

Manifestación de greisen relacionada a la mineralización de wolframio de la Mina San Martín, Río Negro

Mirta M. GARRIDO^{1*}, Laura E. GRECCO², María C. GÓMEZ[†],
Cecilia PAVÓN PIVETTA^{1,2}, Liliana I. LUNA¹

¹ Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur. San Juan 670, (8000) Bahía Blanca, Argentina. E-mail: mgarrido@uns.edu.ar; liluna@criba.edu.ar

² INGEOSUR, CONICET. San Juan 670, (8000) Bahía Blanca, Argentina. E-mail: mlgrecco@criba.edu.ar; cecilia.pavon@uns.edu.ar

► **Resumen** — Una nueva localidad con alteración de greisen fue hallada asociada a la mineralización de wolframio del granito San Martín de edad pérmica en el Macizo Nordpatagónico. El greisen está constituido por muscovita-cuarzo y cantidades menores de apatita, turmalina y escasos cristales de topacio y circón. Se manifiesta en forma penetrativa relacionada al granito y en las salbandas de venas de cuarzo. El análisis químico de una roca greisenizada muestra un aumento en el contenido de Si, P, Sn, Hf, Zr y tierras raras con respecto al de la roca granítica original. Los análisis químicos realizados sobre la mica del greisen permitieron clasificarla como una muscovita 2M1. Los estudios de inclusiones fluidas revelan que los fluidos formadores del greisen presentan temperaturas de entrapamiento de 460°C y bajas salinidades (4% en peso equivalente a NaCl). Los valores isotópicos calculados de $\delta^{18}\text{O}$ entre 11 y 13 ‰ y de δD entre -32 y -34 ‰ sobre muscovita, sugieren que el greisen se formó a partir de aguas magmáticas con escasa participación de aguas metamórficas. El greisen, objeto de estudio en el presente trabajo, está relacionado a granitos paleozoicos, metaluminosos, no evolucionados, de tipo I asociados a mineralización de wolframio, dentro del ámbito del Macizo Nordpatagónico. El greisen de mina San Martín difiere, desde el punto de vista mineralógico y geoquímico, de los citados en Sierras Pampeanas Occidentales que están ligados a granitos paleozoicos, altamente evolucionados, de tipo S y tipo A con mineralizaciones de wolframio-estaño.

Palabras clave: Greisen, mina San Martín, inclusiones fluidas, isótopos de oxígeno y deuterio, mineralización de W.

► **Abstract** — “Greisen Manifestation Related to Wolframium Mineralization at the San Martin Mine, Rio Negro”. A new locality with greisen alteration was found associated to the Permian granite and tungsten mineralization of the San Martin mine, Patagonian Massif. The greisen consists of muscovite-quartz and minor amounts of apatite, tourmaline and scarce crystals of topaz and zircon. It is found on the walls of the quartz veins within the host granite. The greisenized rock shows an increase in Si, P, Sn, Hf, Zr and rare earths related to the original rock. The mica is classified as muscovite 2M1. Fluid inclusion studies reveal that the fluids have temperatures of trapping of 460°C and low salinities (4 wt% NaCl equivalent). The calculated isotopic $\delta^{18}\text{O}$ values between 11 and 13 ‰ and δD between -32 and -34 ‰ on muscovite, suggest that the greisen was formed from magmatic waters with little involvement of metamorphic waters. The greisen is related to unevolved Paleozoic, metaluminous, I type granites with associated W mineralizations in the Northpatagonian Massif. The San Martin mine greisen differs in mineralogy and geochemistry, from greisens of Sierras Pampeanas Occidentales which are associated to highly evolved S and A type Paleozoic granites with tungsten-tin mineralization.

Keywords: Greisen, San Martín mine, fluid inclusions, oxygen and deuterium isotopes, W mineralization.

INTRODUCCIÓN

En Argentina, se han citado alteraciones de greisen relacionadas a granitoides evolucionados paleozoicos dentro del ámbito de las Sierras Pampeanas Occidentales. En el Macizo Nordpatagónico, la primera cita es de Gómez (1996) y Gómez y Allioti (1999) quienes hallaron una alteración de tipo greisen relacionado a las vetas de wolframio de la mina San Martín, vinculadas a rocas graníticas paleozoicas. Dichos autores describieron tres estadios de alteración: una primera etapa de feldespatización, seguida por una de albitización y finalizando con una etapa de greisenización relacionada a la mineralización de wolframio.

La alteración hidrotermal de greisen consiste en una asociación de cuarzo y mica con cantidades variables de fluorita, topacio y turmalina. Fue definida por varios autores, entre los cuales se destacan Shcherba (1970), Burt (1981), Pirajno (1992) entre otros. Pirajno (1992, 2009) describe estos sistemas como el resultado de procesos metasomáticos postmagmáticos que suceden dentro de un cuerpo plutónico casi cristalizado y que afectan a la roca de caja adyacente. Normalmente el greisen está relacionado a mineralizaciones de Sn, W, Mo, Be, Bi, Li y F y está ligado a magmas graníticos altamente fraccionados y geoquímicamente especializados.

Una nueva manifestación de greisen relacionada al leucogranito San Martín y en el contacto con el esquisto de la Formación Nahuel Niyeu es objeto de este estudio. Aparece expuesta en el corte de la ruta provincial N°4, cuya ubicación se muestra en la figura 1A. El afloramiento es de forma irregular y se destaca por su color blanquecino y si bien es pequeño, su estudio es importante desde el punto de vista metalogenético. El propósito del trabajo es investigar al greisen de mina San Martín a través del estudio de la petrografía, la mineralogía, la química de la mica, las inclusiones fluidas en el cuarzo y los isótopos de oxígeno y deuterio en la mica. La combinación de estos datos permitió determinar la temperatura, composición

y origen de los fluidos responsables de la alteración.

En el área del yacimiento, varios autores han contribuido con estudios mineralógicos, genéticos y metalogenéticos, tales como Navarro (1960), Brodtkorb y Brodtkorb (1969), Vallés (1978), Malvicini y Vallés (1984), Núñez (1983), Brodtkorb y Paar (1993), Paar y Brodtkorb (1996), Gómez (1996) y Gozávez (2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron 2 análisis químicos de muestras de greisen y un análisis químico del leucogranito asociado al mismo de este trabajo. Se seleccionaron, además, 5 análisis químicos de granitos biotíticos y 2 de leucogranitos (asociados al greisen) pertenecientes al plutón San Martín tomados de la tesis de Gómez (1996) y Gómez *et al.* (2000). Los análisis químicos de elementos mayoritarios, trazas y tierras raras en roca greisenizada y leucogranito, las determinaciones de litio (mediante la técnica TD-ICP) y flúor (FUS-ISE) en las micas y los análisis isotópicos de oxígeno y deuterio sobre las mismas fueron realizados en el laboratorio Actlabs (Canadá) (Tabla 1).

Sobre la mica blanca del mismo greisen se realizaron estudios mineralógicos, químicos e isotópicos.

