

Geoquímica del Boro y Elementos Incompatibles en el Granito de Nisa-Alburquerque

Geochemistry of Boron and Incompatible elements in the Nisa-Alburquerque Granite

L. González Menéndez ⁽¹⁾ y M.D. Pereira ⁽²⁾

⁽¹⁾ Sílices La Cuesta S.L. C/Príncipe de Asturias nº5, Salinas 33400 Asturias luisgm16@hotmail.com

⁽²⁾ Área de Petrología y Geoquímica, Dpto de Geología, Universidad de Salamanca 37008 Salamanca.mdp@usal.es

ABSTRACT

In the Peraluminous Nisa-Alburquerque granite we have study the Boron and incompatible elements (Rb, Li, Cs, Be, Sn, U) contents. Despite scattering, these elements show an increase from monzogranites towards leucogranites and aplites. Leucogranites and aplites with roughly the same differentiation index show very variable contents in B and incompatible elements. We propose that variability in monzogranites could be due to inherited compositional heterogeneities from the protolith, whereas the high variability in leucogranites and aplites could be due to late magmatic processes such as hydrothermalism.

Key words: Granite, Geochemistry, Peraluminous, Boron, Incompatible Elements, Protolith, Hydrothermalism.

Geogaceta, 32 (2002), 151-154
ISSN:0213683X

Introducción

El Batolito de Nisa-Alburquerque es un cuerpo granítico con una extensión de afloramiento próxima a 1000km². Se emplazó a 2-3kb durante el periodo Carbonífero tardío, (290-300 ma) posterior a la estructuración varisca. Intruye a la parte sur de la Zona Centroibérica, a la Zona de Cizalla Badajoz-Córdoba (ZCBC) y a la parte norte de la zona de Ossa-Morena.

El batolito de Nisa-Alburquerque (Fig. 1) esta formado por 5 facies: La facies principal es un granito de grano grueso (GGG) que representa el ~ 70% del afloramiento. Esta formada por monzogranitos y leucogranitos peraluminicos de dos micas con cordierita, turmalina y andalucita como minerales principales. Incluidos en esta facies se encuentran pequeños stocks de granito de grano fino (GGF) formados por leucogranitos peraluminicos de idéntica mineralogía. También existen diques aplíticos y pegmatíticos intruidos y segregados en el granito de grano grueso, peraluminicos y de similar mineralogía. En la zona centro-occidental del batolito aparece el granito central A (GCA) que forma una banda de afloramiento (~20% del afloramiento) emplazada en el granito de grano grueso. Es un leucogranito peraluminico de dos

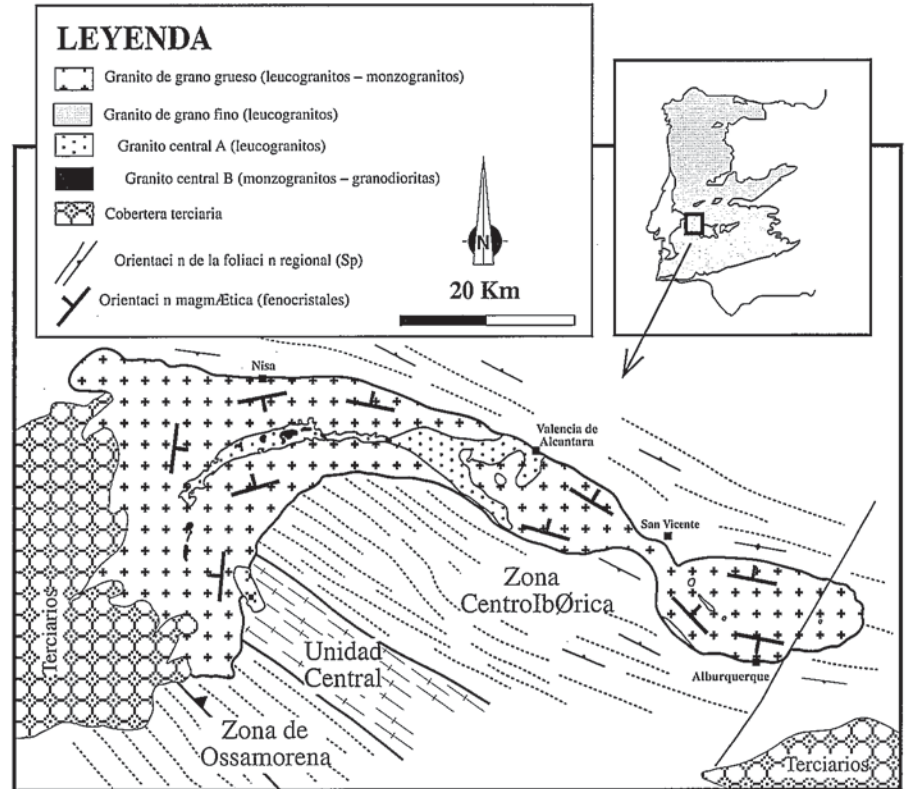


Fig. 1.- Mapa geológico del batolito de Nisa-Alburquerque (geología del encajante simplificada a partir de Gonçalves, 1971)

