

# PETROGRAFÍA Y EDAD $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ DE LEUCOGRANITOS PERALUMINOSOS AL OESTE DE VALCHETA. MACIZO NORDPATAGÓNICO (RÍO NEGRO)

Martín R. GOZALVEZ

Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Buenos Aires. E-mail: mgozal@mineria.gov.ar

## RESUMEN

Entre la localidad rionegrina de Valcheta y la Estación Muster del ex ferrocarril Gral. Roca se localizan numerosos afloramientos de leucogranitos que en conjunto forman un cuerpo plutónico de bordes rectos y geometría elipsoidal, aquí denominado plutón Valcheta. El intrusivo mencionado forma parte del basamento ígneo-metamórfico del sector oriental del macizo nordpatagónico. El plutón Valcheta es un cuerpo leucogranítico, peraluminoso ( $A/CNK > 1,1$ ), de grano medio, levemente deformado en los bordes, compuesto por una facies leucogranítica con muscovita-biotita-granate y otra con muscovita-biotita. Las zonas de contacto con los esquistos de la Formación Nahuel Niyeu están cubiertas y en su interior presenta xenolitos de gneises y anfibolitas inyectados por material leucocrático. El estudio radimétrico  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  en muscovita del plutón Valcheta resultó en una edad de  $470 \pm 1,8$  Ma. Estos datos permiten descartar la correlación de rocas leucograníticas aflorantes al noroeste de Valcheta con el Granito Flores de edad jurásica. El plutón Valcheta presenta diferencias macroscópicas, petrográficas, microestructurales y composicionales con los intrusivos ordovícicos del Complejo Plutónico Punta Sierra, aflorante sobre la costa atlántica rionegrina. En consecuencia, la extensión del magmatismo ordovícico del este del Macizo Nordpatagónico hasta las inmediaciones de Valcheta debe ser revisada. La morfología, mineralogía, rasgos microestructurales y geoquímica del plutón Valcheta se comparan favorablemente con los leucogranitos del Complejo Mina Gonzalito que forman los plutones Taper y María Teresa. El pico metamórfico de dicho complejo, según dataciones U-Pb en circones, es del Ordovícico medio ( $472 \pm 5$  Ma). El plutón Valcheta es composicionalmente semejante a leucogranitos post-colisionales tipo S formados en una corteza engrosada.

Palabras clave: *Leucogranito peraluminoso, Edad  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , Macizo Nordpatagónico.*

**ABSTRACT:** *Petrography and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age of peraluminous leucogranites west of Valcheta, Northpatagonian Massif (Río Negro).* NE trending leucogranites of the Valcheta pluton crop out west of Valcheta, between the Ríos Valcheta and Nahuel Niyeu. Petrographic and major elements data of Valcheta pluton are typical of peraluminous leucogranites ( $A/CNK > 1,1$ ). It has medium grain and it is likely deformed on the border. The pluton has a leucogranite facies with muscovite-biotite-garnet and other facies with muscovite-biotite. The contact zones with the regional metamorphic rock (Nahuel Niyeu Formation) are covered and inside of the pluton there are gneisses and amphibolite xenolites. The age of the Valcheta pluton is  $470 \pm 1,8$  My ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  in muscovite). The ancient correlation between leucogranites from Valcheta with Granito Flores, a Jurassic intrusive next to Valcheta, is disregarded. The field and petrographic characteristics of Valcheta pluton are different from the intrusives of Ordovician Punta Sierra Plutonic Complex, which crops out along the coast of the Rio Negro province. Based on the new data here presented, the extension of the Ordovician magmatism of the eastern North Patagonian Massif requires a revision. The morphology, mineralogy, microstructural evidences and geochemistry from Valcheta pluton are similar to the Taper and María Teresa plutons, from Mina Gonzalito Complex. The U-Pb zircon age of the metamorphic peak of this complex is  $472 \pm 5$  Ma. The Valcheta pluton is compositionally similar to post-collisional peraluminous leucogranites of S-type formed in an overthickened crust.

Keywords: *Peraluminous leucogranite,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age, Northpatagonian Massif.*

## INTRODUCCIÓN

El área de estudio se localiza en el centro-este de la provincia de Río Negro, en el borde nor-oriental del macizo nordpatagónico, entre la localidad de Valcheta y la estación Muster del ex ferrocarril Ge-

neral Roca. Valcheta se localiza a 105 km al oeste de San Antonio Oeste.

El área está caracterizada por un basamento metamórfico de grado bajo intruido por numerosos cuerpos plutónicos de variado tamaño y composición, vinculados a ciclos magmáticos del Eopaleozoico,

Neopaleozoico y Mesozoico. Las descripciones geológicas realizadas por Caminos (1983, 2001) dan cuenta de *stocks* y plutones cuya exacta posición estratigráfica y filiación magmática se desconoce debido esencialmente a la falta de datos geocronológicos de los intrusivos. El

Servicio Geológico Minero Argentino ha comenzado los trabajos de cartografía geológica de detalle a escala 1: 100.000 en la región y bajo ese marco se realizó el presente estudio.

Los leucogranitos de Valcheta fueron inicialmente incluidos por Núñez (1975) y Núñez *et al.* (1975) dentro de la Formación Punta Sierra al considerar que presentaban, junto a granodioritas y granitos, características petrológicas comparables con las del plutón Punta Sierra, aflorante en la costa atlántica, y los afloramientos del islote Lobos, este último datado por K-Ar en  $435 \pm 20$  Ma (edad corregida por Weber 1983). Más tarde, Caminos (1983, 2001) realizó una nueva cartografía de los cuerpos plutónicos de las cercanías de Valcheta y determinó que los granitos con muscovita primaria y sin deformación, entre los que se encontraban granitos biotítico-muscovíticos y leucogranitos; presentaban semejanzas petrográficas con el granito del islote Lobos, estimando la posibilidad que ambas sean de antigüedad equiparable. Este mismo autor consideró que alguno de los leucogranitos aflorantes al oeste de Valcheta presentaba mayores similitudes petrográficas con el Granito Flores de edad jurásica inferior.

En este trabajo se presenta el mapeo geológico de detalle de los leucogranitos ubicados al noroeste de Valcheta, sus principales características petrográficas y geoquímicas de elementos mayoritarios y el resultado de la primera datación por el método Ar-Ar. Además, se discute la posición estratigráfica y filiación magmática de los leucogranitos dentro del contexto geológico del basamento ígneo-metamórfico del extremo oriental del macizo nordpatagónico.

## METODOLOGÍA

Para la cartografía geológica se realizaron trabajos de fotointerpretación (escala 1: 20.000), análisis de imagen satelital ASTER (escala 1: 50.000) y tareas de campo. Se efectuaron tres perfiles de dirección NO en los extremos oriental y occidental

del plutón y sobre la traza de la ruta nacional 23. El muestreo estuvo orientado al estudio petrográfico, geoquímico y radimétrico de los afloramientos de leucogranitos ubicados al noroeste de Valcheta.

Los análisis químicos de elementos mayoritarios se realizaron en *Actlabs* Canadá por el método de fusión ICP.

El análisis radimétrico  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  fue realizado en los laboratorios del SERNAGEOMIN de Chile por el método de calentamiento en etapas (*step heating*). Se utilizó un espectrómetro de masas MAP 215-50 modificado.

## MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El área de estudio tiene escaso relieve, destacándose amplias depresiones y lomadas suaves. La mayor parte de la superficie está cubierta por detritos y suelo poco desarrollado. Desde el punto de vista geológico se caracteriza por un basamento metamórfico de grado bajo a muy bajo, identificado como Formación Nahuel Niyeu (Caminos, 1983), integrado por metagrauvas, metapelitas, lutitas pizarreas y filitas. El grado metamórfico aumenta de oeste a este, alcanzando paragénesis en facies esquistos verdes en los sectores orientales (Caminos 2001). La edad posible del pico metamórfico es de aproximadamente 500 a 530 Ma, sobre la base de estudios U-Pb en circones de la Formación Nahuel Niyeu (Pankhurst *et al.* 2006). Hacia el sudeste, en el área de sierra Pailemán, aflora una faja de metamorfitas de similares características, denominadas Formación Jagüelito (Ramos 1975, *nom. transl.* Cortés 1981) con la cual algunos autores la correlacionan (Busteros *et al.* 1998, Caminos 2001).

La Formación Nahuel Niyeu presenta una estructura compleja producto de tres fases de deformación (Chernicoff y Caminos 1996a). Fase inicial  $D_1$  con pliegues isoclinales asociados a una esquistosidad penetrativa  $S_1$  paralela a la estratificación  $S_0$  y de rumbo general, en el área de Valcheta, NNO. La segunda fase ( $D_2$ )

formó pliegues asimétricos, apretados, con vergencia al SO y clivaje de crenulación  $S_2$  de actitud promedio  $N333^\circ/48^\circ$  NE. Finalmente, la última fase de deformación ( $D_3$ ) formó pliegues asimétricos, abiertos, con vergencia al O.

La Formación Nahuel Niyeu está intruida por plutonitas de edades y orígenes diversos. Se han reconocido *stocks* macizos de composición granítica, con muscovita primaria y textura granosa, asignados por Núñez (1975) y Caminos (1983, 2001) al Ordovícico por correlación con los plutones del Complejo Plutónico Punta Sierra (Núñez *et al.*, 1975; *nom. transl.* Busteros *et al.* 1998) localizados en la región de Sierra Grande a aproximadamente 150 km al sudeste del área de estudio. El mencionado complejo plutónico consiste en varios cuerpos aflorantes sobre la costa atlántica y sobre el lecho del arroyo Salado, intruidos en rocas de la Formación Jagüelito. También se ha reportado actividad magmática de edad cámbrica superior - devónica inferior en el bloque del Chadileuvú, sur de la provincia de La Pampa, representada por los granitoides no deformados del Grupo Pichi Mahuida intruidos en basamento metamórfico de grado bajo (Sato *et al.* 1996, Tickj *et al.* 1999).

Otro grupo de plutonitas que intruyen a la Formación Nahuel Niyeu son tonalitas con hornblenda, biotita y magnetita, textura granosa y sin foliación tectónica. Caminos (1983, 2001) los incluyó en el Complejo Plutónico Navarrete, aflorante en las proximidades de Nahuel Niyeu, de edad pérmica y representantes, en la región, del magmatismo gondwánico. Finalmente, la Formación Nahuel Niyeu está intruida por leucogranitos asignados por Caminos (2001) al Triásico - Jurásico inferior por considerarlos similares petrográficamente al Granito Flores. El Granito Flores es un plutón de grandes dimensiones (aproximadamente  $100 \text{ km}^2$ ), localizado al oeste del área de estudio compuesto por granitos leucocráticos y granitos aplíticos, asociados a diques de pórfido granítico y pórfido riolítico (Caminos, 2001). El cuerpo fue datado en

$188 \pm 3$  Ma (Pankhurst *et al.* 1993) e incluido por Caminos (1983, 2001) en el Complejo Plutónico-Volcánico Treneta. Entre la estación Muster y Nahuel Niyeu aparecen numerosos afloramientos de sedimentitas marinas de la Formación Sierra Grande de edad silúrico-devónica, apoyados en discordancia sobre la Formación Nahuel Niyeu.

Hacia el noroeste de Valcheta, fuera del área de estudio, aflora el Complejo Yaminué, inicialmente descrito como un basamento ígneo-metamórfico formado por gneises, migmatitas y mármoles, en facies anfíbolita epidótica a anfíbolita, milonitas en facies esquistos verdes y leucogranitos sincinemáticos foliados, subconcordantes con las estructuras regionales (Caminos 1983, Chernicoff y Caminos 1996b). Posteriormente, Varela *et al.* (2001) y Basei *et al.* (2002), sobre la base de datos U-Pb circón convencional, interpretaron que el Complejo Yaminué está integrado esencialmente por granodioritas, cuya edad de cristalización magmática es del Neopaleozoico (aproximadamente 300 Ma: Carbonífero tardío - Pérmico temprano), y con posterioridad fueron deformadas y metamorfizadas. Llambías *et al.* (2002) consideraron que estas rocas fueron deformadas y metamorfizadas en facies anfíbolita baja, con una edad mínima para la deformación de  $244 \pm 9$  Ma. Los autores mencionados entienden que los gneises, anfíbolitas y mármoles que forman parte del Complejo Yaminué, y afloran al oeste y sur del Puesto Peynecura, constituyen la roca de caja de los cuerpos ígneos neopaleozoicos, antes indicados.

Hacia el sudeste de Valcheta, y también fuera del área de estudio, aflora un importante bloque ígneo - metamórfico denominado Complejo Mina Gonzalito (Ramos, 1975, *nom. transl.* Giacosa 1987) constituido esencialmente por esquistos, gneises, anfíbolitas y mármoles, íntimamente asociados a inyecciones leucocráticas y *stocks* graníticos, entre ellos los plutones María Teresa y Tapera. Las metamorfitas presentan paragénesis en facies anfíbolita con condiciones locales de ma-

yor grado (Giacosa 1997). El pico metamórfico del conjunto fue datado en  $472 \pm 5$  Ma, basado en datos U-Pb circón (Pankhurst *et al.* 2006). Actualmente no hay evidencias suficientes que expliquen las relaciones estratigráficas entre el Complejo Yaminué y el Complejo Mina Gonzalito.

Las relaciones estratigráficas entre el Complejo Yaminué y la Formación Nahuel Niyeu no han sido claramente establecidas, a pesar que está en contacto tectónico en las proximidades de la localidad de Nahuel Niyeu. Chernicoff y Caminos (1996a) interpretaron este contacto como un corrimiento de orientación NE y vergencia al SE que monta al Complejo Yaminué sobre la Formación Nahuel Niyeu, conformando dos pisos estructurales diferentes en edad y evolución geológica. Para los autores mencionados el corrimiento es de edad devónico - carbonífera y forma parte de una estructura de imbricación, que en sectores más orientales, yuxtapone la Formación Nahuel Niyeu sobre la Formación Sierra Grande. Durante el Pérmico y Triásico estas estructuras controlaron el emplazamiento de cuerpos plutónicos (Caminos, 1983, 2001). Otro rasgo estructural importante son las fallas de deslizamiento de rumbo dextrales de orientación NO (Chernicoff y Caminos 1996b).

