

PETROLOGIA Y GEOQUIMICA DE LOS GRANITOIDES PERALUMINICOS DE LA FAJA TIPICA, EN EL BORDE OCCIDENTAL DE GONDWANA, SISTEMA DE FAMATINA, ARGENTINA

J. P. López * y A. J. Toselli *

RESUMEN

En este trabajo se presentan las principales características petrográficas y geoquímicas de las rocas que constituyen las Sierra de Copacabana, flanco oriental de la Sierra de Paimán y extremo NW de la Sierra de Velasco, dentro de la importante estructura deformativa que se desarrolla en el borde oriental del Sistema de Famatina y da lugar a la Faja Deformada TIPICA. Tales rocas corresponden a una tendencia evolutiva de características calcoalcalinas y son netamente peraluminosas, con presencia de minerales como biotita, muscovita, sillimanita, cianita, cordierita y granate.

Esta estructura se vincularía con la colisión oclóyica-tacónica entre Gondwana y Laurentia (Dalla Salda *et al.*, 1993) en niveles no muy profundos de la corteza, dentro de un ambiente tectónico transicional entre regiones de arco volcánico y sin-colisional. Este evento colisional habría tenido lugar entre el Ordovícico superior-Silúrico inferior y el Carbónico inferior, respondiendo a un régimen compresivo con vergencia al E.

Palabras clave: *Petrología, geoquímica, granitoides peraluminicos, Famatina, Argentina.*

ABSTRACT

Main petrological and geochemistry characteristics of the rocks of Copacabana, Paimán and Velasco Ranges are shown, constituent of the important deformative structure developed in the east border of Famatinian System.

This structure is related with Oclóyic-Taconic Collision between Gondwana and Laurentia, during Upper Ordovícic-Lower Siluric and Lower Carbonic, in response to a compressive regimen with vergence to the East.

Key words: *Petrology, geochemistry, peraluminic, granitoids, Famatina, Argentina.*

Introducción

La «Faja Deformada TIPICA» (López y Toselli, 1993) es una importante estructura deformativa que se desarrolla en el borde oriental del Sistema de Famatina, involucrando al extremo NW de la Sierra de Velasco, al flanco oriental de la Sierra de Paimán y la mayor parte de la Sierra de Copacabana (fig. 1), continuando hacia el N hasta ingresar en el ámbito de la Puna y hacia el S, hasta las Sierras de Paganzo y San Luis. El objetivo de este trabajo es presentar los resultados obtenidos a partir de los estudios petrográficos y geoquímicos realizados en esta región del NW argentino, con el objetivo de establecer el ambiente de emplazamiento de los grani-

toides y caracterizar al régimen tectónico que los habría afectado entre el Ordovícico superior-Silúrico inferior y el Carbónico inferior.

Geología regional

El basamento metamórfico de la región se encuentra bien expuesto en la Sierra de Paimán y está constituido por rocas pelíticas de bajo grado (pizarras y filitas), denominadas Formación La Aguadita (Durand y Aceñolaza, 1990) mientras que en Copacabana aparecen saltuariamente esquistos micáceos y anfibolitas de mediano grado, en Facies Anfibolitas.

* Instituto Superior de Correlación Geológica. Universidad Nacional de Tucumán. Miguel Lillo 205. San Miguel de Tucumán, Tucumán - Argentina (C.P. 4000).

