



## PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA DEL MAGMATISMO JURÁSICO-CRETÁCICO VINCULADO A LAS MINERALIZACIONES DE Fe-Cu DEL CERRO PEPITA, SO DEL CHUBUT

LANFRANCHINI, M.E.<sup>1-3</sup>, GONZÁLEZ, P.D.<sup>2-3</sup>, de BARRIO, R.E.<sup>1</sup>, ETCHEVERRY, R.O.<sup>1-3</sup> y  
AMETRANO, S.J.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>. Instituto de Recursos Minerales, FCN y M (UNLP). Calle 64 N°3, (1900) La Plata.

E-mail: mlanfranchini@inremi.unlp.edu.ar

<sup>2</sup>. Centro de Investigaciones Geológicas (UNLP-CONICET). 1 N° 644, (B 1900 TAC) La Plata.

<sup>3</sup>. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

<sup>4</sup>. Cátedra de Mineralogía, FCN y M (UNLP).

### ABSTRACT

Fe-Cu skarn and hydrothermal deposits, at the Pepita Hill (SW Chubut Province), are related to Jurassic-Cretaceous magmatism. Detailed petrographic studies and whole rock geochemical analyses performed on basalt-basaltic andesite flows (Lago La Plata Fm) and rhyolitic-dacitic dikes and subvolcanic bodies (El Gato Fm) allowed to characterize the meta-aluminous to weakly per-aluminous, tholeiite-calc-alkaline signature, associated to a magmatic arc setting. The iron source of the El Abuelo ore deposit is possibly related to the tholeiitic affinity of rocks from Lago La Plata Formation.

**Palabras clave:** Petrología – magmatismo Jurásico-Cretácico – Cerro Pepita - Chubut

**Keywords:** Petrology – Jurassic-Cretaceous magmatism – Pepita Hill – Chubut

### INTRODUCCIÓN

En el cerro Pepita, situado en el sector sudoccidental de la provincia del Chubut, límite entre los segmentos norte y sur de la Cordillera Patagónica (Haller y Lapidó 1980; Ramos, 1999), se emplazan mineralizaciones de Fe y Cu (Minas El Abuelo y El Solcito) vinculadas espacial y temporalmente al magmatismo mesozoico de la región.

Estas mineralizaciones han sido objeto de algunas investigaciones geológico-metalogénicas (Hayase *et al.*, 1972; Medina y Maisterrena, 1981; Lanfranchini, 2004, entre otros), mientras que el magmatismo asociado fue estudiado regionalmente por Ramos (1976).

En la presente contribución se dan a conocer la mineralogía, texturas y caracteres geoquímicos más conspicuos de unidades volcánicas y sub-volcánicas del cerro Pepita (44°55'30" LS y 70°54'00" LO). Estos datos permiten caracterizar el marco geológico-

lectónico del magmatismo para el Mesozoico y además establecer su vinculación con las mineralizaciones de Fe-Cu.

### MARCO GEOLÓGICO

En el cerro Pepita se ha desarrollado un intenso magmatismo Andino, durante el Jurásico-Cretácico, que está acompañado por sucesiones sedimentarias marinas y continentales, en parte contemporáneas.

Las rocas más antiguas están constituidas por basaltos y andesitas basálticas de la Formación Lago La Plata del Jurásico medio-superior (Ramos, 1976). Posteriormente, en el lapso Jurásico superior-Cretácico inferior se desarrolló la secuencia sedimentaria marina de la Formación Tres Lagunas (Ploszkiewicz y Ramos, 1977), compuesta por una alternancia de pelitas gris oscuras, areniscas y areniscas calcáreas. Los términos inferiores de esta unidad se interdigitan con la parte superior de las volcanitas de la Formación Lago La Plata.

Las sedimentitas tienen un desarrollo restringido por haberse depositado en cuencas someras limitadas por barreras litorales. Por encima de las Formaciones Lago La Plata y Tres Lagunas sigue la Formación Apelog del Cretácico Inferior (Ramos, 1976), constituida por areniscas y areniscas conglomerádicas castañas. Esta unidad, de amplia distribución areal, ha sido caracterizada como un sistema deltaico.