## LEUCOGRANITOS DE VALCHETA

Los afloramientos de leucogranitos están dispersos en un área de aproximadamente 15 km de largo y 4 km de ancho y se disponen con orientación NE. Están aislados por grandes áreas cubiertas de detritos y suelo (Fig. 1). Se trata de un extenso cuerpo plutónico de geometría alargada y relación axial 4:1 denominado en este trabajo plutón Valcheta. Anteriormente estos leucogranitos habían sido agrupados separadamente como granitos biotítico-muscovíticos y leucogranitos, asignándoles edad ordovícica y mesozoica, respectivamente (Caminos, 1983, 2001).

En las fotografías aéreas los afloramientos graníticos se muestran como porciones alargadas de color gris claro y límites difusos, con escasa rugosidad, mientras que en imágenes satelitales se destaca un mayor contraste cromático y se realza la textura con respecto a las rocas del basamento metamórfico.

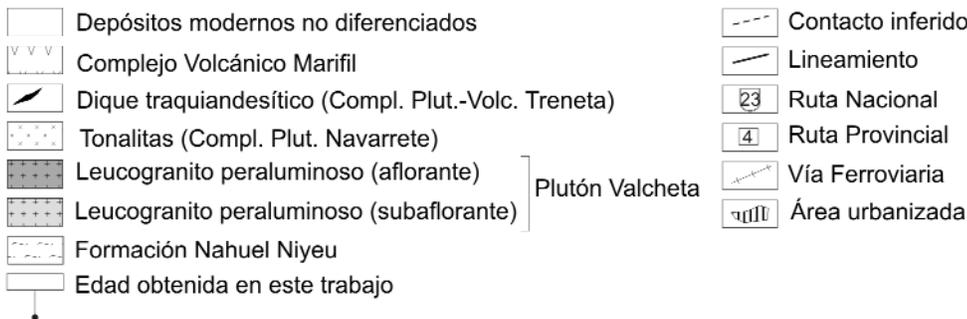
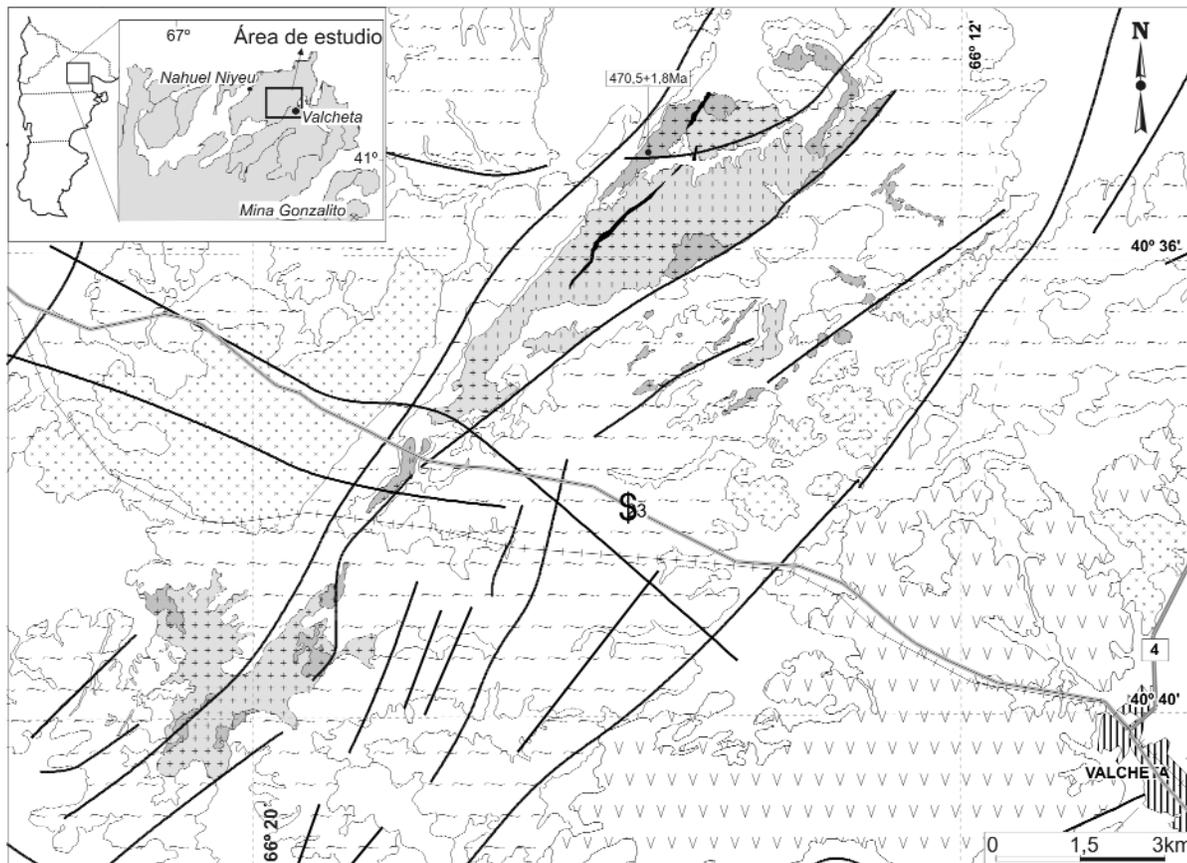
Las rocas graníticas son gris claras a blanquecino rosadas en afloramientos de cuerpos macizos con geofomas de planchones y bochas dadas por el diaclasado (Fig. 2a). Los contactos del leucogranito con la Formación Nahuel Niyeu están cubiertos. No se observaron metamorfitas con evidencias de metamorfismo de contacto ni granitización.

En los afloramientos de leucogranitos más septentrionales se observaron numerosos xenolitos, algunos de varios metros de longitud, con características texturales de gneises, con tamaño de grano medio y foliación grosera, e intercalaciones de anfíbolitas (Fig. 2b). Esta litología no corresponde a las metamorfitas de la Formación Nahuel Niyeu.

En las proximidades de los contactos se han hallado diques graníticos muscovíticos de grano fino a pegmatíticos, algunos de ellos con evidencias de deformación frágil-dúctil.

Las rocas son de tamaño de grano fino a medio y textura granosa. Se reconocen dos facies diferenciadas por la abundancia relativa de muscovita con respecto a biotita y la presencia o no de granate. El pasaje de una facies a otra es transicional; en ambas se destacan el contenido alto en cuarzo y feldespato potásico y la presencia de muscovita y biotita. La proporción de una u otra mica varía de un sector a otro, observándose que en aquellas con mayor contenido de muscovita aparece granate, en tanto que al aumentar la presencia de biotita el granate desaparece. El granate es castaño rojizo, con caras cristalinas bien formadas y tamaño muy fino pero observable con lupa.