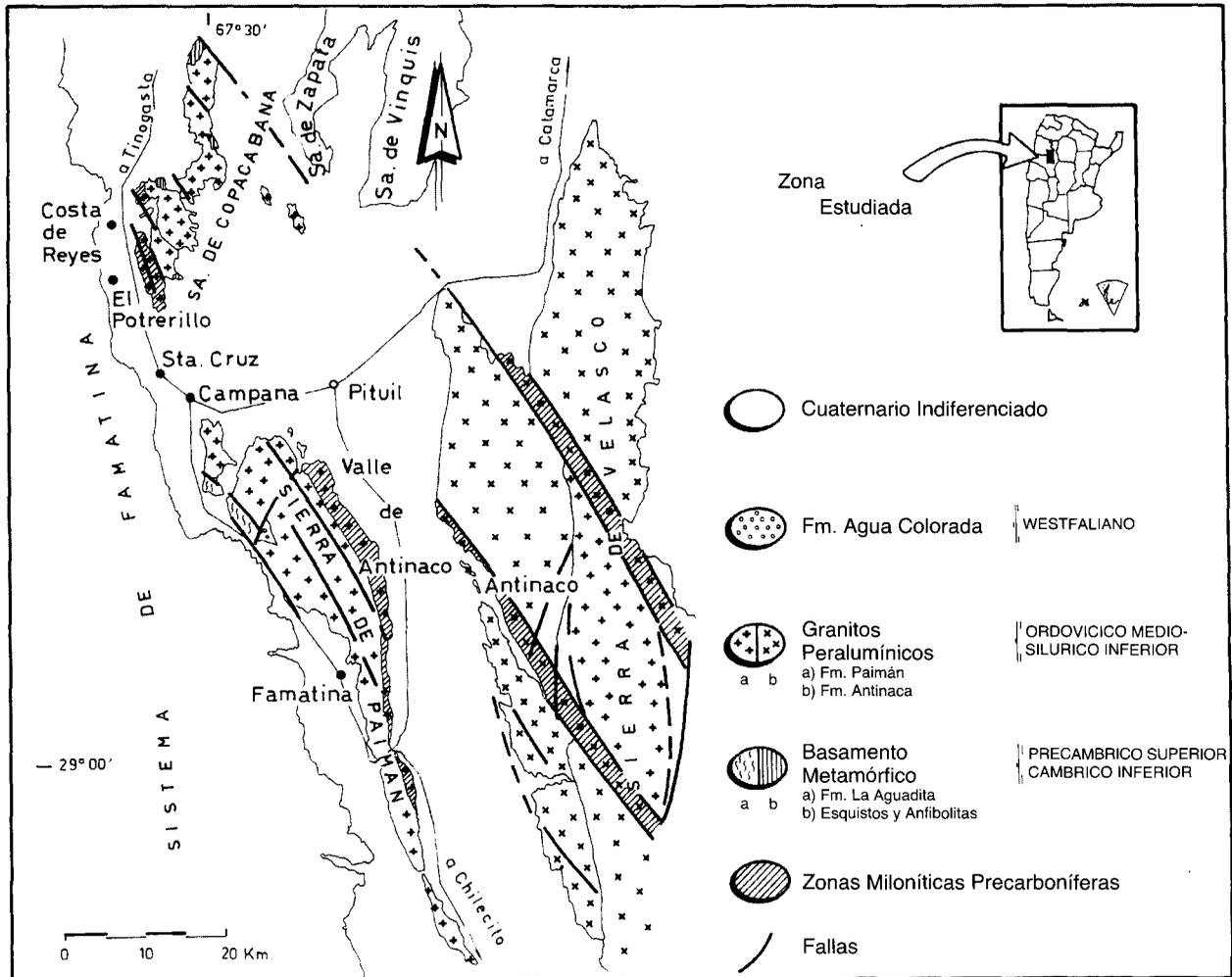


Fig. 1.—Mapa de ubicación de la Faja Milonítica TIPA, que se desarrolla en el borde oriental del Sistema de Famatina, en las Sierras de Paimán, Copacabana y Velasco, en el NW argentino.

Intruyendo a éstas y constituyendo los principales tipos litológicos de la región, afloran los granitoides peraluminicos (Formación Paimán y Formación Antinaco) que conforman el protolito de las rocas deformadas y corresponderían al magmatismo famatiniano, de edad ordovícica media a silúrica inferior (470-430 m.a.) (González *et al.*, 1985).

En tanto la sedimentación del área, de carácter continental-lacustre, representado por areniscas y lutitas (Durand *et al.*, 1990) corresponde a la Formación Agua Colorada de edad westfaliana (Vergel y Luna, 1992).

Petrografía

Las rocas ígneas plutónicas de la región presentan una deformación que varía entre levemente cataclástica hasta alcanzar niveles claramente miloníticos. El

término cataclástico se refiere a la textura deformativa en que predominan los efectos mecánicos sobre los de recrystalización y/o neomineralización, que se desarrollan en ambientes más superficiales; mientras que el término milonítico, se reserva para aquellas rocas en las que estos últimos son predominantes y que son típicos de ambientes más profundos donde los procesos plásticos son más importantes que los de índole frágil (Higgins, 1971).