Los estudios mineralógicos comprenden difracción de rayos X y espectrometría de absorción en el infrarrojo. En el primer caso se utilizó un equipo Rigaku Denki-Geiger Flex Max 3C, radiación de Cu-K alfa y monocromador de grafito operado a 35 kv y 15 mA, y velocidad de barrido de 2 theta 2°/ minuto. Para la espectrometría de absorción en el infrarrojo se utilizó una mezcla de muestra con bromuro de potasio pulverizado y seco llevada a una prensa hidráulica formando una pastilla. Para el registro se utilizó un espectrómetro NEXUS de Thermo-Nicolet operando en el modo transmisión. Las condiciones de análisis fueron: resolución 4 cm⁻¹ y el espectro resultante fue el promedio de 50 barridos en el rango comprendido entre 400-4000 cm⁻¹.

Tabla 1. Composición química de elementos mayoritarios (% en peso) y trazas (ppm) de un leucogranito (LGSM3) y dos muestras de greisen (este trabajo); de granito biotítico (Gb) y leucogranito (LG) tomados de Gómez (1996).

Muestra	GbSM1	GbSM2	GbSM3	GbSM4	GbSM5	LGSM1	LGSM2	LGSM3	Greisen 1	Greisen2
SiO ₂	70,38	71,18	71,93	71,52	69,89	70,56	69,04	70,26	76,9	68,53
TiO ₂	0,29	0,33	0,32	0,32	0,33	0,28	0,25	0,33	0,311	0,28
Al ₂ O ₃	13,38	14,18	14,11	13,85	13,85	11,73	14,08	14,27	13,87	18,09
Fe ₂ O ₃	2,35	2,85	2,46	2,42	2,97	2,37	2,04	3,15	1,01	1,23
MnO	0,05	0,05	0,07	0,04	0,06	0,03	0,03	0,01	0,001	0,02
MgO	0,8	0,89	0,91	0,83	0,83	0,4	0,5	0,77	0,94	1,28
CaO	1,18	0,87	1,25	1,19	1,6	1,97	1,56	0,25	0,83	0,17
Na ₂ O	3,62	3,77	3,5	3,4	3,95	0,41	0,31	0,21	0,11	0,09
K ₂ O	4,4	4,6	4,45	4,39	4,3	8,64	10,48	6,88	4,8	6,47
P ₂ O ₅	0,12	0,12	0,14	0,12	0,12	0,07	0,12	0,08	0,31	0,11
LOI	1,12	0,7	1,52	0,7	1,62	1,29	2,13	5,36	n.d	4,35
Total	96,57	98,84	100,6	98,78	97,9	97,75	100,54	101,47	99,08	100,62
Rb	205	185	165	165	162	475	541	274	172	228
Sr	394	875	508	492	412	159	206	54,8	20	16
Ba	1170	1145	1081	1305	1081	1104	1011	1134	970	926
Nb	10	n.d	10	n.d	11	n.d	7	8,4	9,8	5,7
Hf	4,1	3,7	4,5	4,7	4,2	4	3	4,3	6,4	3,4
Zr	151	163	142	164	174	168	123	139	262	126,3
Y	18	16	14	18	17	31	15	17,6	22,7	9,4
Th	8,2	9,4	8,3	9,4	12	8,8	8,6	8,8	9,18	6,2
U	1,5	1,3	2,6	1,2	1,8	1,7	5,9	3,1	2,22	1,3
Ni	9	16	13	12	20	12	10	196	20	149
Pb	24	30	30	27	26	177	433	n.d	22	n.d
Zn	42	60	48	40	44	66	1478	n.d	40	n.d
Bi	5	n.d	6	5	5	6	12	n.d	2,8	n.d
Sn	2	2	5	1	1	1	5	5	23	18
Ti	1740	1980	1920	1920	1980	1680	1500	1980	1866	1680
W	52	72	130	6	18	360	322	33,9	27,5	18,1
K	36511	38180	36935	36437	35690	71712	86984	57104	39840	53701
Mo	24	5	3	5	6	10	41	n.d	2	n.d
P	524	524	616	524	524	308	524	352	1364	484
F	2900	3800	2600	940	1600	2600	15000	n.d	n.d	n.d
La	27	26,7	28,2	25,7	26,5	19,4	26,7	21,9	52,5	20,8
Ce	52	59	56	47	55	41	52	44,1	110	44,5
Nd	23	26	23	21	24	18	20	18,1	49,3	20,3
Sm	4,1	5,6	4,27	4,3	4,3	5	4,27	3,50	9,63	3,68
Eu	0,9	1,2	0,86	1	1	1,2	0,86	0,68	0,749	0,40
Tb	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	1	0,7	0,40	0,84	0,31
Yb	1,2	1,2	1,37	1,3	1,2	2,9	1,23	1,84	2,01	0,85
Lu	0,19	0,21	0,19	0,2	0,17	0,47	0,19	0,28	0,318	0,13

Para el estudio químico de la mica, se realizaron 11 análisis utilizando una micro-sonda electrónica Jeol 8900, voltaje de aceleración 20 eV, corriente 15 nA y un tamaño

de haz luminoso de 3 μ m, en la Universidad de Alberta, Canadá.

El estudio de inclusiones fluidas se realizó sobre el cuarzo de las venas del greisen.

