

## GRANITOIDES PALEOZOICOS DE LA SIERRA DE NARVAEZ, SISTEMA DE FAMATINA, ARGENTINA: HIBRIDIZACION DE MAGMAS EN UN MARGEN CONTINENTAL ACTIVO

C. E. Cisterna \*

### RESUMEN

Las rocas que afloran en el extremo septentrional de la Sierra de Narváez est n representadas por una asociación de monzogranitos, granodioritas y tonalitas que definen una serie calcoalcalina, de características similares a las de otros intrusivos del Paleozoico del Sistema de Famatina. Estos granitoides se hallan intruyendo las Formaciones Las Planchadas y Suri, representadas por vulcanitas y metasedimentitas, respectivamente, y corresponderían a un mismo evento magmático del Paleozoico Inferior.

Los granitoides estudiados presentan abundantes inclusiones ígneas de composición granodiorítica o tonalítica y diorítica. La estrecha relación que existe en el quimismo de estas rocas, junto a las evidencias petrográficas y geológicas, nos hace pensar que la presencia de estos enclaves se debería a un proceso de interacción de magmas, félsico y máfico, los que habrían sufrido considerables modificaciones composicionales con la hibridación de los granitoides.

La utilización de los elementos trazas en diagramas discriminatorios, juntamente con las relaciones geológicas establecidas y las características petrográficas y químicas, nos permite inferir que los granitoides de la Sierra de Narváez corresponderían a un ambiente tectónico de arco volcánico, intimamente relacionado con el evento efusivo ordov ico.

**Palabras clave:** *Paleozoico, Sistema de Famatina, Granitoides, Arco volcánico.*

### ABSTRACT

The granitoids from the Sierra de Narváez were investigated for their geochemical and petrographical characteristics. They are composed of calc-alkaline granites, granodiorites and tonalites, similar to the other paleozoic granitoids of the Famatina System. These rocks are intrusive in the Las Planchadas (volcanic rocks) and Suri (sedimentary rocks) Formations, which are probably cogenetic with the granitoids within the same magmatic cycle.

The study of the granitoids reveals the close relationship between their composition and the abundance of the enclosed magmatic inclusions. The latter represent rocks and granodioritic tonalitic and diorite composition, and have a great number of mineralogical characteristics that suggest the presence of two magmas, mafic and felsic for the origin of such enclaves.

The close chemical relationship existing between the inclusions and their host rocks shows that the mafic and felsic components are compositionally modified and that the granitoids are more or less hybridized.

Trace elements discrimination diagrams have been used as a tools for fingerprinting the tectonic setting of the Sierra de Narváez granitoids. The geochemistry as well as the geologic relations of the granitoids with the roughly coeval ordovician vulcanism indicate a volcanic arc environment.

**Key words:** *Paleozoic, Famatina System, Granitoids, Volcanic arc.*

---

\* Instituto Superior de correlación Geológica de la UNT-CONICET, Miguel Lillo 205, 4000 Tucumán, Argentina.

## Introducción

La Sierra de Narváez se extiende con dirección aproximada N-S en el SW de la Provincia de Catamarca y constituye el tramo septentrional del Sistema de Famatina. Esta entidad orográfica está representada, principalmente, por importantes afloramientos de rocas correspondientes a unidades sedimentarias e ígneas (volcánicas e intrusivas) de edad paleozoica, entre las que se destacan los granitoides de Las Angosturas, que conforman el núcleo de esta sierra.

Los primeros trabajos que se ocupan de las rocas ígneas del extremo norte de la Sierra de Narváez son los de Penck (1920), en tanto que investigaciones posteriores corresponden a Turner (1967), quien incluye el área en la hoja 13b, Chaschuil, elaborada por el mismo autor. De Alba (1979) y Maisonave (1973) también aportan importantes estudios acerca de la estratigrafía y distintos aspectos de las rocas intrusivas que afloran en la zona, en tanto que Aceñolaza (1978) establece para las metasedimentitas de la Formación Suri una edad arenigiana, en base al hallazgo de restos fósiles. Cabe destacar que en los últimos años han sido realizados distintos trabajos en los cuales se incluyen los granitoides de la Sierra de Narváez en el conjunto de plutonitas de edad paleozoica, que integran el Sistema de Famatina; entre los mismos se destacan Toselli *et al.* (1988 y 1991).