Las rocas que se describen, aflorantes en las Sierras de Copacabana, Paimán y extremo NW de Velasco, corresponden a la serie microbrecha-cataclasita (Higgins, *op. cit.*), y se desarrollaron a partir de monzogranitos y granodioritas. Aquellas que presentan una deformación menos intensa pueden ser clasificadas en función de su composición y/o textura original, pues sus componentes no muestran fenómenos de recrystalización-neomineralización que obliteren su carácter

primario. Una característica común a la mayor parte de las rocas de este grupo es una textura porfírica con abundantes fenocristales de microclino, cuyas dimensiones varían entre 1 y 10 cm, en una mesostasis de grano grueso. Los fenocristales de microclino son de color gris-blanquecino a rosado, de hábito prismático y textura poiquilítica. Microscópicamente muestran bordes irregulares que penetran en la matriz, como evidencia de un crecimiento tardío.

En estas rocas se destaca como componente de la mesostasis, la plagioclasa, que se presenta en proporciones que varían entre 30 y 50 %. Posee cristales subhedrales, con maclado polisintético y suave zonación o con «patchy-zoning». Le sigue, en orden de importancia, el cuarzo (30-55 %), anhedral y de grano medio a grueso. Mientras que el microclino, que se presenta entre un 10 y un 40 %, interviene con cristales anhedrales, pertícticos y con maclado característico. Entre los accesorios se destaca la biotita, presente en todas las muestras estudiadas, muscovita primaria y secundaria, de aparición más restringida y en menor proporción; el granate postectónico, circón, esfena, apatito y epidoto secundario (pistacita, zoisita y clinozoisita), son accesorios menores comunes; mientras que la cianita y sillimanita, son de aparición más restringida.

Las facies equigranulares son de grano grueso y características texturales y mineralógicas similares a la mesostasis de las rocas porfíricas descritas anteriormente.

Sobre la ladera occidental de la sierra, a la altura de la localidad de Costa de Reyes, aflora un granito de color rosado fuerte, equigranular de grano medio a grueso, en el que se reconocen cristales de cuarzo y feldespato potásico, con biotita como accesorio más abundante y la presencia de individuos de cordierita de tamaño mayor a 1 cm. Este granito intruye a las metamorfitas y texturalmente puede observarse una variación desde completamente indeformado hasta claramente milonítico.

La posición de las muestras en el diagrama QAP (Le Maitre *et al.*, 1989) permite clasificar a los granitoides como monzogranitos y granodioritas (fig. 2).

Con el aumento de las condiciones de milonitización, las rocas presentan un mayor porcentaje de matriz y un mayor desarrollo de los procesos de recrystalización y neomineralización que se tornan más importantes que los efectos de la deformación mecánica. Esto se evidencia principalmente en los blastos de cuarzo con puntos triples, formando mosaicos monominerales, con extinción ondulosa discontinua y también, imbricado, constituyendo bandas alargadas muy deformadas, confiriéndole a la roca un aspecto fluidal; las micas, biotita principalmente y muscovita, también se presentan con una orientación preferencial conspicua, flexuradas y

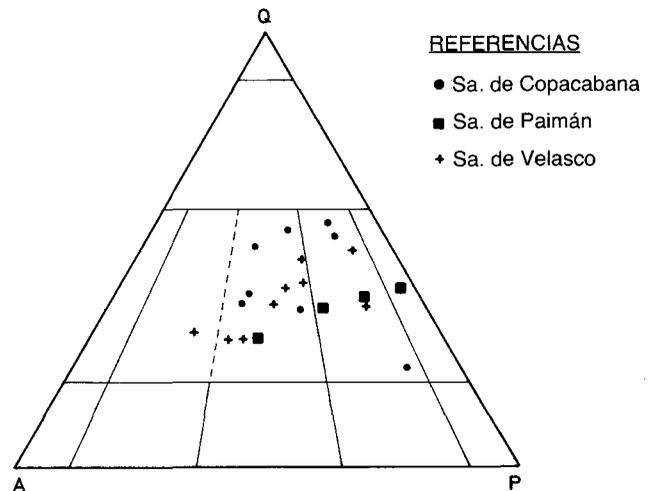


Fig. 2.—Diagrama QAP (Le Maitre *et al.*, 1989) con la ubicación de las muestras de las Sierras de Copacabana (círculos), Paimán (cuadrados) y Velasco (cruces).

