



Magmatismo alcalino en Galicia

Alkaline magmatism in Galicia

L. G. CORRETEGÉ y M. P. GONZALEZ-MONTERO

Se proponen dos tipoloxías para las rocas alcalinas del sector Galaico: una bimodal y otra, representada por el complejo del Galiñeiro, unimodal sobresaturada. Para este complejo se señalan unas características geoquímicas propias de macizos subvolcánicos, anorogénicos, concretamente del tipo A1 de EBY, basado fundamentalmente en la relación Y/Nb. La relación Zr/Nb es también coherente con esta tipología. Por último, se pone de manifiesto el extremo enriquecimiento del complejo del Galiñeiro en tierras raras y determinados elementos traza incompatibles. Su comportamiento geoquímico, hace que no sea posible establecer modelos simples de diferenciación y haya que buscar para su aplicación procesos más complejos tardi o postmagmáticos, entre los que no se descartan fenómenos especiales de metasomatismo (fenitización?).

Palabras clave: Magmatismo alcalino, granito anorogénico, tierras raras, complejo del Galiñeiro, Galicia.

We propose the possible existence of two different alkaline associations in Galicia, one being bimodal and the other, represented by the Galiñeiro alkaline complex, unimodal and oversaturated. The geochemical features of this complex are consistent with the characteristics of anorogenic subvolcanic massifs worldwide. These rocks can be ascribed to the A1 type defined by EBY according to their Y/Nb ratio. This is also consistent with the Zr/Nb ratio. The anomalously high content of REE and some trace elements and their geochemical behaviour can not be explained by simple differentiation models, this may indicate the participation of some kind of late to postmagmatic metasomatic (fenitization?) processes.

Key words: Alkaline magmatism, A-type granite, rare earth elements, Galiñeiro complex, Galicia.

INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es proporcionar nuevos datos de carácter principalmente geoquímico, resaltando el carácter de las rocas galaicas, singularizado por su extraordinaria riqueza en Tierras Raras, así como comparar las rocas alcalinas sobresaturadas del sector galaico con otros complejos plutónicos y volcánicos de la Península Ibérica y resto del mundo.

Dado que los términos «alcalino», «peralcalino» e «hiperalcalino» se utilizan con frecuencia como conceptos equivalentes, el uso que damos en este trabajo al término alcalino se refiere a aquellos complejos que contienen gran cantidad de rocas con una suma de álcalis superior a la que puedan precisar para formar todos los feldespatos posibles de la roca (EITTON & UPTON, 1987). El exceso de álcalis se acumula, en las rocas saturadas y sobresaturadas, en otras fases tales como los piroxenos y los anfíboles sódicos.

EL MAGMATISMO ACIDO ALCALINO EN EL MACIZO HESPERICO

Dentro de la zoneografía geológica de la Península Ibérica aparecen definidas seis áreas principales con magmatismo ácido alcalino (RIBEIRO & FLOOR, 1987) (Fig. 1). En la zona Centro Ibérica se encuentra en el complejo de Lalín, en la unidad de Malpica-Tuy, y en Tras-os-Montes Oriental. En la Zona de Ossa Morena se han estudiado afloramientos de estas rocas en el dominio Coimbra-Portalegre-Badajoz-Cerro Muriano, en el dominio Elvas-Córdoba y en el dominio Evora-Aracena.

Sin considerar las secuencias volcánicas intercaladas en series cámbricas, el plutonismo alcalino de los dominios meridionales de la Península Ibérica debe corresponder principalmente a actividad ígnea cambro-ordovícica (rifting cambro-ordovícico) según las edades Rb/Sr obtenidas dentro de la

Zona de Ossa-Morena, en los neises de Al-mendralejo (GARCIA CASQUERO, *et al.*, 1985) y en cuerpos peralcalinos y sienitas de la zona de Portalegre-Badajoz (PRIEM *et al.*, 1970).

Estos datos son coincidentes con los obtenidos por el método U/Pb (LANCELOT & ALLEGRET, 1982) en las sienitas cuarcíferas y granitos deformados de Alter-Pedroso y por K/Ar (GALINDO *et al.*, 1986) en el magmatismo subalcalino de Barcarrota.

Respecto a los cuerpos aflorantes en la Zona Centro-Ibérica, el magmatismo alcalino ácido se presenta en los complejos alóctonos del norte de Portugal y Galicia (RIBEIRO & FLOOR, 1987; KUIJPER *et al.*, 1982; PRIEM & TEX, 1984); su edad, aunque ligeramente más joven, es similar a la cambro-ordovícica citada en Ossa-Morena.

EL MAGMATISMO ALCALINO EN EL SECTOR GALAICO

En este trabajo trataremos muy brevemente el magmatismo del grupo Lalín-Forcarey, en el que aparecen niveles subsidiarios de neises peralcalinos (HILGEN, 1971; MARQUINEZ, 1983) y principalmente del magmatismo alcalino formado por rocas ácidas fuertemente ortoneisificadas (FLOOR, 1966; TEX & FLOOR, 1967; PIN *et al.*, en prensa) de la Unidad Malpica-Tuy (ORTEGA GIRONES & GIL IBARGUCHI, 1983), (Fig. 2A).

El grupo de **Lalín-Forcarei** ha sido estudiado en detalle por MARQUINEZ (1983). En la parte inferior de la Formación Xesta (mayoritariamente formada por micaesquistos y neises con intercalaciones de niveles anfibolíticos) y en el flanco oriental del sinforme de Lalín se encuentran intercalados ortoneises con plagioclasa, feldespato potásico, cuarzo, egrina y/o riebeckita, mineralogía típica de composiciones peralcalinas, hecho éste que ya había sido mencionado por HILGEN (1971). La geometría de estos

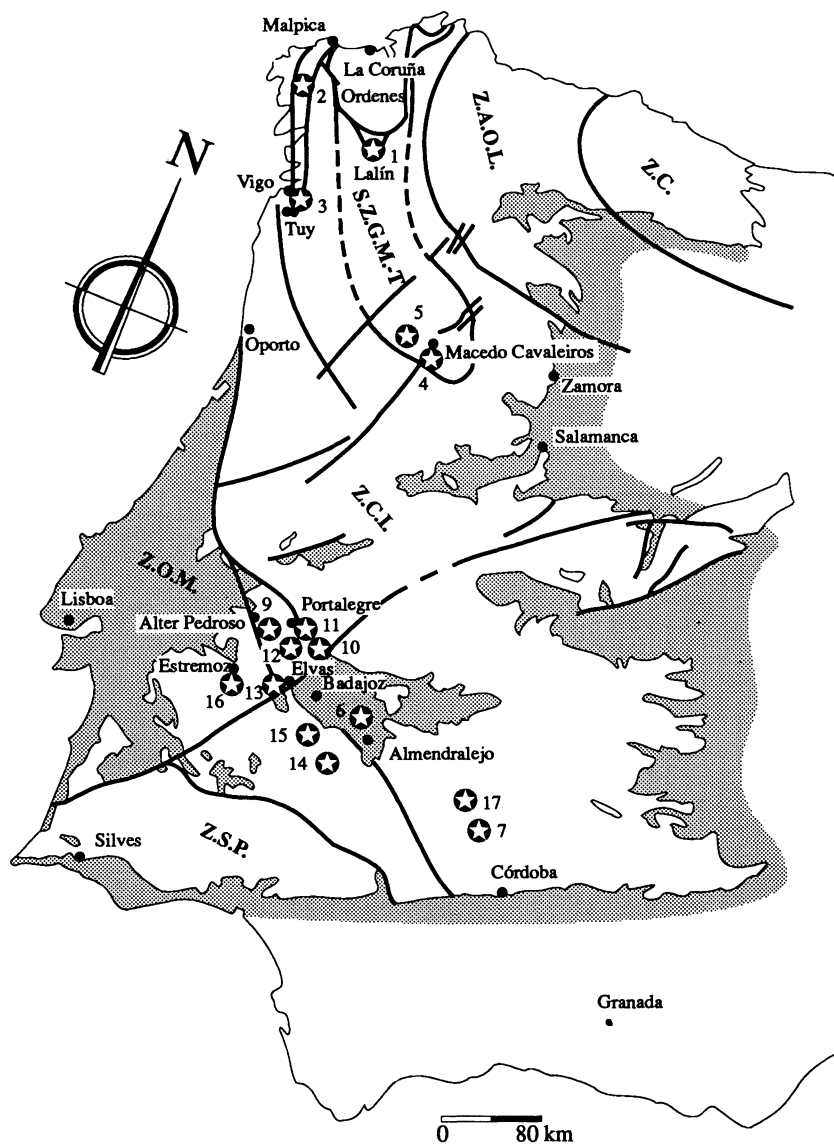


Fig. 1.- Localización de los principales afloramientos de rocas peralcalinas en las distintas zonas geológico-estructurales definidas en la Península Ibérica (tomado de RIBEIRO & FLOOR, 1987).