El objetivo del presente trabajo es aportar información sobre las características petrográficas, mineralógicas y químicas de los enclaves ígneos contenidos en los granitoides de la Sierra de Narváez, así como también inferir un posible origen para los mismos. Asimismo, se aporta nueva información sobre el conocimiento geológico de los intrusivos paleozoicos del Sistema de Famatina indicando, en base a las características mineralógicas, composicionales, geoquímicas y, en especial, mediante la utilización de distintos criterios de discriminación con elementos trazas, el posible ambiente tectónico en el cual se habrían originado los granitoides de Las Angosturas. Los datos químicos se integraron, comparativamente, con los de otros cuerpos paleozoicos (tales como los de Ñuñorco, Paganzo, Paimán, entre otros), ubicados en el mismo marco geológico regional (fig. 1a).

## Roca de Caja

La roca de caja de los granitoides de Las Angosturas está representada por las formaciones Suri (Harrington, 1957) y Las Planchadas (Turner, *op. cit.*). La primera consiste en una secuencia de areniscas silicificadas, lutitas verde-azuladas y limolitas, con intercalaciones de margas y tobas, sobre las cua-

les, especialmente en los niveles pelíticos y psamíticos, se reconoce la acción de un metamorfismo regional de muy bajo grado, definido por la asociación paragenética cuarzo-moscovita-epidota.

Con afloramientos de mayor extensión, se hallan las rocas correspondientes a la Formación Las Planchadas, representadas por secuencias efusivas de balsaltos, andesitas y dacitas, junto a riolitas, en las que se destaca la acción de una importante alteración por hidrotermalismo sobre los minerales primarios. Estas rocas se intercalan con las metasedimentitas en distintos tramos de la secuencia con la intervención, además, de abundante material piroclástico. Estas unidades se asignan al Paleozoico Inferior-Medio, en base al hallazgo de *Clonograptus sp.* (Aceñolaza, *op. cit.*) en las capas de lutitas negras de la Formación Suri, considerándose ambas unidades parcialmente sincrónicas y correspondientes a un mismo evento volcánico-sedimentario.

## Granitoides de la Sierra de Narváez

Estas rocas constituyen un cuerpo de forma groseramente triangular, de unos 80 km<sup>2</sup>, que se extiende desde Las Angosturas (al norte) hasta la Vuelta de Las Tolas-Casa Colorada (al sur) (fig. 1b). El mismo, intruye las secuencias volcano-sedimentarias del Paleozoico Inferior-Medio y, asimismo, se relaciona con las capas continentales del Carbonífero y Pérmico mediante una discordancia angular. De acuerdo a las relaciones geológicas establecidas, se puede acotar una edad relativa correspondiente al Ordovícico tardío-Devónico para estos granitoides.

## Petrografía

La especie petrográfica dominante está representada por rocas grises a grises-verdosas, que constituyen tanto el núcleo de la sierra como las apófisis del intrusivo, que se hallan en el flanco occidental de esta entidad orográfica. También existen granitoides de coloración rojiza, conformando una faja de afloramientos de dirección submeridional, ubicada en el oeste del cuerpo y, además, constituyen manifestaciones saltuarias en la zona de las cumbres.

Los granitoides grises y grises-verdosos están representados por granodioritas y monzogranitos biotíticos y, en menores proporciones, por tonalitas biotítico-hornbléndicas (fig. 2a). Estas rocas son de grano medio a grueso y la textura es seriada, destacándose la presencia de cristales blanquecinos de plagioclasa (oligoclasa, principalmente) tabular, de hasta 1,5 cm de longitud, en tanto que el cuarzo y feldespato alcalino (ortosa perfitica), anhedrales, no exce-

