

## Plutonismo proterozoico en Antártida: el Granito Bertrab y su cortejo de diques

Rogelio Daniel ACEVEDO<sup>1</sup>, Enrique LINARES<sup>2</sup>, María Luz VALÍN-ALBERDI<sup>3</sup>, Héctor OSTERA<sup>2</sup>  
y Agustín MARTIN-IZARD<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC), Av. Malvinas Argentinas s/n°, (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego.  
E-mail: acevedo@arnet.com.ar

<sup>2</sup> Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS), Pabellón INGEIS, Ciudad Universitaria, (1428) Buenos Aires.  
E-mail: linares@isotopo.ingeis.uba.ar; chapo@isotopo.ingeis.uba.ar

<sup>3</sup> Universidad de Oviedo, Departamento de Geología, Arias de Velasco s/n°, (33005) Oviedo, Asturias, España.  
E-mail: mlvalin@asturias.geol.uniovi.es; amizard@asturias.geol.uniovi.es

**ABSTRACT.** Proterozoic plutonism in Antarctica: the Granito Bertrab and its associated dyke-swarms. Bertrab Nunatak is located in the Vahsel Bay area, Weddell Sea, Antarctica. It is composed of a granitic body, «Granito Bertrab», cut by acid-(aplite/rhyolite and quartz veins) and basic dyke-swarms. Granito Bertrab is a coarse-grained, granophyric quartz-feldspar-biotite granite with minor normative corundum (1%) that indicates peraluminous affinities. Melanocratic calc-alkaline dykes, with labradorite-andesine and amphibole megacrysts, have a lamprophyric character. One of these is cut by a leucocratic dike, that represents the final stage in the magmatic activity. Petrological evidence indicates that there is a temporally, spatially and genetically intimate association between the granite and the dykes. K-Ar data on samples of the granite give an age of  $996 \pm 40$  Ma, and the Rb-Sr isochron age recalculated using the published data of Eastin and Faure give an age of  $971 \pm 8$  Ma using five samples, and  $992 \pm 12$  Ma when the aplitic member is not included. These results are in good agreement with the K-Ar age and mean that the Granito Bertrab was emplaced in the late Mesoproterozoic.

Key words: Bertrab Nunataks, Bertrab Granophyre, Proterozoic, Antarctica

Palabras clave: Nunatak Bertrab, Granito Bertrab, Proterozoico, Antártida

### Introducción

El nunatak Bertrab emerge sobre la Barrera de Hielo frente a Bahía Vahsel en el Mar de Weddell, a 3.200 km en línea recta en dirección SE de la ciudad de Ushuaia. Allí se alza la Base Antártica Belgrano II, del Ejército Argentino. Sus coordenadas geográficas son  $77^{\circ}52'29''$  Latitud Sur y  $34^{\circ}37'36''$  Longitud Oeste (Fig. 1). Constituye, junto a los nunataks Moltke ( $78^{\circ}01'S$ ;  $35^{\circ}07'O$ ) y Littlewood ( $77^{\circ}52'$ ;  $34^{\circ}19'O$ ), los únicos afloramientos rocosos en una extensa superficie de miles de kilómetros cuadrados de hielos permanentes.

### Antecedentes

Las descripciones petrográficas de Teruggi (1955) y Cordini (1959) han sido las primeras menciones, precursoras del informe geológico de Toubes Spinelli (1983), sobre las rocas ígneas que constituyen el nunatak Bertrab.

Caminos y Massabie (1980), siguiendo a Cordini (1959), ubican tentativamente a las mismas en el "Precámbrico inferior" (Proterozoico), por compara-

ción con los asomos efusivos regionales de los nunataks Moltke y Littlewood, cuyas determinaciones radiométricas habían arrojado valores de  $840 \pm 30$  Ma (Aughenbaugh *et al.* 1965; K/Ar sobre roca total),  $1001 \pm 16$  Ma (Eastin y Faure 1971; Rb/Sr sobre roca total), y con posterioridad,  $1076 \pm 7$  Ma (Storey *et al.* 1994; isocrona Rb/Sr sobre roca total), 1106 y 1112 Ma (Gose *et al.* 1997; edades U/Pb sobre circón) y  $996 \pm 40$  Ma (Acevedo *et al.* 1998; K/Ar, sobre roca total).

### Marco geológico

El nunatak Bertrab está compuesto principalmente por un cuerpo granítico denominado Granito Bertrab ("Bertrab Granophyre" para Gose *et al.* 1997) que constituye, aparentemente, la cúpula emergente de una plutonita de mayores dimensiones, sin relaciones geológicas conocidas con su encajante debido a la cobertura de hielo.

El afloramiento mayor, sobre el cual está construida la Base Belgrano II, presenta una forma oblonga y su perímetro visible, variable según la temporada, es de unos 640 metros. Composicionalmente se trata de un cuerpo granitoide, con variaciones a pórfiro granítico, microgranito y granófiro.

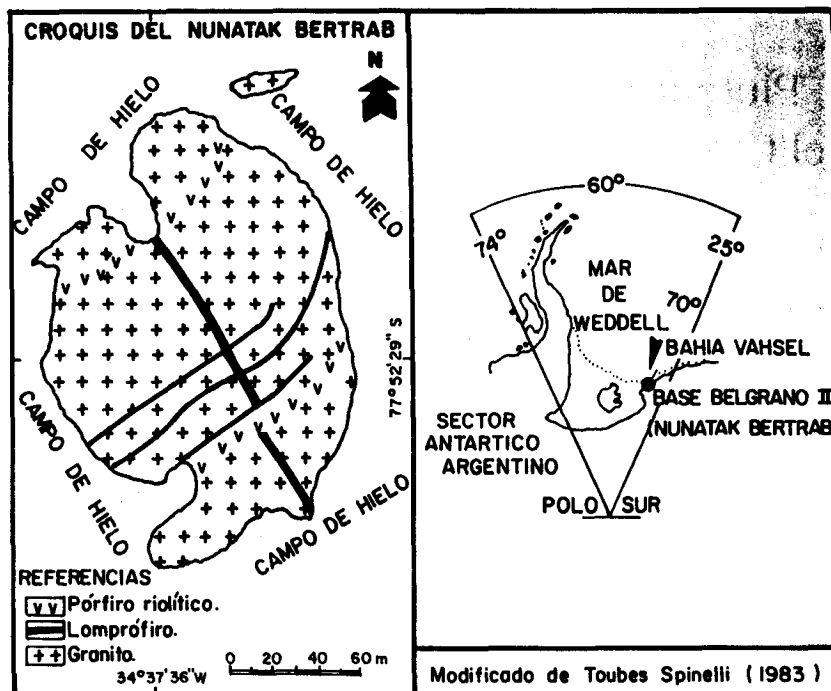


Figura 1: Mapa de ubicación geográfica y croquis geológico del nunatak Bertrab. Modificado de Toubes Spinelli (1983).

Cortando al granito aparece un cortejo de diques leucocráticos (aplitas y venas de cuarzo) y melano-cráticos de composición basáltica, que fueron descritos por Toubes Spinelli (1983) como lamprófiros espesartíficos. Dicho autor reconoce cuatro filones, dos de lamprófiro y dos de pórfiro, uno riolítico y otro granítico, este último desplazando al mayor de los diques básicos.

Entre estos diques máficos se distingue uno de mayor espesor (0,8 m), de color muy oscuro y textura afanítica, dispuesto en azimut  $160^\circ$ . Además, existe un conjunto de tres diques paralelos de menor espesor (unos 0,3 m), separados entre sí 10 y 20 m, con azimut  $40^\circ$ . De estos últimos, el central presenta xenocristales de feldespato de hasta 5 cm de diámetro, facies que se repite en el segundo afloramiento del nunatak.

### Petrografía

La observación de superficie del Granito Bertrab permite apreciar una roca de color gris blanquecino a rosado llegando incluso hasta rojo intenso. En muestra de mano se distingue una diversidad textural que va del grano fino al grueso, con facies porfírica también de variada granulometría, constituida por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y mica (biotita).