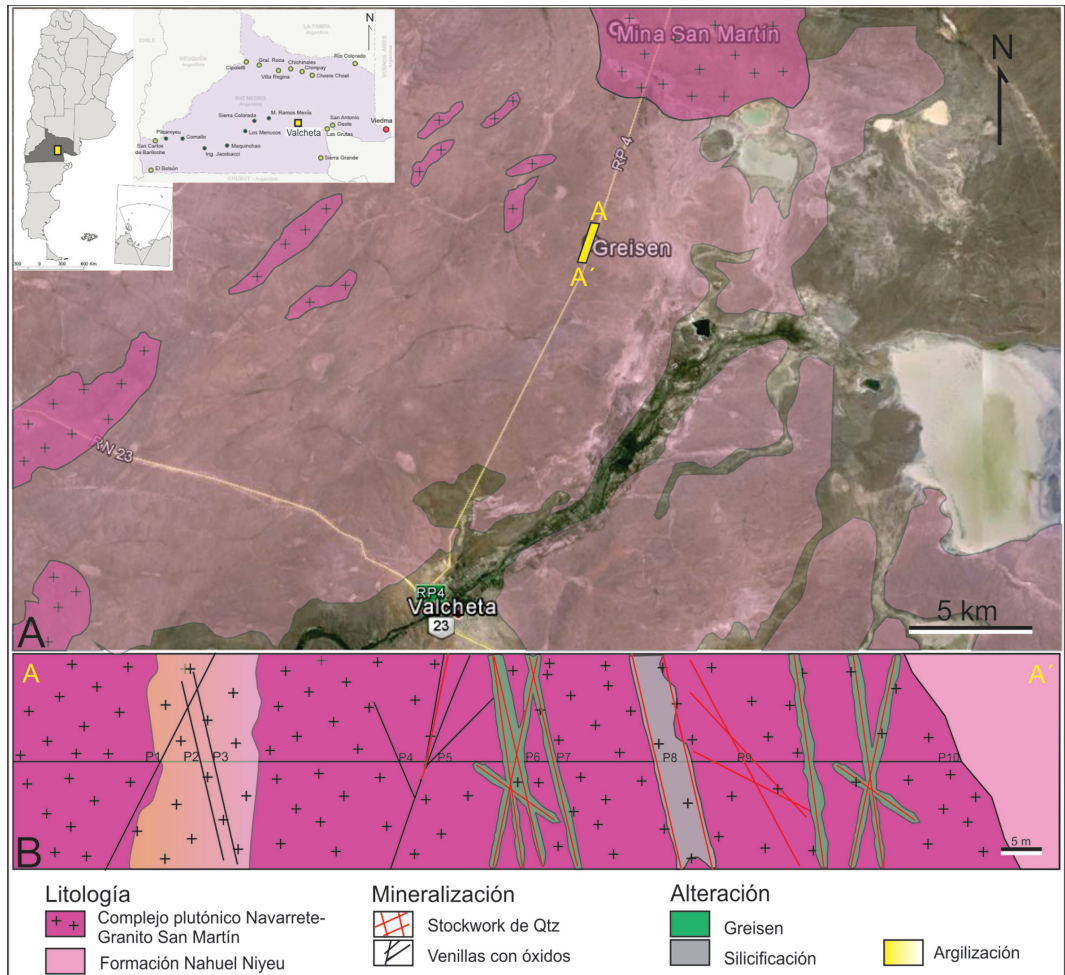


Figura 1A. Esquema geológico regional donde se muestra la ubicación del Granito San Martín, la traza de la ruta 4 y la manifestación de greisen. Formación Nahuel Niyeu integrada por metamorfitas precámbricas; Formación Navarrete incluye granitos del Plutón San Martín de edad pérmica. **1B.** Vista en planta [A-A'] de la zona greisenizada y el contacto con la roca metamórfica, P1 al P10, puntos de muestreo.

La petrografía de las inclusiones fluidas fue realizada sobre cortes doblemente pulidos y teniendo en cuenta su origen se clasificaron, de acuerdo a los criterios de Roedder (1979), en primarias y pseudosecundarias. No se tuvieron en cuenta las inclusiones secundarias. Para las determinaciones termométricas, se utilizó una platina de calentamiento/congelamiento Linkam, MDS 600 y Controlador Manual instalada en un microscopio petrográfico Olympus BX50 con objetivos LM Plan Fl50x/0,50 y EA10/0,25 y oculares Olympus WH 10x/22. Opera en un rango de temperatura

entre -196 y 600°C por la combinación de un sistema de nitrógeno líquido y un sensor de temperatura de platino. Durante los ensayos se consideraron tres cambios de fase: Temperatura del eutéctico (Te) la cual da una indicación de los componentes del sistema; 2) la temperatura de fusión del hielo (Tmice), que es convertida a salinidad en porcentaje en peso equivalente a NaCl (Clyne y Potter, 1977; en Shepherd *et al.*, 1985) y 3) la temperatura de homogeneización total (Th) que representa la temperatura de entrampamiento mínima del fluido.

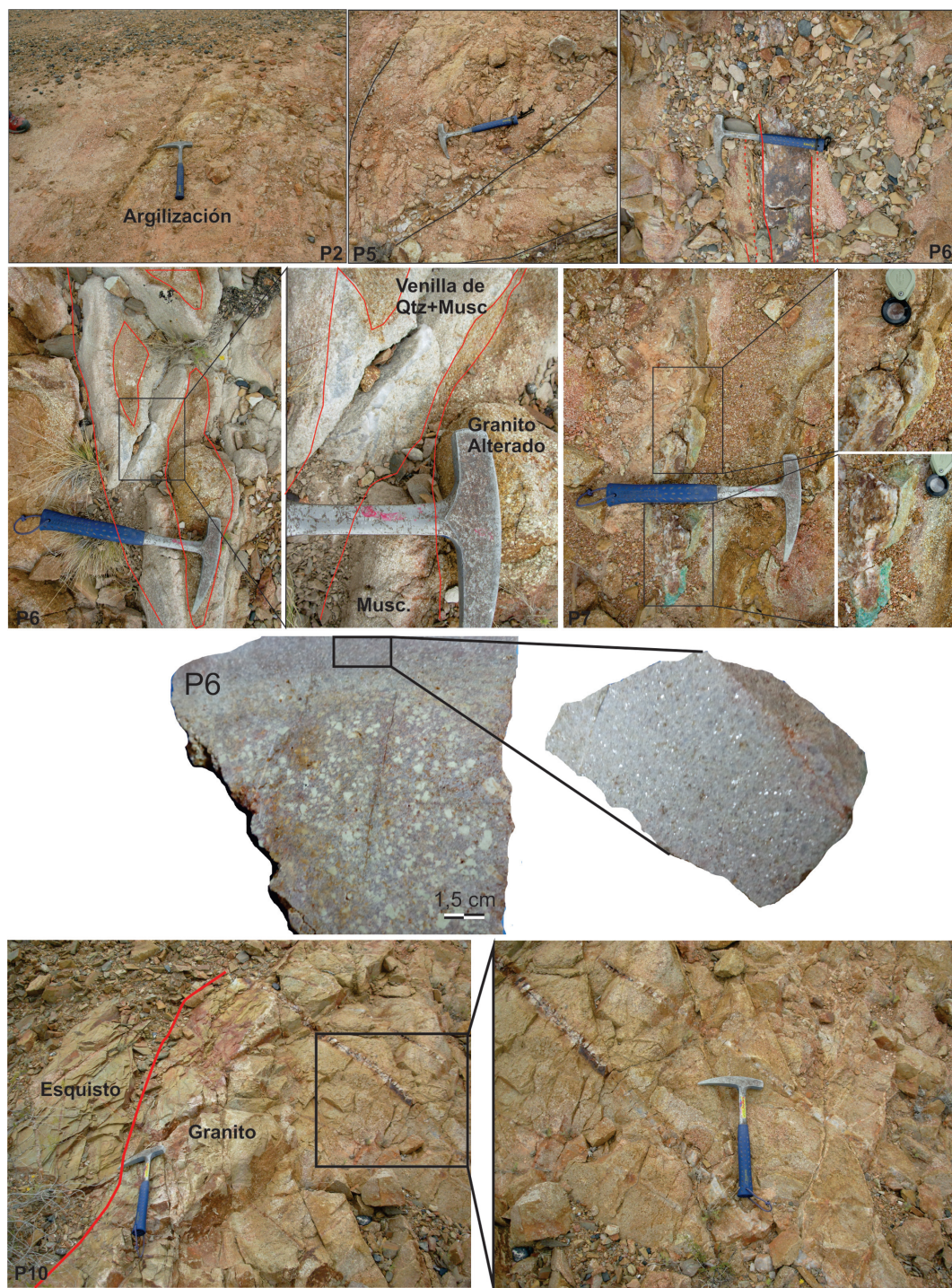


Figura 1C. Fotos de campo que muestran detalles de los puntos P (P2, P5, P6, P7, P10) tomados a partir de la vista en planta. En P6 y P7 y P10 se muestra un detalle de la zona greisenizada. Además en P6, se observa una muestra macroscópica donde se evidencia una ampliación del contacto entre la vena greisenizada y el granito.