sigmoidales; los feldespatos, plagioclasa y escaso microclino, se presentan como fenoclastos con texturas asimétricas (sigma y delta), periforme (goatee texture) y fracturados, en base a los cuales fue factible determinar que el sentido del movimiento cizallante es de carácter inverso, produciendo un cabalgamiento con vergencia al SÓ. Estas observaciones fueron corroboradas por medio de otros estudios estructurales a escalas micro, meso y macroscópica.

Estas rocas, en la clasificación de Higgins (1971), son denominadas protomilonitas y milonitas; mientras que de acuerdo a los conceptos de Belliere (1971) basados en función de profundidad (condiciones regionales de presión y temperatura) la zona de origen correspondería a la Epizona inferior y Mesozona superior (Facies Esquistos Verdes).

Finalmente, en el extremo SE de la Sierra de Copacabana y en la región N de la Sierra de Paimán afloran cuerpos gábricos y dioríticos.

Petrográficamente presentan una textura xenomórfica, equigranular, de grano muy fino, en la que la plagioclasa es el mineral félsico más importante; el feldespato potásico (microclino) y el cuarzo son escasos, encontrándose en granos pequeños, anhedrales e intersticiales. El mafito principal es hornblenda que se presenta en pequeños cristales anhedrales, junto a enstatita, titanita, escasa biotita y muscovita secundaria. Un rasgo textural interesante es el desarrollo de individuos de hornblenda rodeando fenocristales de cuarzo, lo que puede ser considerado un indicio de mezcla de magmas. Otros rasgos característicos de interacción de magmas son: venas de granito que cortan al gabro; enclaves de gabro en el granito; heterogeneidad textural; cumulos de fenocristales de feldespato potásico en el granito.

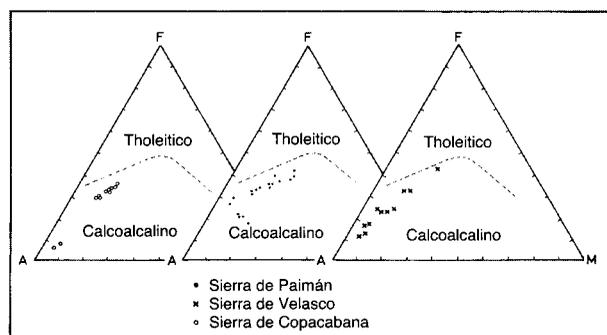


Fig. 3.—Diagrama AFM (Irvine y Baragar, 1971) en la que se proyectaron las muestras correspondientes a las Sierras de Copacabana, Paimán y Velasco.

Composición química

En base a mineralogía, las rocas deformadas estudiadas se distinguen por su carácter calcoalcálico, tal como se evidencia también en la proyección en el diagrama AFM (fig. 3). Las muestras correspondientes a los granitoides de la Sierra de Copacabana se agrupan en su mayor parte, en la porción media del diagrama, superponiéndose con las de la Sierra de Paimán, mientras que las de la Sierra de Velasco resultan las más evolucionadas del grupo, con mayor concentración de álcalis. El índice de Shand (1927) varía entre 1,0 y 1,5 lo que señala composiciones netamente peraluminosas para estos granitoides (fig. 4). Las dos muestras que corresponden a la Sierra de Paimán y se ubican cercanas al extremo A del diagrama, corresponden a granitoides con una importante deformación, lo que le produciría fenómenos de migración iónica, enriqueciéndose en álcalis.

Los diagramas de variación de Harker (1908) (fig. 5) indican, para las muestras de Copacabana y Paimán una similar distribución de Al_2O_3 , Fe_2O_3 y CaO ; los intrusivos de la Sierra de Paimán son más magnésicos y sódicos que los de Copacabana; mientras que los del extremo NW de Velasco, con valores más restringidos de SiO_2 , son relativamente más potásicos y menos férricos, magnésicos y cálcicos que los anteriores. En los diagramas correspondientes a los álcalis se observa una dispersión característica de granitoides evolucionados en los que habría actuado una importante fase volátil. Las tendencias evolutivas, aproximadamente rectas estarían indicando una evolución controlada esencialmente por la cristalización fraccionada, con fenómenos de mezcla restringidos.