Al microscopio presenta una textura granuda hipidiomorfa inequigranular. Se observa también el desa-

rollo de textura gráfica y granofírica, esta última radial a partir de individuos de plagioclasa. Asimismo, puede reconocerse textura *drop like* (micropegmatítica) de cuarzo en feldespato.

El feldespato potásico, ortosa (40%), subhedral, frecuentemente micropertítico, aparece en avanzado estado de alteración arcillosa. El cuarzo (35%) es anhedral, relativamente abundante e intersticial. La plagioclasa, oligoclasa (15%), también se halla alterada, aunque la sericitización aquí no alcanza a obliterar su maclado (leyes de Carlsbad y albita) y zonabilidad (directa). Pueden encontrarse también finos rebordes de albita secundaria. La biotita (<5%) forma motas y está alterada a clorita. Hay escaso anfíbol, verde, fibroso e intersticial, posiblemente como producto de alteración de algún piroxeno anterior. Como minerales accesorios hay algunos opacos (magnetita) y circón, con apatita, titanita y epidoto en cantidades menores.

Los diques oscuros que cortan al granito están compuestos por una roca que presenta una estructura masiva, de color gris oscuro a negro, con macro y hasta megacristales (de hasta 8 cm de sección) de labradorita-(andesina), y feldespato alcalino potásico microantipertítico minoritario. También hay fenocristales de anfíbol sobre la base de los cuales se ha clasificado a la roca como un lamprófiro de carácter espesartífico (Cordini 1959; Toubes Spinelli 1983).

La pasta, que constituye hasta un 90% del volumen en las muestras observadas, tiene una textura intergranular a subofítica y está composicionalmente representada por tablillas idiomorfas de plagioclasa

(55%), labradorita, que presentan una frecuente zonalidad directa y relictos de un clinopiroxeno (25%) que ha sido alterado a anfíbol, biotita y clorita, con cantidades variables de minerales opacos (ilmenita y, en menor cantidad, pirita), titanita y apatita. Como otros minerales de alteración hay carbonato y escazo cuarzo removilizados. También ilmenita y una masa oscura indeterminable producto de la destrucción de los minerales félicos.

Los megacrismos de feldespatos (algunos de varios centímetros), parecieran haber crecido sobre núcleos de labradorita a expensas de la roca granítica merced a un proceso de asimilación de Na por endomorfismo de los diques, mostrando sutiles indicios texturales de desequilibrio entre las fases constituyentes a través de un fenómeno de *embayment*, o sea la resorción por reacción del cristal de plagioclasa con el líquido basáltico y la consecuente formación de cristales esqueléticos. El exomorfismo de los diques sobre el granito ha producido el crecimiento sobre éste de mica oscura.

El dique de aplita es muy síliceo, de color pardo, con algunos cristales de feldespato potásico de pequeño tamaño que le dan a la roca un aspecto fenoríolítico. Su espesor es de unos pocos centímetros y la textura de la pasta es sacaroidal. Se lo interpreta como un producto posterior de soluciones residuales del magma que dio origen a la roca granitoide.

### Composición mineral

Mediante la técnica de microsonda electrónica se han obtenido datos químicos puntuales de los minerales constituyentes de las muestras 1GB1 y 1GB2 (roca granitoide), 1BB1, 1BB2 y 1BB4 (diques básicos), 1PR1 (riolita), representativas de las entidades aflorantes en el nunatak Bertrab, cuyos análisis de feldespatos, piroxeno y anfíboles pueden verse en las Tablas 1, 2 y 3 respectivamente.

El Granito Bertrab tiene feldespato potásico ( $\text{Or}_{75}\text{Ab}_{23}\text{An}_2$ ) y oligoclasa ( $\text{Ab}_{75}\text{An}_{23}\text{Or}_2$ ), con albita ( $\text{Ab}_{97}\text{An}_2\text{Or}_1$ ) secundaria en una de las muestras.

El anfíbol es actinolita, con una relación Si vs. Ti típica de anfíboles metamórficos (#Ti 0,015 - bajo frente a #Si 7,673).

En la clorita predomina el contenido en hierro sobre el magnesio ( $\text{Fe}/\text{Fe}+\text{Mg}=0,614$  en 5 análisis), ya que se ha formado a expensas de la alteración de la biotita (de allí que sea rica en Ti), por lo que se trata de chamosita según la clasificación de Bailey (1980).

Los diques melanocráticos tienen dos facies granulométricas de feldespatos, como grandes cristales y en la mesostasis. Consisten principalmente de labradorita ( $\text{An}_{59}\text{Ab}_{40}\text{Or}_1$ ), usualmente con bordes de andesina en el caso de los megacrismos. El conte-

nido en Or puede llegar a 6-9%.

El piroxeno, que forma una textura subofítica con la plagioclasa, es augita ( $\text{Wo}_{43}\text{En}_{34}\text{Fs}_{23}$ ).

El anfíbol de tales diques es, en orden de abundancia, magnesio-hornblenda (dos de cada tres análisis), actinolita y ferro-hornblenda (Leake *et al.* 1997). Se ha detectado además un posible ejemplar de kaersutita (análisis n°72 - #Ti 1,126), aunque deficiente en  $\text{Ca}_B$  (y con vacancias en esa posición) y  $\text{Na}_A$  según la nomenclatura de la I.M.A., por lo cual sería entonces una titano-tschermakita. La kaersutita es un componente frecuente en traquibasaltos y ciertos lamprófiro.

Los óxidos de Fe-Ti identificados son ilmenita y su variedad rica en manganeso, pirofanita, cuya fórmula estructural (sobre cuatro análisis) es  $(\text{Fe}_{0,63}\text{Mn}_{0,37})\text{TiO}_3$ .

También hay flogopita, la cual presenta, sobre la base de otros cuatro análisis, según Sack y Ghiorso (1989), una fórmula  $\text{K}(\text{Fe}^{+2}_{0,34}\text{Mg}_{0,66})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ .

La clorita, rica en Mg, según la clasificación de Bailey (1980), es clinocloro.

Finalmente, el dique riolítico contiene fenocristales de feldespato potásico. Como minerales accesorios posee magnetita, rutilo y apatita.

### Geoquímica

En la Tabla 4 se presentan los análisis químicos de los elementos mayoritarios y trazas y las normas C.I.P.W. de las rocas aflorantes en el nunatak Bertrab: 1GB3 roca granitoide; 1PR1 riolita; 1BB3, 1BB2 y 1BB4 diques básicos.

El Granito Bertrab muestra un alto contenido de sílice (73-74%), altos valores de  $\text{K}_2\text{O}$  y  $\text{Na}_2\text{O}$ , y bajos contenidos de CaO. De acuerdo a los índices de Shand, es un granito peraluminoso, con registro de corindón normativo. La composición normativa (Le Maitre 1989) lo ubica como granito.

De acuerdo con la clasificación químico-mineralógica de Debon y Le Fort (1983, 1988), el Granito Bertrab podría ser considerado como un granito monzonítico, aunque se debe señalar cierta deficiencia de potasio en algunos análisis químicos en comparación con la observación modal general de un feldespato potásico abundante.

Los valores geoquímicos de elementos mayores comparados entre el granito y el dique de aplita indican una evolución normal y un vínculo de consanguinidad entre la plutonita y su cortejo filoniano félico, como ha sido señalado ya por Storey *et al.* (1994). Esta riolita sería pues un diferenciado póstumo del granito y el aumento en las relaciones K/Ba y Ba/Sr está en relación con ello, concordantes con una cristalización previa de plagioclasa (como fase mineralógica retentiva sucesivamente del Sr y el Ba)

**Tabla 1:** Composiciones químicas de los feldespatos del Granito Bertrab (GB1 y GB2), del dique riolítico (PR1) y de los diques basálticos (BB1, BB2 y BB4). Fuente: microsonda electrónica de la Universidad de Oviedo.