Fig. 1.- Geological map of the Nisa-Alburquerque batholith (geology of the country rocks simplified after Gonçalves, 1971)

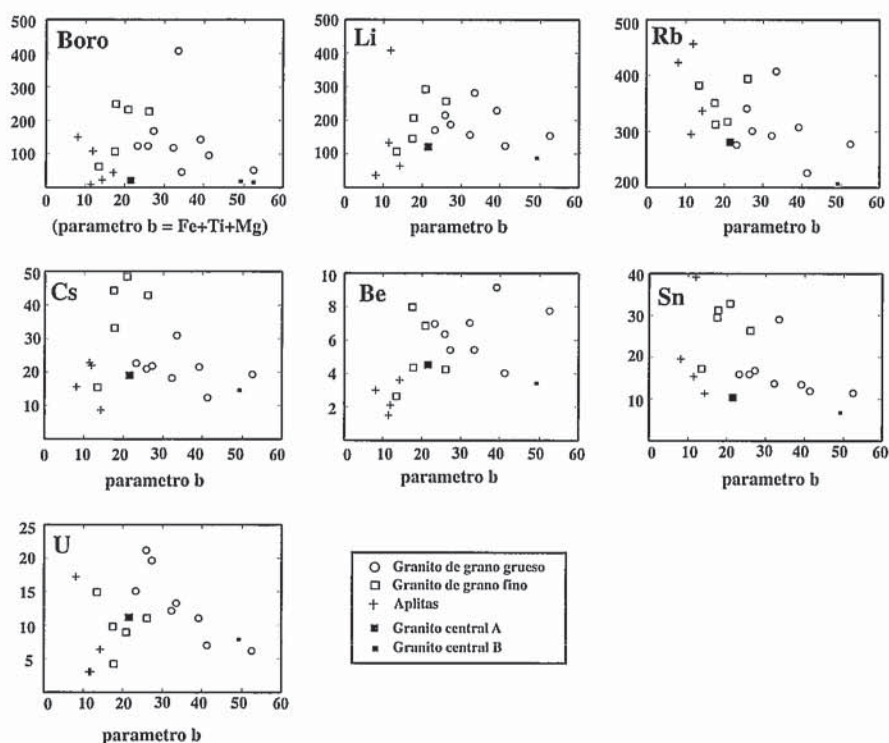


Fig. 2.- Diagramas de variación para el Boro y elementos incompatibles frente al parámetro B (Debon y Le Fort, 1983) como índice de diferenciación.

Fig. 2.- Variation diagrams for Boron and incompatible elements versus B parameter (Debon & Le Fort, 1983) as the differentiation index.

micas con abundante feldespato potásico. El granito central B (GCB) forma stocks incluidos en el granito de grano grueso y en el granito central A. Incluye tonalitas, granodioritas y monzogranitos levemente peraluminicos a metaluminicos, sin conexión genética con el resto de facies. Estudios previos se han reconocido una petrogenesis común para las facies GGG, GGGF, Aplitas y GCA (González Menéndez, 1998; Ramírez y Menéndez, 1999) todas peraluminicas y de tipo-S. Al estudiar la geoquímica de estas facies se observa un enriquecimiento con la diferenciación para Si, Na, K, P, Li, Rb, Cs, Be, Sn, U y Boro. El comportamiento del Boro y los elementos incompatibles (Li, Rb, Cs, Be, Sn, U) es complejo, observándose leucogranitos y aplitas enriquecidos o empobrecidos en estos elementos. Este trabajo propone una hipótesis de heterogeneidad de la zona fuente junto procesos tardimagmáticos para explicar esta variabilidad de concentraciones.