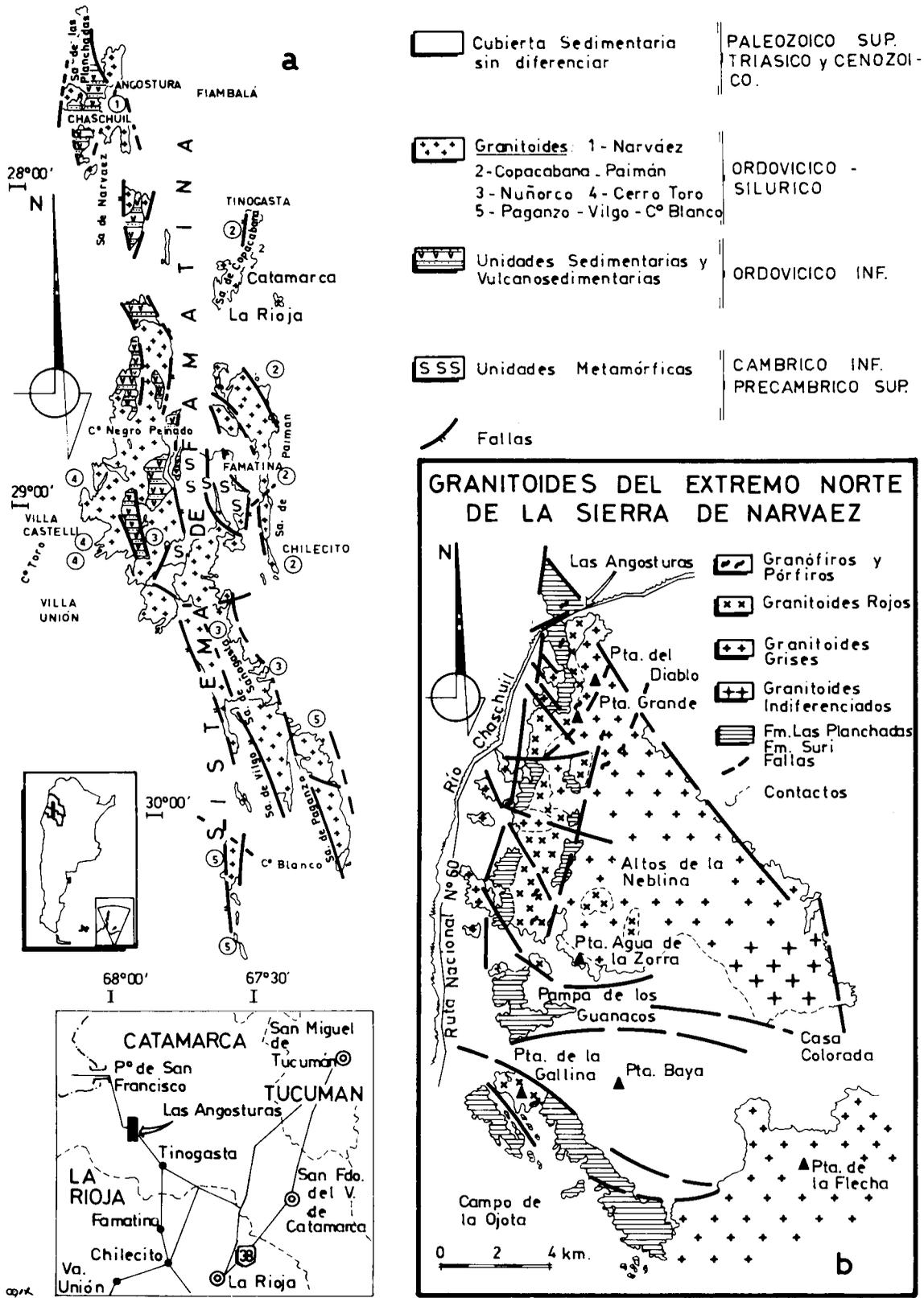


Fig. 1.—a) Esquema geológico regional de los granitoides paleozoicos del Sistema de Famatina y situación de la zona de estudio (adaptado de Toselli *et al.*, 1991). b) Mapa geológico del extremo norte de la Sierra de Narváez.

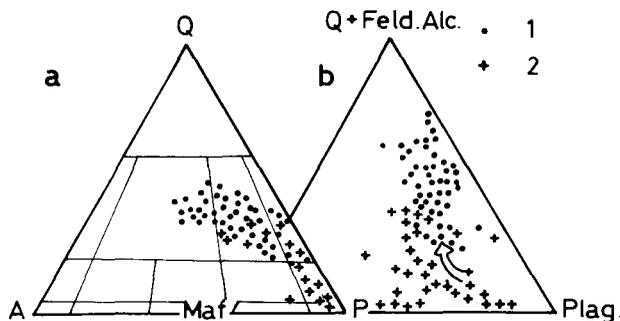


Fig. 2.—Composición modal de los granitoides de Las Angosturas y de las inclusiones ígneas alojadas en los mismos. 1) Granitoides. 2) Enclaves ígneos.

den los 0,5 cm. La biotita se halla en finas láminas de coloración parda y, al igual que la hornblenda, suelen hallarse moderadamente cloritizadas. Otros accesorios comunes son apatito y circón. Microscópicamente, se ha determinado la presencia de pequeñas proporciones de microclina, cristalizada intergranularmente.

