

# Condiciones P - T de emplazamiento del batolito de Nisa-alburquerque

## *P-T emplacement conditions of the Nisa-Alburquerque batholith*

L. González Menéndez <sup>(1)</sup> y A. Azor <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Sílices La Cuesta S.L. C/Príncipe de Asturias 5 Salinas 33400, Asturias  
luisgm16@hotmail.com

<sup>(2)</sup> Dpto. de Geodinámica, Universidad de Granada, 18002 Granada. azor@ugr.es

### Abstract

The Nisa-Alburquerque batholith ( $294 \pm 11$  Ma) is composed of S-type granites and small stocks of I-type granitoids. The batholith was emplaced into a variety of country rocks (metasediments and metagneous lithologies) of three different domains, namely, the southern Central Iberian zone, the Central Unit, and the northern Ossa-Morena Zone. Pressure and temperature during final emplacement is investigated by considering previous studies in the contact aureole and by comparing with P-T estimates based on the mineralogy, normative composition and geochemistry of the S-type granites.

On this ground, we proposed pressures of  $\sim 2,3 - 3$  kbar, and temperatures of  $\sim 650$  °C as the most plausible ones during final emplacement of this batholith.

**Key words:** Nisa-Alburquerque batholith, emplacement, contact aureole, muscovite, andalusite, granite solidus

Geogaceta, 34 (2003), 103-106  
ISSN:0213683X

### Introducción

El batolito de Nisa-Alburquerque ( $294 \pm 11$  Ma) (González Menéndez, 1998 y 2002) aflora mayormente en el borde suroeste de la Zona Centroibérica, aunque hacia el oeste corta la Unidad Central y el borde noroeste de la zona de Ossa-Morena. El batolito intruye en materiales metasedimentarios y metaígneos de diversa composición y esta integrado por cuatro facies graníticas de tipo S y una facies minoritaria de tipo I (Fig. 1). Las facies de tipo S son monzogranitos y leucogranitos con biotita y moscovita, conteniendo frecuentemente cordierita, turmalina y andalucita como minerales accesorios. Dentro de este grupo la facies más importante es un granito porfídico de grano grueso que presenta orientaciones magmáticas definidas por los megacristales de feldespato. Incluidos en esta facies principal aparecen pequeños stocks de granito de grano fino, así como aplitas y pegmatitas. En la parte centro-occidental del batolito aflora el granito central A, que constituye un mega-dique formado por leucogranitos de dos micas con moscovita dominante.

La facies de tipo I esta formada por pequeños stocks de monzogranitos, granodioritas y tonalitas con biotita;

como minerales accesorios aparecen anfíbol y titanita especialmente en las facies tonalíticas. Estos granitoides aparecen exclusivamente en las zonas occidentales del batolito e incluidos en las facies de tipo S.

En este trabajo se investigan las condiciones de presión y temperatura (P-T) durante el emplazamiento del batolito, deducidas a partir de la aureola de contacto, de la mineralogía granítica y de la geoquímica del batolito.

### Estudios previos en la aureola de contacto

La intrusión del batolito generó una aureola de contacto en los materiales encajantes esquistoso-grauváquicos de la zona Centroibérica. Rodríguez Suárez (1985) estudió dicha aureola describiendo un metamorfismo de contacto con desarrollo de blastos de cordierita  $\pm$  andalucita en las zonas de mayor grado, y asoció este tipo de blastesis a las reacciones:

Moscov. + Clor. + Qz = Cord. + Biot. + vapor (1,2 - 2,5 kbar y 500 - 550 °C)

Moscov. + Biot. + Qz = Cord. + K-feld. + vapor (1,5 - 2,5 kbar y 550 - 625 °C)

Moscov. + Qz = Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub> + K-feld. + vapor (< 3,5 kbar y 550 - 625 °C)

En conjunto estas reacciones indicarían unas condiciones de emplazamiento con P  $\sim 2,3$  kbar y T  $\sim 500$  °C (Rodríguez Suárez, 1985 y referencias allí contenidas).