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|---------------------|
| 1 - Lalín. | 7 - Azuaga. | 13- Elvas-Safueiro. |
| 2 - Malpica-Noya. | 8 - Aceuchal. | 14- Sierra Vieja. |
| 3 - Vigo-Tuy. | 9 - Alter Pedroso-Vajamonte. | 15- Barcarrota. |
| 4 - Macedo de Cavaleiros. | 10- Cervadais. | 16- Estremoz. |
| 5 - Mascarenhas. | 11- Figueira de Cima. | 17- Maguilla. |
| 6 - Almendralejo. | 12- Arronches-Revelhos. | |

lechos neísicos es estratiforme, ya que afloran en distintas localidades siempre en la misma posición estratigráfica (MARQUINEZ, 1983). En cuanto a las anfibolitas, especialmente relacionadas con los lechos neísicos, este autor las describe como mayoritariamente formadas por anfíbol y plagioclasa y con esfena, epidota, cuarzo y minerales opacos como fases accesorias, y justifica su origen ortoderivado por la frecuente existencia de texturas blasto-porfídicas, representadas por cristales o agregados de cristales milimétricos de plagioclasa rodeados por anfíboles.

Un hecho de gran importancia, es que, para este autor, entre las anfibolitas y los ortoneises existe ocasionalmente una transición gradual con términos intermedios, por lo que sugiere que ambos tipos de rocas están estrechamente asociadas, evidenciando una interconexión entre sus procesos petrogenéticos. Para MARQUINEZ (1983) estas anfibolitas se habrían originado a partir de una serie volcánica esencialmente toleítica. Los ortoneises químicamente son saturados en sílice y meta-aluminosos, alguna de las muestras analizadas presenta quimismo de icelandita y otras de riolita peralcalina;

La *Unidad de Malpica-Tuy* forma parte, junto con la Unidad de Santiago, Lalín y Unidades Centro-Transmontanas del «Aloc-tono Inferior» (RIBEIRO *et alters.*, 1990) y está formada mayoritariamente por neises félsicos (metavulcanitas) y ortoneises biotíticos (metagranitos) (PIN *et alters.*, en prensa), así como metasedimentos de composición pelítico-grauváquica; en menor medida eclogitas, anfibolitas y ortoneises alcalinos y peralcalinos. Las rocas máficas (anfíbolitas) aparecen en todo el conjunto excepto en los ortoneises peralcalinos. Las ortoanfíbolitas aparecen en cuerpos irregulares y lentes de grano fino, presentan una estructura relictiva microporfídica, por lo que son consideradas de origen ígneo (FLOOR, 1966).

KUIJPER & ARPS (1983), en base a correlaciones estratigráficas, son de la opinión

de que la edad de estas rocas es probablemente Proterozoico Superior. RIBEIRO *et alters.*, (1990) asignarían una edad Silúrica, incluyendo Ordovícico Inferior y Devónico Inferior. PRIEM *et alters.* (1966) aportan unas edades isotópicas Rb-Sr en roca total de 486 ± 24 M. a. para los ortoneises peralcalinos del S de La Guía (Vigo) y para los neises biotíticos edades, también en roca total, de 500 ± 25 M. a. Estos neises biotíticos dan, por el método Rb-Sr, una edad isotópica perteneciente al Ordovícico Inferior (CALSTEREN *et alters.*, 1979; GARCIA CASQUERO *et alters.*, 1985).

Dentro de la banda Malpica-Tuy aparecen ortoneises peralcalinos en el S (Sierra del Galiñeiro), (Fig. 2C) y al S. de la Presa de Fervenza (Fig. 2B). En ambos afloramientos los ortoneises están compuestos de albita, microclina, cuarzo, egirina y riebeckita. Al N de la Unidad M-T aparecen ortoneises alcalinos (E de Corcoesto) (Fig. 2B), compuestos por cuarzo, microlina, albita, hastingsita, biotita annítica y granate; los accesorios más frecuentes son fluorita y allanita (PIN *et alters.*, en prensa); para estos autores los ortoneises peralcalinos con riebeckita y egirina son más ricos en SiO_2 que los alcalinos con hastingsita, éstos últimos con un mayor contenido en CaO que los anteriores, en todos ellos los contenidos en Al_2O_3 y MgO son bajos. Es de particular mención la extrema abundancia de REE y elementos traza incompatibles (especialmente Zr, Nb e Y) que se observa, sobre todo en los ortoneises peralcalinos del S de la Unidad (complejo del Galiñeiro); las variedades alcalinas con hastingsita son más pobres en estos elementos que las peralcalinas.

El complejo peralcalino de Galiñeiro, se emplaza en la parte S de la Unidad Malpica-Tuy, en las proximidades de Vigo. Está mayoritariamente formado por ortoneises peralcalinos con riebeckita y egirina, que se prolongan hacia el N en una banda de poca potencia que no aflora de forma continua pero que puede seguirse hasta la Ría de Vigo. Se trata en general de rocas grisáceas de

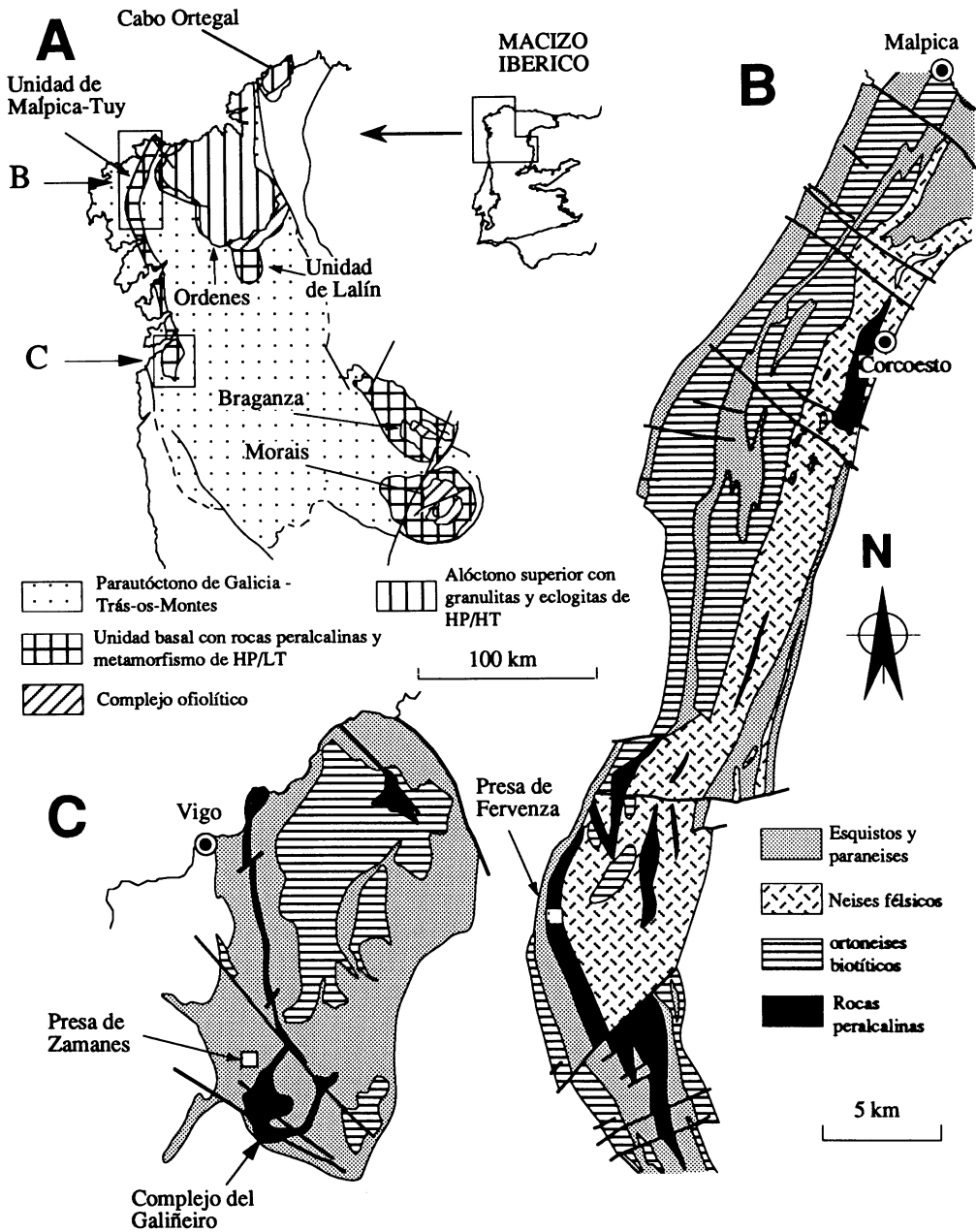


Fig 2.- Situación de las rocas alcalinas en la Unidad de Malpica -Tuy (tomada de PIN et alters, en prensa.)