La presencia de rutilo fue confirmada por microsonda JEOL JXA 8230 con tres espectrómetros dispersivos en longitudes de onda (WDS) y un espectrómetro EDS integrado al sistema (Laboratorio de Microscopía Electrónica y Análisis por Rayos X (LAMARX).

GEOLOGÍA REGIONAL

Gozálvez (2009) realizó una síntesis de la geología regional. El basamento está compuesto por unidades metamórficas de bajo grado de la Formación Nahuel Niyeu (Caminos, 2001), de edad proterozoica superior (Rb/Sr, 600 ± 25 Ma; Linares *et al.*, 1990) o edad eopaleozoica (U/Pb en circones, 500 a 530 Ma; Pankhurst *et al.*, 2006). Esta formación está intruída por el plutón Valcheta de edad ordovícica (Caminos, 2001; Gozálvez, 2009) y por el Plutón San Martín (Pérmico medio a alto), que forma parte del Complejo Plutónico Navarrete (Caminos, 2001, Fig. 1 A y B). Este ciclo eruptivo finaliza con volcanitas triásicas (Volcanitas Treneta) y la intrusión de cuerpos graníticos jurásicos (Granito Flores) que constituyen el Complejo Plutónico-Volcánico Treneta (Caminos, 2001). Durante el Jurásico, el sector noreste del Macizo Nordpatagónico fue afectado por un régimen extensivo asociado a la apertura del Atlántico que produjo la extrusión de volcanitas ácidas denominado Complejo Volcánico Marifil (Jurásico inferior a medio; Giacosa, 1993).

GEOLOGÍA Y GEOQUÍMICA DEL PLUTÓN SAN MARTÍN

El plutón tiene forma elipsoidal de 10 por 6 km y está constituido predominantemente por granitos biotíticos y leucogranitos asociados. La edad del granito biotítico establecida, mediante U-Pb en circon, arrojó una edad de 260 Ma (Pérmico medio; Pankhurst

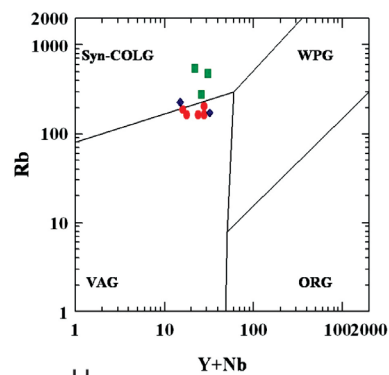
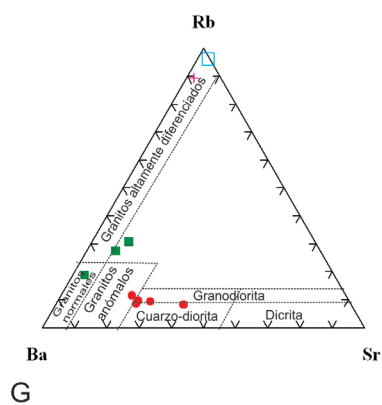
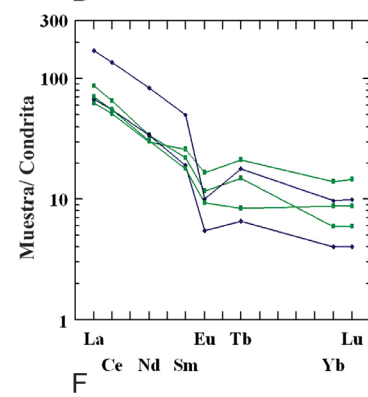
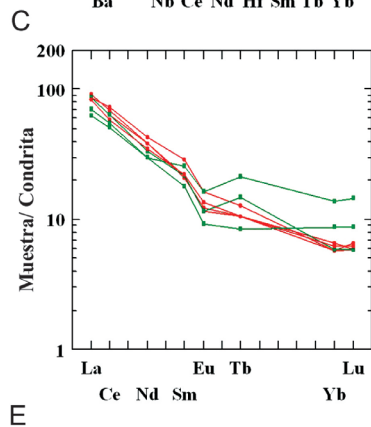
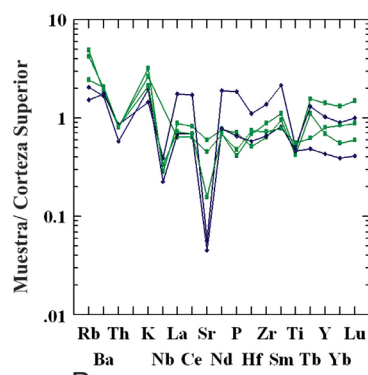
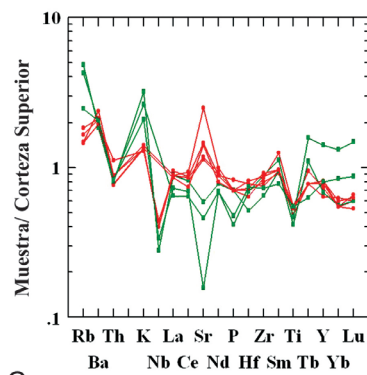
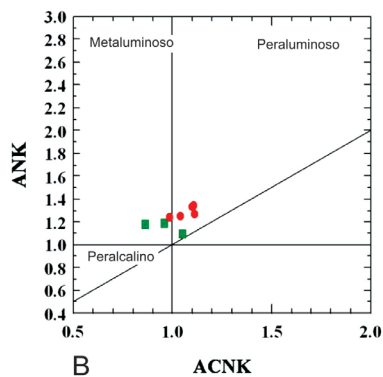
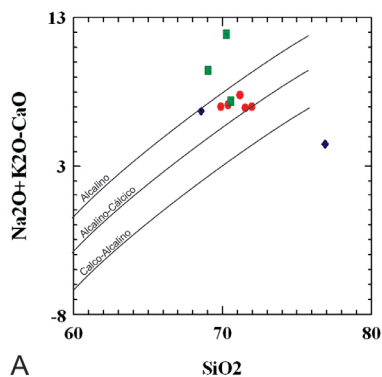
et al., 2006) y por el método K/Ar sobre biotita dio una edad de $258,2 \pm 4,2$ Ma y de $262 \pm 5,8$ Ma, según López de Luchi *et al.* (2008) y Gozálvez (2009) respectivamente. En el sector occidental del plutón afloran diques aplíticos, de reducido desarrollo y rumbo noreste-suroeste, facies porfíricas y una pegmatita.

La petrografía de las rocas graníticas fue realizada por Gómez (1996) y Gozálvez (2009). El granito biotítico tiene tonalidades rosadas a rojizas, presenta textura inequigranular hipidiomórfica de tamaño medio a porfiroide constituido por cuarzo, feldespato potásico (ortosa), plagioclasa y biotita en orden decreciente de abundancia; como accesorios, apatito, magnetita y circón. El granito leucocrático es una variedad de granito más rico en feldespato potásico. Está constituido por cuarzo, feldespato potásico (ortosa), plagioclasa y muy escasa biotita y anfíbol (hornblenda); como accesorios hay fluorita, circón, apatito y rutilo.