La sucesión volcano-sedimentaria antes mencionada constituye la roca de caja de la

Formación El Gato, también del Cretácico Inferior (Ploszkiewicz y Ramos, 1977). En el cerro Pepila la unidad está compuesta por cuerpos subvolcánicos y diques ácidos e intermedios que produjeron metamorfismo de contacto en sus rocas de caja y desarrollaron un *skarn* con mineralización metalífera (mina El Abuelo) en los horizontes calcáreos de la Formación Tres Lagunas. Además, a la Formación El Gato se vinculan vetas hidrotermales tardías de cuarzo con sulfuros de Fe y Cu (mina El Solcito).

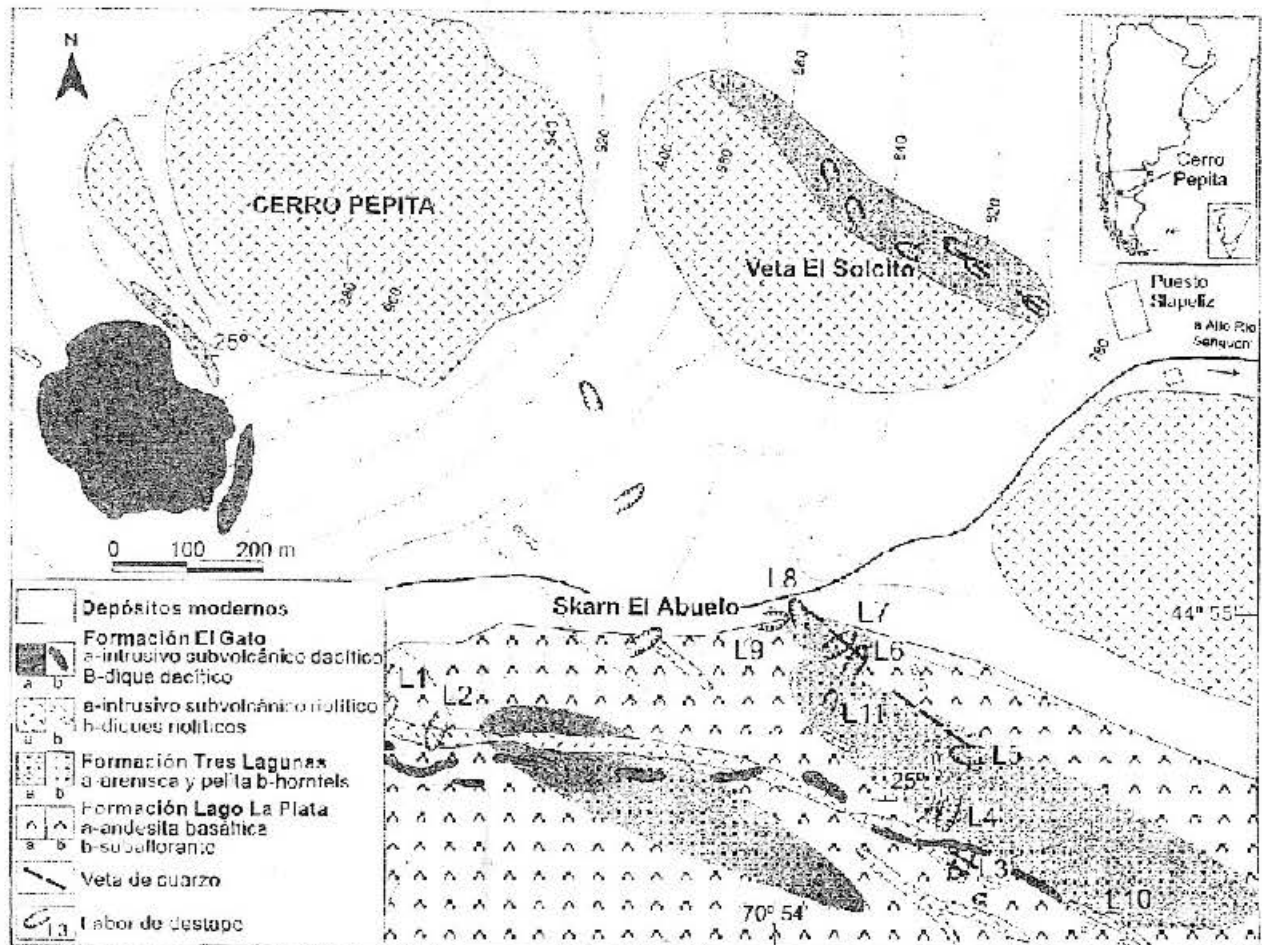


Figura 1. Mapa geológico del cerro Pepita (modificado de Lanfranchini, 2001).