### Aportación de la mineralogía granítica

El estudio de la mineralogía de las facies graníticas de Nisa-Alburquerque también aporta datos sobre las condiciones de presión y temperatura de emplazamiento. La moscovita es una fase frecuente en los granitos de tipo S del batolito (granito de grano grueso, granito de grano fino, aplitas y granito central A). Este mineral presenta hábitos ígneos (cristales aislados) y hábitos secundarios (grandes cristales, a veces poiquilíticos y moscovita coronítica alrededor de andalucita); por lo tanto, parte de la moscovita tuvo un origen ígneo. La curva de estabilidad de la moscovita intersecta al sólido granítico en torno a 3 kbar (Fig. 2) (Tuttle y Bowen, 1958. Wyllie, 1977) y en consecuencia la presencia de moscovita ígnea implicaría una presión de emplazamiento relativamente elevada. Para explicar la existencia de moscovita ígnea en granitos epizonales se han propuesto dos alternativas (Zen, 1988): 1) la

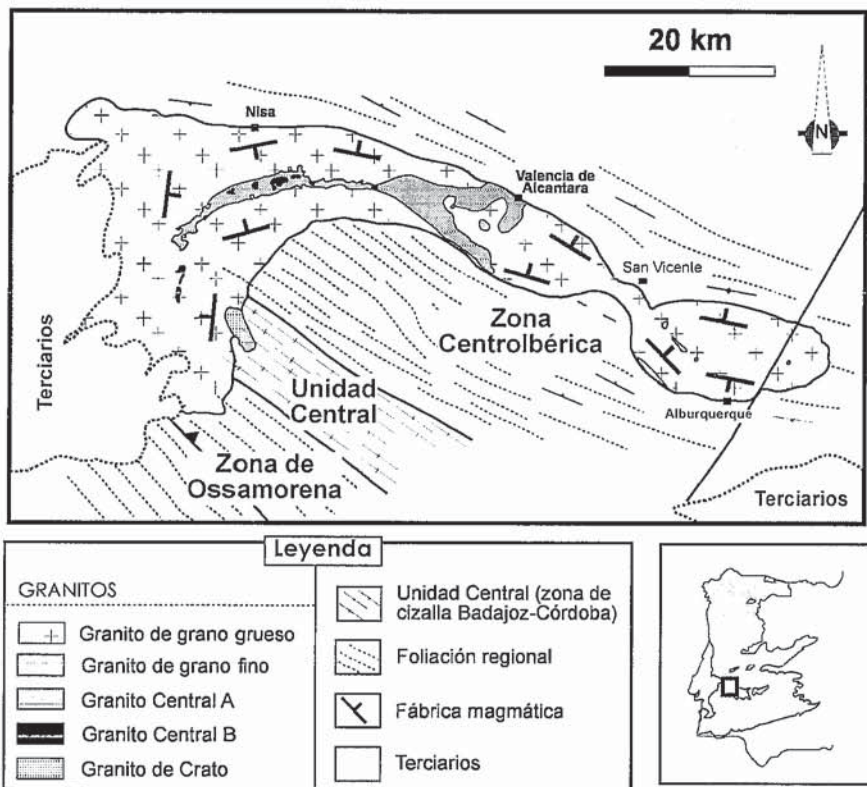


Fig. 1.- Esquema geológico del batolito de Nisa-Alburquerque (geología del encajante simplificada)

Fig.1.- Geological outline of the Nisa-Alburquerque batholith (geology of the country rocks simplified)

presencia de elementos adicionales, tales como Li, Rb, Cs, B, H<sub>2</sub>O, etc., en el magma granítico, que rebajarían el sólido aumentando el campo de estabilidad de la moscovita en el fundido; 2) la moscovita primaria sería una fase relicta, es decir una fase de cristalización temprana que se mantiene metaestable a menores presiones. Finalmente habría que considerar que la variación composicional de la moscovita puede afectar a su campo de estabilidad (Miller *et al.*, 1981). En el caso del batolito de Nisa-Alburquerque la posibilidad de reducción del sólido granítico por efecto de algunos elementos es muy probable, ya que existen evidencias de altos contenidos en B, Li, Cs y Rb en los magmas originales (González Menéndez y Pereira, 2002). Por el contrario, no se encuentran evidencias texturales para suponer la existencia de moscovita relicta y el orden de cristalización deducido indicaría que la moscovita magmática es una fase tardía en la cristalización (González Menéndez, 1998).

En tres de las facies de tipo S del batolito destaca la presencia constante de cantidades accesorias de andalucita (granito de grano grueso, granito de grano fino y aplitas). Este mineral aparece con variedad de hábitos cristalinos, dándose individuos de hábitos ígneos (cristales

aislados, a veces con coronas de moscovita) y secundarios (inclusiones en moscovitas secundarias). Estos datos, junto con la posibilidad teórica de coexistencia de andalucita con fundidos silicatados (Clarke *et al.*, 1976. Fernández-Catuxo *et al.*, 1995) sugieren la presencia de andalucita magmática en el batolito de Nisa-Alburquerque.