Las rocas de coloración rojiza están representadas por monzogranitos y granodioritas biotíticas, sujetos a un marcado proceso de alteración deutérica, del cual resultaron afectados en alto grado tanto los feldespatos como la biotita. En escala microscópica, se destaca el desarrollo de intercrecimientos de cuarzo y feldespato (generalmente ortosa), determinando estructuras intergranulares de diseño granofírico.

Cabe destacar la existencia de un importante séquito de diques de granófiros y pórfiros, cuyas dimensiones están en la escala de la decena de metros. Los mismos corresponderían a las etapas póstumas del evento intrusivo. Se trata de rocas de coloración variada (especialmente roja) y textura porfírica. Los fenocristales, que no exceden los 0,5 cm, están representados por plagioclasa, ortosa y, menores proporciones de cuarzo, con biotita como mafito dominante. Microscópicamente, se destaca el desarrollo de estructuras granofíricas y esferulitas.

#### Enclaves

Los enclaves ígneos contenidos en estos granitoides son abundantes y se hallan distribuidos de modo variable en el intrusivo. La forma de estas inclusiones puede ser irregular, con su eje mayor de hasta 2 m de longitud, o bien son elípticos a redondeados, con un diámetro que varía en el orden de los decímetros. Respecto a la relación que mantienen con el hospedante, está directamente vinculada a la compo-

sición de este último, ya que si se trata de un granito el contacto es neto, convexo hacia el encajante, lobulado y cuspidado. En cambio, cuando la inclusión se halla en granodioritas y tonalitas, la relación con el hospedante es, generalmente, transicional.

Composicionalmente, estos enclaves varían entre granodioritas y tonalitas a dioritas y el índice de color es siempre mayor que el de la roca de caja. La granulometría es fina a media y, en todos los casos, menor que la del encajante. La textura puede ser porfírica fina a seriada, menos comúnmente equigranular. Cabe destacar que en los granitoides rojizos sólo se han observado inclusiones de composición diorítica, de coloración verde-negruzca, siempre en contacto neto con el encajante.

Cualitativamente, la mineralogía de estas inclusiones y la de su encajante es similar y sólo difieren las proporciones modales de los constituyentes (fig. 2b). Asimismo, se destaca un mayor contenido de biotita y hornblenda, enriquecimiento en An en la composición de la plagioclasa y una sensible disminución en el contenido de feldespato potásico. También se ha determinado la existencia de restos de minerales anhídros, que habrían cristalizado tempranamente en un medio básico, antes de su inclusión en los granitoides y la presencia de núcleos de plagioclasa ricos en anortita, corroídos, rodeados por plagioclasa más ácida. Son frecuentes, además, restos de clinopiroxenos cálcicos y de olivino, parcial o totalmente reemplazados por hornblenda. Otro rasgo característico es la existencia de fenocristales en desequilibrio con la matriz, tales como cuarzo ocelar, glomérulos de anfíbol o cristales de plagioclasa readsorbidos por feldespato potásico, que podrían ser buenos indicadores de procesos de interacción entre magmas félsico y máfico. Asimismo, también se hallan cristales de apatito de hábito notablemente acicular y de prismas de circón, con importante desarrollo en dirección del eje c, características que serían indicativas de enfriamiento rápido (Wyllie *et al.*, 1962).

#### Características químicas

El análisis químico de elementos mayores y menores, realizado sobre 34 muestras representativas de los distintos tipos de granitoides, se hizo por vía húmeda (absorción atómica, colorimetría y emisión), siguiendo las técnicas señaladas por Saavedra *et al.* (1982), en el Laboratorio de Geoquímica del Instituto Superior de Correlación Geológica de la Universidad Nacional de Tucumán. En tanto que los elementos traza (Rb, Sr, Ba, Zr, Y y Nb) fueron determinados en el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca, España, por fluorescencia de Rayos X.