Metodología

Los elementos mayores se han determinado mediante fluorescencia de rayos X en un espectrómetro modelo Philips PW 1404. La precisión relativa de la medida instrumental es de $\pm 1\%$ para Si, Al, Fe, Ca, K, P. La precisión relativa para

Na, Mn y Mg es de $\pm 3\%$. Los elementos traza se determinaron en un espectrómetro de masas con antorcha de plasma acoplada inductivamente (ICP-MS) modelo Perkin Elmer Sciex Elan 5000. Para la preparación de las muestras se sigue el método descrito por Montero y Bea, (1997). La precisión de los análisis fue de $\pm 2\%$ rel. y $\pm 5\%$ rel. para concentraciones de 50 y 5 ppm respectivamente. Ambos tipos de análisis fueron realizados en el Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada

El análisis de B en roca total se realizó mediante activación neutrónica (Prompt Gamma Neutron Activation Analysis) en el reactor nuclear de la McMaster University, Canadá. El límite de detección es del orden de 0.3 ppm. Detalles sobre este método están descritos en Higgins *et al.*, (1984) y Shaw y Smith (1991).

Geoquímica

Los análisis químicos (Tabla 1) han sido proyectados en diagramas binarios tomando el parámetro B (Fe+ Mg + Ti) (Debon y Le Fort, 1983) como índice de diferenciación. Los elementos incompatibles definen una tendencia de aumento con la diferenciación siendo destacable la dispersión que aumenta hacia los térmi-

nos más leucograníticos (Fig. 2). Estos leucogranitos y aplitas, a equivalente índice de diferenciación, muestran diferencias en las concentraciones de B, Rb, Li, Cs, Be, Sn, U. Así podemos dividir los leucograníticos en enriquecidos y empobrecidos. Esta dualidad ha sido observada en otros granitos peraluminicos de la zona CentroIbérica (Ramírez, 1996) y en otros contextos geológicos (Morteani *et al.*, 1995).

Hipótesis Petrogenética

Para explicar esta variabilidad de concentraciones se suponen dos factores: heterogeneidad composicional de la zona fuente y procesos tardimagmáticos en el nivel de emplazamiento.

1- Influencia composicional de la zona fuente

La zona fuente de los magmas peraluminicos de Nisa-Alburquerque pudo ser de naturaleza pelítico-grauváquica, similar al Complejo Esquisto Grauváquico de la Zona CentroIbérica y a formaciones propias de la ZCBC. Estas formaciones presentan heterogeneidades como niveles intercalados de turmalinitas, fosfatos y volcanoclásticos (Pereira y Rodríguez Alonso, 2000). Tomando un protolito de composición similar al Complejo Esquisto Grauváquico se han estimado tasas de fusión de 50-60% para generar el volumen granítico de Nisa-Alburquerque (González Menéndez, 1998). Esto implica un volumen de zona fuente en torno a dos veces el volumen de granito emplazado, dimensiones que posibilitan la segregación y confluencia del fundido para formar una intrusión, pero que también facilitan la captación por el magma de estas heterogeneidades del material fuente. Si el magma no se homogeneiza durante el ascenso y emplazamiento las heterogeneidades se mantendrán y causarán parte de la variabilidad composicional observada en los monzogranitos de Nisa-Alburquerque. En cambio, en los leucogranitos y aplitas los procesos tardimagmáticos predominan generando movilidad de Boro y elementos incompatibles.

2- Procesos tardimagmáticos

La causa del empobrecimiento de Li, Rb, Cs, Sn, U, Be y B en algunos leucogranitos y aplitas de Nisa-Alburquerque debe ser un proceso diferente de la fraccionación magmática, ya que esta última tiende a aumentar la concentración de estos elementos hacia los fundidos leucograníticos. Una hipótesis probable es la de un proceso hidrotermal tardimagmático que predomina en zonas evolucionadas.

Muestras	all62	all119	all120	all133	all135	all137	all149	all161
Facies	central B	central A	central B	grueso	grueso	grueso	grueso	grueso
Litología	monzogranito	leucogranito	monzogranito	monzogranito	monzogranito	monzogranito	monzogranito	monzogranito
SiO ₂	70.15	75.85	71.53	75.89	76.4	75.34	74.29	71.87
TiO ₂	0.37	0.17	0.42	0.17	0.14	0.17	0.26	0.39
Al ₂ O ₃	15	15.03	15.29	12.82	12.66	13.02	13.04	13.83
Fe ₂ O ₃	233	1.16	2.53	1.58	1.36	1.53	2.22	2.67
MgO	0.621	0.2	0.64	0.22	0.18	0.18	0.33	0.58
MnO	0.03	0.02	0.04	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03
CaO	1.93	0.51	1.93	0.54	0.44	0.44	0.6	0.76
Na ₂ O	3.85	3.11	3.41	3.46	3.3	3.53	3.28	3.26
K ₂ O	3.93	4.88	3.81	4.44	4.37	4.27	4.69	5.03
P ₂ O ₅	0.20	0.33	0.22	0.31	0.3	0.4	0.34	0.33
LOI	0.68	0.42	0.23	0.64	0.69	0.74	0.62	0.78
ISA	1.06	1.32	1.15	1.11	1.15	1.15	1.12	1.13
param.B	49.44	21.61	52.81	27.37	23.25	25.75	39.24	52.83
Boro	16	20	13	167	121	123	142	49
Li	85	119	185	169	213	228	152	152
Rb	201	279	299	275	340	307	276	276
Cs	14.3	18.86	21.5	22.4	20.8	21.3	19	19
Be	3.4	4.51	5.4	6.9	6.3	9.1	7.7	7.7
Sn	6.7	10.29	16.6	15.8	15.7	13.4	11.2	11.2
U	7.7	11.12	19.5	15	21.1	10.9	6.1	6.1