Desde el punto de vista geoquímico, las rocas graníticas del Plutón San Martín (Tabla 1) son subalcalinas y de la serie calcoalcalina a alcalino-cálcica (figura 2 A), principalmente metaluminosas a levemente peraluminosas (figura 2B) con valores de aluminosidad menores a 1.1 y corresponden a granitos de tipo I.

En un diagrama de multielementos con normalización a corteza superior (Taylor y McLennan, 1995; figura 2 C) se ubicaron las muestras pertenecientes al granito biotítico (Gómez 1996) y al leucogranito (Gómez 1996 y este trabajo). A partir del análisis del diagrama 2C, se ven las diferencias del leucogranito respecto al granito biotítico, con alto contenido en K, Rb y tierras raras pesadas como Tb, Y, Yb y Lu. Por otro lado, las tres muestras del leucogranito presentan

Figura 2 (p. siguiente). **A)** Índice alcalino-cálcico modificado (MALI) (Frost *et al.*, 2001). Símbolos: granito biotítico (●), leucogranito (■) y del greisen (◆). **B)** Índice de saturación en alúmina (ASI). $ACNK (Al_2O_3 / CaO + Na_2O + K_2O) / ANK (Al_2O_3 / Na_2O + K_2O)$. **C-D)** Diagrama multielemental normalizado a corteza superior (Taylor y McLennan, 1981) entre granito biotítico, leucogranito y greisen del Plutón San Martín. **E-F).** Diagrama de tierras raras normalizado a condrita Boynton (1984) entre granito biotítico, leucogranito y greisen del Plutón San Martín. **G)** Diagrama triangular Sr-Ba-Rb (El Bouseily y El Sokkary, 1975) con datos de las facies del Plutón San Martín. **H)** Diagrama discriminatório Rb-(Y+Nb) de Pearce *et al.* (1984). Símbolos como en la Figura 2A.



marcadas anomalías negativas de Sr, mientras que en los granitos biotíticos se observa una anomalía positiva en dicho elemento. Esta observación química coincide con la petrografía del leucogranito, que se caracteriza por su mayor contenido en feldespato potásico y disminución significativa de plagioclasas y minerales máficos respecto al granito biotítico. En otro diagrama multielemental (2 D) se volcaron las muestras del leucogranito y las del greisen asociado para fines comparativos.

En los diagramas de elementos de tierras raras normalizados a condrita Boynton (1984) para rocas graníticas biotíticas sin alterar del Plutón San Martín y los leucogranitos asociados (Gómez, 1996 y de este trabajo, figura 2 E), se observa un patrón similar en las tierras raras livianas para ambos tipos de rocas, mientras que para las tierras raras pesadas no se observa un patrón comparable entre ambas litologías con un leve incremento en las concentraciones de Tb, Yb y Lu. La figura 2 F es un diagrama de tierras raras donde se grafican las muestras de los leucogranitos y las 2 de greisen.

En el diagrama triangular Rb-Ba-Sr (El Bouseily y El Sakkary, 1975, figura 2 G) no hay incremento de Rb y las muestras presentan concentraciones relativamente altas de Ba. La totalidad de las muestras grafican en el dominio de los granitos poco diferenciados en el campo de las granodioritas y cuarzo dioritas, por lo tanto, no se observa una tendencia de evolución química de las rocas graníticas del Plutón San Martín.

El grado de diferenciación magmática alcanzado por los granitos biotíticos y leucogranitos del Plutón San Martín es, en todos los casos, menor al de rocas asociadas genéticamente a mineralizaciones de wolframio, como es el caso de los granitos wolframíferos La Quebrada (Sierra de Mazán), San Blas y Huaco (Sierra de Velasco), La Rioja. Estos últimos corresponden a granitos paleozoicos altamente diferenciados (Báez *et al.*, 2008).

Los granitos biotíticos y leucogranitos asociados del Plutón San Martín presentan características comparables con la de grani-

tos de ambiente de arco volcánico con tendencia sincolisional (figura 2 H). El nivel de emplazamiento del cuerpo granítico fue considerado de epizona por Gómez (1996), típico de los depósitos de greisen. Este granito tiene asociada una mineralización de wolframio de tipo vetiforme (mina San Martín) explotada de manera discontinua desde 1955 hasta su cierre en 1985.

MINERALIZACIÓN Y ALTERACIÓN

La alteración hidrotermal se clasificó, de acuerdo a su distribución, en penetrativa y relacionada a venas y venillas (Gómez, 1996). La alteración penetrativa, es escasa, está relacionada a la roca de caja y se presenta en tres estadios sucesivos, feldespatización potásica, albitización y greisenización. Esta última alteración tiene una intensidad débil a moderada y en los cortes petrográficos se observó el reemplazo de feldespatos y micas del granito por un agregado de cuarzo y mica blanca con cantidades menores de fluorita, topacio, apatito, casiterita, scheelita y wolframita. La albitización fue observada por Gómez (1996) formando halos alrededor del feldespato potásico de la roca y como venillas irregulares monominerales y con cuarzo. La alteración relacionada a venas y venillas es la más importante y se destacan halos de feldespatización potásica con bandas de hasta 25 cm de espesor asociada a la wolframita.

La mineralización de wolframita está rellenando fracturas alojadas en el granito y en las metamorfitas. Consiste de tres vetas paralelas con rumbo N60°E, buzamiento casi vertical, corridas que alcanzan los 800 m y espesores entre 0,30 y 3 m aunque la potencia en general se mantiene en 80 cm. Las vetas tienen texturas bandeadas y simétricas de feldespato potásico en las salbandas y cuarzo en el centro dando lugar a texturas de tipo cinta (Gómez, 1996). La wolframita (hübnerita) es el mineral económico más importante y en forma subordinada se encuentra scheelita, fluorita, sulfuros (pirita, calcopirita, galena, esfalerita) y minerales de bismuto y plata.

GREISEN

La primer manifestación de greisen fue descripta por Gómez (1996) en su trabajo de tesis, quien la ubicó sobre uno de los márgenes de la ruta provincial N° 4, justo en la intersección con el camino de entrada a la mina San Martín. Actualmente no se encuentra este afloramiento debido a la construcción de la ruta. En este trabajo, una nueva manifestación de greisen se localizó en el granito correspondiente al Plutón San Martín y está ubicada en una zona externa a las vetas portadoras de wolframio.

Esta alteración de greisen se aloja en el leucogranito que está intruyendo el esquisto de la Formación Nahuel Niyeu. Queda expuesta sobre uno de los márgenes de la ruta provincial N°4, a lo largo de una zona de 110 m por 30 m de ancho cuyas coordenadas son: 40°33'20" LS y 66°6'11" LO (Mina San Martín, figura 1A) y que es objeto de estudio en este trabajo.