Ambiente tectónico

El ambiente tectónico de emplazamiento de los intrusivos estudiados puede interpretarse en base al

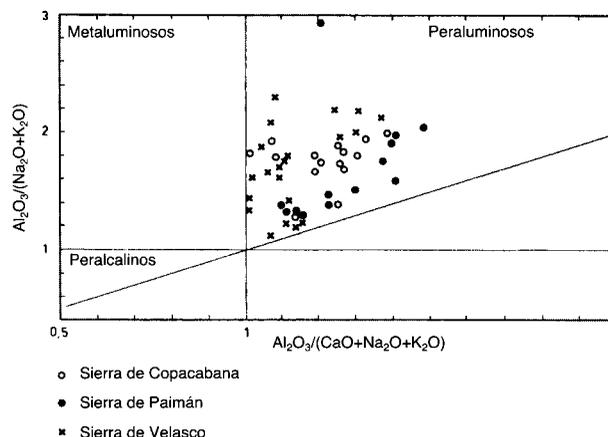


Fig. 4.—Diagrama de Shand (1927) donde se observa el carácter peraluminoso de las rocas estudiadas.

diagrama Rb/SiO_2 de Pearce *et al.* (1984) (fig. 6), ya que este elemento traza es un claro discriminador para los granitos peraluminosos. Las muestras ocupan, en general, el campo sin-colisional (S-COL); aunque algunas correspondientes a Paimán presentan características de arco volcánico (VAG) o intraplaca (WPG). Sin embargo en base a las evidencias petrográficas (presencia de minerales peraluminosos tales como cianita, sillimanita y cordierita) y estructurales (tales como indicadores cinemáticos a escala micro, meso y macroscópicas) nos permitirían definir, en general, un ambiente de margen continental activo, el que habría evolucionado en la dirección de O a E.

Edad de los granitoides y de la deformación

González *et al.* (1985) determinaron la edad de los granitoides del área en 470-430 m.a., es decir que se habría desarrollado entre el Ordovícico medio y el Silúrico inferior, siendo representativas del magmatismo famatiniano; en tanto el metamorfismo deformativo, que habría originado a las milonitas, ampliamente desarrollado en la región sería posterior a esta edad y pre-carbonífero ya que sólo afecta a los granitoides mencionados, mientras los sedimentos continentales carboníferos suprayacentes se presentan indeformados.

Por otra parte las rocas básicas que intruyen a los granitoides no muestran evidencias de deformación y tendrían una edad entre 437 y 459 m.a. (Pérez y Kawashita, 1992). Según estos autores la intrusión de los gabros, en la Sierra de Paimán, sería sintectónica en la zona de cizalla que habría permanecido activa después de su cristalización, a juzgar por las evidencias de interacción de magmas.