	1GB1									1GB2			1PR1								
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	4.1	5.3	6.2		2.1.1	2.4.2	5.4	1	2	4	5	9	17	19		
SiO <sub>2</sub>	63,4	63,1	64,6	64,5	63,3	64,4	65,2	65,8		70,4	69,9	69,5	65	64,8	63,6	64	63,9	64,9	64,6		
TiO <sub>2</sub>	0	0,01	0,06	0	0,03	0,08	0	0,01		0,02	0,04	0	0,04	0,01	0,04	0	0,1	0,03	0		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,8	22,7	22,2	22,1	22,0	22,1	18,5	21,6		19,1	19,1	19,7	18,1	18,1	17,8	18,1	18	18	18		
FeO*	0,14	0,25	0,26	0,17	0,19	0,23	0,17	0,12		0,16	0,09	0,17	0,07	0	0,08	0,08	0,30	0,11	0,06		
MnO	0	0	0	0	0,04	0	0,03	0		0	0,03	0	0,01	0	0	0,07	0	0	0,04		
MgO	0,03	0	0	0,01	0	0,01	0	0		0	0	0,01	0,02	0	0	0	0	0	0,02		
CaO	5,41	5,68	4,53	4,70	4,87	4,69	0,49	3,68		0,27	0,39	0,27	0,01	0	0	0	0	0,03	0		
Na <sub>2</sub> O	8,33	8,07	8,85	8,58	8,51	8,36	3,02	9,15		10,9	10,9	10,5	0,64	0,60	0,23	0,31	0,29	0,43	0,17		
K <sub>2</sub> O	0,18	0,31	0,23	0,32	0,33	0,53	11,5	0		0,08	0,08	0,13	15,6	16,0	16,7	16,7	16,5	16,3	16,4		
Total	100	100	101	100	99,3	100	99,0	100		101	101	100	99,4	99,6	98,5	99,2	99,1	99,9	99,2		
Si	11,2	11,2	11,3	11,4	11,3	11,3	12,0	11,5		12,1	12,1	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0		
Ti	0	0	0,01	0	0	0,01	0	0		0	0	0	0	0	0,01	0	0,01	0	0		
Al	4,75	4,74	4,58	4,59	4,62	4,59	4,01	4,45		3,88	3,89	4,03	3,95	3,96	3,90	3,98	3,97	3,94	3,94		
Fe <sup>3+</sup>	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02		0,02	0,01	0,02	0,01	0	0,01	0,01	0,05	0,02	0,01		
Mn	0	0	0	0	0,01	0	0,01	0		0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0,01		
Mg	0,01	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01		
Ca	1,02	1,08	0,85	0,89	0,93	0,88	0,10	0,69		0,05	0,07	0,05	0	0	0	0	0	0	0		
Na	2,85	2,77	3,01	2,93	2,94	2,85	1,08	3,11		3,63	3,66	3,54	0,23	0,22	0,08	0,11	0,10	0,15	0,06		
K	0,04	0,07	0,05	0,07	0,08	0,12	2,71	0		0,02	0,02	0,03	3,69	3,79	4,02	3,98	3,95	3,86	3,90		
An	26,1	27,5	21,8	22,8	23,6	22,9	2,5	18,2		1,4	1,9	1,4	0,1	0	0	0	0	0,2	0		
Ab	72,8	70,7	76,9	75,3	74,5	74,0	27,7	81,8		98,2	97,6	97,9	5,8	5,4	2,0	2,8	2,6	3,8	1,6		
Or	1,05	1,81	1,33	1,85	1,92	3,09	69,8	0		0,48	0,48	0,78	94,1	94,6	98,0	97,2	97,4	96,0	98,4		
	1PR1									1BB1											
	29	31	32	33	34	35	36	37	39	1.1	2.1	2.2	2.3	2.5	3.2	3.3	3.5	3.6	3.8		
SiO <sub>2</sub>	64,5	65,2	63,7	64,3	64,4	64,7	65,1	65	69,2	53,3	51,7	52,1	52,8	54,7	54,8	57,4	52,9	53,1	55,9		
TiO <sub>2</sub>	0	0,02	0,01	0	0	0	0,02	0	0,39	0,10	0,07	0,09	0,11	0,15	0,15	0,07	0,12	0,12	0,14		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18	17,8	17,9	17,8	17,8	17,9	17,7	17,7	15,9	28,3	29,4	29,2	29,3	27,2	27,4	26,4	28,6	28,5	27,5		
FeO*	0,08	0,05	0,05	0,04	0,01	0,06	0,04	0,06	0,17	0,68	0,53	0,39	0,47	0,74	0,81	0,54	0,55	0,54	0,46		
MnO	0,01	0	0	0	0	0	0,02	0,05	0	0,02	0,06	0	0	0,07	0,13	0,04	0	0,06	0,05		
MgO	0,02	0,02	0,01	0	0	0	0	0	0	0,10	0,12	0,09	0,07	0,13	0,10	0,10	0,13	0,11	0,13		
CaO	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0,01	11,9	13,2	13,0	12,9	10,4	10,5	7,4	12,2	11,9	9,1		
Na <sub>2</sub> O	0,26	0,20	0,30	0,23	0,19	0,27	0,21	0,17	0,26	4,57	3,89	4,09	4,21	5,37	5,28	5,58	4,62	4,57	5,24		
K <sub>2</sub> O	16,7	16,7	16,5	16,8	17,0	16,3	16,4	16,5	14,7	0,24	0,23	0,17	0,17	0,20	0,24	1,37	0,23	0,24	1,00		
Total	99,6	100	98,5	99,2	99,4	99,2	99,5	99,5	100	99,2	99,2	99,1	100	98,9	99,4	98,9	99,3	99,1	99,5		
Si	12,0	12,1	12,0	12,0	12,1	12,1	12,1	12,1	12,5	9,75	9,49	9,56	9,60	10,0	9,98	10,4	9,68	9,72	10,1		
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02		
Al	3,95	3,88	3,98	3,92	3,92	3,93	3,88	3,88	3,49	6,11	6,36	6,32	6,28	5,86	5,89	5,65	6,17	6,15	5,87		
Fe <sup>3+</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0,03	0,10	0,08	0,06	0,07	0,11	0,12	0,08	0,08	0,08	0,07		
Mn	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0,01	0	0	0,01	0,02	0,01	0	0,01	0,01		
Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04		
Ca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,33	2,61	2,55	2,50	2,04	2,04	1,43	2,39	2,34	1,76		
Na	0,09	0,07	0,11	0,08	0,07	0,10	0,08	0,06	0,09	1,62	1,39	1,46	1,48	1,90	1,87	1,96	1,64	1,62	1,84		
K	3,96	3,95	3,95	4,00	4,05	3,87	3,88	3,92	3,39	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05	0,06	0,32	0,05	0,06	0,23		
An	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	58,1	64,4	63,1	62,2	51,1	51,5	38,6	58,5	58,2	46,0		
Ab	2,3	1,8	2,7	2,0	1,7	2,5	1,9	1,5	2,6	40,5	34,3	36,0	36,8	47,7	47,0	52,9	40,2	40,4	48,0		
Or	97,7	98,2	97,2	98,0	98,3	97,5	98,1	98,5	97,4	1,42	1,31	0,97	0,99	1,19	1,42	8,55	1,33	1,38	6,02		
	1BB1																				
	4.2	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.7	6.9	7.0	7.1	7.6	
SiO <sub>2</sub>	55,0	51,6	52,9	53,8	54,5	52,7	51,8	51,6	51,2	50,3	51,6	58,9	53,5	56,5	51,7	65,7	52,0	56,3	53,6		
TiO <sub>2</sub>	0,09	0,01	0,14	0,09	0,15	0,21	0,10	0,05	0,12	0,02	0,13	0,11	0,06	0,13	0,16	0,08	0,03	0,13	0,21	0,14	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,1	29,1	28,6	28,2	27,7	28,3	28,7	28,7	29,1	29,4	29,6	28,9	25,5	28,3	25,8	28,7	19,9	28,4	25,4	27,9	
FeO*	0,34	0,51	0,58	0,77	0,54	0,95	0,33	0,50	0,35	0,40	0,46	0,52	0,30	0,27	0,40	0,43	1,04	0,72	0,85	0,71	
MnO	0,02	0,05	0	0	0,03	0,04	0,04	0,02	0,01	0,02	0	0,07	0	0	0	0	0,01	0,03	0,01	0,04	
MgO	0,11	0,15	0,14	0,11	0,09	0,20	0,17	0,17	0,04	0,07	0,12	0,17	0,01	0,03	0	0,13	0,54	0,17	0,10	0,06	
CaO	11,9	13,2	12,1	11,6	10,9	11,7	13,1	13,1	12,8	13,5	14,0	13,3	8,1	11,7	8,6	13,2	1,2	12,4	8,7	11,1	
Na <sub>2</sub> O	4,88	4,23	4,96	5,41	5,67	4,76	4,43	4,35	4,24	3,90	4,25	7,51	5,18	6,66	4,38	9,75	4,75	6,67	5,58		
K <sub>2</sub> O	0,21	0,24	0,19	0,25	0,21	0,37	0,16	0,20	0,17	0,15	0,14	0,21	0,15	0,09	0,21	0,24	1,21	0,23	0,25	0,19	
Total	101	99,2	99,8	100	99,7	99,3	98,8	98,7	98,8	99,0	98,6	99,1	101	99,1	98,3	99,1	99,4	98,9	98,5	99,3	
Si	9,89	9,50	9,65	9,77	9,90	9,67	9,55	9,53	9,51	9,44	9,33	9,51	10,5	9,78	10,3	9,54	11,7	9,60	10,3	9,8	
Ti	0,01	0	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0	0,02	0,03	0,02	
Al	5,96	6,31	6,16	6,06	5,93	6,13	6,24	6,26	6,33	6,40	6,43	6,28	5,36	6,10	5,56	6,24	4,17	6,18	5,49	6,01	
Fe <sup>3+</sup>	0,05	0,08	0,09	0,12	0,08	0,15	0,05	0,08	0,05	0,06	0,07	0,08	0,05	0,04	0,06	0,07	0,16	0,11	0,13	0,11	
Mn	0	0,01	0	0	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	
Mg	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	0,05	0,05	0,05	0,01	0,02	0,03	0,05	0	0,01	0	0,04	0,14	0,05	0,03	0,02	
Ca	2,29	2,60	2,36	2,25	2,12	2,30	2,59	2,60	2,52	2,67	2,78	2,63	1,55	2,28	1,68	2,61	0,23	2,45	1,72	2,18	
Na	1,70	1,51	1,75	1,91	2,00	1,70	1,59	1,56	1,63	1,52	1,40	1,52	2,60	1,84	2,36	1,57	3,37	1,70	2,37	1,98	
K	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,09	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,05	0,03	0,02	0,05	0,06	0,27	0,05	0,06	0,04	
An	51,1	62,5	56,8	53,4	50,9	56,4	61,5	61,8	60,1	63,2	65,9	62,7	37,0	55,2	41,1	61,7	6,0	58,3	41,4	51,8	
Ab	47,7	36,2	42,1	45,2	47,9	41,5	37,6	37,1	38,9	35,9	33,3	36,2	62,2	44,3	57,7	37,0	86,9	40,4	5		