La estratigrafía del área se completa con basaltos de meseta del Cenozoico, sedimentos fluviales y depósitos recientes de remoción en masa.

### LAS ROCAS ÍGNEAS DEL CERRO PEPITA

La Formación El Gato está compuesta por dos cuerpos intrusivos subvolcánicos, uno riolítico y otro dacítico, a los que se vinculan un enjambre longitudinal de diques riolíticos y

uno dacítico ramificado que corta en varias ocasiones al anterior. Hasta el momento no se han hallado relaciones de corte entre los diques y los cuerpos subvolcánicos. Todos estos cuerpos están intruídos en las volcanitas de la Formación Lago La Plata y en las sedimentitas de la Formación Tres Lagunas.

El cuerpo subvolcánico riolítico presenta una forma aproximadamente circular de unos 500 m de diámetro mientras que el dacítico, emplazado hacia el SO, es de menores

dimensiones. No se reconocen evidencias del contacto entre ambos debido a la cobertura cuaternaria. Por su parte, los diques riolíticos son de orientación general ONO a NO, de coloración blanquecina a castaña clara, tienen un espesor que varía entre 0,5 y 2 m aunque excepcionalmente alcanzan hasta 5 m, presentando una longitud de ~1000 m. El dique dacítico es de tonalidad castaño grisácea, con un espesor y longitud similares a los riolíticos.

## MINERALIZACIÓN

El *skarn* El Abuelo se encuentra dentro de una reducida aureola de metamorfismo de contacto de unos pocos metros de extensión. En una etapa inicial se generaron *hornfels* con anfíbol > epidoto ± clorita. Con posterioridad, los fluidos de derivación magmática produjeron reemplazos metasomáticos anhidros en las rocas calcáreas (*exoskarn*) y en los diques de la Formación El Gato (*endoskarn*). La facies de *exoskarn* está constituida por una asociación mineral integrada por clinopiroxeno (Fe-Hd/Mn-Hd) ± Ca-granate ± cuarzo ± epidoto. Por su parte la facies de *endoskarn* está representada por clinopiroxeno (Mg-Mn Hd) ± Ca-granate, restringida fundamentalmente a algunos sectores del dique dacítico. La posterior incorporación de aguas meteóricas al sistema (Lanfranchini, 2004), mezcladas con los fluidos magmáticos generaron en la facies de *exoskarn*, una asociación mineral retrógrada constituida por actinolita ± epidoto ± clorita ± cuarzo ± magnetita ± pirita ± calcopirita > titanita ± esfalerita ± galena. La magnetita tiene una distribución errática y constituye pequeños cuerpos irregulares. Al microscopio, se observa que desarrolla cristales subhedrales, que a veces se encuentran reemplazados por hematita.

A la paragénesis de retrogrado se ha sobrepuesto una etapa hidrotermal representada por vetas de cuarzo de rumbo NO a ONO e inclinación subvertical. Estas vetas afloran a lo largo de unos 900 m en forma discontinua y con espesores variables entre 0,5 y 1 m, aunque a veces se resuelven en dolgadas vetillas. En asociación con el cuarzo se ha reconocido sericita ± adularia ± pirita ± calcopirita.

Por otra parte en la veta El Solcito, situada unos 500 m al norte del *skarn* El Abuelo, se

observan evidencias de actividad hidrotermal no advirtiéndose procesos de *skarnificación*. En este sector, las rocas de la Formación Tres Lagunas están cortadas por una estructura de cuarzo, brechosa, de unos 300 m de longitud y 0,5-1 m de espesor con rumbo similar NO. La mineralización está constituida esencialmente por sulfuros de Fe y Cu (pirita y calcopirita).

En ambos depósitos se ha desarrollado un nivel de oxidación con minerales supergénicos de Cu y Fe.