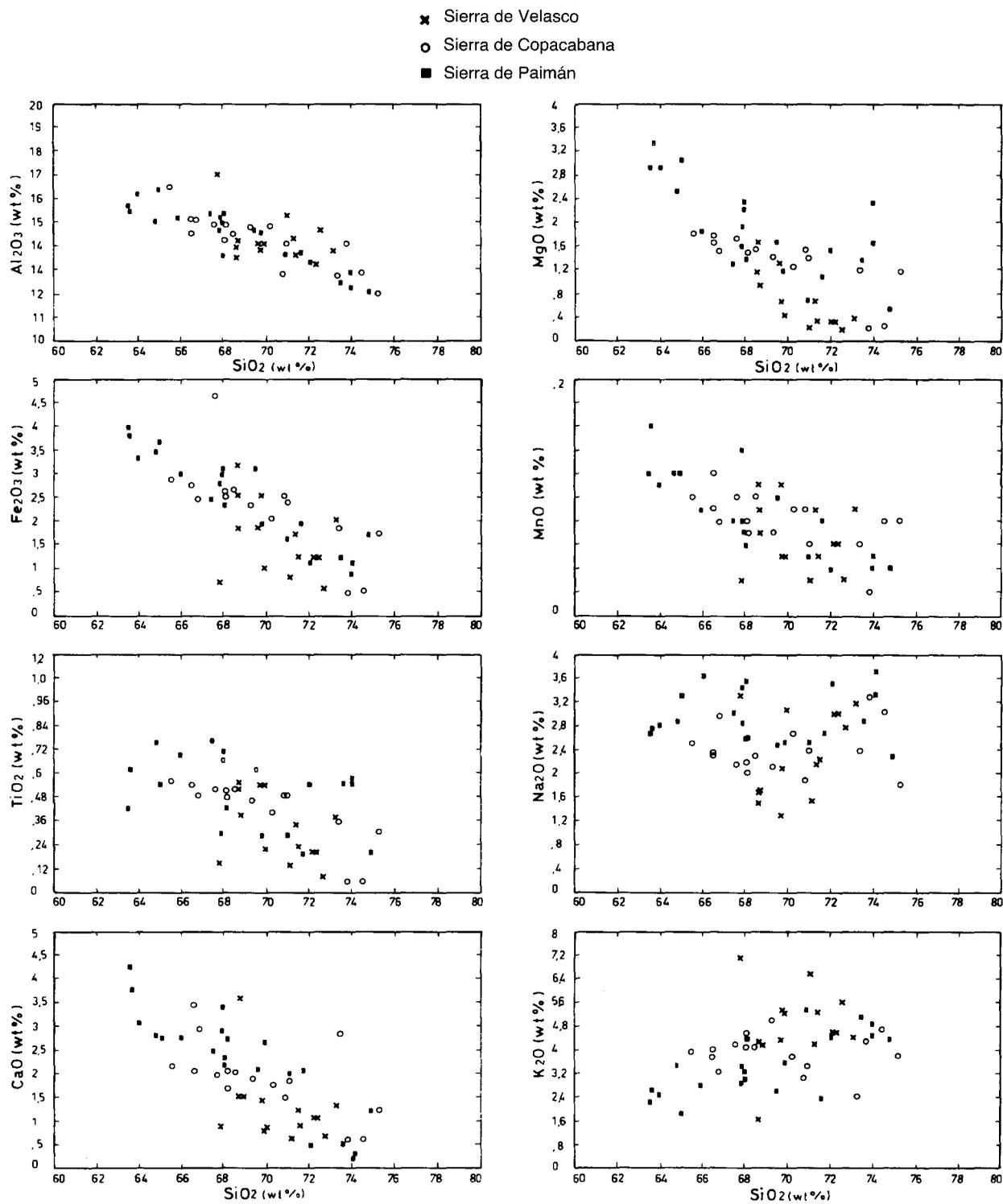


Fig. 5.—Diagramas de variación de Harker (1908) para las rocas estudiadas en las Sierras de Copacabana, Paimán y Velasco.

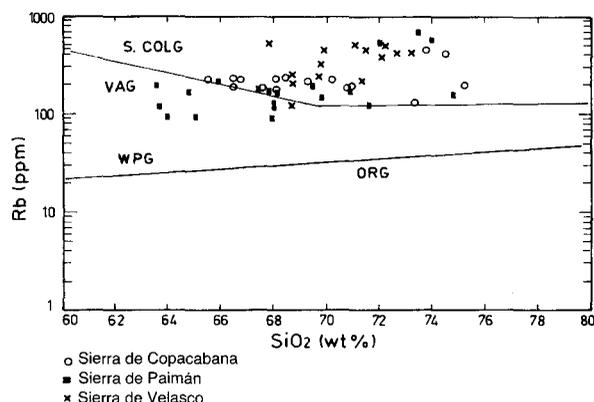


Fig. 6.—Diagrama tectónico de Pearce *et al.* (1984) en el que se observa, en general, una ubicación de las muestras de las Sierras de Copacabana y Velasco, en el campo de los granitos sincolisionales (S-COLG) mientras que las muestras de la Sierra de Paimán caen en el campo de los granitos de arco volcánico (VAG) o intraplaca (WPG).

Conclusiones

En base a las evidencias obtenidas en el presente estudio, podemos concluir que los granitoides considerados representan la actividad intrusiva desarrollada entre el Ordovícico medio y el Silúrico inferior, en el sector oriental del Sistema de Famatina y tienen características netamente peraluminosas como lo indica el índice de Shand mayor que 1 y las paragénesis minerales con biotita, muscovita, sillimanita, cianita, cordierita y granate. Asimismo presentan una tendencia evolutiva de carácter calcoalcalino.