Tabla 1: Continuación.

	IBB1			IBB2															
	78	88	90	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	1.10	1.12	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	5.2
SiO <sub>2</sub>	52,5	54,2	60,4	55,1	53,3	55	59,6	54,7	52,9	54,6	54	53,6	54,4	55,8	54,3	54	52,6	54,5	54,2
TiO <sub>2</sub>	0,05	0,17	0,02	0,15	0,03	0,05	0,05	0,08	0,05	0,1	0,08	0,09	0,07	0,06	0,09	0,03	0,07	0,07	0,08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,6	27,2	23,4	27,0	28,9	27,3	24,7	27,9	28,9	27,6	28,1	28,6	27,7	26,6	28,2	28,7	29,3	27,0	27,7
FeO*	0,51	0,46	0,65	0,84	0,58	0,80	0,51	0,67	0,66	0,64	0,92	0,83	0,77	0,73	0,58	0,41	0,63	0,88	0,71
MnO	0,05	0,07	0	0,02	0,03	0	0,05	0	0	0,01	0,07	0,06	0,03	0	0,01	0,10	0	0	
MgO	0,10	0,14	0	0,10	0,13	0,10	0,04	0,13	0,12	0,12	0,12	0,13	0,09	0,11	0,12	0,13	0,12	0,12	0,11
CaO	12,2	10,1	5,55	11,4	12,8	11,4	7,75	11,9	13,0	11,7	12,1	12,5	11,5	10,6	11,8	12,1	13,1	11,3	11,6
Na <sub>2</sub> O	4,99	5,92	8,88	5,18	4,33	5,16	7,11	4,90	4,21	4,87	4,72	4,52	4,82	5,52	4,71	4,63	4,09	5,09	4,9
K <sub>2</sub> O	0,16	0,30	0,20	0,22	0,16	0,23	0,37	0,20	0,17	0,20	0,17	0,16	0,20	0,27	0,16	0,12	0,16	0,19	0,18
Tótal	99,1	98,6	99,1	99,9	100	99,9	99,9	100	100	99,8	99,9	99,9	99,7	99,6	100	100	100	99,2	99,5
Si	9,6	10,0	10,9	10,0	9,7	10,0	10,7	9,9	9,6	9,9	9,8	9,7	9,9	10,1	9,8	9,8	9,6	10,0	9,87
Ti	0,01	0,02	0	0,02	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0,01
Al	6,19	5,90	4,98	5,77	6,18	5,83	5,21	5,93	6,20	5,91	6,01	6,10	5,94	5,69	6,03	6,12	6,28	5,81	5,95
Fe <sup>2+</sup>	0,08	0,07	0,10	0,13	0,09	0,12	0,08	0,10	0,10	0,10	0,14	0,13	0,12	0,11	0,09	0,06	0,10	0,14	0,11
Mn	0,01	0,01	0	0	0,01	0	0,01	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0,02	0	0
Mg	0,03	0,04	0	0,03	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
Ca	2,40	1,99	1,07	2,21	2,49	2,22	1,48	2,30	2,53	2,28	2,35	2,42	2,25	2,05	2,29	2,34	2,55	2,22	2,27
Na	1,78	2,11	3,11	1,82	1,52	1,81	2,46	1,72	1,48	1,72	1,66	1,59	1,70	1,94	1,66	1,62	1,44	1,80	1,73
K	0,04	0,07	0,05	0,05	0,04	0,05	0,08	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,06	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04
An	56,9	47,8	25,4	54,2	61,4	54,3	36,8	56,6	62,5	56,4	58,1	59,9	56,3	50,6	57,5	58,7	63,3	54,6	56,1
Ab	42,2	50,6	73,5	44,6	37,7	44,4	61,1	42,3	36,6	42,4	40,9	39,2	42,6	47,9	41,6	40,7	35,8	44,3	42,8
Or	0,89	1,69	1,08	1,22	0,92	1,33	2,10	1,13	0,96	1,15	0,99	0,91	0,14	1,54	0,95	0,70	0,95	1,07	1,01
	IBB2			IBB4															
	5.3	5.4	5.5	6.3	7.1	7.2	7.3	7.4	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	1.10	1.11	
SiO <sub>2</sub>	53,3	55,9	53	52,7	55,3	54,5	53,3	53,5	54,6	53,3	53,8	52,6	52,5	54,4	53,7	53,2	52,3	52,6	
TiO <sub>2</sub>	0,07	0,08	0,12	0,1	0,17	0,07	0,09	0,04	0,13	0,07	0,15	0,09	0,14	0,12	0,13	0,07	0,11	0,07	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,5	26,6	28,6	29,4	26,7	28,6	28,8	28,6	27,6	29,3	28,4	29,7	29,2	29,0	28,1	29,0	28,9	29,3	
FeO*	0,74	0,89	0,82	0,77	0,84	0,39	0,37	0,23	0,79	0,60	0,65	0,59	0,51	0,50	0,67	0,65	0,65	0,49	
MnO	0,07	0	0,02	0	0	0	0,03	0,11	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0,07	
MgO	0,13	0,15	0,18	0,20	0,11	0,15	0,13	0,13	0,12	0,12	0,10	0,14	0,14	0,14	0,15	0,16	0,14	0,13	
CaO	13,0	10,7	12,6	11,5	11,0	12,1	12,6	12,2	11,1	12,8	11,9	13,2	13,1	12,1	12,0	12,7	12,9	13,2	
Na <sub>2</sub> O	4,43	5,39	4,54	3,77	5,30	4,54	4,73	4,67	5,01	4,29	4,76	4,07	4,12	4,78	4,62	4,32	4,02	3,94	
K <sub>2</sub> O	0,13	0,24	0,13	1,16	0,30	0,12	0,13	0,15	0,25	0,14	0,19	0,12	0,14	0,23	0,22	0,15	0,13	0,11	
Tótal	100	99,8	100	99,5	99,8	101	100	99,6	99,6	100	99,9	100	100	100	99,6	99,9	99,3	99,8	
Si	9,7	10,1	9,6	9,6	10,1	9,8	9,7	9,7	9,92	9,62	9,78	9,52	9,56	9,74	9,78	9,64	9,58	9,58	
Ti	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	
Al	6,10	5,69	6,15	6,33	5,72	6,08	6,16	6,13	5,91	6,24	6,03	6,34	6,27	6,13	6,04	6,19	6,25	6,28	