Los diques graníticos muscovíticos son cuerpos de geometría elipsoidal y también tabular, macizos, subaflorantes, de potencias del orden del decímetro y lon-



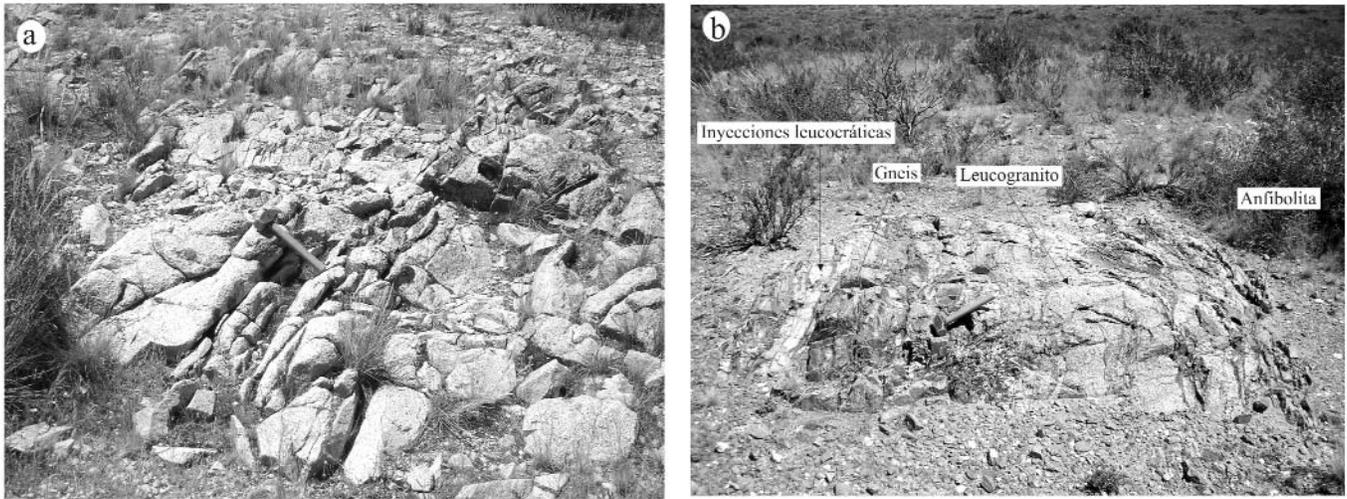
**Figura 1:** Mapa geológico del plutón Valcheta, al noroeste de la localidad homónima. Basado en Caminos (1983, 2001) y datos propios.

gitudes inferiores a 10 metros. Son rosado claro, tamaño de grano generalmente fino aunque también se exhiben algunos de grano grueso a pegmatítico, poseen textura granosa y algunos diques tienen foliación. Están formados por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, muscovita y biotita subordinada.

**Petrografía:** Los leucogranitos al microscopio presentan textura hipidiomórfica inequigranular formada esencialmente por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, muscovita y biotita, con granate, apatita y circón como minerales accesorios. El

cuarzo presenta cristales anhedrales de tamaño de grano medio a grueso (<10 mm) que forman mosaicos monominerales y rellenan los intersticios intercrystalinos. Tienen extinción ondulosa y microfrazas subparalelas que atraviesan los cristales (Fig. 3a); en algunas muestras incluyen tablas de plagioclasa y láminas de biotita. El feldespato potásico se reconoce en dos tipos texturales, uno de ellos corresponde a cristales anhedrales y subhedrales de hábito tabular corto y grano fino (<2 mm) con pertitas y micropertitas en cordones, lamelares y en flamas

(Fig. 3b). Algunos presentan maclas de dos individuos y están alterados a arcillas y sericita. El otro tipo textural son cristales de microclino anhedrales de tamaño de grano <3,5 mm rellorando intersticios o dentro de cristales de feldespato potásico (Fig. 3c); se observan las típicas maclas en enrejado. El contacto entre plagioclasa y feldespato potásico peritico está marcado por un borde de reacción de posible composición albítica y en contacto con muscovita se forma un borde delgado de sericita. El microclino tienen inclusiones de plagioclasa y biotita. La



**Figura 2:** a) Panorámica parcial de los afloramientos del extremo noroccidental del plutón Valcheta. b) Xenolito gneísico inyectado presente en el extremo norte del plutón.

plagioclasa es de hábito tabular largo, anhedral a subhedral, y tamaño de grano entre 1 y 4 mm. Forman cadenas cortas y discontinuas. Presentan maclas polisintéticas y de periclino; que en ocasiones exhibe planos de macla quebrados o crenulados (Fig. 3d). En raras ocasiones tiene zonalidad leve. En contacto con cuarzo y microclino sus bordes se reabsorben formando lóbulos y engolfamientos; en contacto con feldespato potásico se forman intercrecimientos de cuarzo mirmequítico. Los cristales están alterados moderadamente a arcillas y levemente a sericita. La muscovita es abundante, de hábito laminar y tamaño de grano entre 0,3 y 1,4 mm, está en contacto con plagioclasa o bien forma "nidos" de cuatro a cinco cristales entre el cuarzo y feldespato potásico. En algunas rocas la muscovita está íntimamente asociada a biotita, mostrando interdigitaciones de sus planos de clivaje, inclusiones de biotita cloritizada y cristales de muscovita con bordes de biotita. También se observaron individuos con sus planos de clivaje plegados tipo kink (Fig. 3e). La muscovita está levemente alterada a sericita en sus bordes. La biotita está en cristales subhedrales de hábito laminar y tamaño de grano fino (<1,2 mm). Especialmente asociados a plagioclasa y muscovita. En las muestras con mayor grado de alteración los cristales están totalmente alterados a epidoto,

en el centro, y clorita con rutilo, en los bordes de los mismos. El granate está presente sólo en alguna de las muestras. Son cristales euhedrales y subhedrales de grano fino (<0,5 mm), distribuidos homogéneamente en la roca y está en contacto con muscovita y feldespato potásico perfitico. La apatita es anhedral a subhedral, con hábito tabular corto y hexagonal y tamaño de grano fino (0,2 mm). Están espacialmente asociados a biotita. Completan la mineralogía de la roca minerales opacos en cristales euhedrales, sección cuadrada y maclados, escasos circones incluidos en biotitas y plagioclasas. *Geoquímica de elementos mayoritarios:* Se analizaron tres muestras; una de la facies de granito con muscovita + granate ± biotita, otra de la facies granítica con muscovita + biotita y una de un dique granítico muscovítico (Cuadro 1). Las muestras del plutón Valcheta presentan alto contenido en  $\text{SiO}_2$  (>74 %) y  $\text{K}_2\text{O}$  (4,3-5 %), bajo  $\text{CaO}$  (<0,85 %) y  $\text{FeO}_t + \text{MgO} + \text{TiO}_2$  (<0,6 %); tienen relaciones  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  de 1,19 y 1,51 y  $\text{FeO}_t/\text{MgO}$  de 7,29 y 6. Los valores de la relación molecular  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  o  $\text{A}/\text{CNK}$  son de 1,16 y 1,23, propios de granitos fuertemente peraluminosos (Sylvester, 1998). En el diagrama TAS (Fig.4a), modificado por Wilson (1989) para rocas plutónicas, las muestras del plutón Valcheta caen dentro del campo de rocas subalcalinas y