El greisen se manifiesta en fracturas dentro del leucogranito y, debido a la erosión, no se observa su relación de contacto con el esquisto. Las venas greisenizadas alcanzan un espesor de 20 cm y están dispuestas en forma subparalela con azimut de 105°, 110° y 130°. Otras venas con azimut de 220° cortan a las anteriores y en su intersección la extensión de la alteración llega a 30 cm (P6 y P7, figura 1B). Junto a estas venas greisenizadas, se encuentran otras venas y venillas de cuarzo y de cuarzo con óxidos de hierro más carbonatos de cobre (P1, P2, P3, P4, P5 y P8, figura 1B), que tienen espesores variables entre 3 y 6 cm, en partes son paralelas a las venillas de greisen y en otros sectores forman "stockworks" (P2, P3 y P9, figura 1B).

El greisen presenta una zonación: el cuarzo se dispone en la parte central de la fractura y la muscovita forma halos alrededor del mismo que pasan transicionalmente y en forma lateral al leucogranito sin alteración (detalle de roca en P6, figura 1C).

En el microscopio el leucogranito está afectado por una feldespatización previo a la greisenización. Esta feldespatización es

incipiente y está integrada por un agregado de microclino y cuarzo que se dispone entre los cristales de la roca y los reemplaza (figura 3 A) y solo como microclino, formando una corona alrededor de la ortosa primaria (figura 3 B). El greisen se manifiesta como venas de cuarzo con salbandas de muscovita. Microscópicamente, está constituido principalmente por cuarzo, muscovita, rutilo con escaso apatito, circón y pirita. Como minerales secundarios se encuentran limonitas y carbonatos de cobre. En los halos de alteración, se reconoce una zonación de mayor intensidad integrada principalmente por muscovita que pasa gradualmente a muscovita con cuarzo y a una roca sin alteración (figura 3 C y D). La muscovita reemplaza a los feldespatos de la roca (figura 3 E) y a los escasos mafitos (anfíbol o biotita), reconocidos por la presencia de clivajes, quedando algunos relictos de cuarzos magmáticos sin alterar. La muscovita es posterior a la feldespatización potásica, rodea a la ortosa que tiene evidencias de microclinización (figura 3 F). El tamaño de la muscovita varía entre 0,2 y 2 mm. Cristales de rutilo y apatito se encuentran asociados a la muscovita (figura 3 G y H). Como minerales opacos aparece pirita vinculada a la depositación del cuarzo del centro de la venilla. El rutilo fue confirmado por microsonda (figura 4).

En el diagrama multielemental (figura 2D), entre leucogranitos y muestras greisenizadas, se observa, en estas últimas, un incremento en las tierras raras livianas (La y Ce), Nd, P, Hf, Zr, Sm, y una marcada anomalía negativa de Sr para una de las muestras totalmente greisenizada; la otra muestra, que está parcialmente greisenizada, se caracteriza por tener un diseño similar con uno de los leucogranitos. La figura 2F, muestra un esquema semejante para los dos greisen, un leve incremento en las tierras raras livianas y un diseño casi planar con escaso fraccionamiento para las tierras raras pesadas (HREE).

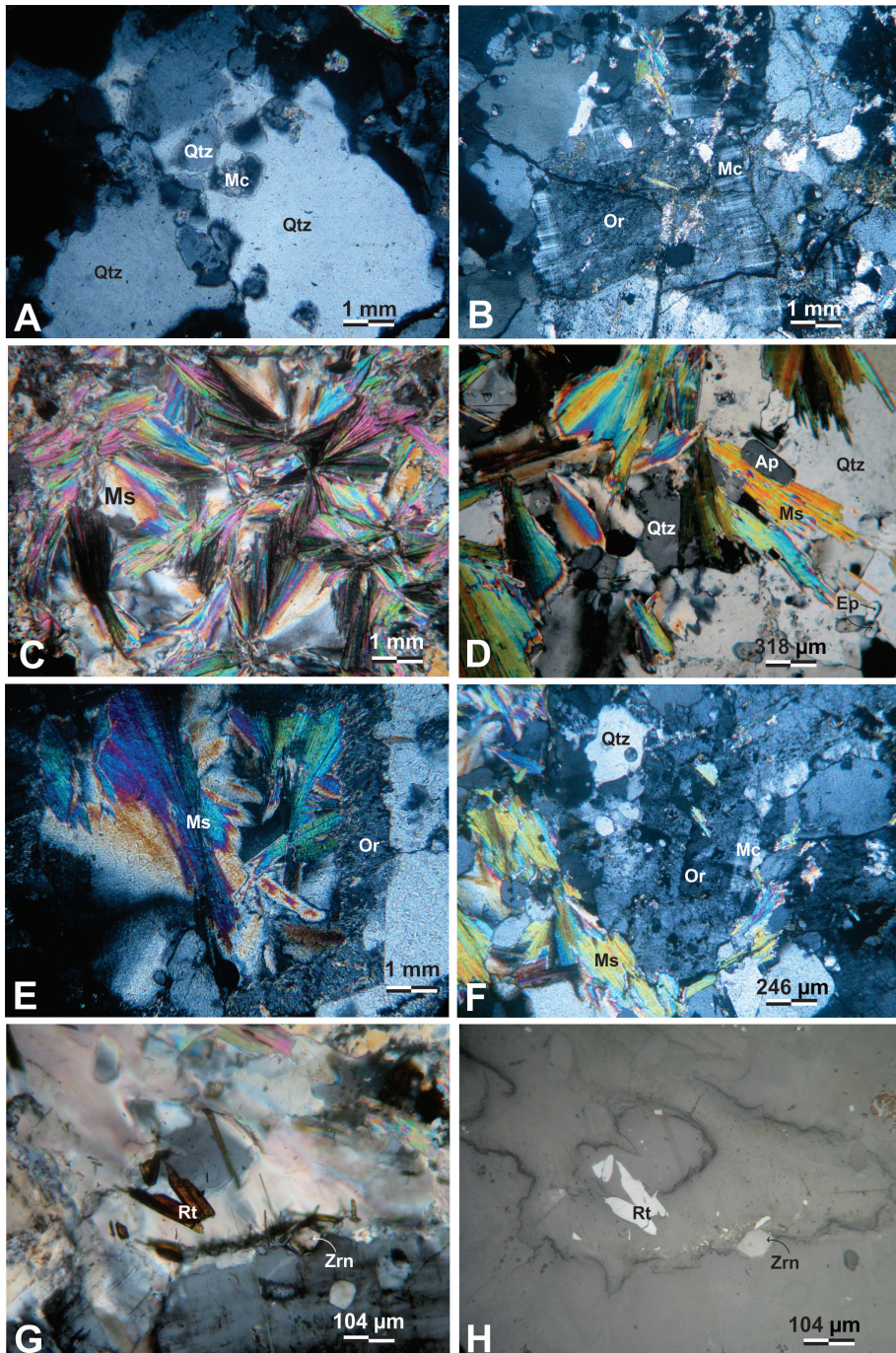


Figura 3. Microfotografías. **A)** Agregado de cuarzo y microclino reemplazando el cuarzo de la roca. **B)** Cristales de microclino rodeando y reemplazando al feldespato potásico (ortosa) magmático. **C-D)** Láminas de muscovita y muscovita, cuarzo y apatito en la zona mas greisenizada. **E)** Láminas de muscovita reemplazando a los feldespatos de la roca. **F)** Láminas de muscovita rodeando a los feldespatos de la roca que están alterados en sus bordes por microclino. **G)** Abundantes cristales de rutilo creciendo juntos a muscovita. **H)** Igual a G en microscopio calcográfico. Abreviaturas: Qtz: cuarzo; Or: ortosa; Mc: microclino; Ms: muscovita; Ap: apatito; Ep: epidoto; Rt: rutilo, Zrn: circón.