Fe <sup>2+</sup>	0,11	0,14	0,13	0,12	0,13	0,06	0,06	0,04	0,12	0,09	0,10	0,09	0,08	0,07	0,10	0,10	0,10	0,08	
Mn	0,01	0	0	0	0	0	0	0,02	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01	
Mg	0,03	0,04	0,05	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
Ca	2,52	2,07	2,46	2,25	2,14	2,34	2,45	2,38	2,17	2,48	2,31	2,56	2,56	2,33	2,35	2,47	2,54	2,57	
Na	1,56	1,89	1,60	1,33	1,87	1,58	1,66	1,65	1,77	1,50	1,68	1,43	1,46	1,66	1,64	1,52	1,43	1,39	
K	0,03	0,06	0,03	0,27	0,07	0,03	0,03	0,03	0,06	0,03	0,05	0,03	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	
An	61,3	51,5	60,1	58,4	52,5	59,2	59,2	58,6	54,3	61,8	57,4	63,8	63,3	57,7	58,2	61,4	63,6	64,4	
Ab	38,0	47,1	39,2	34,6	45,8	40,1	40,1	40,6	44,2	37,4	41,5	35,6	36,0	41,1	40,5	37,7	35,7	34,9	
Or	0,73	1,37	0,74	7,03	1,71	0,72	0,73	0,84	1,45	0,80	1,11	0,68	0,78	1,28	1,25	0,87	0,74	0,64	
	IBB4																		
	1.12	1.13	2.2	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.7	4.8	4.9	4.10	4.11	4.12	4.13	4.14	4.15	4.16	4.17
SiO <sub>2</sub>	51,7	53,1	54,7	54,2	55,2	51,9	53,1	53,1	53,4	52,9	54,0	53,9	53,4	53,7	55,2	53,7	53,6	53,4	53,5
TiO <sub>2</sub>	0,16	0,10	0,15	0,07	0,12	0,03	0,10	0,10	0,09	0,05	0,06	0,12	0,06	0,13	0,03	0,09	0,01	0,08	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29,2	28,9	27,6	27,9	27,6	29,5	28,9	29,2	28,5	28,7	28,4	28,4	28,7	28,3	27,4	28,7	28,8	28,8	28,9
FeO*	0,51	0,52	0,79	0,79	0,90	0,99	0,58	0,67	0,74	0,73	0,54	0,86	0,25	0,30	0,95	0,30	0,46	0,34	0,17
MnO	0,06	0,01	0	0,08	0,09	0,12	0,02	0,03	0	0,09	0	0,04	0,06	0	0,05	0	0	0,05	0,01
MgO	0,14	0,11	0,13	0,13	0,11	0,24	0,16	0,14	0,11	0,10	0,11	0,19	0,14	0,13	0,10	0,12	0,15	0,08	0,11
CaO	13,3	12,5	11,2	11,5	11,1	13,4	12,8	12,8	12,2	12,5	11,8	12,0	12,2	12,0	11,0	12,2	12,0	12,3	12,3
Na <sub>2</sub> O	3,80	4,30	4,99	4,74	4,99	3,84	4,08	4,46	4,49	4,41	4,46	4,99	4,49	4,44	5,38	4,54	4,69	4,47	4,60
K <sub>2</sub> O	0,16	0,17	0,25	0,28	0,23	0,17	0,16	0,13	0,15	0,16	0,22	0,20	0,13	0,13	0,26	0,15	0,11	0,18	0,15
Tótal	99,1	99,8	99,9	99,7	100	100	100	101	99,6	99,7	99,5	101	99,4	99,0	100	99,9	100	99,6	99,8
Si	9,51	9,66	9,93	9,86	9,97	9,47	9,65	9,61	9,73	9,66	9,81	9,76	9,74	9,81	9,96	9,75	9,72	9,72	9,71
Ti	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0	0,01	0	0,01
Al	6,27	6,21	5,91	5,98	5,87	6,34	6,20	6,26	6,12	6,18	6,09	6,06	6,16	6,09	5,91	6,15	6,15	6,18	6,19
Fe <sup>2+</sup>	0,08	0,08	0,12	0,12	0,14	0,15	0,09	0,10	0,11	0,11	0,08	0,13	0,04	0,05	0,14	0,05	0,07	0,05	0,03
Mn	0,01	0	0	0,01	0,01														

y ulterior de feldespato potásico.

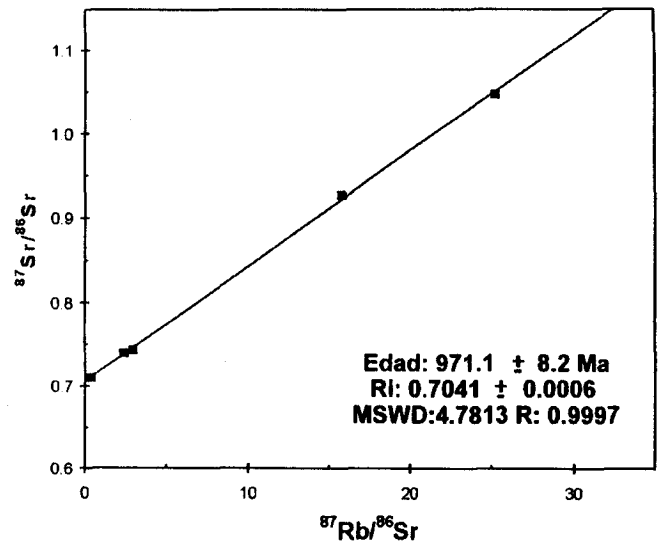
La evolución de dicha relación entre las etapas granito y riolita, de acuerdo con Marmottans (1976), habría estado controlada por la cristalización del feldespato potásico. El empobrecimiento en Ba y Sr desde el granito a la riolita es común en la evolución magmática hacia líquidos residuales graníticos tras un proceso importante de separación de plagioclasa e incluso biotita.

Algunos elementos incompatibles de elevada carga (Nb, Ce y Zr, no el Y) registran contenidos similares a granitoides evolucionados del tipo I. La valoración de estos elementos como discriminantes permite excluir la posibilidad de que, siendo peraluminoso, pueda corresponder al tipo «A», dado que los valores de Zr y elementos HFS para estos últimos son bastante mayores. Según Thieblemont y Cabanis (1990), sus relaciones Nb-Rb-Y le asignarían al granito y sus derivados ciertas afinidades alcalinas.

Respecto a la composición química de los diques básicos, globalmente corresponde a la de basaltos-andesitas basálticas en sentido amplio (Le Maitre 1989). Su alto contenido en potasio, así como su tendencia hacia la andesita basáltica, es engañosa por la participación en el análisis de los macrocristales de feldespato.