Se define, en base al diagrama Rb/SiO₂ y a las evidencias petrográficas, geoquímicas y estructurales, un ambiente tectónico de emplazamiento de tipo transicional entre regiones de arco volcánico y sin-colisional, en niveles someros de la corteza, que podría vincularse con la colisión Gondwana-Laurentia (Dalla Salda *et al.*, 1993).

Esta región habría sufrido una importante deformación milonítica entre el Silúrico inferior y el Carbónico, afectando a los granitoides del área, sobreimponiéndole las estructuras cataclásticas y miloníticas observables.

Sintectónicamente con la cizalla, habrían intruido los gabros y dioritas, que producen fenómenos de interacción de magmas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean dejar expreso su agradecimiento al Instituto Superior de Correlación Geológica de la Universidad Nacional de Tucumán, por su apoyo logístico y técnico, que hizo posible la realización de este trabajo.

Referencias

- Belliere, J. (1971). Mylonites, Blatmylonites et domaines polymetamorphiques. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, 94, 249-263.
- Dalla Salda, L., Varela, R., y Cingolani, C. (1993). Sobre la colisión Laurentia-Sudamérica y el Orógeno Famatiniano. *XII Cong. Geol. Argentino*, III, 358-366, Mendoza, Argentina.
- Durand, F., y Aceñolaza, F. (1990). Caracteres biofaunísticos, paleoecológicos y paleogeográficos de la Formación Puncoviscana (Precámbrico superior-Cámbrico inferior) del NO argentino. En: *El Ciclo Pampeano en el NO argentino* (F. Aceñolaza, H. Miller y A. Toselli eds.), Serie Correlación Geológica, 4, 71-112.
- Durand, F., Toselli, A., Aceñolaza, F., Lech, R., Pérez, A., y Lencina, R. (1990). Geología de la Sierra de Paimán, provincia de La Rioja, Argentina. *XI Cong. Geol. Argentino*, II, 15-18.
- González, R., Cabrera, M., Bortolotti, P., Cuenya, M., Omil, M., Moyano, R., y Ojeda, J. (1985). La actividad eruptiva en Sierras Pampeanas. Esquematización petrográfica y temporal. *Acta Geol. Lilloana*, 16, 289-318.
- Harker, A. (1908). The geology of the small Isles of Inverness-shire. *Mem. Geol. Surv. United Kingdom*, 1-481.
- Higgins, M. W. (1971). Cataclastic rocks. *Geol. Surv. Prof. Pap.*, 687, 1-97.
- Irvine, T., y Baragar, W. (1971). A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian J. Earth Sci.*, 8, 523-548.
- Le Maitre, R. (ed.), Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, M., Sabine, P., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A., y Zanettin, B. (1989). *A classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*, Blackwell Scientific Publications, 192 págs.
- López, J. P., y Toselli, A. (1993). La Faja Milonítica TIPA: faldeo oriental del Sistema de Famatina, Argentina. *XII Cong. Geol. Argentino*, III, 39-42, Mendoza, Argentina.
- López, J. P., Lisiak, J., e Indri, D. (1992). La faja cataclástica del borde oriental del Sistema de Famatina, Argentina. *Estudios Geol.*, 48, 329-334.
- Pearce, J., Harris, N., y Tindle, A. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of Granitic Rocks. *J. Petrol.*, 25, 956-983.
- Pérez, A., y Kawashita, K. (1992). V-Ar and Rb-Sr geochronology of igneous rocks from the Sierra de Paimán, northwestern Argentina. *J. of South American Earth Science*, 5 (3-4), 251-264.
- Shand, S. (1927). *Eruptive Rocks*, John Wiley and Sons, Nueva York.
- Vergel, M., y Luna, F. (1992). Registros palinológicos en sedimentos del Neopaleozoico de la Sierra de Paimán, La Rioja, Argentina. *Acta Geol. Lilloana*, 17, 161-168.
- Winkler, H. (1976). *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*, Springer-Verlag, Nueva York.

Recibido el 8 de noviembre de 1995
Aceptado el 28 de abril de 1996