grano bastante fino y con marcada foliación. Para la distinción de la facies se ha seguido el criterio de FLOOR (1966), que diferencia los siguientes tipos alcalinos:

- Facies Galíñeiro (o facies «normal»)
- Facies Zorro
- Neises Radiactivos
- Neises con magnetita (Considerados por aquel autor una facies marginal con tránsito gradual con la facies Galíñeiro)

Todas estas facies, excepto los Neises Radiactivos son bastante semejantes entre sí, tanto en su aspecto macroscópico como composición, variando las proporciones de alguno de sus componentes minerales, así, la principal diferencia petrográfica entre los tipos Galíñeiro y Zorro es el tamaño de los blastos de albita y microclina, más grandes las albitas en los primeros y más grandes las microclinas en los segundos; la facies con magnetita se diferencia esencialmente en su mayor proporción de este óxido en relación al resto de las facies. La composición de estas rocas es típica de una serie peralcalina, con presencia de anfíbol y piroxeno sódico, que junto con albita, microclina y cuarzo constituyen la mineralogía principal, es de destacar el alto contenido en circón y fluorita y la presencia de minerales accesorios portadores de tierras raras.

La mineralogía de las facies Galíñeiro, Magnetita y Zorro está pues constituida por albita y microclina prácticamente puras, cuarzo, anfíbol sódico (riebeckita, arfvedsonita y magnesio-arfvedsonita, (Fig. 3), egirina, y ocasionalmente biotita; los minerales accesorios son en muchos casos muy abundantes, destacan circón, fluorita, bastnaesita (CORRETGE *et al.*, en prensa), monacita, allanita, xenotima, esfena, astrofilita, pirocloro, torita, ferrotorita, clorita, anataza, rutilo y apatito. Entre los minerales opacos, y en base a análisis cuantitativos por microsonda electrónica o cualitativos por EDAX, se ha constatado la presencia de magnetita, ilmenita, pirita, blenda, titanomagnetita, calcopirita. Es importante men-

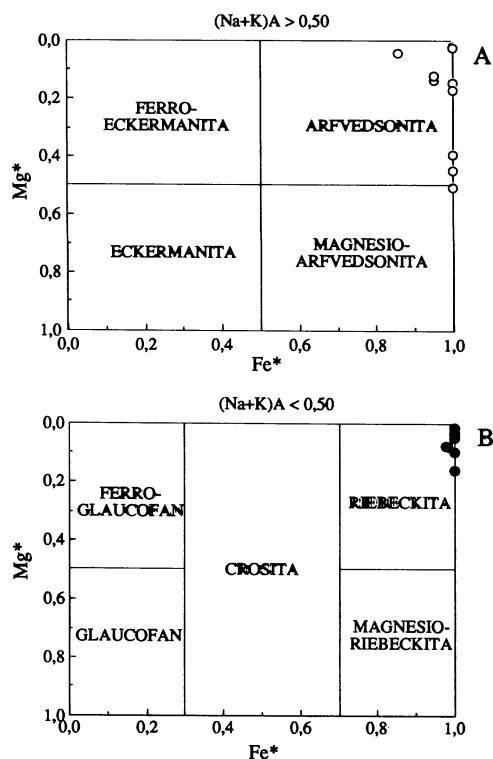


Fig. 3.- Diagramas de clasificación "A" y "B" de LEAKE (1978) para anfíboles sódicos.

cionar, por su relación con las tierras raras, la presencia de, al menos, dos tipos de minerales de niobio, uno con Ti y REE y otro con Y y REE, el primero creemos que podría tratarse de aeschinita y el segundo de fergusonita (los análisis semicuantitativos de REE e Y apuntan en este sentido).

Respecto a los Neises Radiactivos, ésta es la facies más peculiar, especialmente por su composición química, como veremos más adelante. Es de destacar aquí la ausencia total de piroxenos, la escasa cantidad de anfíboles (riebeckita y en una sola muestra grunerita) en favor de la biotita y la mayor proporción de algunos de los minerales accesorios citados, especialmente aquellos cuya composición puede incorporar gran cantidad de tierras raras y elementos traza incompatibles, esto explica que en los análisis

químicos de elementos mayoritarios en roca total el sumatorio de los óxidos pueda ser excepcionalmente bajo.

CARACTERIZACION GEOQUIMICA

La unidad de Lalín

En los magmatismos alcalinos estudiados nunca se encuentran secuencias evolutivas completas con términos ácidos y básicos. No obstante en la Formación Xesta situada en la Unidad de Lalín, los neises peralcalinos y las anfibolitas parecen estar genéticamente relacionados en una misma secuencia de evolución geoquímica (basalto-icelandita-traquitariolita peralcalina) por procesos de diferenciación a partir de un magma toleítico MARQUINEZ (1983). Este autor presenta algunos análisis con nefelina normativa, pero, dado que la diferenciación se realiza hacia términos ácidos («trend» subalcalino), se descarta la posibilidad de una evolución tipo «Kennedy» (KENNEDY 1933, en MIYASHIRO, 1978), donde el estadio inicial estaría constituido por basaltos con nefelina normativa (basaltos alcalinos) y el líquido final tendría composiciones fonolíticas. La diferenciación ha seguido, por el contrario, un «trend» de evolución tipo «Coombs», en el que el punto de partida es un basalto alcalino con hiperstena normativa y el estadio final tendría composiciones comendíticas (riolita peralcalina) (Fig. 4).

Las series «Coombs-trend» son alcalinas en el sentido de HARKER (mucho más ricas en álcalis que las subalcalinas), pero no siguen una evolución tipo «Kennedy». En opinión de MIYASHIRO (1978) los basaltos «Coombs-trend» no son intermedios en álcalis entre los tipo «Kennedy» y las toleítas, los elementos traza muestran que los primeros son similares a los segundos y no intermedios entre éstos y las toleítas. En general los basaltos «Coombs-trend» y «Straddle-type» se caracterizan por contenidos en

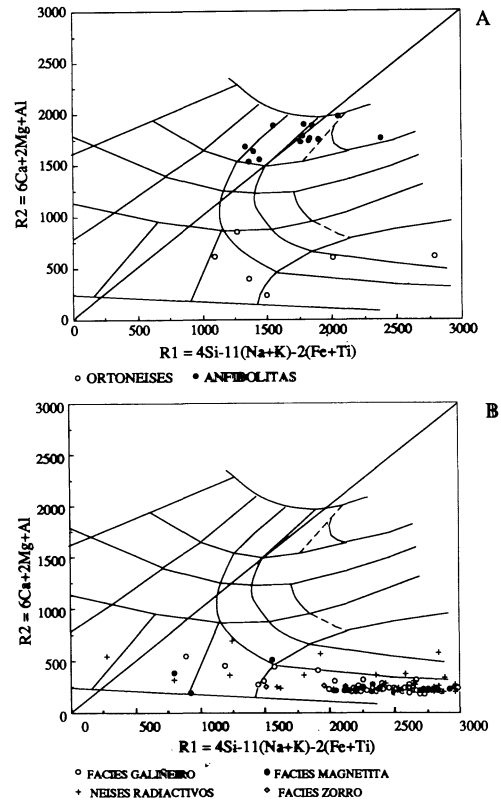


Fig. 4.- Diagrama R1-R2 de La Roche & Leterrier (1973). (A) Unidad de Lalín. (B) Complejo del Galineiro.

$Na_2O + K_2O$, Rb, Sr, Ba y Zr más altos que los basaltos subalcalinos.

Un hecho a resaltar es que a presiones > 10 Kbs. (o algo menos en condiciones hidratadas u oxidantes) el plano crítico Ol-Plg-Di no es una barrera térmica. En consecuencia, habría asociaciones que incluyeran basaltos con composiciones que fueran de nefelina normativa a cuarzo normativo (Ej. las rocas volcánicas de la isla de Sky o los basaltos del triángulo de Afar).