**Tabla 2:** Composiciones químicas del piroxeno de los diques máficos (BB2). Fuente: microsonda electrónica de la Universidad de Oviedo.

	IBB2			
	2.3	2.4	6.1	6.2
SiO <sub>2</sub>	49,4	49,6	49,4	48,9
TiO <sub>2</sub>	1,88	1,64	1,88	2,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,78	2,75	3,29	3,48
FeO	14,2	14,3	13,6	13,1
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0,02	0
MnO	0,33	0,40	0,39	0,27
NiO	0	0,02	0	0
MgO	11,7	11,9	11,6	11,3
CaO	20	20,1	20,4	20,4
Na <sub>2</sub> O	0,35	0,39	0,43	0,46
K <sub>2</sub> O	0	0	0,01	0
Total	100,7	101,2	101,1	99,9
TSi	1,87	1,86	1,86	1,86
TAI	0,12	0,12	0,15	0,14
TFe <sup>3+</sup>	0,01	0,02	0	0
M1Al	0	0	0	0,02
M1Ti	0,05	0,05	0,05	0,06
M1Fe <sup>3+</sup>	0,05	0,07	0,07	0,04
M1Fe <sup>2+</sup>	0,24	0,21	0,23	0,24
M1Cr	0	0	0	0
M1Mg	0,66	0,67	0,65	0,64
M1Ni	0	0	0	0
M2Mg	0	0	0	0
M2Fe <sup>2+</sup>	0,15	0,15	0,13	0,13
M2Mn	0,01	0,01	0,01	0,01
M2Ca	0,81	0,81	0,82	0,83
M2Na	0,03	0,03	0,03	0,03
M2K	0	0	0	0
Sum.cat.	4	4	4	4
Wo	42	41,7	43	43,9
En	34,2	34,4	34	33,8
Fs	23,8	23,9	23	22,4



**Figura 2:** Isocrona  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  vs  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  del Granito Bertrab (recalculada utilizando los datos analíticos de Eastin y Faure 1971).

La vinculación genética entre el Granito Bertrab y su cortejo de diques queda evidenciada por el estudio geocronológico Rb/Sr de Eastin y Faure (1971), en el que se demuestra la coetaneidad de las diferentes facies litológicas. La baja relación inicial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0,7042) para una roca de tal edad puede indicar un magma parental de composición basáltica de procedencia mantélica con cierta contaminación cortical, también visible en los contenidos de K y Al.

Si se proyectan K<sub>2</sub>O frente a SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> frente a MgO, Zr frente a Nb, Y frente a SiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> frente a CaO y Ni frente a Cr, los diques básicos se presentan dentro del campo de los lamprófiros hornbléndicos de Rock *et al.* (1988). La generación de estas rocas máficas ha sido asociada a un predominio de la presión de agua por encima de la presión de CO<sub>2</sub> en la fuente.

## Edad

La falta de deformación y alteraciones del cuerpo granítico ha permitido realizar un buen estudio geocronológico. Dataciones radimétricas fueron llevadas a cabo en el Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS) por el método de K/Ar sobre roca total. Asimismo, utilizando los datos analíticos de las cinco muestras del nunatak Bertrab presentadas por Eastin y Faure (1971), se recalculó la edad propuesta por dichos autores (1001 ± 16 Ma), utilizando los nuevos valores de la constante de desintegración del  $^{87}\text{Rb}$  y diferentes modelos para la construcción del diagrama isocronico.

El análisis potasio-argón efectuado por medio de la técnica de roca total, arrojó los siguientes datos analíticos:

**Tabla 3:** Composiciones químicas de los anfíboles del Granito Bertrab (GB2) y de los diques máficos (BB1). Fuente: microsonda electrónica de la Universidad de Oviedo.

	1GB2						1BB1																			
	2.2.1	2.2.3	2.3.1	2.4.3	2.5.1	2.5.2	2.4	3.1	3.7	4.1	45	60	65	72	73	79	82	83	84	85	86	87	89	91		
SiO <sub>2</sub>	52,9	53,8	50,4	50,3	51,6	53,3	50,3	50,4	51,2	51,5	45,0	51,0	49,9	42,4	50,0	50,4	49,4	49,7	49,3	51,0	48,6	52,1	50,1	51,1		
TiO <sub>2</sub>	0,19	0,06	0,16	0,20	0,17	0,02	0,43	1,39	0,36	0,41	1,11	0,56	0,83	10,3	0,82	0,46	0,62	0,58	0,64	0,05	0,40	0,05	0,48	0,44		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,57	1,93	3,11	3,40	2,73	1,24	3,40	3,12	2,97	2,99	8,02	3,07	3,71	3,63	3,73	2,71	4,10	4,16	4,11	3,61	4,49	2,28	3,86	3,02		
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,07	0	0,01	0	0,02	0,03	0	0	0,06	0	0	0	0,01	0,02	0	0	0	0	0,04	0,02	0,02	0,10	0		
FeO*	14,5	13,2	15,4	15,2	14,2	14,3	17,0	17,0	17,1	16,4	16,6	15,5	16,7	17,5	16,0	15,8	16,3	16,8	16,9	15,9	16,3	15,6	16,4	15,7		
MnO	0,87	1,37	0,96	1,04	1,20	1,90	0,38	0,56	0,36	0,53	0,30	0,53	0,48	2,45	0,56	0,44	0,50	0,57	0,41	0,57	0,42	0,38	0,65	0,63		
MgO	13,8	13,9	12,9	13,0	13,4	13,2	12,6	12,2	12,6	12,3	10,7	13,4	12,6	12,1	13,3	13,8	13,2	12,9	12,5	13,6	13,2	14,3	13,1	13,4		
CaO	11,9	12,3	11,9	11,5	12,2	12,4	11,9	12,7	12,1	12,3	12,9	12,0	12,0	8,8	12,2	12,2	12,3	12,2	12,3	11,8	12,0	12,6	12,1	12,2		
Na <sub>2</sub> O	1,31	0,45	1,16	1,66	0,99	0,40	0,53	0,56	0,65	0,63	1,08	0,53	0,70	0,35	0,71	0,51	0,75	0,82	0,68	0,83	1,05	0,44	0,92	0,63		
K <sub>2</sub> O	0,50	0,23	0,65	0,68	0,46	0,21	0,22	0,29	0,21	0,25	0,81	0,34	0,31	1,22	0,29	0,27	0,31	0,29	0,28	0,24	0,41	0,12	0,33	0,25		
Total	98,5	97,3	96,8	97,0	96,9	96,9	96,7	98,1	97,4	97,3	96,5	96,9	97,3	98,7	97,6	96,7	97,5	98,1	97,1	97,6	97,0	97,8	98,0	97,3		
cationes por 23 O																										
TSi	7,69	7,85	7,52	7,47	7,64	7,87	7,43	7,44	7,54	7,62	6,85	7,50	7,36	6,18	7,33	7,43	7,26	7,27	7,30	7,42	7,19	7,57	7,33	7,50		
TAI	0,31	0,15	0,48	0,53	0,36	0,13	0,57	0,55	0,46	0,38	1,15	0,50	0,64	0,63	0,65	0,47	0,71	0,72	0,70	0,58	0,78	0,39	0,67	0,50		
TFe <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	1,20	0,02	0,10	0,03	0,01	0	0	0,03	0,04	0,01	0		
TTi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Sum T	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		
CAI	0,13	0,18	0,07	0,07	0,12	0,08	0,03	0	0,05	0,14	0,29	0,03	0,01	0	0	0	0	0	0,02	0,04	0	0	0	0,02		
CCr	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0,01		
CFe <sup>3+</sup>	0	0	0,12	0,15	0	0	0,49	0,02	0,29	0	0	0,35	0,40	0,50	0,40	0,40	0,44	0,49	0,39	0,55	0,53	0,36	0,43	0,33		
CTi	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0	0,05	0,15	0,04	0,05	0,13	0,06	0,09	1,13	0,09	0,05	0,07	0,06	0,07	0,01	0,04	0,01	0,05	0,05		
CMg	2,98	3,03	2,87	2,88	2,96	2,91	2,77	2,68	2,76	2,71	2,44	2,94	2,78	2,64	2,90	3,04	2,90	2,82	2,76	2,94	2,92	3,09	2,86	2,92		
CFe <sup>2+</sup>	1,76	1,61	1,81	1,75	1,75	1,77	1,62	2,07	1,81	2,02	2,11	1,56	1,66	0,43	1,54	1,45	1,53	1,56	1,72	1,38	1,46	1,50	1,57	1,60		
CMn	0,11	0,17	0,12	0,13	0,15	0,24	0,05	0,07	0,05	0,07	0,04	0,07	0,06	0,30	0,07	0,05	0,06	0,07	0,05	0,07	0,05	0,05	0,08	0,08		
CCa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Sum C	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
BMg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
BFe <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
BMn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
BCa	1,85	1,91	1,90	1,83	1,93	1,96	1,88	2,00	1,91	1,95	2,00	1,89	1,89	1,37	1,91	1,93	1,95	1,91	1,95	1,84	1,91	1,96	1,90	1,91		
BNa	0,15	0,09	0,10	0,17	0,07	0,04	0,12	0	0,09	0,05	0	0,11	0,11	0,10	0,09	0,07	0,06	0,09	0,05	0,16	0,09	0,04	0,10	0,09		
Sum B	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
ACa	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ANa	0,22	0,04	0,24	0,31	0,22	0,07	0,03	0,16	0,09	0,13	0,32	0,05	0,09	0	0,12	0,08	0,16	0,15	0,15	0,08	0,21	0,08	0,16	0,09		
AK	0,09	0,04	0,13	0,13	0,09	0,04	0,04	0,06	0,04	0,05	0,16	0,06	0,06	0,23	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,08	0,02	0,06	0,05		
Sum A	0,31	0,08	0,36	0,44	0,30	0,11	0,07	0,22	0,13	0,18	0,58	0,11	0,15	0,23	0,17	0,13	0,22	0,20	0,20	0,12	0,29	0,10	0,22	0,14		
S cat	15,3	15,1	15,4	15,4	15,3	15,1	15,1	15,2	15,1	15,2	15,6	15,1	15,2	14,7	15,2	15,1	15,2	15,2	15,2	15,1	15,3	15,1	15,2	15,1		
S ox	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		