## PETROGRAFÍA

### Formación Lago La Plata

Está compuesta por basaltos y andesitas basálticas negras a negro verdosas y microporfíricas. Los basaltos se componen de microfenocristales de clinopiroxeno euhedral, agrupados en glomérulos. Tienen fuerte zonación óptica y reemplazo pseudomórfico de clinofanfíbol fibroso y escasos granos de epidoto. La pasta es de tablillas de plagioclasa euhedral y textura traquítica, con huecos ocupados por clinopiroxeno intrafascicular, reemplazado por clinofanfíbol fibroso y titanita con bordes de leucóxeno. Algunos huecos también se exhiben rellenos con el clinofanfíbol + clorita magnesiana. Un juego ortogonal de vetillas de clinofanfíbol corta a la fábrica previa, y a su vez está cortado por vetillas (~0,8 mm de ancho) de clinozoicita.

Las andesitas basálticas se componen de microfenocristales de plagioclasa euhedral, con alteración sericitica en fracturas, y un borde de feldespatos alcalinos de menor índice de refracción que la plagioclasa hospedada (textura *antirapakivi*). La pasta es intergranular con tablillas decusadas de plagioclasa euhedral e intersticios ocupados por granos de clinopiroxeno alterado a bowlingita (Fig. 2). Están cortadas por vetillas, con paredes tapizadas con ceolitas y sector central ocupado por un mineral micáceo verde (clorita?), y cavidades pequeñas e irregulares rellenas también con ceolitas. Algunas variedades de andesitas basálticas tienen, además, microfenocristales de anortoclasa, con maclas en enrejado o parrilla y parches de otro feldespatos alcalino, y vidrio volcánico fresco (<8-10%) en la pasta intersertal.

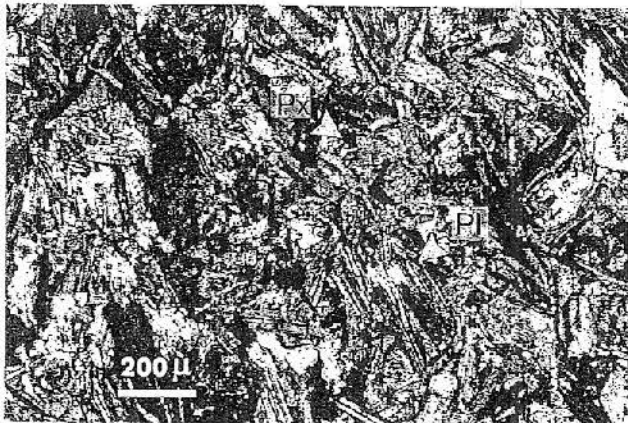


Fig. 2. Fotomicrografía de andesita basáltica de la Formación Lago La Plata. Px: clinopiroxeno, Pl: plagioclase. Nícoles cruzados.

### Formación El Gato

Las riolitas del enjambre longitudinal NO de diques son porfíricas. Los fenocristales (~1 mm) son de cuarzo límpido (Fig. 3) y plagioclase euhedral, fuertemente reemplazada por pistacita, clinozoicita, cuarzo y argilominerales. La pasta es subvolcánica, microcristalina, y está compuesta por feldespatos esferulíticos (fibroso-radiales y con una tablilla en el sector central de la esferulita), cuarzo tardío ubicado en los huecos entre las esferulitas y escasa biotita reemplazada por clorita. La pasta está reemplazada por granos de pistacita-clinozoicita y cortada por vetillas de la misma composición más cuarzo.

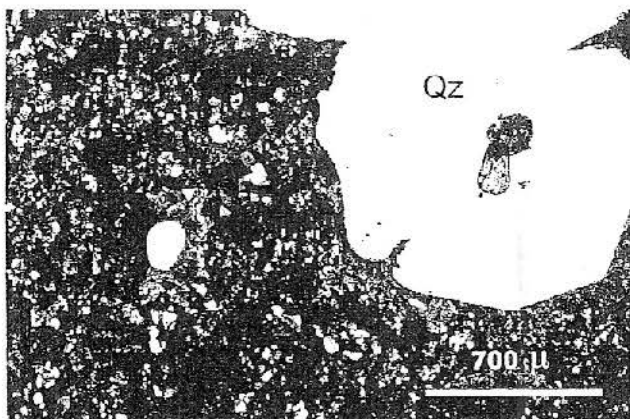


Fig. 3. Fotomicrografía de riolita del cuerpo subvolcánico de la Formación El Gato. Qz: fenocristal de cuarzo.