La conclusión que se puede sacar es que presumiblemente las rocas alcalinas de la Unidad de Lalín-Forcarey tienen un comportamiento «Coombs-trend» o «Straddle-type», lo que equivale a decir que los procesos de generación y evolución parten de

condiciones similares que para la génesis de rocas basálticas alcalinas y no de series subalcalinas (toleíticas o calcoalcalinas).

Así como en la Unidad de Lalín parece haber una relación magma básico-ácido, aun insuficientemente estudiada, para las rocas alcalinas de la Unidad de Malpica-Tuy no se puede decir lo mismo, puesto que no se observa ninguna relación espacial entre estas rocas y las anfibolitas, sin embargo, no se descarta una posible relación genética.

El complejo peralcalino del Galiñeiro

La Tabla I refleja la media de las composiciones químicas de las facies peralcalinas del complejo del Galiñeiro, hay que hacer constar que se trata de medias de la población global. La desviación standard da idea de la gran dispersión de la población. Después de un tratamiento estadístico se ha optado por no eliminar los valores anómalos porque consideramos el complejo del Galiñeiro como una zona con mineralizaciones en las que las anomalías son lógicas y habituales; si establecemos un «threshold» para cada elemento, casi el 50 % de las muestras tendrían valores superiores y por tanto deberían ser consideradas como anómalas.

Las rocas del complejo del Galiñeiro constituyen una asociación ácida, sobresaturada, de quimismo netamente peralcalino con un índice agpaítico próximo o superior a 1 (existen muestras meta e incluso peralumínicas, lo que no es extraño teniendo en cuenta que para composiciones muy pobres en CaO, como es nuestro caso, es muy fácil pasar del campo peralcalino al peralumínico, como se pone de manifiesto en el triángulo composicional propuesto por BONIN en 1980; éste es el caso de Cauro-Bastélica (Córcega), donde este autor cita la coexistencia de rocas peralumínicas y peralcalinas en el mismo complejo).

Respecto a la evolución geoquímica en diagramas multicatiónicos (Fig. 4B) puede apreciarse una ausencia total de términos básicos en marcado contraste con lo observado en la unidad de Lalín.

La geoquímica de los elementos mayoritarios se caracteriza por contenidos altos en álcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ en torno a 8 % y proporciones similares de Na_2O y K_2O , excepto para la facies de Neises Radiactivos que muestra un notable empobrecimiento en K_2O respecto a Na_2O), altas relaciones $\text{FeO}t / \text{MgO}$, contenidos bajos en Al_2O_3 y muy bajos en MgO y CaO . Sin embargo es en los elementos traza incompatibles y REE donde este complejo muestra verdaderas peculiaridades: enriquecimiento extremo en elementos LIL y HFS: Nb, Y, Zr, F, Ta, Zn, Ga, Th, REE (excepto Eu), bajos contenidos en Ba y Sr, pendiente negativa pronunciada en el perfil de las REE, por tanto HREE muy fraccionadas y acusada anomalía negativa de Eu.

El Rb, Sr, Ba, En El Complejo del Galiñeiro

La distribución de Rb, Sr, Ba está controlada fundamentalmente por los constituyentes silicatados principales de la roca. Estos elementos están afectados asimismo de gran movilidad geoquímica durante los procesos de alteración metamórfica y posmagmática. Teniendo en cuenta estas particularidades no es posible utilizar modelos cuantitativos para estudiar las tendencias evolutivas de los diferentes líquidos siguiendo un modelo de fraccionación de Rayleigh, pero sí es posible hacerlo, como prueba en contra, para establecer comparaciones entre unidades y para poner de manifiesto los diferentes procesos de alteración anteriormente aludidos.

Si analizamos la distribución de los datos analíticos Rb, Sr y Ba y los diagramas Log-Log obtenidos a partir de los valores de K_d compilados por NABELEK *et al.* (1986), para las plagioclasas, feldespato alcalino, biotita, hornblenda y clinopiroxeno, observamos que las tendencias geoquímicas no se adaptan a la ecuación potencial de Rayleigh (los datos analíticos se alejan considerablemente de la línea recta). Los ortoneises radiactivos son los que ofrecen una dispersión mucho mayor poniendo de mani-

TABLA I. Medias de análisis químicos de las facies del Complejo del Galíñeiro.

	F. GALIÑEIRO		F. MAGNETITA		F. RADIATIVOS		F. ZORRO	
	X=56 Media	D. Stand.	X=24 Media	D. Stand.	X=50 Media	D. Stand.	X=4 Media	D. Stand.
SiO ₂	73,00	4,60	72,60	6,90	71,70	5,70	74,90	1,47
TiO ₂	0,30	0,30	0,23	0,10	0,50	0,20	0,18	0,01
Al ₂ O ₃	10,80	1,50	11,10	3,30	11,80	3,00	11,50	0,20
FeO	5,70	2,50	5,60	1,50	4,00	1,60	2,80	0,40
MgO	0,20	0,30	0,10	0,20	0,50	0,80	0,01	0,01
MnO	0,09	0,04	0,05	0,03	0,10	0,10	0,04	0,01
CaO	0,30	0,40	0,10	0,10	0,50	0,60	0,19	0,10
Na ₂ O	4,10	1,30	3,60	1,40	4,40	1,60	4,40	0,70
K ₂ O	3,90	1,30	3,90	1,00	2,30	2,00	5,20	0,40
P ₂ O ₅	0,04	0,06	0,04	0,05	0,10	0,17	0,02	0,01
TOTAL	98,90	1,25	98,60	0,05	96,80	2,97	99,60	0,19
Li	45,00	53,00	18,60	28,50	37,80	63,40	13,70	14,00
Rb	213	107	201	91	106	96	163	28
Be	39	210	39	149	17	16	6	2
Sr	14	22	12	16	57	43	6	5
Ba	32	127	10	12	115	172	7	3
Sc	22	88	34	126	80	146	5	8
V	16	30	9	6	20	37	4	2
Cr	349	340	402	329	69	53	306	182
Co	3	4	3	1	3	5	2	2
Ni	7	15	4	3	6	7	2	1
Cu	5	16	3	5	66	72	1	1
Zn	490	407	365	314	1231	1705	180	59
Y	380	1384	317	583	1940	2095	44	28
Zr	2945	2466	2798	968	14606	13827	670	284
Nb	402	238	462	280	2260	2262	129	41
Mo	1	5	2	6	50	128	1	1
Ta	20	15	19	9	68	69	14	9

fiesto de forma muy clara los procesos de alteración hidrotermal que han sufrido las rocas del complejo granítico alcalino.

Se han proyectado datos de ortoneises de la Unidad Lalín en los mismos diagramas Log Rb/Log Sr y Log Ba/Log Sr; (Fig. 5A) como puede verse, su geoquímica no tiene el mismo comportamiento que el observado en el complejo del Galíñeiro. En el diagra-

ma se han superpuesto los vectores evolutivos obtenidos con unos coeficientes de distribución ligeramente diferentes.

Entre los procesos de alteración conocidos, la albitización y la microclinización elevan invariablemente los contenidos en Rb (BOWDEN, 1985; HIGGINS *et alters.* 1985 y KINNAIRD, *et alters.* 1985). El Ba y el Sr se empobrecen en los procesos de albi-

tización. En la Figura 5B, Log Rb/Log Sr, se han superpuesto las diferentes tendencias geoquímicas en las que es posible apreciar una posible tendencia atribuible a procesos de fenitización, este fenómeno podría ser realmente importante y nada tiene que ver con las tendencias generadas por la albitización y microclinización. McKIE (1966) presenta una lista de elementos cuyos contenidos aumentan en los procesos de fenitización del Oldoinyo Lengay: V, Zr, La, Sr, Ba, Nb. Los contenidos en Li y Pb disminuyen y el Rb presenta comportamiento muy variable. Respecto a los elementos mayoritarios, SiO₂, NaO₂, y Fe₂O₃ sufren un incremento y muy débilmente el Mg, Ca, Ti, P, Mn. El Al, Fe²⁺, K bajan ligeramente. Dichas tendencias son, en líneas generales, coherentes con las que presentan las rocas del Galiñeiro aunque el comportamiento de la sílice y el titanio es más coherente con el observado por MOROGAN & MARTIN (1985) que observan fuertes empobrecimientos de SiO₂ en el protolito y adición de álcalis, CaO, Fe₂O₃ y probablemente TiO₂.