Muestra AK N°: 3873

K: 2,90 %

<sup>40</sup>K: 8,657x 10<sup>-8</sup> mol/g

<sup>40</sup>Ar<sub>rad</sub>: 66,828 x 10<sup>-10</sup> mol/g

<sup>40</sup>Ar<sub>atm</sub>: 40,0 %

Edad: 996 ± 40 Ma

Error analítico: 4,0 %

La isocrona construida utilizando las cinco muestras analizadas por los autores antes mencionados dio una edad de 971 ± 8 Ma (Fig. 2), mientras que la hallada excluyendo los datos analíticos del miembro aplítico es de 992 ± 12 Ma (Fig. 3). En ambos casos se utilizaron los modelos York y Williamson, con resultados coincidentes.

	Incluye aplita	Sin miembro aplítico
Edad	971 ± 8	992 ± 12
( <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr) <sub>i</sub>	0,70419	0,70354
MSWD	4,78	3,99
Coef. correl.	0,9998	0,9999

Las edades halladas para las dos isocronas rubidio-estroncio son concordantes entre sí, dentro del error analítico del método y también con el valor hallado por medio de la datación potasio-argón.

La excelente concordancia de ambos métodos refleja un rápido enfriamiento y la ausencia en la región de eventos posteriores, fundamentalmente de la Orogenia Ross que ha modificado en otras áreas las edades potasio-argón.

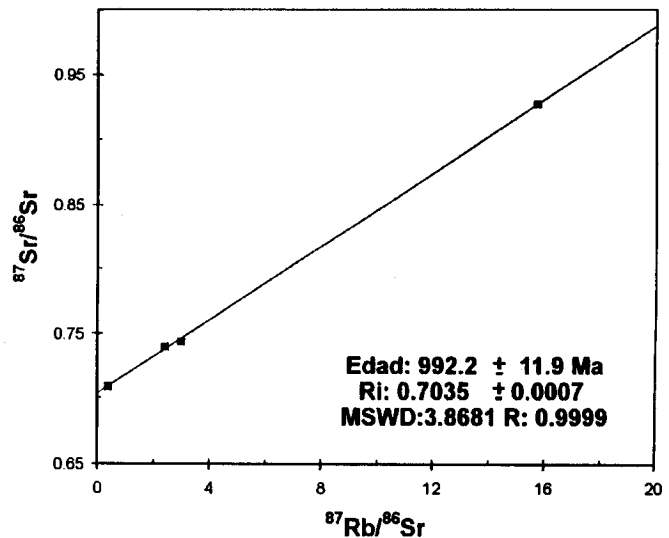


Figura 3: Isocrona <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr vs <sup>87</sup>Rb/<sup>86</sup>Sr Granito Bertrab (ídem anterior pero excluyendo el miembro aplítico).

**Tabla 4:** Análisis químicos ICP de roca total y normas CIPW del Granito Bertrab (GB3), dique riolítico (PR1) y de su cortejo de diques básicos (BB3, LB3, y BB4). (Acme Labs. Analista: C. Leong).

	1GB3	1PRI	1BB3	1LB3	1BB4
SiO <sub>2</sub>	73,24	74,11	49,04	49,36	49,85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,63	12,34	16,49	19,51	19,71
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,75	2,44	12,07	9,34	9,47
MgO	0,34	0,11	6,48	4,09	4,09
CaO	1,01	0,3	7,98	8,05	8,1
Na <sub>2</sub> O	4,35	1,5	2,54	3,21	3,25
K <sub>2</sub> O	4,1	7,8	2,68	0,79	0,84
TiO <sub>2</sub>	0,31	0,15	1,83	1,31	1,33
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	<0,01	0,24	0,24	0,19
MnO	0,06	0,03	0,21	0,15	0,15
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,001	<0,001	0,003	0,002	<0,001
Ba	1270	762	308	270	272
Cu	<50	<50	<50	<50	53
Zn	53	<50	262	82	88
Ni	<20	<20	52	60	46
Co	<50	<50	<50	<50	<50
Sr	100	43	346	493	498
Zr	230	243	133	78	79
Ce	<50	69	<50	<50	<50
Y	26	47	30	19	18
Nb	<10	10	<10	<10	<10
Sc	<10	<10	45	32	33
Ta	<50	<50	<50	<50	<50
PPI	0,6	0,3	1,2	3,6	3,7
Sum	100,7	99,3	100,9	99,8	100,8
normas CIPW					
cuarzo	29,5	34,64	0,55	5,35	5,25
corindón	0,14	0,82	0	0	0
circón	0,05	0,05	0,03	0,01	0,02
ortosa	24,23	46,09	15,84	4,67	4,96
albita	36,81	12,69	21,49	27,16	27,5
anortita	5,17	1,66	25,68	36,49	36,71
diópsido	0	0	5,43	0	0
enstatita	0,85	0,27	13,62	10,19	10,19
ilmenita	0,13	0,06	0,46	0,34	0,33
hematita	2,75	2,44	12,07	9,34	9,47
rutilo	0,24	0,12	0	0,53	0,45
titanita	0	0	3,9	1,47	1,72
apatita	0,05	0	0,57	0,57	0,45
total	99,9	98,85	99,64	96,13	97,05

Ref: < es menor que (límite de detección del método).