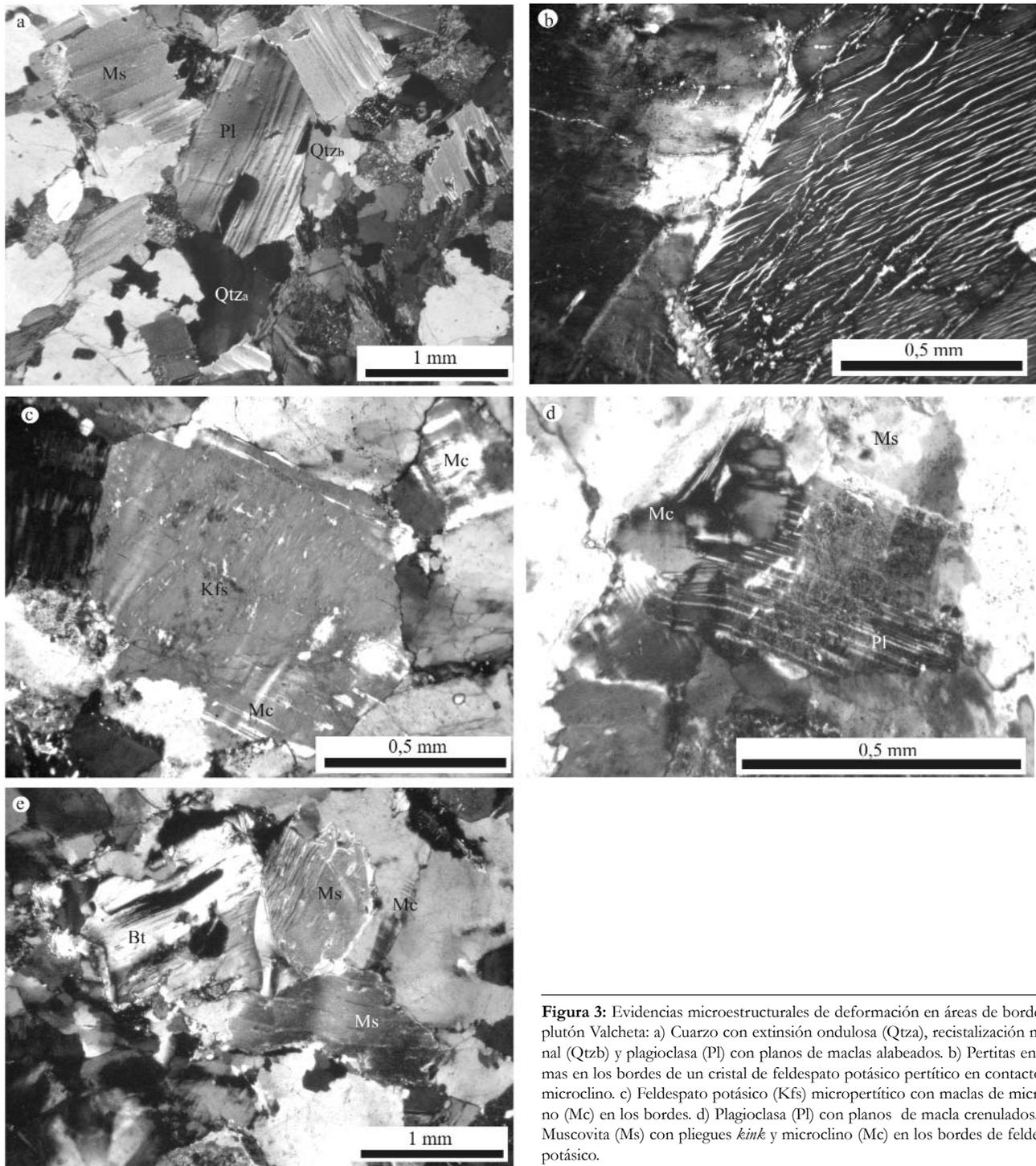
**CUADRO 1:** Resultados de análisis químicos.

	EM56	EM11	18117
$\text{SiO}_2$	74,6	74,85	72,4
$\text{TiO}_2$	0,015	0,037	0,01
$\text{Al}_2\text{O}_3$	14,19	14,78	16,7
$\text{FeO}$	0,51	0,48	0,34
$\text{MnO}$	0,222	0,023	0,03
$\text{MgO}$	0,07	0,08	0,07
$\text{CaO}$	0,85	0,59	0,57
$\text{Na}_2\text{O}$	3,63	3,31	4,57
$\text{K}_2\text{O}$	4,33	5,01	4,39
$\text{P}_2\text{O}_5$	0,06	0,07	0,01
LOI	0,76	1,12	0,63
Total	99,24	100,3	99,72
$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$	1,19	1,51	0,96
$\text{FeO}_t/\text{MgO}$	7,29	6	4,86
$\text{CaO}/\text{Na}_2\text{O}$	0,23	0,18	0,12
$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$	946	399,5	1673
$\text{A}/\text{CNK}$	1,16	1,23	1,25
Corind. Norm.	2,07	2,95	3,44

EM56: leucogranito con muscovita + granate + biotita; EM11: leucogranito con muscovita + biotita; 18117: dique granítico con muscovita.  $\text{A}/\text{CNK}$  es la relación molecular entre  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ . El cálculo del corindón se hizo en base a la norma CIPW

composición granítica con contenidos de  $\text{SiO}_2$ - $\text{K}_2\text{O}$  semejantes a granitoides calcoalcalinos de alto-K (Fig. 4b).

*Geocronología  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ :* Se realizó la datación de una muestra de la facies granítica con muscovita y granate (muestra EM56) por medio de un análisis  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  en muscovita (Cuadro 2) en el laboratorio del SERNAGEOMIN de Chile. El calen-



**Figura 3:** Evidencias microestructurales de deformación en áreas de borde del plutón Valcheta: a) Cuarzo con extinción ondulosa (Qtza), recristalización marginal (Qtzb) y plagioclasa (Pl) con planos de maclas alabeados. b) Pertitas en flamas en los bordes de un cristal de feldespato potásico perítico en contacto con microclino. c) Feldespato potásico (Kfs) microperítico con maclas de microclino (Mc) en los bordes. d) Plagioclasa (Pl) con planos de macla crenulados. e) Muscovita (Ms) con pliegues *kink* y microclino (Mc) en los bordes de feldespato potásico.

tamiento gradual resultó en una edad *plateau* de  $470,5 \pm 1,8$  Ma (Fig. 5). Este valor puede tomarse como un dato confiable al no conocerse eventos térmicos importantes de esa edad, la muscovita tiene claros rasgos texturales de cristalización primaria y la roca no está deformada, de

manera que el resultado obtenido se considera como edad de cristalización de la roca.

## DISCUSIÓN

Del estudio realizado se reconoció la

existencia de un único cuerpo plutónico, denominado plutón Valcheta en esta contribución, que comprende el total de afloramientos de leucogranitos peraluminosos del área y que muchos de ellos, por razones de escala, no aparecen en el mapa de la figura 1. La datación de musco-

vita por el método <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar sugiere edad de cristalización ordovícica. Durante las tareas de campo no se observó ningún área de contacto con la Formación Nahuel Niyeu no pudiendo establecerse las relaciones estratigráficas entre ambas unidades.