Las Tierras Raras En El Complejo Del Galiñeiro

Junto con la alta concentración de algunos elementos traza incompatibles, es el extremo enriquecimiento en REE lo que hace del complejo del Galiñeiro un conjunto «anómalo» si lo comparamos con inmensa mayoría de los complejos alcalinos mundiales; explicar esto requerirá de un modelo petrogenético muy complejo, ya que los modelos habitualmente usados para otras rocas alcalinas, no son aplicables en rocas de composición similar a las tratadas aquí.

La Tabla II muestra las medias de los análisis de REE, sin normalizar, para cada facies del complejo, así como la desviación standard que pone de manifiesto la dispersión, en general muy grande, de valores dentro de la población. Se han eliminado algunas muestras que presentan tal concentración en algún elemento que distorsiona-

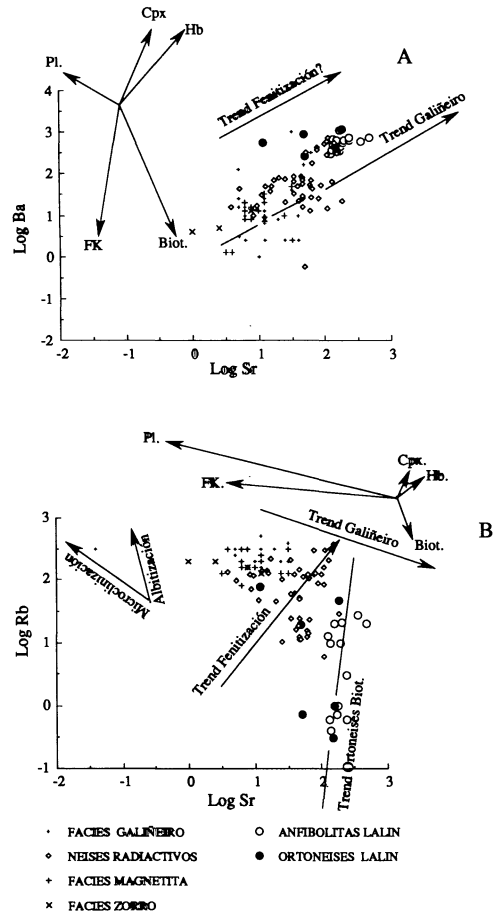


Fig. 5.- (A) Log. Sr/Log. Ba. (B) Log. Sr/Log. Rb. Los datos de la Unidad de Lalín son de MARQUINEZ (1983).

rían el perfil medio, no deseable a efectos comparativos (ej. 0.2 % de Yb en un caso), sin embargo no se han eliminado todas las muestras con valores superiores al «threshold» estadístico por las mismas razones que no se hizo para el resto de los elementos analizados (como ejemplo baste decir que en la facies de Neises Radiativos hay 15 muestras con ΣREE superiores al 1 %).

Las cuatro facies presentan perfiles con pendiente negativa acusada, con una fraccionación elevada y continua desde la LREE (tierras raras ligeras) a las HREE (tierras raras pesadas): las relaciones $(La/Yb)_N$ son, no

TABLA II. Medias de análisis de REE de las facies del Complejo del Galiñeiro

	F. GALIÑEIRO		F. MAGNETITA		F. RADIATIVOS		F. ZORRO	
	X=50 Media	D. Stand.	X=22 Media	D. Stand.	X=49 Media	D. Stand.	X=4 Media	D. Stand.
La	343	780	303	490	1402	1001	109	126
Ce	561	1256	468	609	2927	2490	147	167
Nd	238	666	131	147	1236	1182	62	72
Sm	58	189	27	29	304	315	8	8
Eu	2	7	1	2	14	14	> 0	0
Gd	38	105	24	29	315	344	7	9
Dy	31	72	22	32	341	389	7	2
Tm	2	4	2	2	15	21	1	1
Yb	14	24	13	13	134	134	3	5
Lu	2	4	2	2	17	17	> 0	0

obstante, muy variables: $(La/Yb)_N = 0,01-53$ para la facies Galiñeiro, 0,2-149 para la facies Magnetita, 10-80 para la facies Zorro y 2,4-109 para los Neises Radiactivos. La abundancia de REE, aunque muy alta globalmente, es también muy variable: EREE = 19 ppm-2,2% para la facies Galiñeiro (este valor máximo es obviamente anómalo dentro de esta facies), 45-5600 ppm. en la facies con Magnetita, la facies Zorro varía entre 20 y 890 ppm y los neises Radiactivos entre 490 ppm y 2,1%. Otra característica de estas rocas es la acusada anomalía de Eu: $Eu/Eu^* = 0,01-0,68$, para la facies Galiñeiro, 0,01-0,21 para la facies de Magnetita, 0,01-0,25 para la facies tipo Zorro y 0,07-0,4 para los Neises Radioactivos.

Los perfiles de REE de estas cuatro facies son bastante similares en lo que respecta a la forma (como puede observarse en las gráficas), pero lo que es significativamente diferente es su abundancia, el orden de enriquecimiento es: Facies Zorro, Magnetita, Galiñeiro y Neises Radiactivos. La facies Zorro, la más pobre en REE, es comparable a otras rocas alcalinas de las mismas características, mientras que las facies Galiñeiro y Magnetita presentan ya contenidos más altos que la mayoría de los complejos de este

tipo, y los de los Neises Radiactivos son muy superiores a la práctica totalidad del resto de granitos alcalinos, sólo comparables, a los granitos mineralizados «extremadamente enriquecidos» de Ghuarayyah y Umm al Birak de Arabia (datos de JACKSON *et al.* 1985).

Los análisis de microsonda efectuados han puesto de manifiesto que en el Galiñeiro las tierras raras no se encuentran sustituyendo a los cationes litófilos de gran radio iónico de los minerales petrográficos principales. Gran parte de los elementos traza y las REE se acumulan en las fases accesorias y son, por tanto, muy difíciles de evaluar dada la amplia variabilidad en los Kd (coeficientes de distribución) dentro de un mismo tipo mineral y por el enorme efecto de concentración de algunos minerales sobre determinados elementos traza. Este hecho determina que ante insignificantes variaciones cuantitativas en el porcentaje de dicha fase, exista un factor multiplicador fulminante en la geoquímica total de la roca. Este efecto suele ser muy acusado en los circones (aunque no en nuestro caso, ya que hemos analizado la composición de los circones y hemos visto que prácticamente no contienen REE), allanitas, bastnaesitas, monaci-

tas, xenotimas y otros minerales accesorios que son concentradores muy activos de REE y que en el complejo del Galiñeiro son los responsables de las altas concentraciones de estos elementos.

El comportamiento de las REE no puede atribuirse a simples mecanismos de fusión parcial ni cristalización fraccionada; la supuesta secuencia de fracciónación es más aparente que real, si observamos la evolución de algunas tierras raras. En un líquido magmático, por ejemplo, la concentración de Sm y Nd incrementa con el grado de diferenciación, pero la relación Sm/Nd disminuye debido al mayor radio iónico del Nd³⁺ (a causa de la contracción lantánida), y por tanto menor potencial iónico que el Sm³⁺, en consecuencia, en los procesos de fusión parcial el líquido se enriquece en Nd respecto al Sm, lo mismo ocurre durante la cristalización fraccionada, el Nd se concentra en el líquido. Las relaciones Sm/Nd para las facies del complejo del Galiñeiro son: 0,24 para la Galiñeiro, 0,20 para la Magnetita, 0,12 para la Zorro y 0,24 para los Neises Radiactivos, en la Figura 6, (Sm/Nd)/Nd, el «trend» es horizontal, por lo que no puede apreciarse un enriquecimiento selectivo durante la supuesta diferenciación.

Respecto a la movilidad de las REE, BOWDEN & WHITLEY (1974), BOWDEN *et al.* (1979), MARTIN *et al.* (1978), y ALEKSIYEV (1970) entre otros,

han cuestionado la hipótesis de intervención de simples procesos de cristalización fraccionada para explicar la distribución de las REE, para BOWDEN *et al.* (1972), la mayoría de las REE son móviles a temperaturas sub-sólidas (a excepción del Eu); la movilidad puede estar relacionada con complejos fluorados, tal como proponen otros muchos autores (HARRIS, 1981; WEAVER *et al.*, 1990, etc). En el complejo del Galiñeiro, la correlación positiva entre F y REE, así como la presencia de bastnaesita [La,Ce(CO₃)F] revela que, efectivamente, las REE han sido transportadas, al menos parcialmente, por complejos fluorados y que, por tanto, han sido los procesos posmagmáticos los responsables principales de la concentración de tierras raras.