Muestras	all66	all71	all109	all147	all132	all153	all158	all168
Facies	grueso	grueso	grueso	grueso	aplita	aplita	aplita	aplita
Litología	monzogranito	monzogranito	monzogranito	monzogranito	leucogranito	leucogranito	leucogranito	leucogranito
SiO ₂	68.56	72.74	74.44	73.43	75.43	76.03	75.8	75.08
TiO ₂	0.31	0.18	0.28	0.22	0.05	0.08	0.02	0.06
Al ₂ O ₃	15.15	14.34	14.59	13.59	13.69	13.16	13.83	14.43
Fe ₂ O ₃	2.14	1.81	1.86	1.87	0.9	0.88	0.90	0.77
MgO	0.42	0.33	0.31	0.25	0.01	0.07	0.01	0.04
MnO	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01
CaO	0.74	0.57	0.65	0.64	0.4	0.38	0.14	0.30
Na ₂ O	3.36	3.70	3.12	3.4	4.15	3.77	4.11	3.97
K ₂ O	5.69	4.61	4.67	4.97	3.69	4.48	3.47	3.87
P ₂ O ₅	0.31	0.527	0.38	0.33	0.58	0.30	0.48	0.39
LOI	0.56	0.80	0.25	0.53	0.89	0.57	1.17	0.78
ISA	1.15	1.18	1.28	1.12	1.18	1.11	1.28	1.27
param.B	41.22	33.48	34.48	32.37	12.14	14.13	11.89	11.38
Boro	95	404	43	115	824	21	107	9
Li	123	279	155	159	65	407	134	134
Rb	225	406	291	683	336	456	295	295
Cs	12.3	30.8	17.9	26.3	8.7	22	22.8	22.8
Be	4	5.4	7	1.8	3.6	2.1	1.5	1.5
Sn	11.8	28.8	13.5	34.9	11.2	39.1	15.2	15.2
U	6.9	13.1	12.1	14.3	6.4	3.1	3	3

Muestras	all70	all107	all138	all140	all146	all172	all173
Facies	aplita	Segregado A	fina	fina	fina	fina	fina
Litología	leucogranito	leucogranito	leucogranito	leucogranito	leucogranito	leucogranito	leucogranito
SiO ₂	74.77	75.45	75.03	73.96	74.58	74.45	76.37
TiO ₂	0.06	0.14	0.12	0.12	0.11	0.06	0.04
Al ₂ O ₃	14.16	14.77	13.51	13.99	13.94	14.16	13.09
Fe ₂ O ₃	0.53	0.96	1	1.23	0.98	0.53	0.85
MgO	0.02	0.13	0.15	0.16	0.16	0.02	0.08
MnO	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01
CaO	0.55	0.47	0.47	0.55	0.61	0.55	0.32
Na ₂ O	4.40	3.18	3.7	4.03	3.72	4.40	3.53
K ₂ O	3.77	5.7	4.27	4.22	4.43	3.77	4.66
P ₂ O ₅	0.62	0.4	0.43	0.52	0.54	0.62	0.37
LOI	0.73	0	0.91	0.88	1.03	0.73	0.79
ISA	1.14	1.2	1.16	1.14	1.16	1.28	1.14
param.B	8.01	17	17.74	20.87	17.61	26.12	13.62
Boro	149	44	247	231	104	224	60
Li	37	204	291	144	256	105	105
Rb	422	311	317	349	393	382	382
Cs	15.5	33.1	48.2	44	42.7	15.3	15.3
Be	3	4.3	6.8	7.9	4.2	2.6	2.6
Sn	19.5	31	32.6	29.2	26.2	17	17
U	17.2	4.1	8.9	9.7	10.9	14.8	14.8

Tabla I.- Análisis de elementos mayores (wt%), Boro y elementos incompatibles (ppm)