El dique dacítico ramificado también es porfírico. Está constituido por fenocristales de

plagioclase (con parches de clorita, pistacita, argilominerales y prehnita) y anfíbol (reemplazo total de cloritas y epidotos fibroso-radiales y en abanico). La pasta es traquítica en transición a pilotáctica. Se compone de tablillas de plagioclase orientadas y rodeadas de un feldespato alcalino sin maclas (sanidina?) y con alteración parcial a argilominerales. Acompañan abundante apatita y clorita diseminada. Además tiene cavidades y vetillas ocupadas por abanicos de epidotos, clorita y cuarzo.

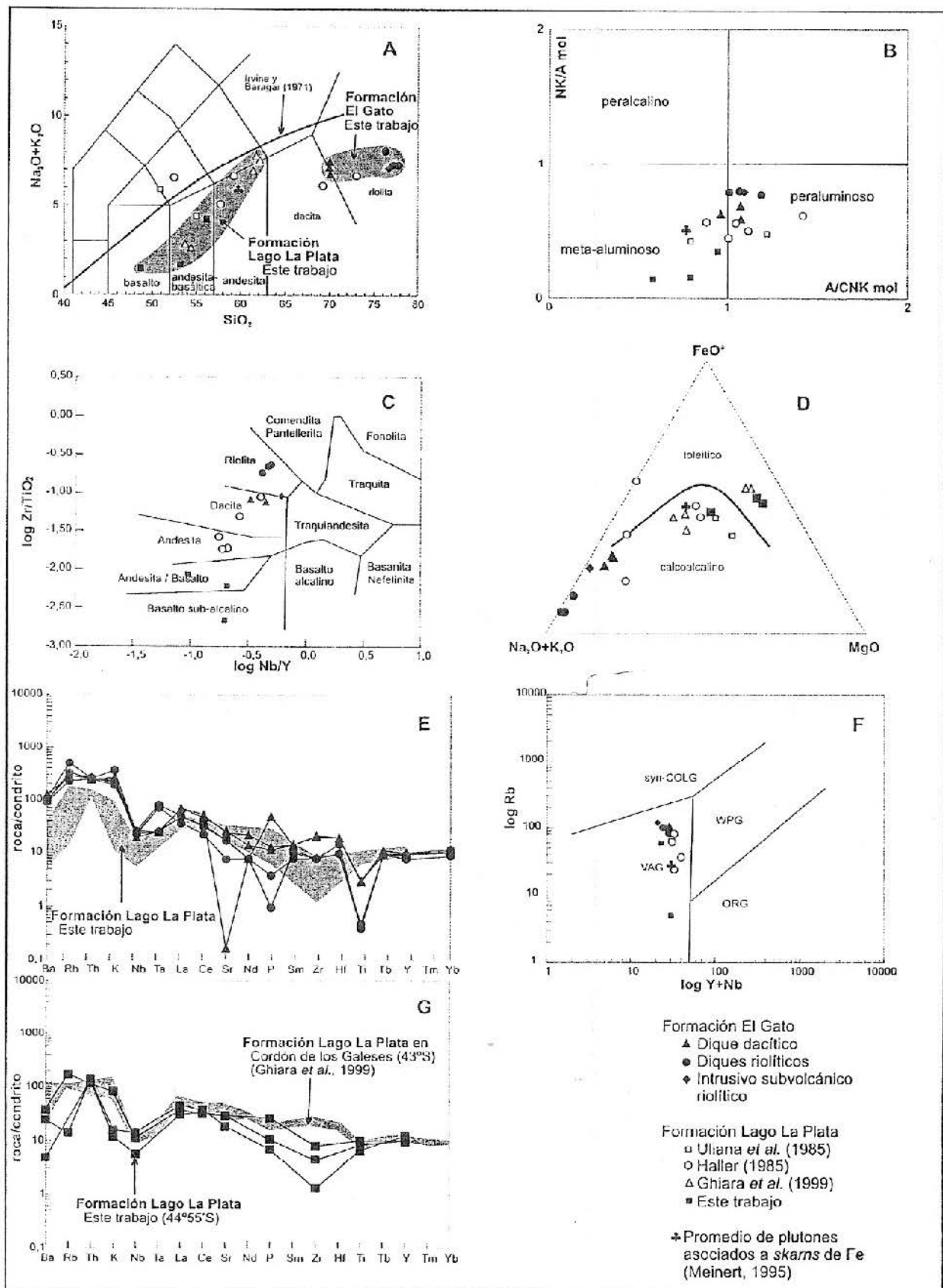
El intrusivo subvolcánico riolítico tiene una composición, texturas, alteraciones, vetillas y cavidades análogas a los diques riolíticos. Sin embargo, se diferencian de éstos porque el epidoto + cuarzo que tapizan las cavidades están acompañados de escaso granate anhedral, y las vetillas de epidoto exhiben escasa allanita metamictica.