## Discusión

La asociación espacial entre basaltos y granitos post-orogénicos es un fenómeno común en el registro geológico. La relación parental entre estas rocas ha sido una cuestión debatida desde antaño (véase Suzuki y Shiraki 1980). En el caso presentado aquí se comprueban ciertos hechos que son importantes en la interpretación:

a) La asociación espacial del Granito Bertrab con los diques leuco y melanocráticos que lo cortan es un indicio no sólo del emplazamiento más o menos simultáneo sino también de la posible conexión genética entre los distintos tipos litológicos.

b) El cortejo de diques se asemeja a un emplazamiento «central» en el sentido de Rock *et al.* (1988), consistente con la geoquímica presentada. El relajamiento progresivo de la corteza con el tiempo ha favorecido la profusión del emplazamiento de los diques durante los últimos estadios del ciclo magmático.

c) El origen del crecimiento de los megacrístales de feldespatos de los diques melanocráticos debe buscarse indudablemente en el granito.

d) La edad K/Ar de 996 Ma  $\pm$  40 del Granito Bertrab y su cortejo de diques es similar, dentro del error analítico de los métodos utilizados, con el valor hallado por medio de isocronas Rb/Sr, y lo ubica cronológicamente en el Mesoproterozoico alto. La relación inicial <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr de 0,7042 indicaría un origen mantélico con escasa contaminación cortical.

e) El Granito Bertrab tiene las características de un plutón posttectónico, emplazado pasivamente. Esto es consistente con su asociación temporal tardía a uno de los picos de actividad magmática en el territorio antártico (1050 Ma), señalado por Grikurov *et al.* (1982). El Granito Bertrab podría pertenecer a una fase magmática postrera de la orogenia Grenvillana (*Grenville Province*) en sentido temporal (entre 1000-1300 Ma según Pankhurst *et al.* 1988 o 1000 Ma según Moores 1991), no regional, producto de la formación del supercontinente de Rodinia, sin que ello signifique necesariamente una anterior coherencia con Laurentia.

## Conclusiones

El Granito Bertrab es un granitoide peraluminoso, con altos contenidos de K<sub>2</sub>O y Na<sub>2</sub>O y relaciones Nb-Rb-Y que le confieren ciertas afinidades alcalinas. Su asociación espacial, temporal y genética con un cortejo de diques basálticos y riolíticos (emplazados en ese orden), ambos expresados en sentido amplio, sugiere que el complejo ha derivado de un único magma parental primigenio, constituyendo su expresión más evolucionada y superficial.

Las edades rubidio-estroncio y potasio-argón sugieren una intrusión y enfriamiento rápidos, asociados a la última fase del ciclo magmático mesoproterozoico superior del área, con un emplazamiento posttectónico pasivo para el conjunto. Los sistemas no han sido disturbados por episodios registrados en otros sectores por la Orogenia Ross.

Las dataciones radimétricas efectuadas por el método K/Ar y las isocronas, construidas sobre la base de los datos analíticos de Eastin y Faure (1971) son coincidentes con las informadas por Storey *et al.* (1994) y Gose *et al.* (1997) y demuestran la vinculación genética entre todas las rocas aflorantes en el nunatak Bertrab.

## Agradecimientos

Es menester expresar el reconocimiento a la Dirección Nacional del Antártico, al Instituto Antártico Argentino, al Ejército Argentino y a la Armada Ar



gentina por su apoyo logístico en tan altas latitudes. Se agradece asimismo a P. Recabarren, S.R. Ozu y J. Tolosa por haber colaborado con el primero de los autores en la colección de material litológico de los afloramientos rocosos de la región.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Acevedo, R.D., Linares, E., Valín, M.L., Osters, H.A. y Martín-Izard, A., 1998. El Granito Bertrab (Antártida occidental): un cuerpo eruptivo de mil millones de años. Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía. Resúmenes de comunicaciones del Congreso de Mineralogía y Petrología SEM98 y 18 Reunión de la SEM, 21-A: 28-29. Bilbao.
- Aughenbaugh, N.B., Lounsbury, R.W. y Behrendt, J.C., 1965. The Littlewood Nunataks, Antarctica. *Journal of Geology*, 73: 889-894.
- Bailey, S.W., 1980. Summary of recommendations of AIPEA Nomenclature Committee. *Clay Minerals*, 15: 85-93. USA.
- Caminos, R. y Massabie, A.C., 1980. Antártida Argentina e Islas del Atlántico Sur. En: Turner, J.C.M. (Ed.): 2º Simposio Geología Regional Argentina, 2: 1529-1575. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba.
- Cordini, I.R., 1959. El conocimiento geológico de la Antártida. Instituto Antártico Argentino, Publicación N° 6. Buenos Aires.
- Debon, F. y Le Fort, P., 1983. A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Transactions of The Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 73: 135-149.
- Debon, F. y Le Fort, P., 1988. A cationic classification of common plutonic rocks and association: principles, method, application. *Bulletin of Mineralogy*, 111: 493-510.
- Eastin, R. y Faure, G., 1971. The age of the Littlewood Volcanics of Coats Land. *Journal of Geology*, 79(2): 241-245.
- Grikurov, G.E., Kamenev, E.N., y Kameneva, G.I., 1982. Granitic complexes in Antarctica. En: Campbell Craddock, F. (Ed.): *Antarctic Geoscience*, p. 695-701.
- Gose, W.A., Helper, M.A., Connelly, J.N., Hutson, F.E. y Dalziel, I.W.D., 1997. Paleomagnetic data and U-Pb isotopic age determinations from Coats Land, Antarctica: Implications for late Proterozoic plate reconstructions. *Journal of Geophysical Research*, 102(B4): 7887-7902.
- Le Maitre, R.W. (Ed.), 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Blackwell, 193 p. Oxford.
- Leake, B.E., Woolley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J., Maresch, W.V., Nickel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Stephenson, N.C.N., Whittaker, E.J.W. y Youzhi, G., 1997. Nomenclature of amphiboles: report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association. Commission on New Minerals and Mineral Names. *Mineralogical Magazine*, 61: 295-321.
- Marmottans, M., 1976. Contribution à la connaissance des granitoïdes corso-sardes. Li, Rb, Sr, Ba dans les massifs granitiques de Budduso et de Concas (Sardaigne nord-orientale) et dans leurs enclaves. Implications pétrogénétiques. Thèse 3<sup>ème</sup> Université Saint Jérôme, Francia, 56 p. (Inédito).
- Moore, E.M., 1991. Southwest U.S.-East Antarctic (SWEAT) connection: A hypothesis. *Geology*, 19: 425-428.
- Pankhurst, R.J., Hole, M.J., y Brook, M., 1988. Isotope evidence for the origin of Andean granites. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 79: 123-133.
- Rock, N.M.S., Gaskart, J.W., Henne, P.J. y Shand, P., 1988. Late caledonian dyke swarms of Northern Britain: some preliminary petrogenetic and tectonic implications of their province-wide distribution and chemical variation. *Canadian Mineralogist*, 26: 3-22.
- Sack, R.O. y Ghiorso, M.S., 1989. Importance of considerations of mixing properties in establishing an internally consistent thermodynamic database: thermochemistry of minerals in the system  $Mg_2SiO_4$ - $Fe_2SiO_4$ - $SiO_2$ . *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 102: 41-68.
- Storey, B.C., Pankhurst, R.J. y Johnson, A.C., 1994. The Grenville Province within Antarctica: a test of the SWEAT hypothesis. *Journal of the Geological Society*, 151: 1-4. London.
- Suzuki, K. y Shiraki, K., 1980. Chromite-bearing spessartites from Kasuga-mura, Japan, and their bearing on possible mantle origin andesite. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 71: 313-322.
- Teruggi, M.E., 1955. Rocas procedentes del Nunatak Bertrab. En: Capurro, L.R.A. (Ed.): Expedición Argentina al Mar de Weddell. Ministerio de Marina de la República Argentina, Dirección General Navegación e Hidrografía. Buenos Aires.
- Thieblemont, D. y Cabanis, B., 1990. Utilisation d'un diagramme (Rb/100)-Tb-Ta pour la discrimination géochimique et l'étude des roches magmatiques acides. *Bulletin Société Géologique de France*, 8(6, 1): 23-35.
- Toubes Spinelli, R.O., 1983. Geología del Nunatak Bertrab, Sector Antártico Argentino. Dirección Nacional del Antártico. Instituto Antártico Argentino, Contribución N° 296, 9 p. Buenos Aires.

Recibido: 14 de abril, 1998

Aceptado: 4 de julio, 2000