Geoquímica comparada

Aparte de los yacimientos de tierras raras sedimentarias y los ligados a rocas alcalinas subsaturadas, los depósitos magmáticos más interesantes se encuentran en dominios subvolcánicos con fuerte alteración posmagmática (MORTEANI, 1991). La situación geológica, la naturaleza del complejo del Galiñeiro y los procesos observados nos permiten proponer que, en efecto nos encontramos ante un complejo alcalino-peralcalino sobresaturado con altas concentraciones en tierras raras con anomalías más acusadas que en la mayor parte de las rocas saturadas y sobresaturadas del mundo. Las figuras comparativas son lo suficientemente elocuentes y no precisan de prolijas explicaciones adicionales.

a) Granitos de colisión y granitos de arcos de islas (Fig. 7). PEARCE *et al.* (1984).

b) Granitos mineralizados «extremadamente enriquecidos» de Ghurayyah y Umm al Birak (Arabia), (JACKSON *et al.*, 1985). Se ha realizado un diagrama de los elementos traza del complejo del Galiñeiro normalizados con respecto al granito de Ghurayyah y otro de REE de los tres conjun-

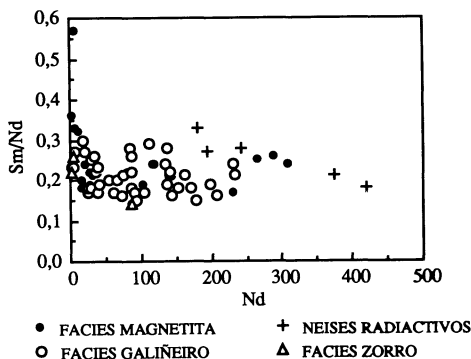


Fig. 6.- Diagrama (Sm/Nd)/Nd. Esta relación no indica un enriquecimiento selectivo durante la evolución magmática.

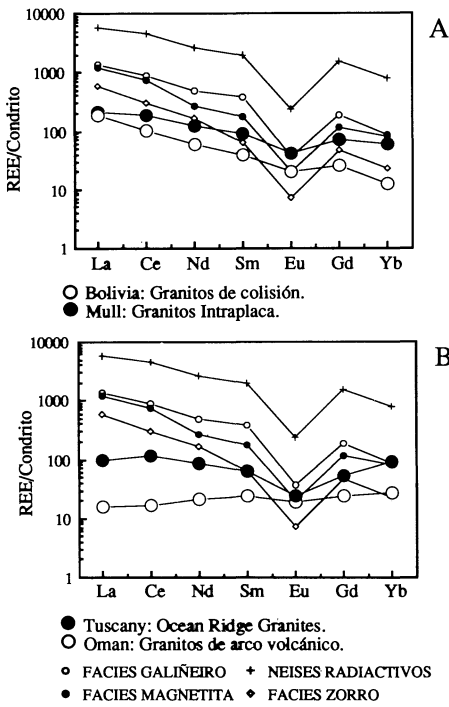


Fig. 7.- Comparación de las REE del complejo del Galiñeiro con REE de (A) granitos de colisión y granitos de intraplaca, (B) ORG (Ocean Ridge granites) y granitos de arco volcánico.

tos (Ghurayyah, Umm al Birak y Galiñeiro) normalizados con respecto al condrito: C1 (EVENSEN *et al.*, 1978) (Fig. 8).

c) Rocas pertenecientes a diferentes complejos alcalinos de diversas partes del mundo; se incluyen datos de los siguientes macizos: Gabo, Mumbulla (Australia), Jalor, Tusham (India), granito de Ossipee, Riolita de Ossipee (USA), Sabaloka (Sudán) BTIP (British Tertiary Igneous Province) y rocas de la Isla de Ascensión (Fig. 9). Los datos de diferentes autores, han sido suministrados por N. EBY (com. escrita).

EL COMPLEJO DEL GALIÑEIRO Y LOS GRANITOS ANOROGENICOS

Sin tener en cuenta otras consideraciones, los datos de geoquímica presentados

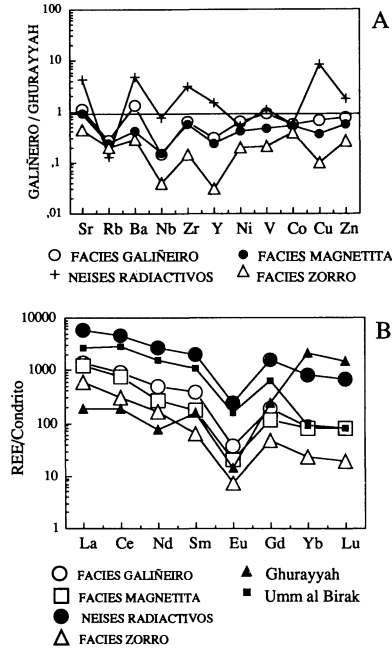


Fig. 8.- (A) Spidergrama de las cuatro facies del complejo alcalino del Galiñeiro normalizado a un granito "extremadamente enriquecido" en elementos incompatibles y REE (granito de GHURAYYAH, Arabia) y (B) comparación de las REE del Complejo del Galiñeiro con los granitos de GHURAYYAH y UMM AL BIRAK, ambos extremadamente enriquecidos.

son coincidentes con las características geoquímicas citadas por numerosos autores (BONIN, 1987, 1980, 1991; COLLINS *et al.*, 1982; CLEMENTS *et al.*, 1986; WHALEN *et al.*, 1987; CREASER *et al.*, 1991; EBY, 1990, entre otros) como típicas de los granitos-A (anorogénicos, LOISELLE & WONES, 1979).

Se puede considerar el complejo del Galiñeiro como formado a partir de un magma anorogénico, esta consideración había sido ya propuesta por PIN *et al.*, (en prensa). Los diagramas de discriminación de granitos-A que hemos utilizado son los que utilizan elementos que, para WHALEN, *et al.*, (1987), son relativamente insensibles a procesos de alteración moderados; la relación Ga/Al o el equivalente (Y + Zr + Ce + Nb) vs. relaciones de elementos mayores serían muy efectivos en la identifica-

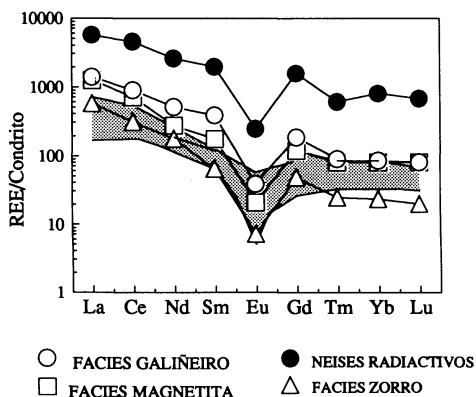


Fig. 9.- Comparación de las REE del complejo del Galiñeiro con rocas alcalinas (graníticas y volcánicas) de los siguientes macizos: Mumbulla, Gabo, Jalor, Tusham, Ossipee G., Ossipee Rh, Sabaloka, Sabaloka Th, BTIP y Ascensión Island.

ción de este tipo de granitos (Fig. 10), discriminando además los verdaderos granitos-A de los otros tipos altamente fraccionados, esta discriminación será tanto mejor cuanto más alcalinos sean los granitos (WHALEN *et alers.*, 1987), los que muestran composiciones subalcalinas podrían solaparse con los calcoalcalinos muy fraccionados. Lo mismo se observa en el diagrama de SYLVESTER (1989) (Fig. 11).