Las características petrográficas del plutón Valcheta lo describen como un cuerpo plutónico macizo aunque presenta rasgos microestructurales, especialmente en las rocas del borde suroriental, de deformación. Entre estos rasgos sobresalen los cuarzos con extinción ondulosa, feldespato potásico con perfitas en flama, microclino y mirmequitas en cristales de feldespato potásico y muscovitas con pliegues tipo *kink* (Fig. 3a-e). Microestructuras con estas características fueron consideradas por Vernon (2000) como evidencias de flujo en estado sólido las cuales se forman durante deformación regional sincrónica o posterior al emplazamiento de los plutones. Texturas de deformación también se observaron en las metamorfitas de roca de caja más próxima a los bordes del plutón, por ejemplo recrystalización de cuarzo en agregados fusiformes rodeados por filosilicatos (micas) de grano fino anastomosados. En cuanto a los diques que tienen similar composición mineralógica y geoquímica

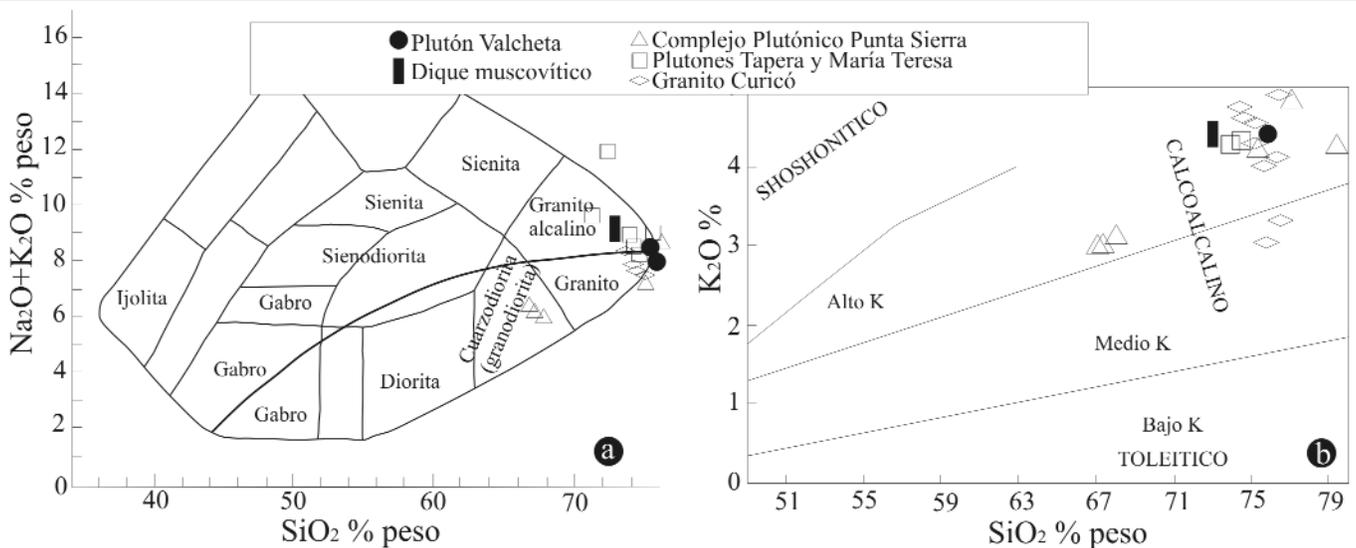
**CUADRO 2:** Valores de la determinación <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar

Material	Edad	Error	MSWD	Prob.	n/n-total	% Gas
Muscovita	470,5	1,8	0,4	0,93	8/8	100

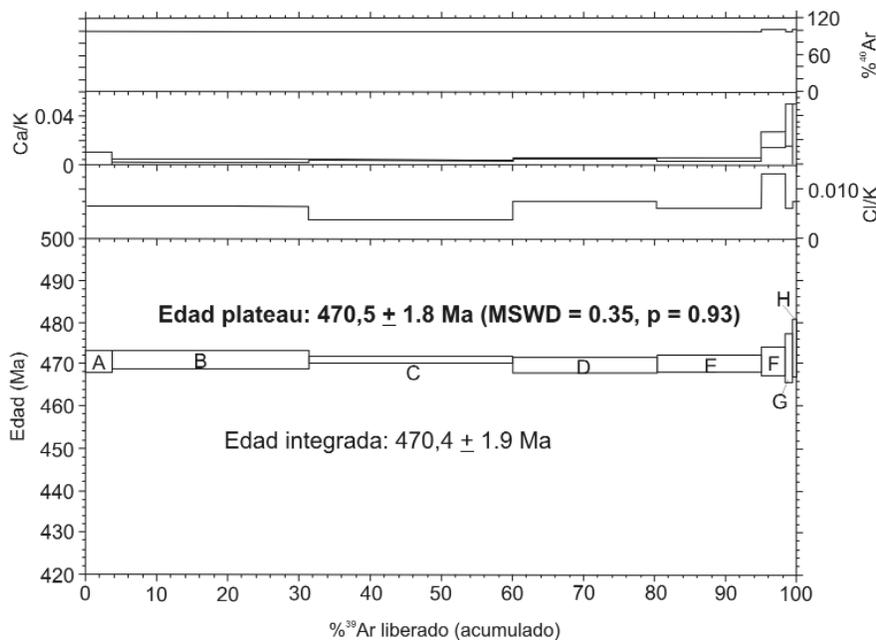
Muestra EM56. Laboratorios del SERNAGEOMIN de Chile. Método de calentamiento en etapas (*step heating*).

que las rocas del plutón Valcheta presentan, ocasionalmente, foliación. Esto sugeriría que existió deformación regional sin o post-magmática que afectó las metamorfitas, los bordes del cuerpo plutónico y los diques muscovíticos. Con respecto a la composición geoquímica del plutón Valcheta la concentración de elementos mayoritarios y relación A/CNK son compatibles con la geoquímica de granitos leucocráticos fuertemente peraluminosos sugerida por Sylvester (1998); estas características geoquímicas junto a la mineralogía son comunes entre los granitos tipo S, como se observa en el diagrama de álcalis versus sílice (Fig. 6a) de Frost *et al.* (2001). Siguiendo estos argumentos, la relación CaO/Na<sub>2</sub>O <0,3 sugeriría que derivan de la fusión de sedimentos pobres en plagioclasa y enriquecidos en minerales de arcillas (pelitas) y la alta relación Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> es propia de granitos fuertemente peraluminosos de temperatura relativamente baja (<875° C) formados en un ambiente de colisión de alta presión (tipo

Alpino e Himalaya) durante el periodo post-colisional (Fig. 6b) (Sylvester 1998). Como se mencionó al comienzo de este trabajo los afloramientos de leucogranitos ubicados al noroeste de Valcheta han sido descritos anteriormente como granitos biotítico-muscovíticos y como leucogranitos. Por similitudes petrográficas los primeros se correlacionaron con los intrusivos del Complejo Plutónico Punta Sierra y los segundos con el Granito Flores (Camino 1983, 2001). El reconocimiento de un único cuerpo plutónico de edad ordovícica desecha cualquier relación cronoestratigráfica entre los leucogranitos de Valcheta y el Granito Flores, por tratarse esta última unidad de un intrusivo mesozoico. La correlación de la facies leucogranítica con muscovita y biotita del plutón Valcheta con el Complejo Plutónico Punta Sierra, en particular con el plutón Punta Sierra, debe ser revisada conforme los nuevos datos presentados en esta contribución. En el contexto regional el plutón Punta



**Figura 4:** a) Diagrama de clasificación TAS (Le Maitre 1989; modificado para rocas plutónicas por Wilson, 1989). El cálculo de los álcalis y sílice se hizo en base anhidra; b) Diagrama K<sub>2</sub>O vs. SiO<sub>2</sub> según Le Maitre (1989).



**Figura 5:** Diagrama de espectro del análisis de calentamiento gradual  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  y relaciones  $\text{K}/\text{Ca}$  y  $\text{K}/\text{Cl}$  aparentes de la muestra EM56 del plutón Valcheta. Las temperaturas se incrementan de izquierda a derecha, desde la etapa A hasta la H.

Sierra forma parte de una asociación magmática metaluminosa a peraluminosa de edad ordovícica integrada por plutones de variada composición (Busteros *et al.* 1998) o bien es parte de un extenso plutón de composición compleja (von Gossen 2002). Ambas consideraciones regionales difieren de la situación descrita para el plutón Valcheta al tratarse de un intrusivo leucogranítico sin eviden-

cias de vinculación genética con plutones de la región.