La coexistencia de andalucita y moscovita magmáticas requiere unas condiciones específicas de P-T. Tomando como base las curvas de estabilidad de aluminosilicatos de Richardson *et al.*, (1969) o Pattinson (1992) no existe problema para que teóricamente ambas fases coexistan en equilibrio con un fundido granítico (Fig. 2). Si se considera además que el sólido granítico puede estar desplazado hacia temperaturas más bajas por efecto de algunos componentes del magma, la intersección entre los campos de estabilidad de la moscovita, la andalucita y el fundido granítico sería aún mayor. La coexistencia de moscovita y andalucita ígneas en las facies principales del batolito de Nisa-Alburquerque apunta a unas condiciones de emplazamiento de P ~ 2,6 – 4,2 kbar y T ~ 620 – 650 °C. Entre las posibles trayectorias de ascenso y emplazamiento del magma granítico se consideran las tres posibilidades

mostradas en la figura 2. La trayectoria más improbable es la C ya que no interseca en ningún momento el campo de estabilidad de la moscovita y sin embargo gran parte de la moscovita del granito parece ser ígnea. La trayectoria B implica la existencia de moscovita ígnea relicta y andalucita ígnea y sugiere una presión de emplazamiento del orden de 2 kbar. En este caso la moscovita coronítica alrededor de andalucita debería ser subsólidos, formada por alteración de la andalucita primaria y durante un enfriamiento isobárico. Esta hipótesis plantea el problema de una cristalización de moscovita muy temprana no compatible con el orden de cristalización observado. La trayectoria A parece la más acorde con los datos expuestos ya que permite explicar la presencia de moscovita y andalucita ígneas y de cristalización tardía. La moscovita coronítica de andalucita podría ser magmática y/o subsólidos. Esta trayectoria requiere una presión de emplazamiento final entre 3 y 4 kbar. El hecho de que todos los granitos de tipo S del batolito contengan turmalina, indica que el magma llegó a alcanzar la saturación en B; asumiendo altas concentraciones de B en el fundido (~2%) junto con la presencia de componentes como Li, Rb, Cs y H<sub>2</sub>O la presión final podría situarse entre 2,5 y 3 kbar y la temperatura estaría entorno a 650 °C (Pichavant y Manning, 1984., Charoy, 1986).

**Composición normativa**

Mediante los análisis químicos de las distintas facies graníticas de Nisa-Alburquerque se han calculado los componentes normativos Qz (cuarzo) Ab (albita), Or (ortosa) que se aproximan bien a los componentes modales correspondientes (González Menéndez, 1998 y 2002). Mediante la proyección de estos datos en el diagrama triangular Qz-Ab-Or y teniendo en cuenta las curvas cotécticas de Tuttle y Bowen (1958), se puede observar que las muestras de las diferentes facies graníticas se disponen cortando a las curvas cotécticas de 5, 3 y 1 kbar. (Fig. 3). Para estimar las condiciones de presión de emplazamiento es necesario considerar sólo aquellos granitos que representen los últimos diferenciados. Este es el caso del granito de grano fino y de las aplitas que pueden generarse por diferenciación a partir del granito de grano grueso en la cámara magmática final representada por la zona de emplazamiento. Las muestras correspondientes de ambas facies se proyectan entre las curvas