En los últimos años se han realizado distinciones dentro de los granitos-A en cuanto al supuesto origen de la fuente de estas rocas en base a algunas características geoquímicas, así EBY (1990) sugiere que las relaciones Y/Nb y Yb/Ta son relativamente constantes dentro de cada suite tipo A, por lo que serían muy útiles como índices de comparación geoquímica. En base a estas relaciones este autor propone la existencia de dos tipos de granitoides-A: uno con relaciones $Y/Nb < 1,2$ y otro con $Y/Nb > 1,2$, los primeros serían diferenciados de magmas basálticos directamente derivados de fuentes mantélicas «OIB» (oceanic island basalts) pudiendo haber sufrido algún tipo de interacción con la corteza. Los segundos, con valores de Y/Nb entre 1,2 y 7, tendrían historias petrogenéticas muy complejas, al-

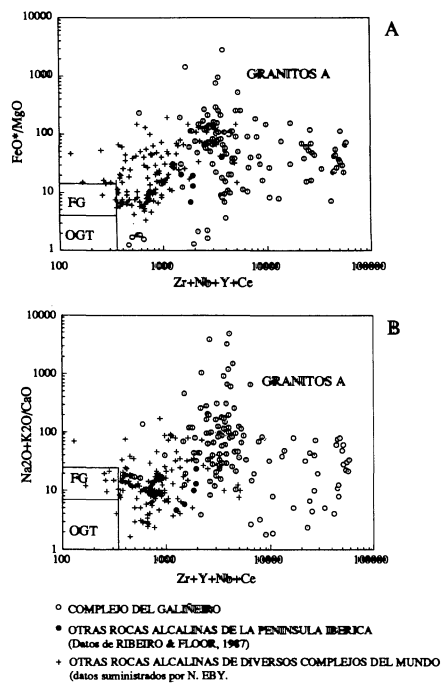


Fig. 10.- Diagramas de discriminación de granitos A de WHALEN *et al* (1987) (A) $(Zr+Nb+Y+Ce)/(FeO^*/MgO)$. (B) $(Zr+Nb+Y+Ce)/(Na_2O+K_2O)/CaO$. (FG-granitos félsicos fraccionados, OGT-granitos S, M e I no fraccionados)

gunas suites presentarían componentes mantélicos bastante significativos y otras tendrían origen totalmente cortical (fuentes químicamente similares a las de basaltos de arcos de islas y de basaltos de márgenes continentales). Estos dos grupos son los llamados A_1 (emplazados en ambientes de rifts continentales o durante magmatismo intraplaca) y A_2 respectivamente por el mismo autor en 1992, (en prensa) (magmas derivados de corteza continental o corteza en subducción).

Para todas las facies del complejo del Galiñeiro estas relaciones son siempre $< 1,2$ (0,32 para la Facies Zorro, 0,53 para la Galiñeiro, 0,7 para la Magnetita y 1 para los neises Radiactivos; esta relación crece inversamente al índice agpaítico medio de las facies). MACDONALD *et alers.*, (1987, en PIN *et alers.*, en prensa) dice que las relaciones Zr/Nb con valores inferiores a 10 son

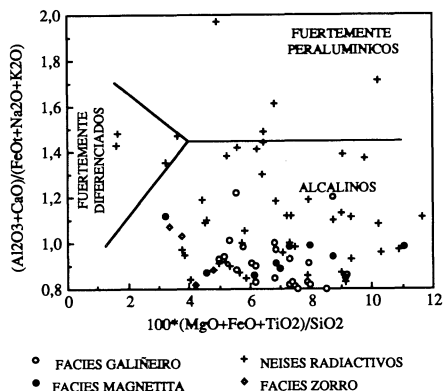


Fig. 11.- Diagrama de clasificación de granitos relacionados con colisión de SILVESTER (1989). La mayoría de las rocas del complejo del Galiñeiro se sitúan en el campo de los granitos alcalinos.

propias de rocas volcánicas de zonas de rift continental mientras que valores >10 son propios de rocas peralcalinas relacionadas con subducción. En el caso del complejo del Galiñeiro estas relaciones son siempre inferiores a 10 (en torno a 6), datos que coinciden con la clasificación de EBY y que, junto con los valores de ϵNd aportados por PIN *et alers.*, (en prensa) apuntan hacia un origen a partir de una fuente principalmente mantélica para el complejo del Galiñeiro, tal como estos últimos autores proponen para las rocas alcalinas de la Unidad de Malpica-Tuy. El ϵNd (500 Ma) positivo, entre 1,9 y 2,7 (PIN *et alers.*, en prensa) sugiere a estos autores una relación genética entre ellos, y la posibilidad de que las variedades peralcalinas hubieran derivado de un «parental» alcalino a través de un sistema cerrado. Un manto empobrecido es, para ellos, la fuente más probable para los precursores magmáticos de estas rocas.

CONCLUSIONES

1.— El magmatismo del Paleozoico Inferior del sector Galaico, presenta dos tipologías definidas: La primera, presente en el

grupo Lalín-Forcarei, es prácticamente bimodal o contiene términos intermedios muy escasos. Consta de anfibolitas y ortoneises alcalinos (MARQUINEZ, 1983) cuyas características parecen sugerir una evolución tipo «Coombs» con términos iniciales correspondientes a basaltos alcalinos con hiperstena normativa y términos ácidos de composición comendítica. La segunda tipología tiene su ejemplo más representativo en la unidad o complejo ortoneísico del Galiñeiro. Es unimodal y está constituida por magmas sobresaturados con predominio de rocas peralcalinas. Las anfibolitas presentes en el área no pueden por el momento ser relacionadas con las rocas ácidas.

2.— El complejo ortoneísico del Galiñeiro presenta las características de yacimiento y geoquímicas propias de los macizos subvolcánicos anorogénicos de tipo A. Las relaciones Y/Nb corresponden a la tipología A1 de EBY (en prensa) que es la que presentan los complejos emplazados en ambientes de rift continental o durante magmatismo intraplaca en general. Dicha conclusión es coherente con las relaciones Zr/Nb observadas propias de rocas volcánicas en zonas de rift continental.

3.— El contenido en tierras raras en todas las rocas del Galiñeiro pone de manifiesto un elevado grado de enriquecimiento de estos ortoneises con relación a los diferentes granitos, mineralizados o no, descritos en la literatura geológica. Esta circunstancia confiere al complejo del Galiñeiro un extraordinario interés económico.

4.— El comportamiento de las tierras raras y de los elementos Rb, Sr, Ba y F, entre otros, pone de manifiesto que la geoquímica de los elementos aludidos está afectada por procesos posmagmáticos, incluidos procesos de fenitización, y que no es posible establecer simples modelos de fusión parcial o cristalización fraccionada para describir la evolución geoquímica del complejo ortoneísico del Galiñeiro en su conjunto.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado con financiación procedente de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (proyecto

GEO-89-0600-C03-02) y de ERCOS S. A. Agradecemos asimismo la colaboración prestada por Nelson EBY, F. Rambaud y los miembros del equipo de investigación, en especial L. Villa, J. Fernández y G. Gallastegui.

BIBLIOGRAFIA

- ALEKSIYEV, E. I. (1970). Genetic significance of the rare elements in Younger Granites of northern Nigeria. *Geochim. Inter.*, 6: 127-132.
- BONIN, B. (1980). *Les complexes acides alcalins anorogéniques continentaux: L'exemple de la Corse*. Thèse Doc. d'Etat. Univ. Pierre et Marie Curie. Paris VI, 746 pp.
- BONIN, B. (1987). From orogenic to anorogenic magmatism: a petrological model from the transition calc-alkaline complexes. *Rev. Brasil. de Geociências*, 17 (4): 366-371.
- BONIN, B. (1991). A-type magmatism in the Western-Mediterranean. *B. M. R. Geology and Geophysics II Hutton Symp, on granites and related rocks*, Cambera (1991). Abstract.
- BOWDEN, P. (1985). The geochemistry and mineralization of alkaline ring complexes in Africa (a review). *J. African Earth.*, 3: 17-39.
- BOWDEN, P., BENNETT, J. N., WHITLEY, J. E. y MOYES, A. B. (1979). Rare earth in Nigerian mesozoic granites and related rocks. En: Origin and distribution of the elements. L. H. AHRENS (Ed.) Pergamon Press.
- BOWDEN, P. y WHITLEY, J. E. (1974). Rare earth patterns in peralkaline and associated granites. *Lithos*, 7: 15-21.
- CALSTEREN, P. W. C. van., BOELRIJK, N. A. I. M., HEBEDA, E. H., PRIEM, H. N. A., TEX, E. den., VERDURMEN, E. A. Th. y VERSCHURE, R. H. (1979). Isotopic dating of older elements (including the Cabo Ortegal mafic-ultramafic complex) in the Hercynian orogen of NW Spain: manifestations of a presumed early Paleozoic mantle plume. *Chem. Geol.*, 24: 35-36.
- CLEMENS, J. D., HOLLOWAY, J. R. y WHITE, A. J. R. (1986). Origin of A-type granites: experimental constraints. *Am. Min.*, 71: 317-324.
- COLLINS, W. J., BEAMS, S. D., WHITE, A. J. R. y CHAPPELL, B. W. (1982). Nature and origin of A-type granites with particular reference to Southeastern Australia. *Contr. Mineral. Petrol.*, 80: 189-200.
- CORRETEGE, L. G., GONZALEZ-MONTERO, M. P. y SUAREZ, O. Sobre la presencia de la bastnaesita y su papel en la evolución geoquímica del complejo alcalino del Galíñeiro (Galicia, España). *Geogaceta* (en prensa).
- CREASER, R. A., PRICE, R. C. y WORMALD, R. J. (1991). A-type granites revisited: Assessment of a residual-source model. *Geology*, 19: 163-166.
- EBY, G. N. (1990). The A-type granitoids: A review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis. *Lithos*, 26: 115-134.
- EVENSEN, N. M., HAMILTON, P. I. y O'NIONS, R. K. (1978). Rare earth abundances in chondritic meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 42: 1199-1212.
- FITTON, J. G. y UPTON, B. G. J. (Eds.) (1987). *Alkaline igneous rocks*. Geol. Soc. Spec. Publ. 30, 568 pp.
- FLOOR, P. (1966). Petrology of an aegirine-riebeckite gneiss bearing part of the Hesperian Massif; the Galíñeiro and surrounding areas, Vigo, Spain. *Leidse Geol. Meded.*, 36: 1-203.
- GALINDO, C., CASQUET, C., PORTUGAL FERREIRA, M. y MACEDO, C. A. R. (1986). O complexo plutónico de Tália-Barcarrota; Un complexo intrusivo com idades caledónica e hercínica. *Maleo, Bol. inf. Soc. geol. Portugal*, 2: 13-22.
- GARCIA CASQUERO, J. L., BOELRIJK, N. A. I. M., CHACON, J. y PRIEM, H. N. A. (1985). Rb-Sr evidence for the presence of Ordovician granites in the deformed basement of the Badajoz-Córdoba belt, SW Spain. *Geol. Rundschau*, 74: 379-384.
- HARRIS, N. B. W. (1981). The role of fluorine and chlorine in the petrogenesis of a peralkaline complex from Saudi Arabia. *Chem. Geol.*, 31: 303-310.
- HIGGINS, M. D., SOLOMON, M. y VARNE, R. (1985). The genesis of Blue Tier Batholith, Northeastern Tasmania, Australia. *Lithos*, 18: 129-149.
- HILGEN, J. D. (1971). The Lalin Unit; a new structural element in the Hercynian Orogen of Galicia (NW Spain). *Proc. Koninkl. Nederl. Akad. van Wetenschappen*, 74: 398-407.
- JACKSON, J. N., DRYSDALL, A. R. y STOESER, D. B. (1985). Alkali granite related Nb-Zr-REE-U-Th mineralization in the Arabian Shield. En: *High heat production (HHP) granites, hydrothermal cir-*