El intrusivo subvolcánico dacítico tiene una composición, texturas y alteraciones análogas al dique dacítico ramificado. Sutiles diferencias con éste último son sus fenocristales de cuarzo con engolfamientos, canalículos e inclusiones de la pasta y, además, esta última presenta texturas transicionales entre pilotáctica y felsítica.

### GEOQUÍMICA

El estudio mineralógico y textural de detalle de rocas de las Formaciones Lago La Plata y El Gato se complementó con análisis geoquímicos de roca total, llevados a cabo en Alex Stewart (Assayers) Argentina S.A. (elementos mayoritarios y trazas, métodos ICP-AES e ICP-MS) y ActLabs Ltd, Canadá (tierras raras, método INNA).

Los basaltos a andesitas basálticas de la Formación Lago La Plata, en el cerro Pepita, tienen rangos de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  de 48,7-56,2% y 1,48-4,26% (base anhidra) respectivamente, que los ubica en el campo de las rocas sub-alcálinas (Fig. 4-A). Aún no se han detectado las andesitas y las rocas ácidas que caracterizan a la unidad en el cordón de Los Galese (43° S; Haller, 1985; Ghiara *et al.*, 1999). De acuerdo con la relación entre los índices de Shand (A/CNK) y agpaítico (NK/A) los basaltos y andesitas basálticas son meta-aluminosos (ASI = 0,58-0,94; Fig. 4-B), y teniendo en cuenta los contenidos de álcalis,  $\text{FeO}^*$  (Fe total como óxido ferroso) y MgO son toleíticas, aunque la



**Figura 4.** A. Diagrama TAS (Le Maitre, 2002) con la ubicación del campo subalcalino de Irvine y Baragar (1971). B. Diagrama del Índice de Saturación en alúmina (ASI) e Índice agpaítico. C. Diagrama discriminante de Winchester y Floyd (1977). D. Diagrama triangular para separar rocas toleíticas y calcoalcálicas (Irvine y Baragar, 1971). E y G. Diagramas multielementos normalizados a condrito (datos de Thompson, 1982). F. Diagrama discriminante de ambientes tectónicos de Pearce et al. (1984). Detalles en el texto.

andesita basáltica más evolucionada es calcoalcalina (Fig. 4-D). La escasa o nula movilidad de los álcalis, a pesar de la alteración que presentan las rocas, relacionada con el carácter sub-alcalino se confirma con las relaciones entre Zr/Ti y Nb/Y (Fig. 4-C). La Formación Lago La Plata muestra enriquecimiento en Rb y Th respecto de Nb, La, Ce, Zr e Y (Fig. 4-E y G), que es una característica de las rocas de arco magmático (Thompson *et al.*, 1984). Los patrones multielementos (normalización a condrito de Thompson, 1982) tienen empobrecimientos ligeros en elementos LIL y HFS respecto de las andesitas del cordón de Los Galeses, lo cual es consistente con el carácter menos evolucionado de los basaltos y andesitas basálticas (Fig. 4-E y G). Sin embargo, todas las rocas de la Formación Lago La Plata (cerro Pepita y cordón de Los Galeses) tienen diseños de multielementos más o menos análogos. La relación de la unidad con un volcanismo de arco magmático continental ha sido interpretada en trabajos anteriores (Uliana *et al.*, 1985; Haller, 1985; Ghiara *et al.*, 1999), y confirmada para la zona del cerro Pepita con las relaciones entre Rb-Y/Nb (Fig. 4-F) y las anomalías negativas del Nb y Zr que caracterizan a las rocas de arco (Fig. 4-G).

