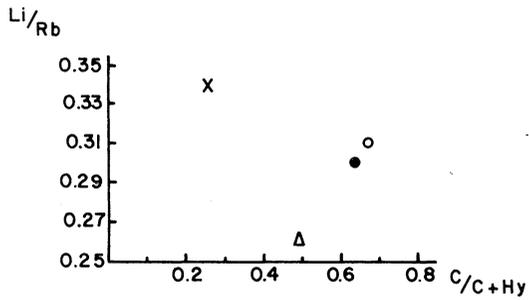
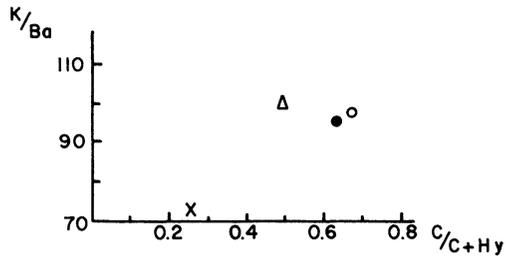
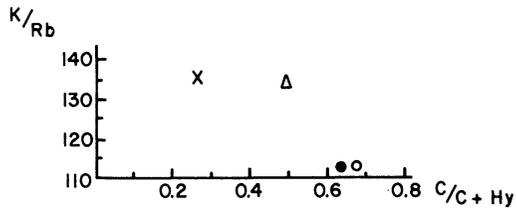


Fig. 8.- Diagramas de variación de las principales razones interelementales y del Corindón normativo respecto a ID.



- Granitos postcinemáticos
- Granitos de dos micas pre-F3
- X Granitoides precoces
- Δ Granitoides inhomogéneos

Fig. 9 .- Diagramas de variación de algunas razones interelementales respecto a la relación

$$C/C + Hy$$

BIBLIOGRAFIA

- ARPS, C. E. S.; PABLO MACIA, J. G. de; RODRIGUEZ-ARANGO, R. F. (en prensa): Titani te speckled diorite (Englburgite) an aberrant co-magmatic member of Variscan calcoalkaline granite series in the Hesperian Massif of Western Galicia (NW Spain): VII Reunión sobre Geología del Oeste Penínsular. Madrid, 1981.
- ARPS, C. E. S. (1970): Petrology of a part of the Western Galician basement between the Río Jallas and the Ría de Arosa (NW Spain) with emphasis on zircon investigations: Leidse Geolog. Med. Deel, 46. I; pp. 57-155.
- BARRERA, J. L.; BELLIDO, F.; BRANDLE, F.; PEINADO, M. (en prensa): Espectro geoquímico de los granitoides tradhihercánicos del Macizo Hespérico (Sector Español): VII Reunión sobre Geología del Oeste Penínsular. Madrid, 1981.
- CAPDEVILLA, R.; FLOOR, P. (1970): Les differents types de granites hercy-niens et leur distribution dans le nord ouest de l Espagne: Bol. Geol. Min., 81, pp. 215-225.
- CAPDEVILA, R.; CORRETGE, G.; FLOOR, P. (1973): Les granitoides varisques de la Meseta Iberique: B. S. G. F., 7, pp. 200-228.
- CORRETGE, L. G.; MARTINEZ, F. J. (1978): Problemas sobre estructura y emplazamiento de los granitoides: aplicación a los batolitos hercánicos del Centro-Oeste de la Meseta Ibérica: Cuadernos del seminario de estudios cerámicos de Sargadelos, 27. Edición homenaje a Isidro Par-ga Pondal. pp. 111-137.
- CHAPPELL, B. W.; WHITE, A. J. R. (1974): Two contrasting granite Types: Pacific Geol., 8, pp. 173-174.
- GIL IBARGUCHI, J. I. (1979): Metamorfismo y plutonismo en la región de Mu - xia-Finisterre (NW España): Tesis. Univ. Autónoma de Barcelona, 220 pp.

- LUTH, W. C.; JAHNS, R. H.; TUTTLE, O. F. (1964): The granite system at pressures of 4 to 10 kilobars: Journal of Geophysical Research. Vol. 69, nº 4. pp. 759-773.
- NOCKOLDS, S. R.; MITCHELL, R. L. (1952): The Geochemistry of some Caledonian Plutonic Rocks: a study in the Relationship between the Major and Trace elements of Igneous Rocks and their Minerals: Trans. Roy. Soc. Edinburgh, Vol, 61, Pt. 2, pp. 533-578. 1948 (Russian Translation, 1952).
- OEN, J. S. (1970): Granite intrusion, folding and metamorphism in central northern Portugal: Bol. Geol. Min., T. 81-82-83, pp. 271-298.
- PABLO MACIA, J. G. de. (1981): Contribución a la correlación y síntesis de los granitos gallegos: Cuadernos del Laboratorio Xeolóxico de Laxe, nº 2, pp. 51-60.
- TUREKIAN, K. K.; WEDEPOHL, K. H. (1971): Distribution of the elements in some major units of the earths crust.: Bull. Geol. Soc. Am. 72, (175-192).
- VINOGRADOV, A. P. (1962). Average contents of chemical elements in the principal types of igneous rocks of the Earth's crust. Geochemistry, 7, pp. 641-664 (Transl. from Russian).
- VLASOV, K. A. (1966): Geochemistry of Rare elements. En Vlasov, K. A., Ed. "Geochemistry and mineralogy of rare elements and Genetic types of their deposits": Vol. I, Israel Program for scientific Translations.
- YPMA, P. J. M. (1966): Sumario de la mineralización metalífera y su génesis en Galicia occidental (España): Leid. Geolog. Meded, 36, pp. 279-291.