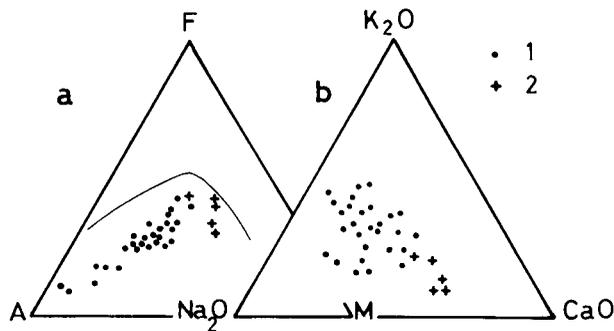


Fig. 3.—a) Diagrama AFM. Las rocas analizadas definen una clara tendencia calcoalcalina. b) Diagrama ternario Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O-CaO. 1) Granitoides. 2) Enclaves ígneos.

Los granitoides de la Sierra de Narváez y sus inclusiones ígneas, est n representados por rocas peraluminosas, en las que la relación  lmina/álcalis + calcio es de alrededor de 1,7 para las plutonitas, mientras que para los enclaves tiene un promedio de 1,2. La serie de rocas analizadas muestra una clara tendencia calcoalcalina en cuyo extremo menos evolucionado se hallan ubicadas las muestras correspondientes a las inclusiones (fig. 3a). El conjunto se ubica dentro de las series normales en K<sub>2</sub>O; con los valores correspondientes a los enclaves próximos al v rtice rico en CaO, en el diagrama Na<sub>2</sub>O-CaO-K<sub>2</sub>O (fig. 3b).

**Ambiente tectónico. Utilización de elementos trazas en diagramas discriminantes**

Algunos de los elementos trazas analizados nos permiten realizar ciertas interpretaciones respecto al ambiente tectónico de emplazamiento, como los modelos desarrollados por Pearce *et al.* (1984) y Harris *et al.* (1986), sin olvidar que la utilización de estos elementos permite la realización de diagramas discriminantes que no se refieren de manera directa al régimen tectónico, sino más precisamente a la naturaleza del magma, su zona de procedencia y su evolución.

En el presente trabajo se utilizan las relaciones Y vs SiO<sub>2</sub>, Rb/Zr vs SiO<sub>2</sub> y Rb vs (Y+Nb) introduciéndose, conjuntamente con los datos de las rocas analizadas, los valores correspondientes a otros intrusivos del Sistema de Famatina (tales como los de Nu orco, Sa ogasta, Cerro Blanco, entre otros) en cuyo marco geotectónico se hallan ubicados los granitoides de la Sierra de Narváez.

Siguiendo la nomenclatura de Pearce *et al.* (*op. cit.*) encontramos que el contenido de Y es, general-

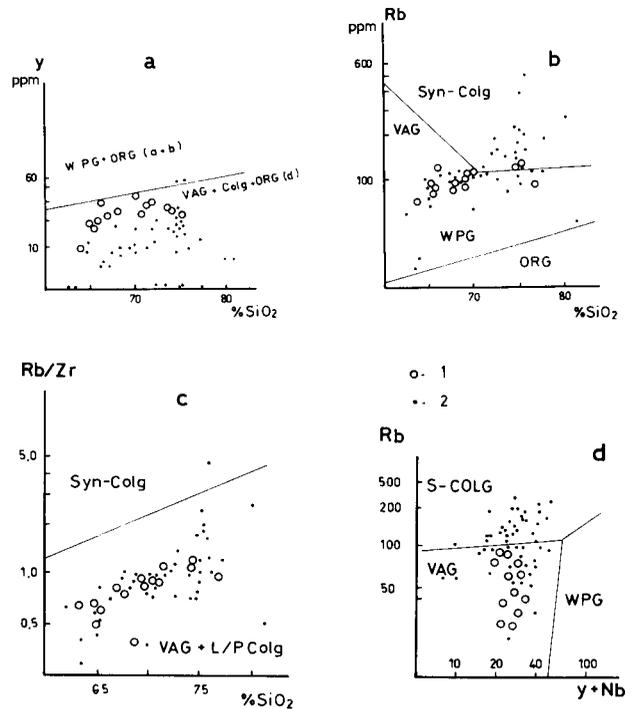


Fig. 4.—Diagramas discriminantes realizados sobre la base de los modelos propuestos por Pearce *et al.*, 1984 y Harris *et al.*, 1986. 1) Granitoides de la Sierra de Narváez. 2) Granitoides del Paleozoico del Sistema de Famatina.