Las rocas de la Formación El Gato posiblemente podrían tener una evolución química conjunta con la Formación Lago La Plata, como los diferenciados ácidos de ésta, ya que son unidades groseramente contemporáneas. Los diques e intrusivos subvolcánicos de la Formación El Gato están separados de la Formación Lago La Plata por un rango de SiO<sub>2</sub> variable entre 63 y 70%, donde no hay rocas representadas (Fig. 4-A). Los diques riolíticos (SiO<sub>2</sub>=76-78%), el dique dacítico ramificado (SiO<sub>2</sub>~70%) y el intrusivo subvolcánico riolítico (SiO<sub>2</sub>=77%) tienen rangos de álcalis homólogos, de 7 a 8%. Son rocas ácidas sub-alcalinas, meta- a débilmente per-aluminosas (ASI = 0,96-1,18) y netamente calcoalcalinas (Fig. 4-B, C y D). La Formación El Gato muestra enriquecimiento en Rb, Ba y Th respecto de Nb, Ta, REE, Zr, Hf e Y (Fig. 4-E), que también sugiere que son rocas de arco magmático (Thompson *et al.*, 1984). La forma de los patrones multielementos de las rocas ácidas de la Formación El Gato se parecen a aquella de los patrones de la Formación Lago

La Plata. Sin embargo, los primeros están más enriquecidos en elementos LIL y empobrecidos en algunos elementos HFS respecto de los basaltos y andesitas basálticas de la Formación Lago La Plata, dado su carácter ácido más evolucionado. La afinidad de arco magmático de las rocas de la Formación El Gato también se muestra con la relación Rb-Y/Nb (Fig. 4-F).

Los patrones multielementos de las dacitas y riolitas, tanto de los diques como intrusivos subvolcánicos, son más o menos semejantes entre sí y sugieren que posiblemente todas estas rocas son co-magmáticas. Las ligeras variaciones en los tenores de Ta, Zr, Sr, y P de algunas riolitas y dacitas son aún difíciles de interpretar. Posiblemente podrían relacionarse con heterogeneidades composicionales en la fuente de la cual derivan estas rocas, o asociarse con los procesos de skarnificación, especialmente los elementos más móviles como el Sr y el P.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis integral de los datos de campo, petrografía y caracteres geoquímicos permiten identificar a la Formación Lago La Plata compuesta por coladas de basaltos y andesitas basálticas y a la Formación El Gato por diques e intrusivos subvolcánicos dacíticos y riolíticos. Todas las rocas se pueden relacionar con un volcanismo de zona de subducción en un margen continental, ubicado en el borde Pacífico de Gondwana y desarrollado principalmente en el Jurásico medio-superior y posiblemente hasta el Cretácico inferior (ver Féraud *et al.*, 1999 y Pankhurst *et al.*, 2000 para una síntesis cronológica). La vinculación de todo este volcanismo con sedimentitas marinas silicoclásticas y calcáreas contemporáneas sugiere un ambiente de intra-arco (Lizúain, 1999; Folguera e Iannizzotto, 2004).

Las características petrográficas y geoquímicas de los diques riolíticos y del dique dacítico ramificado son análogas con los intrusivos subvolcánicos riolítico y dacítico respectivamente, y sugieren que posiblemente los diques y los intrusivos de la misma composición son co-magmáticos.

El análisis integral de los datos geoquímicos no permite aún precisar si las Formaciones Lago La Plata y El Gato tienen

una evolución temporal conjunta y representan un volcanismo bimodal, con basaltos y andesitas basálticas y riolitas-dacitas como los diferenciados ácidos de las rocas de la Formación Lago La Plata. La alternativa es que se trate de dos series de rocas distintas, no contemporáneas y donde cada una tiene una evolución química independiente, dado que las separa un rango amplio de sílice.

Por otra parte, el skarn de Fe está principalmente relacionado genéticamente al dique dacítico ramificado de la Formación El Gato. La fuente del Fe posiblemente podría relacionarse con las rocas toleíticas de la Formación Lago La Plata. En este sentido, se considera la posibilidad que este metal haya sido removido desde los basaltos y andesitas basálticas de esta unidad. Los fluidos involucrados en esta removilización estuvieron compuestos por una mezcla de aguas magmáticas y meteóricas.

*Agradecimientos:* el presente trabajo integra parte de los resultados de las investigaciones realizadas en el marco del proyecto PIP-CONICET N° 2727. Los autores agradecen al Dr. V. Ramos por la información geológica suministrada.

#### LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Féraud, G., Alric, V., Fornari, M., Bertrand, H y Haller, M., 1999.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of the Jurassic volcanic province of Patagonia: migrating magmatism related to Gondwana break-up and subduction. *Earth and Planetary Science Letters*, 172: 83-96.

Folguera, A. e Iannizzotto, N., 2004. The Lagos La Plata and Fontana Fold-and-thrust belt: long-lived orogenesis at the edge of western Patagonia. *Journal of South American Earth Sciences*, 16: 541-566.

Ghiara, M., Haller, M., Stanzione, D., Barbieri, M., Castorina, F., Trudu, C., Demichelis, A. y Meister, C., 1999. Calc-alkaline volcanic rocks from Cerro Ver, Patagonian Cordillera (43°10'S): Geochemistry and geochronology. 14° Congreso Geológico Argentino, 2: 178-181.

Haller, M. y Lapido, O. 1980. El Mesozoico de la Cordillera Patagónica Central. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 35 (2): 230-247.

Haller, M., 1985. El magmatismo mesozoico en Trevelín, Cordillera Patagónica, Argentina. 4° Congreso Geológico Chileno, 4: 215-234. Antofagasta, Chile.

Hayase, K., Gelós, E. y Labudía, C., 1972. El Yacimiento de hierro Mina El Abuelo, Alto Río Senguerr, Provincia del Chubut, República Argentina. 5° Congreso Geológico Argentino, 2: 123-136. Córdoba.

Irvine, T. y Baragar, W., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8 (5): 523-548.

Lanfranchini, M. E., 2004. Caracterización geológica del skarn "El Abuelo", Alto Río Senguerr, Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59 (4): 685-692.

Le Maitre, R., 2002. *Igneous Rocks. A classification and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. 2<sup>nd</sup> Edition.* Cambridge University Pres. 236p.

Lizuaín, A., 1999. Estratigrafía y evolución geológica del Jurásico y Cretácico de la Cordillera Patagónica Septentrional. En *Geología Argentina* (Ed. R. Caminos), Cap. 17: 433-556. Anales N° 29, Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR. Buenos Aires.

Medina, A. y Maisterrena, E., 1981. De las mineralizaciones de las Minas El Solcito y El Abuelo y su relación con la eruptividad, Departamento Río Senguerr, Provincia de Chubut. 8° Congreso Geológico Argentino, 4: 571-581. San Luis.

Meinert, L., 1995. Compositional variation of igneous rocks associated with skarn deposits – chemical evidence for a genetic connection between petrogenesis and mineralization. En *Magmas, Fluids, and Ore Deposits* (Editor J.F.H. Thompson). *Mineralogical Association of Canada. Short Course*, vol. 23: 401-418.

Pankhurst, R., Riley, T., Fanning, M. y Kelley, S., 2000. Episodic silicic volcanism in Patagonia and the Antarctic Peninsula: chronology of magmatism associated with the break-up of Gondwana. *Journal of Petrology*, 41 (5): 605-625.

Pearce, J. A., Harris, N. y Tindle, A., 1984. Trace elements discrimination diagram for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25 (4): 956-983.

Ploszkiewicz, J. y Ramos, V. A., 1977. *Estratigrafía y Tectónica de la Sierra de*

Payaniyeu (Provincia del Chubut). Revista de la Asociación Geológica Argentina, 32 (3): 209-226.

Ramos, V. A., 1976. Estratigrafía de los Lagos Fontana y La Plata (Chubut), Argentina. 1º Congreso Geológico Chileno 1 (A): 43-64. Santiago de Chile.

Ramos, V. A., 1999. Las provincias geológicas del territorio argentino. En Geología Argentina (Ed. R. Caminos), Cap. 3: 41-96. Anales Nº 29, Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR. Buenos Aires.

Thompson, R., 1982. British Tertiary volcanic province. Scottish Journal of Geology, 18: 49-107.

Thompson, R., Morrison, M., Hendry, G. y Parry, S., 1984. An assessment of the relative roles of the crust and mantle in magma genesis: an elemental approach. Philosophical Transactions of the Royal Society, London, Series A, 310: 549-590.

Uliana, M., Biddle, K., Phelps, D. y Gust, D., 1985. Significado del vulcanismo y extensión mesojurásicos en el extremo meridional de Sudamérica. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 40 (3-4): 231-253.

Winchester, J. y Floyd, P., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology, 20: 325-343.