Table I.- Analysis of major elements (wt%), Boron and incompatible elements (ppm)

das y con alta actividad de H₂O (Candela, 1995). Este proceso implicaría la exolución de un fluido acuoso y la partición de algunos elementos entre fluido y fundido (Dunbar *et al.*, 1996). Li, Rb, Cs, Be, U, Sn y B pudieron concentrarse en la fase

acuosa. Posteriormente estos fluidos se escaparían a través de fracturas formando pegmatitas y/o filones de cuarzo enriquecidos en estos elementos. Los magmas que perdieron estos fluidos corresponden a las aplitas y leucogranitos empobreci-

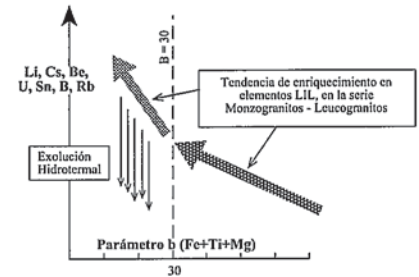


Fig. 3.- Esquema del proceso de exolución hidrotermal y tendencia de diferenciación magmática.

Fig. 3.- Sketch of the hydrothermal exolution process and magmatic differentiation trend.

dos. Cuando no se produce esta partición entre fundido y fase acuosa estos elementos incompatibles no se pierden, por lo que su concentración será alta en otros leucogranitos y aplitas (Fig. 3).

En algunos casos, por ejemplo para el U, existen datos experimentales que indican una fuerte partición de este elemento en la fase acuosa hidrotermal que coexiste con fundidos peraluminicos (Keppler y Wyllie, 1990; Peiffert *et al.*, 1996). Las mineralizaciones de Li, Sn y U en filones de cuarzo y pegmatitas, intra y peribatólicas indican que estos elementos se concentraron en soluciones de H₂O ± fundido silicatado (Gallego y Gumiel, 1993). Respecto al contenido en boro, los datos de Pichavant y Manning, (1984) Wolf y London, (1997) y Acosta *et al.*, (2001) indican un mínimo de 1 - 2% de B₂O₃ en fundidos peraluminicos (ISA ~ 1.16 - 1.20) para saturar el fundido en boro y precipitar turmalina. Los análisis de boro en roca total están muy por debajo de estos valores de saturación (9-824 ppm) y sin embargo la turmalina es una fase presente en estos granitos. En conclusión, la hipótesis de una pérdida de fluidos ricos en boro y elementos afines parece bastante probable.

Agradecimientos

Los análisis de elementos mayores y traza fueron financiados a través de los proyectos de investigación del DGICYT AMB93-0535, AMB94-1432 y PB96-1266.

Referencias

Acosta-Vigil, A; Pereira, M.D.; Shaw, D.M.; London, D. (2001): *Lithos*, 56: 15-31.
 Candela, P. (1995): *Econ. Geol.* 90, 2310-2316.
 Debon, F.; Le Fort, P. (1983): *Trans. Roy. Soc. Edin.* 73, 135-149.

- Dunbar, N.; Campbell, A.; Candela, P. (1996): *Bull. Geol. Soc. Am.* 108 (3), 318-325.
- Gallego, M.; Gumiel, P. (1993): *Geogaceta*. 13, 29-32.
- Gonçalves, F. (1971): *Servicio Geológico de Portugal*, 18.
- González Menéndez (1998): *Tesis*, Univ. Granada.
- Higgins, M.D.; Truscott, M.G.; Shaw, D.M.; Bergeron, M.; Buffet, G.H.; Co-
pley, J.R.D.; Prestwick, W.V. (1984): *Atomkernenerg./Kerntech.* 44, 690-697.
- Kepler, H.; Wyllie, P. (1990): *Nature*. 348, 351.
- Montero, P.; Bea, F. (1997): *Geostandarts Newsletters*
- Morteani G.; Preinfalk, C.; Spiegel, W.; Bonalumi, A.; (1995): *Econ. Geol.* 90, 636-647.
- Peiffert, C.; Nguyen-Trung, C.; Cuney, M. (1996): *Geochim. Cosmochim. Acta.* 47, 31-40.
- Pereira, M.D., Rodriguez Alonso, M.D. (2000): *Can. Miner.*, 28, 1329-1346.
- Pichavant, M.; Manning, D. (1984): *Phys. Earth Planet. Interiors.* 35, 31-50.
- Ramírez, J. A. (1996). *Tesis*, Univ. Granada.
- Ramírez, J.A.; Menéndez, L.G. (1999): *Min. Mag.* 63, 85-104
- Shaw, D.M.; Smith, P.L. (1991): *Geostandarts Newsletters.* 15, 59-66.
- Wolf,, B.M.; London, D. (1997): *Contrib. Mineral. Petrol.* 130, 12-30