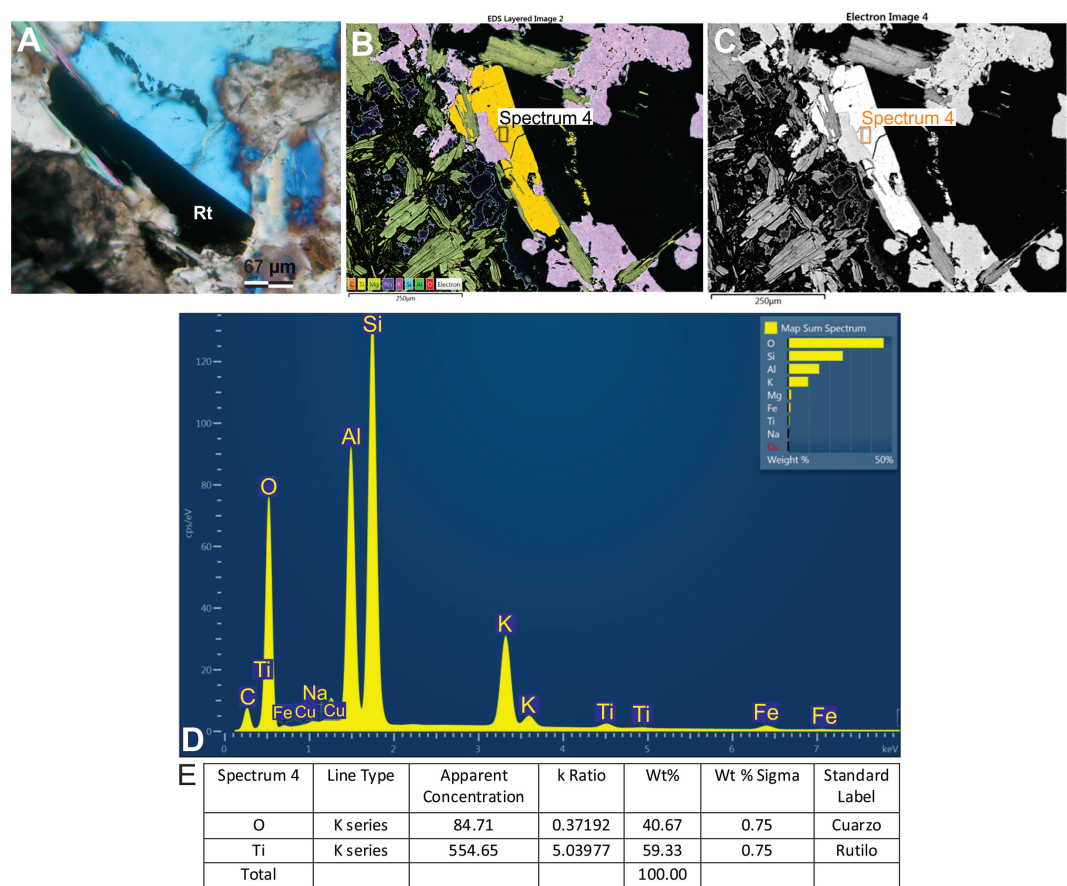


Figura 4. **A)** Microfotografía de rutilo dispuesta sobre muscovita en el greisen. **B)** Imagen EDS del rutilo de la microfotografía A. **C)** Imagen electrónica del mismo rutilo. **D)** Espectro del rutilo cuya ubicación está dado en las imágenes anteriores. **E)** Tabla que muestra los contenidos de O y Ti de la muestra anterior.

CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS Y QUÍMICAS DE LA MICA

El difractograma de la mica revela una estructura característica de muscovita 2M1 (figura 5). En el diagrama obtenido por espectrometría de absorción en el infrarrojo, las longitudes de onda 3624, 1023, 531 y 477 cm^{-1} son también características de muscovita (figura 6) confirmando los resultados de rayos X y los estudios petrográficos. Los resultados de los análisis químicos de la mica, obtenidos con microsonda se muestran en la tabla 2. Para su clasificación química se utiliza el diagrama de Tischendorf *et al.* (1997) que discrimina los campos de micas dioctaédricas de las trioctaédricas sobre la base de los contenidos de Mg y Li contra los

de Fe total, Mn, Ti y Al^{VI} . De acuerdo a esta clasificación la muestra analizada se ubica dentro del campo de la muscovita (figura 7). Solo una de ellas se localiza en el límite muscovita-fengita y una cercana al límite de Li-Muscovita.

INCLUSIONES FLUIDAS

Las inclusiones fluidas analizadas en el cuarzo de las venas del greisen, son de origen primario y pseudo secundarias relacionadas a zonas de crecimiento del cuarzo. Tienen formas de cristales negativos de cuarzo o algo irregulares con formas angulosas y sus tamaños oscilan entre los 10 y 20 micrones (figura 8 A y B). Se reconocieron inclusiones fluidas bifásicas, ricas en líquido con

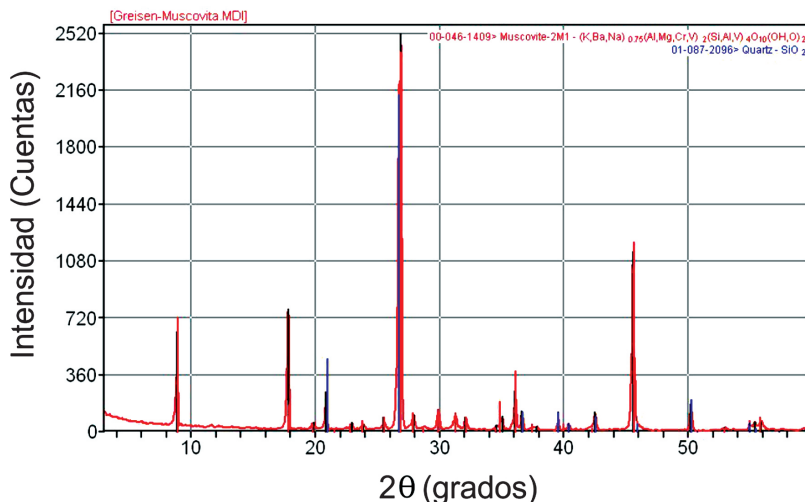


Figura 5. Diagrama de rayos X de la muscovita. Coordenadas: Intensidad (en cuentas) versus 2θ (en grados).