Busteros *et al.* (1998) y von Gossen (2002) reconocieron la relación de intrusividad que existe entre el Complejo Plutónico Punta Sierra y la Formación Jagüelito. En el plutón Valcheta esto no fue posible al no encontrarse sectores de contacto con la Formación Nahuel Niyeu. En los estudios petrográficos de las

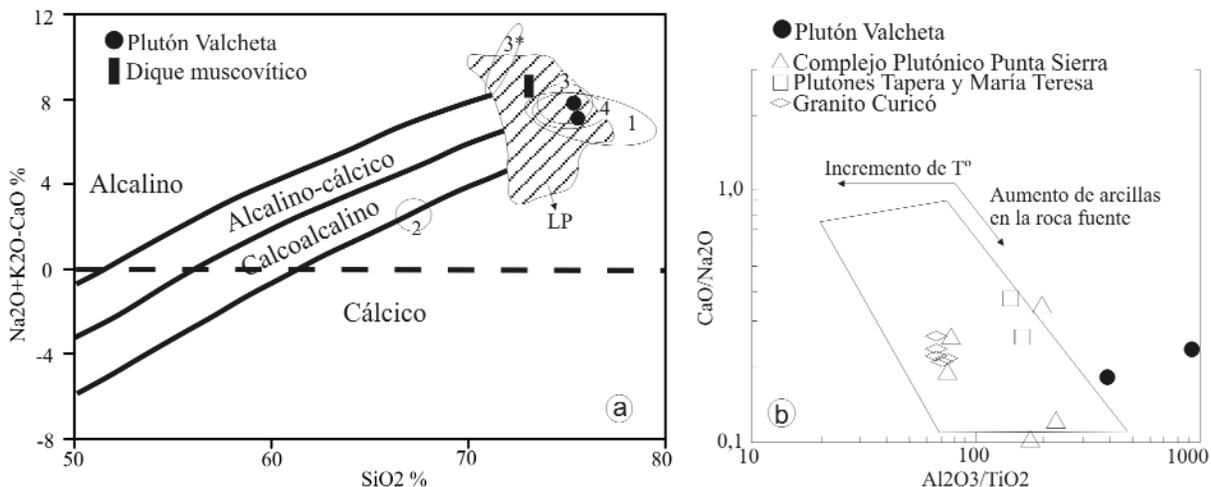
metamorfitas más próximas al leucogranito no se hallaron evidencias de metamorfismo de contacto.

Todos los plutones del Complejo Plutónico Punta Sierra tienen enclaves microgranosos y xenolitos de filitas (Busteros *et al.* 1998). Ninguno de estos elementos fueron reconocidos en el plutón Valcheta. Los xenolitos hallados corresponden a gneises y anfibolitas con estructura bandeada (Fig. 2b).

En el Complejo Plutónico Punta Sierra no se han descrito texturas de deformación. En el plutón Valcheta se reconocen estas texturas, especialmente en las rocas de borde, sugiriendo posible deformación sin a post-magmática por flujo en estado sólido, que afectó también a las metamorfitas.

Geoquímicamente el plutón Punta Sierra (Busteros *et al.* 1998) presenta concentraciones de elementos mayoritarios similares a las del plutón Valcheta.

Varela *et al.* (1997, 1998) obtuvieron isócronas Rb-Sr roca total del granito de Punta Sierra con  $483 \pm 22$  Ma. Edades en el rango de 443 a 476 Ma fueron publicadas para diferentes plutones del Complejo Plutónico Punta Sierra (Núñez *et al.* 1975, Varela *et al.* 1997, 1998). De esta manera la edad de formación del plutón Valcheta ( $470,5 \pm 1,8$  Ma) coincide con el magmatismo ordovícico de la costa atlán-



**Figura 6:** Diagramas de clasificación geoquímica del plutón Valcheta e intrusivos ordovícicos de la región. a) Índice de alcalinidad modificado (MALI) vs  $\text{SiO}_2$  (Frost *et al.* 2001); LP, rango de composiciones de leucogranitos peraluminosos (Frost *et al.* 2001); (1) plutón Punta Sierra (Busteros *et al.* 1998); (2) plutón El Salado (Busteros *et al.* 1998); (3) y (3\*) plutón Tapera y María Teresa, respectivamente (Busteros *et al.*, 1998); (4) Granito Curicó (Sato *et al.* 1996); b)  $\text{CaO}/\text{Na}_2\text{O}$  vs.  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  del plutón Valcheta y granitoides ordovícicos de la región. El cuadrilátero representa el campo de leucogranitos fuertemente peraluminosos (Sylvester 1998).

tica nordpatagónica.

En cuanto a otros registros de actividad magmática eopaleozoica en la región cabe destacar los leucogranitos del Complejo Mina Gonzalito.

Los plutones Tapera y María Teresa forman parte del Complejo Mina Gonzalito y fueron caracterizados como leucogranitos peraluminosos con muscovita, biotita y granate (Giacosa 1997). Estos intrusivos, en especial el plutón Tapera, presentan foliación por flujo magmático acentuada en los bordes de los cuerpos (Giacosa 1997). El mencionado autor describió el contacto entre los leucogranitos y los esquistos y gneises como transicional y destacó la concordancia de los intrusivos con la foliación penetrativa  $S_1$ . Estos datos sugieren segregación de magmas graníticos a partir de un proceso anatécico que vincula los leucogranitos con las metamorfitas del Complejo Mina Gonzalito, cuyo pico metamórfico fue datado en  $472 \pm 5$  Ma (Pankhurst *et al.* 2006). En el plutón Valcheta, datado en  $470,5 \pm 1,8$  Ma, se observaron muchas de estas características como son: homogeneidad composicional, asociación muscovita + biotita  $\pm$  granate, texturas de deformación predominantes en los bordes de los cuerpos, presencia de grandes xenolitos de gneises y anfibolitas inyectados por porciones leucograníticas y características geoquímicas de leucogranitos tipo S. Si bien en los plutones del Complejo Mina Gonzalito la deformación es por flujo magmático y en el plutón Valcheta por flujo en estado sólido, Paterson *et al.* (1989) y Vernon (2000) entienden que ambos flujos son situaciones extremas de una secuencia cuya transición tiene lugar durante el enfriamiento del magma, especialmente durante la deformación regional.

## CONCLUSIONES

Se concluye que los afloramientos estudiados en las cercanías de Valcheta corresponden a un único cuerpo de leucogranito peraluminoso tipo S, denominado plutón Valcheta, de edad ordovícica

media ( $470,5 \pm 1,8$  Ma) (Fig.1).

Se propone para el plutón Valcheta un origen vinculado a procesos anatécicos, en una corteza engrosada por colisión y emplazado durante el periodo post-colisional.

El reconocimiento de un único cuerpo plutónico de edad ordovícica desecha cualquier relación cronoestratigráfica entre los leucogranitos de Valcheta y el Granito Flores, por tratarse esta última unidad de un intrusivo mesozoico.

Se encontraron evidencias de campo y petrográficas que exigen rever la correlación que existía entre los leucogranitos con muscovita y biotita al oeste de Valcheta y el plutón Punta Sierra. Futuros trabajos deberán concentrarse en la relación estratigráfica entre el plutón Valcheta y la Formación Nahuel Niyeu.