- culatation and ore genesis*. Ed. The Inst. of Mining and Metallurgy, London, 479-487.
- KINNAIRD, J. A., BATCHELOR, R. A., WHITLEY, J. E. y MACKENZIE, A. B. (1985). Geochemistry, mineralization and hydrothermal alteration of the Nigerian high heat producing granites. En: *High heat production (HHP) granites, hydrothermal circulation and ore genesis*. Ed: The Inst. of Mining and Metallurgy, London, 169-195.
- KUIJPER, R. P. y ARPS, C. E. S. (1983). Los complejos de Ordenes, Lalín y Forcarey. *Libro Jubilar, J. M. Rios*, 1, 422-430.
- KUIJPER, R. P., PRIEM, H. N. A. y TEX, E. DEN (1982). Late Archean-Early Proterozoic source ages of zircons in rocks from de Paleozoic of Western Galicia, NW Spain. *Precamb. Res.*, 19: 1-29.
- LA ROCHE, H. DE y LETERRIER, J. (1973). Transposition du tétraédre minéralogique de Yoder et Tilley dans un diagramme chimique de classification des roches basaltiques, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 276: 3115-3118.
- LANCELOT, J. R. y ALLEGRET, A. (1982). Radiochronologie U/Pb de L'ortogneiss alcalin de Pedroso (Alto Alentejo, Portugal) et évolution anté-hercynienne de l'Europe occidentale. *Neues Jb. Min. Abh. Mb.* 9: 385-394.
- LEAKE, B. E. (1978). Nomenclature of amphiboles. *Min. Mag.* 42: 533-563.
- LOISELLE, M. C. y WONES, D. R. (1979). Characteristics and origin of anorogenic granites. *Geol. Soc. Am. Abst. Prog.* 11: 468.
- MARQUINEZ, J. L. (1983). *La geología del Area esquistosa de Galicia Central (Cordillera Herciniana, NW de España)*. Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo., 261 pp.
- MARTIN, R. F., WHITLEY, J. E. y WOOLLEY, A. R. (1978). An investigation of rare-earth mobility: fenitized quartzites, Borrallan Complex, NW Scotland. *Contr. Mineral. Petrol.*, 66: 69-73.
- MIYUSHIRO, A. (1978). Nature of Alkaline Volcanic Rock Series. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 66: 91-104.
- MCKENZIE, D. y O'NIONS, R. K. (1991). Partial melt distribution from inversion of rare earth element concentrations. *J. Petrol.*, 32: 1021-1091.
- MCKIE, D. (1966). Fenitization. En: *Carbonatites*. TUTTLE, O. F. y GITTINS, J. (Eds.). Interscience Publ. John Wiley & Sons, N. York. 261-294.
- MOROGAN, V. y MARTIN, R. F. (1985). Mineralogy and partial melting of fenitized crustal xenoliths in the Oldoinyo Lengay carbonatitic volcano, Tanzania. *Am. Min.*, 70: 1114-1126.
- MORTEANI, G. (1991). The rare earth: their minerals, production and technical use. *Eur. J. Mineral.*, 3: 641-650.
- NABELEK, P. I., PAPIKE, J. J. y LAUL, J. C. (1986). The Notch Peak granitic stock, Utah: Origin of reverse zoning and petrogenesis. *J. Petrol.*, 27 (5): 1035-1069.
- ORTEGA GIRONES, E. y GIL IBARGUCHI, J. I. (1983). La Unidad de Malpica-Tuy («Complejo Antiguo-Fosa Blastomilonítica»). En: *Libro Jubilar J. M. Rios, Geología de España* 1: 430-440 IGME.
- PEARCE, J. A., HARRIS, N. B. W y TINDLE, A. G. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.*, 25: 956-983.
- PIN, C., ORTEGA CUESTA, L. A. y GIL IBARGUCHI, J. I. Mantle derived, Early Paleozoic A-type metagranitoids from the NW Iberian Massif: Nd isotope and trace element constraints. *Bull. Soc. Géol. France* (en prensa).
- PRIEM, H. N. A., BOELRIJK, N. A. I. M., VERSCHURE, R. H., HEBEDA, E. H. y FLOOR, P. (1966). Isotopic evidence for Upper-Cambrian or Lower-Ordovician granite emplacement in the Vigo Area, Northern-Western Spain. *Geol. Mijnbouw*, 45, 36-40.
- 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. Helv.* 63: 255-274.
- PRIEM, H. N. A. y TEX, E. den (1984). Tracing crustal evolution in the NW Iberian Peninsula through the Rb-Sr and U-Pb systematics of Paleozoic granitoids: A review. *Phys. Earth Planet. Int.*, 35: 121-130.
- RIBEIRO, M. L. y FLOOR, P. (1987). Magmatismo peralcalino no Maciço Hespérico: sua distribuição e significado geodinámico. En: *Geología de los granitoides y rocas asociadas del macizo hespérico*, BEA et al. (Eds.), Rueda, Madrid 211-221.
- RIBEIRO, A., PEREIRA, E. y DIAS, R. (1990). Structure of Centro-Iberian allochthon in Northern Portugal. En: DALLEMEYER, R. D. y MARTINEZ, E. (Eds). *Pre-Mesozoic geology of Iberia*, Springer-Verlag, Heidelberg, 220-236.
- SYLVESTER, P. J. (1989). Post-collisional alkaline granites. *J. Geol.*, 97: 261-280.
- TEX, E. den. y FLOOR, P. (1967). A blastomylonitic and polymetamorphic «Graben» in Western Galicia (Nw Spain). En: *Etages tectoniques*: 169-178. Ed. A. la Baconniere. Coll. Neuchatel, 1966.
- WEAVER, S. D., GIBSON, I. L., HOUGHTON, B. F. y WILSON, C. I. N. (1990). Mobility of rare earth and other elements during crystallization of peralkaline silicic lavas. *J. Vol. Geotherm. Res.*, 43: 57-70.
- WHALEN, J. B., CURRIE, K. L. y CHAPPELL, B. W. (1987). A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contr. Mineral. Petrol.*, 95: 407-419.

Recibido, 17-VII-92
 Aceptado, 16-VIII-92