mente, más abundante en los granitos de dorsales oceánicas (ORG) y de intraplaca (WPG) que en aquellos derivados de arcos volcánicos (VAG). Tal como podemos observar en la gráfica (fig. 4a) la disposición de los valores correspondientes a los granitoides de la Sierra de Narváez es coincidente con la de los distintos intrusivos del Sistema de Famatina, proyectándose conjuntamente en el campo de los granitoides de arco volcánico, colisionales y de dorsales oceánicas.

Para realizar inferencias más precisas y conociendo que el rubidio también representa un buen elemento discriminante, se ha utilizado la relación Rb vs SiO<sub>2</sub> (fig. 4b). Sin embargo, es importante destacar que el proceso de alteración deutérica (con cloritización, caolinización, etc.), sufrido por gran parte de los granitoides de Las Angosturas, como así también el hecho que muchas de las plutonitas del Sistema de Famatina se hallan tectonizadas, con sericitización y caolinización variables (Toselli *et al.*, 1988), implicaría un incremento en el contenido de rubidio (Pearce *et al.*, *op. cit.*), con la proyección de los valores muy cercanos o transgrediendo el límite con el campo de los granitoides de sin-colisión (Syn-Colg).

Mediante el empleo de la relación Rb/Zr vs SiO<sub>2</sub> (fig. 4c), se plantea el diagrama discriminador propuesto por Harris *et al.* (*op. cit.*). En el mismo, los valores correspondientes a los intrusivos del Sistema de Famatina se sitúan en el campo de arco volcánico (VAG) y tardío o post colisional (L/P-Colg), en coincidencia con las rocas de la Sierra de Narváz. Asimismo, la introducción de los valores correspondientes a Rb vs Y+Nb, en un diagrama que los relaciona (de Pearce *et al.*, 1984), permite definir con mayor aproximación las rocas analizadas; determinándose que las mismas pertenecerían a un ambiente de arco volcánico (VAG) (fig. 4d).

### Conclusiones

La suma de evidencias geológicas y geoquímicas nos permiten afirmar que los granitoides de la Sierra de Narváz se habrían originado en un ambiente tectónico de arco volcánico, y su génesis estaría íntimamente relacionada con la presencia de las rocas volcánicas de la Formación Las Planchadas, con las cuales presentan amplia afinidad geoquímica. Asimismo, el origen de estas vulcanitas ha sido adjudicado a un margen continental activo, correspondiente a un arco volcánico, de edad ordovícica (Toselli *et al.*, 1990). Por tanto, ambas unidades se podrían asignar a un mismo evento magmático de edad paleozoica inferior.

Lo expuesto concuerda con las interpretaciones realizadas por Toselli *et al.* (1991), respecto a la evolución geotectónica durante el Paleozoico Inferior del Sistema de Famatina. Esta se explicaría como resultado de un efecto de interacción de placas, que originaría un arco volcánico relacionado a procesos de subducción y a la generación de un evento plutónico colisional-transcurrente. Los intrusivos graníticos lograrían distintos niveles corticales y, en la Sierra de Narváz, se relacionarían con el acontecimiento volcánico-sedimentario previo (Toselli *et al.*, *op. cit.*).

Las características morfológicas, relación con el hospedante y principales rasgos petrográficos y geoquímicos de las inclusiones ígneas alojadas en los granitoides de Las Angosturas, nos hace pensar en la existencia de una magma máfico, pobre en agua y de alta temperatura, que habría reaccionado con el fundido más hidratado y félsico. Constituirían evidencias para este proceso la presencia de plagioclasa con el desarrollo de patchy zoning en el núcleo, sericitizado, lo que indicaría un enfriamiento rápido con incremento relativo en la cantidad de agua (Vance, 1968). A esto se suma la existencia de numerosas características mineralógicas, que también son indicadores de enfriamiento rápido y de situaciones de desequilibrio térmico durante la cristalización de estas

rocas. Asimismo, las modificaciones en la composición tanto de los granitoides como de las inclusiones, serían de consideración, ya que los datos aportados por las relaciones químicas indican el desarrollo de una serie de evolución continua entre los miembros extremos (enclaves dioríticos y monzograníticos), lo que nos induce a considerar que tales modificaciones composicionales para ambos medios se deberían a la acción de complicados mecanismos de hibridación entre los mismos (Cocirta *et al.*, 1986). Sin embargo, si bien la existencia de enclaves ígneos originados a partir de un magma básico diferente del que diera origen al intrusivo es evidente, queda aún pendiente la dilucidación de los procesos que actuaron durante la interacción de los fundidos.