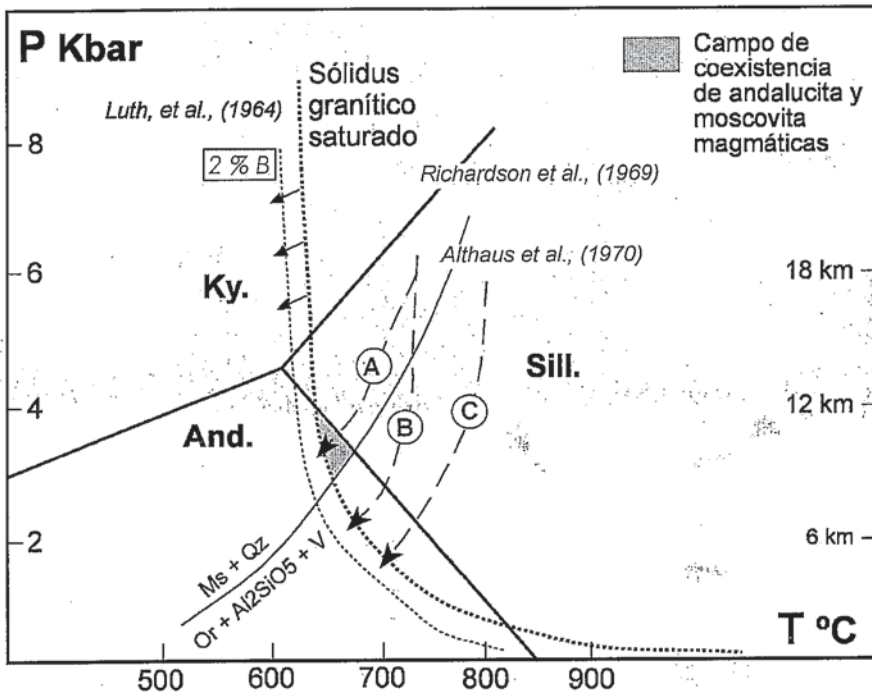


Fig. 2.- Esquema P-T con tres posibles trayectorias de ascenso y emplazamiento. Curvas de estabilidad de aluminosilicatos de Richardson et al., (1969). Curva de estabilidad de la moscovita de Althaus et al., (1970). Sólidos granítico saturado de Luth, (1964).

Fig. 2.- P-T outline with three different paths of ascent and emplacement. Aluminosilicate stability curves are from Richardson et al., (1969). Muscovite stability curve is from Althaus et al., (1970). Granite saturated solidus is from Luth (1964)

cotécticas de 3,2 y 1 kbar, aunque la presencia de componentes como Ca y Al en los sistemas graníticos reales puede influir en la posición de las muestras proyectadas en estos diagramas y por lo tanto estos datos son sólo una aproximación a las condiciones de presión reales (Johannes y Holtz, 1996).

**Temperatura de saturación del zircón**

Una forma de estimar las temperaturas de cristalización de rocas graníticas a partir de los análisis químicos (González Menéndez, 1998) es mediante la temperatura de saturación del zircón (Watson y Harrison, 1984). La aplicación de este método en el granito de grano fino y en las aplitas proporciona temperaturas variables entre los 640 y 700 °C. De forma aproximada se puede considerar que el sólido granítico estuvo comprendido dentro de este intervalo. Como ya se ha indicado, la abundancia de B y otros componentes afines rebajarían la temperatura del sólido, estando así más próxima al valor de 640 °C.

**Discusión y conclusiones**

El uso y efectividad de otros tipos de geotermobarómetros es limitado debido a

los problemas que plantean en sistemas graníticos peraluminicos, como es el caso del batolito de Nisa-Albuquerque. Así, la geotermometría de feldespatos da temperaturas muy bajas debido a re-equilibrios subsólidos. Por su parte, la geobarometría fengítica indica en este caso presiones variables entre 4 y 5 kbar, para temperaturas de 650 a 700 °C, demasiado altas y en clara discrepancia con el resto de estimaciones. Los geotermobarómetros que usan el equilibrio entre el granate y otras fases no son aplicables al batolito de Nisa-Albuquerque porque éste no contiene granate. Con los métodos utilizados en este trabajo se dispone del siguiente rango de presiones y temperaturas:

- Aureola de contacto P = 2,3 kbar, T = 500 °C
- Mineralogía granítica P = 2,5 - 3 kbar, T = 650 °C
- Composición normativa P = 1 - 3 kbar, T = —
- T. Saturación zircón P = — T = 640 - 700 °C.

Las temperaturas estimadas en la aureola son necesariamente menores a las del magma granítico y dependerán de varios parámetros tales como la temperatura de la intrusión, presión litostática, tamaño y forma de la intrusión, y composi-