El modo de ocurrencia del plutón Valcheta y sus características petrográficas y geoquímicas se comparan favorablemente con los leucogranitos del Complejo Mina Gonzalito que forman los plutones Tapera y María Teresa.

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento al SEGEMAR por permitir la publicación de estos datos. Al los árbitros por la lectura crítica y aportes realizados a esta contribución. Al Dr. Raúl Giacosa por los comentarios que contribuyeron a mejorar diversos aspectos del trabajo. Al Dr. E. Zappettini, Lic. A. Busteros y Dr. C. Chernicoff por las revisiones y sugerencias efectuadas.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Basci, M., Varela, R., Sato, A.M., Siga, O. Jr. y Llambías, E. J. 2002. Geocronología sobre rocas del Complejo Yaminué, Macizo Nordpatagónico, Río Negro, Argentina. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 117-122, El Calafate.
- Busteros, A., Giacosa, R. y Lema, H. 1998. Hoja Geológica 4166-IV, Sierra Grande. Provincia de Río Negro. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Ar-

gentino. Boletín 241, 75p., Buenos Aires.

- Caminos, R., 1983. Descripción Geológica de las Hojas 39g, Cerro Tapiluke y 39h, Chipauquil, provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional, (inédito), 41 p., Buenos Aires.
- Caminos, R. 2001. Hoja Geológica 4166-I, Valcheta. Provincia de Río Negro. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 299, 71 p., Buenos Aires.
- Chernicoff, C.J. y Caminos, R. 1996a. Estructura y relaciones estratigráficas de la Formación Nahuel Niyeu, Macizo Nordpatagónico oriental, Provincia de Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina 51(3): 201-212.
- Chernicoff, C. J. y Caminos, R. 1996b. Estructura y metamorfismo del Complejo Yaminué, Macizo Nordpatagónico oriental, Provincia de Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina 51(2): 107-118.
- Cortés, J. M. 1981. El sustrato precretácico del extremo noreste de la provincia del Chubut. Revista de la Asociación Geológica Argentina 36(3): 217-235.
- Frost, B.R., Barnes, C.G., Collins, W.J., Arculus, R.J., Ellis, D.J. y Frost, C.D. 2001. A Geochemical Classification for Granitic Rocks. Journal of Petrology 42(11): 2033-2048.
- Giacosa, R. 1987. Caracterización de un sector del basamento metamórfico-migmático en el extremo suroriental del Macizo Nordpatagónico, provincia de Río Negro. 10° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 51-54, San Miguel de Tucumán.
- Giacosa, R.E. 1997. Geología y petrología de las rocas pre-cretácicas de la región de sierra Paillemán, Provincia de Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina 52(1): 65-80.
- Le Maitre, R.W. 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommittee on the Systematics of Igneous rocks, Blackwell Scientific Publications, 193 p., Cambridge.
- Llambías, E.J., Varela, R., Basci, M. y Sato, A.M. 2002. Deformación y metamorfismo neopaleozoico en Yaminué, Macizo Nordpatagónico ( $40^{\circ}50'S$ ,  $67^{\circ}40'W$ ): su relación con la fase orogénica San Rafael y el arco de Los Gondwanides. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 123-128, El Calafate.

- Núñez, E. 1975. Informe preliminar de la Hoja 39i, Valcheta, provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional, (inédito), Carpeta 602, 52 p., Buenos Aires.
- Núñez, E., Bachmann, E.W. de, Ravazzoli, I., Britos, A., Franchi, M., Lizuáin, A. y Sepúlveda, E. 1975. Rasgos geológicos del sector oriental del Macizo Somuncura, provincia de Río Negro, República Argentina. 2° Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas 4: 247-266, Buenos Aires.
- Pankhurst, R.J., Caminos, R. y Rapela, C.W. 1993. Problemas geocronológicos de los granitoides Gondwánicos de Nahuel Niyeu, Macizo Nordpatagónico. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 4: 99-104.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W. and Fanning, C.M. 2001. The Mina Gonzalito Gneiss: Early Ordovician metamorphism in Northern Patagonia. 3er South American Symposium on Isotope Geology, Actas 604-607, Pucón.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Fanning, C.M. y Márquez, M. 2006. Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia. *Earth Science Reviews* 76(3-4): 235-257.
- Paterson, S.R., Vernon, R.H. y Tobisch, O.T. 1989. A review of criteria for the identification of magmatic and tectonic foliations in granitoids. *Journal of Structural Geology* 11: 349-363.
- Ramos, V.A. 1975. Geología del sector oriental del Macizo Nordpatagónico entre Aguada Capitán y la Mina Gonzalito, provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 30(3): 274-285.
- Rapela, C. y Caminos, R. 1987. Geochemical characteristics of the Upper Paleozoic magmatism in the Eastern sector of Northpatagonian Massif. *Revista Brasileira de Geociencias* 17(4): 535-543.
- Sato, A.M., Tickyj, H. y Llambías, E.J. 1996. Geología de los granitoides aflorantes en el sur de la provincia de La Pampa, Argentina. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 5: 429-439, Buenos Aires.
- Sylvester, P.J. 1998. Post-collisional strongly peraluminous granites. *Lithos* 45: 29-44.
- Tickyj, H., Basei, M.A., Sato, A.M., y Llambías, E.J. 1999. U-Pb and K-Ar ages of Pichi Mahuida Group, crystalline basement of southeastern La Pampa province, Argentina. 2° South American Symposium on Isotope Geology, Actas: 139-142.
- Varela, R., Cingolani, C., Sato, A., Dalla Salda, L., Brito Neves, B.B., Basei, M.A.S., Siga Jr., O. y Teixeira, W. 1997. Proterozoic and Paleozoic evolution of Atlantic area of North Patagonian Massif Argentine. South American Symposium on Isotope Geology, Extended Abstracts 326-329, Sao Paulo.
- Varela, R., Basei, M.A.S., Sato, A.M., Siga Jr., O., Cingolani, C.A. y Sato, K. 1998. Edades isotópicas Rb/Sr y U/Pb en rocas de Mina Gonzalito y Arroyo Salado. Macizo Nordpatagónico Atlántico, Río Negro, Argentina. 10° Congreso Latinoamericano de Geología y 4° Congreso Nacional de Geología Económica, Actas 1: 71-76.
- Varela, R., Basei, M., Sato, A.M., Llambías, E.J. y Siga, O. Jr. 2001. Edades isotópicas neopaleozoicas del Complejo Yaminué, Macizo Nordpatagónico. 2° Simposio Argentino Paleozoico Superior, Resúmenes 31, Trelew.
- Vernon, R.H., 2000. Review of microstructural evidence of magmatic and solid-state flow. *Electronic Geosciences* 5(2): 1-23, doi: 10.1007/sl0069-000-0002-3.
- von Gosen, W. 2002. Polyphase structural evolution in the northeastern segment of the North Patagonian Massif (southern Argentina). *Journal of South American Earth Sciences* 15: 591-623.
- Weber, E.I. 1983. Descripción Geológica de la Hoja 40j, Cerro El Fuerte, provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional. Boletín 196, 68 p., Buenos Aires.
- Wilson, M. 1989. *Igneous Petrogenesis*. Unwin and Hyman, 466 p, London.

Recibido: 12 de mayo, 2008

Aceptado: 2 de marzo, 2009