### AGRADECIMIENTOS

La autora deja constancia de su agradecimiento al Dr. Alejandro Toselli por la lectura crítica del manuscrito, así como también a la Bioquímica María E. Medina por la realización del análisis químico de elementos mayores y menores. Este agradecimiento se hace extensivo al Dr. Julio Saavedra Alonso, quien hizo posible las determinaciones de los elementos trazas.

El presente trabajo constituye una contribución al Proyecto del PICG 249 (Magmatismo Andino y su Ambiente Tectónico).

### Referencias

- Aceñolaza, F. G. (1978). El plutonismo eopaleozoico del Sistema de Famatina. Reunión Nacional El Paleozoico de Argentina, *Suplemento Acta Lilloana*, Tucumán, 14, 23-26.
- Cocirta, C. y Orsini, J. (1986). Signification de la diversité de composition des enclaves «microgrenues» sombres en contexte plutonique. L'exemple des plutons calco-alcalins de Bono et de Budduso Sardaigne Septentrionale. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 302.
- De Alba, E. (1979). El sistema del Famatina. Segundo Simposio de Geología Regional Argentina. *Acad. Nacional de Ciencias de Córdoba*, I, 349-395.
- Harrington, H. (1957). Argentina. En: F. J. Jenks (ed.), *Handbook of South American Geology*, Geol. Soc. Amer. Mem. 65, Nueva York.
- Harris, N., Pearce, J. y Tindle, A. (1986). Geochemical characteristics of collision zone magmatism. En: M. P. Coward y A. C. Ries (eds.), *Collision Tectonics*, *Geol. Soc. Special Publ.*, 19, 67-81.
- Maisonave, H. M. (1973). Estratigrafía de los alrededores de Chaschuil, Dpto. Tinogasta, Prov. de Catamarca *Quinto Congreso Geol. Arg.*, 4, 75-87.
- Pearce, J., Harris, N. B. y Tindle, A. G. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granite rocks. *J. Petrol.*, 25, 956-983.
- Penck, W. (1920). Der Südrand der Puna de Atacama. *Abh. Math. Phys. Klasse der Sachsischen Akademie der Wissenschaften*, 37 (1).
- Saavedra, J. y Medina, M. E. (1982). Esquema para el análisis rápido de elementos mayores y menores en rocas. *Rev. Asoc. Arg. Min. Petr. Sed.*, 14, 7-14.
- Toselli, A. J., Saavedra, J. y Rossi de Toselli, J. N. (1988). Estudio preliminar de granitoides del Sistema de Fama-

- tina, La Rioja, Argentina: sus relaciones con otros granitos pampeanos. *Rev. Asoc. Geol. Arg. de Min., Petrol. y Sedim.*, 19, 1-12.
- Toselli, A., Aceñolaza, F., Durand, F., Rossi de Toselli, J., Indri, D., Cisterna, C., Lisiak, H., López, J., Saal, A. y Esteban, S. (1991). El Paleozoico inferior del Sistema de Famatina, noroeste de Argentina. *VI Congreso Geol. Chileno*, 1, 867-871.
- Toselli, A., Saavedra, J., Pelliteró, E., Rossi de Toselli, J., Aceñolaza, F. y Medina, M. (1990). Geoquímica y Petrogénesis del Volcanismo Ordovícico de la Formación de Las Planchadas, Sistema de Famatina. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, 45, 313-322.
- Turner, J. C. (1967). Descripción geológica de la hoja 13b, Chaschuil (Prov. de Catamarca y La Rioja). *Dir. Nac. de Geol. y Mine.*, Boletín 106.

*Recibido el 30 de junio de 1992  
Aceptado el 12 de enero de 1993*