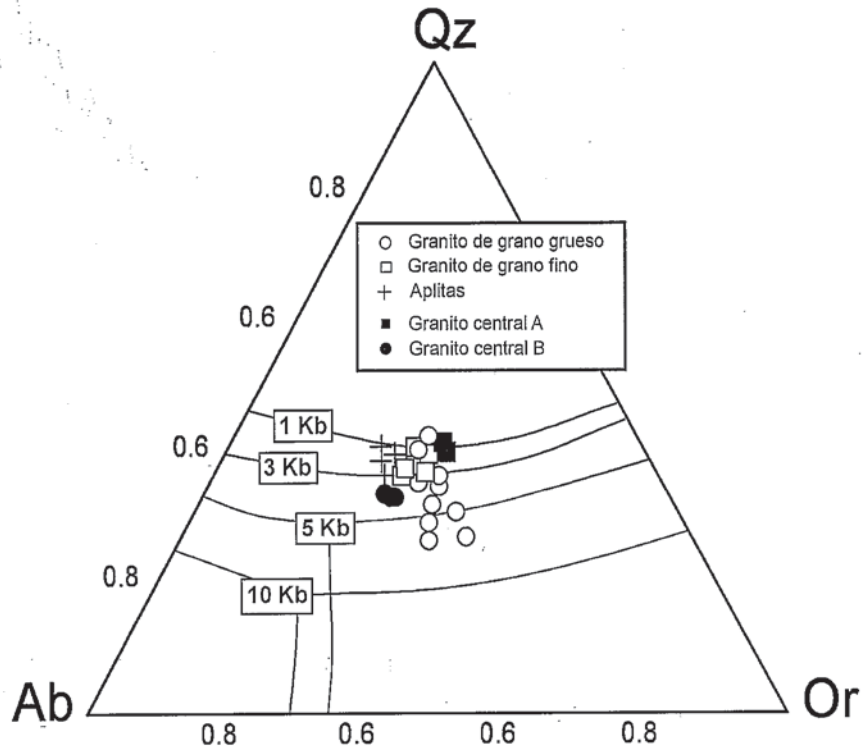


Fig. 3.- Proyección de las muestras del batolito de Nisa-Albuquerque en el diagrama triangular Qz-Ab-Or con las curvas cotécticas de Tuttle y Bowen (1958).

Fig. 3.- Qz-Ab-Or triangular diagram with the Nisa-Albuquerque samples projected. Cotectic curves are from Tuttle and Bowen (1958).

ción, temperatura inicial y conductividad térmica de los materiales encajantes. En conclusión, las temperaturas más probables de emplazamiento del batolito de Nisa-Alburquerque parecen estar en torno a 650 °C, como señalan dos estimaciones independientes (mineralogía granítica y temperatura de saturación del zircón). La presión más probable parece estar entre 2,3 y 3 kbar, valores en los que coinciden las tres estimaciones independientes (aureola de contacto, mineralogía granítica y composición normativa).

Estas presiones de emplazamiento pueden parecer relativamente elevadas para granitos peraluminicos epizonales de la Zona Centrobérica, no obstante un dato que apoya este tipo de emplazamiento, a presión mayor de 2 kbar, es la ausencia de texturas subvolcánicas, como son las cavidades mirolíticas y texturas de exolución de fluidos a gran escala (Dunbar *et al.*, 1996) típicas de granitos emplazados a escasa presión (< 2 kbar).

#### Agradecimientos

Parte de este trabajo ha sido financiado a través de los proyectos de investigación del DGICYT AMB93-0535, AMB94-1432 y PB96-1266.

#### Referencias

- Althaus, E., Karotke, E., Nitsch, K.H. y Winkler, H.G.F. (1970). *N. Jahrb. Mineral. Monat.* 7, 325-336.
- Clarke, D., McKenzie, C., Muecke, G. y Richardson, S. (1976). *Contrib. Mineral. Petrol.* 56, 279-287.
- Charoy, B. (1986): *J. Petrol.* 27: 571-604.
- Dunbar, N., Campbell, A. y Candela, P. (1996): *Bull. Geol. Soc. Am.* 108 (3), 318-325.
- Fernández-Catuxo, J. Corretgé, L.G. y Suárez, O. (1995). *Bol. Soc. Esp. Miner.* 18, 55-71.
- González Menéndez L. (1998). *Tesis Doctoral.* Univ. Granada. 223 p.
- González Menéndez L. y Pereira, M.D. (2002). *Geogaceta.* En prensa.
- González Menéndez, L. (2002). *Rev. Soc. Geol. Esp.* 15, 233-246.
- Johannes, W. y Holtz, F. (1996). *Springer-Verlag.* Berlin.
- Luth, W. C., Jahns, R.H. y Tuttle, O.F. (1964). *J. Geophys. Res.* 69, 759-773.
- Miller, C.F., Stoddard, E.F., Bradfish, J.L. y Dollase, W.A. (1981). *Can. Miner.* 19, 25-34.
- Pattinson, D. (1992). *J. Geol.* 100: 423-446.
- Pichavant, M. y Manning, D. (1984). *Phys. Earth Planet. Int.* 35, 31-50.
- Richardson, S., Gilbert, M. y Bell, P. (1969). *Am. J. Sci.* 267, 259-272.
- Rodríguez Suárez, J. (1985). *Tesis de Licenciatura.* Univ. Oviedo. 103 p.
- Tuttle O. y Bowen, N. (1958). *Geol. Soc. Am. Mem.* 74, 153 p.
- Watson, E.B. y Harrison, T.M. (1984). *Phys. Earth Planet. Int.* 35, 19-30.
- Wyllie, P.J. (1977). *Tectonophysics.* 43, 41-71.
- Zen, E-A. (1988). *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 16, 21-51.