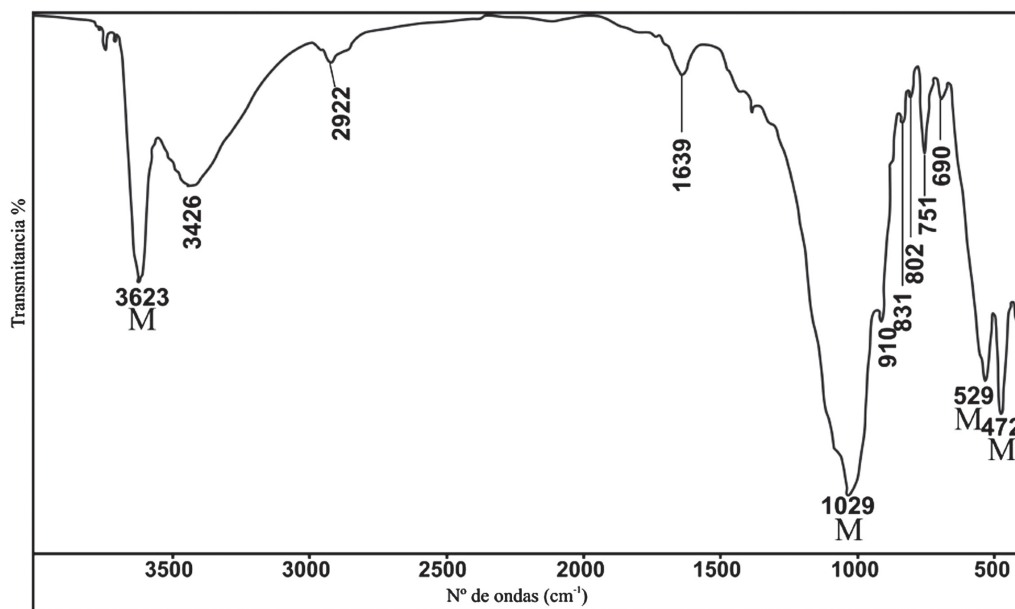


Figura 6. Espectro de absorción en el infrarrojo de la muestra de muscovita analizada.

un grado de relleno entre 0,70 y 0,90 y en todos los casos homogeneizan a líquido. Las temperaturas de homogeneización a líquido medidas (ThL) varían entre 260 y 380°C con una tendencia unimodal de 300°C (figura 8 C). Las temperaturas de fusión final del hielo (Tm_{ice}) varían entre -2.1 y -2.5°C y representan salinidades del 4% en peso equivalente a NaCl. Las temperaturas de homogeneización

son consideradas temperaturas mínimas de entrapamiento. Para realizar la corrección por presión se tuvieron en cuenta las consideraciones realizadas por Gómez (1996) para las vetas de cuarzo, feldespato y wolframita, formadas simultánea o inmediatamente posteriores a la greisenización. Dicha autora interpretó, sobre la base de estudios de inclusiones fluidas realizadas en el cuarzo

Tabla 2. Análisis químicos de muscovita y cálculo de la fórmula estructural en base a 14 cationes.

Muestras	01SM	02SM	03SM	04SM	05SM	06SM	07SM	08SM	09SM	10SM	11SM
Análisis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	48,82	47,59	48,39	49,75	49,51	45,82	49,24	49,28	49,07	49,52	49,10
TiO ₂	0,417	0,396	0,355	0,273	0,493	0,383	0,404	0,318	0,496	0,395	0,372
Al ₂ O ₃	31,95	30,33	31,64	33,50	30,60	30,31	30,77	32,18	31,38	32,46	32,02
Cr ₂ O ₃	0,007	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0,015
FeO	1,51	2,20	1,46	1,05	1,36	1,12	1,50	1,20	1,39	1,34	1,13
MnO	0,015	0,01	0,009	0,007	0,01	0,019	0	0	0,008	0	0
MgO	1,75	2,94	1,86	1,589	2,05	1,85	2,11	1,81	1,99	1,74	1,78
CaO	0,052	0,048	0,047	0,02	0,063	0,023	0,067	0	0,068	0,025	0,009
Li ₂ O	0,397	0,23	0,37	0,44	0,34	0,16	0,33	0,77	0,35	0,4	0,39
Na ₂ O	0,373	0,455	0,285	0,276	0,454	0,443	0,185	0,126	0,488	0,435	0,227
K ₂ O	10,68	10,62	11,00	11,17	10,84	11,11	10,65	10,98	10,79	10,73	11,17
F	0,17	0,17	0,16	0,16	0,11	0,16	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15
Total	96,14	94,99	95,58	98,24	95,83	91,39	95,43	96,09	96,19	97,21	95,97
O F Cl	0,07	0,07	0,07	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06
CTotal	88,67	94,69	95,14	97,73	95,44	91,17	95,07	96,02	95,77	96,74	95,91
Si	6.026	6.409	6.438	6.412	6.555	6.405	6.543	6.44	6.478	6.452	6.463
Al ^{IV}	1.974	1.591	1.562	1.588	1.445	1.595	1.457	1,56	1.522	1.548	1.537
Sum T	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Al ^{VI}	3.448	3.219	3.396	3.497	3.326	3.395	3.355	3.446	3.357	3.433	3.427
Ti	0,045	0,040	0,036	0,026	0,049	0,040	0,040	0,031	0,049	0,039	0,037
Fe ²	0,182	0,248	0,162	0,113	0,151	0,131	0,167	0,132	0,153	0,146	0,124
Cr	0,001	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	0,002
Mn	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0	0	0,001	0	0
Mg	0,376	0,590	0,369	0,305	0,405	0,386	0,418	0,354	0,392	0,338	0,349
Li	0,230	0,120	0,200	0,230	0,180	0,090	0,180	0,200	0,190	0,210	0,210
Ca	0,008	0,007	0,007	0,003	0,009	0,003	0,010	0	0,010	0,003	0,001
Na	0,104	0,119	0,074	0,069	0,117	0,120	0,048	0,032	0,125	0,110	0,058
K	1.963	1.825	1.867	1.837	1.831	1.981	1.804	1.839	1.817	1.784	1.876
Cationes	14.359	14.169	14.112	14.081	14.069	14.148	14.022	14.036	14.094	14.063	14.084
CF	0,155	0,145	0,135	0,13	0,092	0,141	0,143	0,141	0,134	0,132	0,125
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Fe/FeMg	0,33	0,3	0,31	0,27	0,27	0,25	0,29	0,27	0,28	0,3	0,26
Mg/FeMg	0,67	0,7	0,69	0,73	0,73	0,75	0,71	0,73	0,72	0,7	0,74
mgli	0,15	0,47	0,17	0,08	0,23	0,29	0,24	0,17	0,2	0,13	0,14
feal	-3,22	-2,93	-3,19	-3,36	-3,13	-3,22	-3,15	-3,27	-3,2	-3,25	-3,27

de las vetas, que la mineralización de wolframio fue formada a 360°C y una presión entre 1800 y 2300 bars. En consecuencia, para la greisenización si tomamos una presión de entrapamiento de 1800 bars y una temperatura de homogeneización de 300°C y asumiendo una salinidad del 10 % en peso equivalente a NaCl (Roedder y Bodnar, 1980), la aplicación de la corrección por presión da-

ría un temperatura de entrapamiento de 460°C. Este valor es coincidente con el dato de temperatura obtenido en los feldespatos de las salbandas de las vetas portadoras de wolframita (Gómez y Aliotta, 1999).

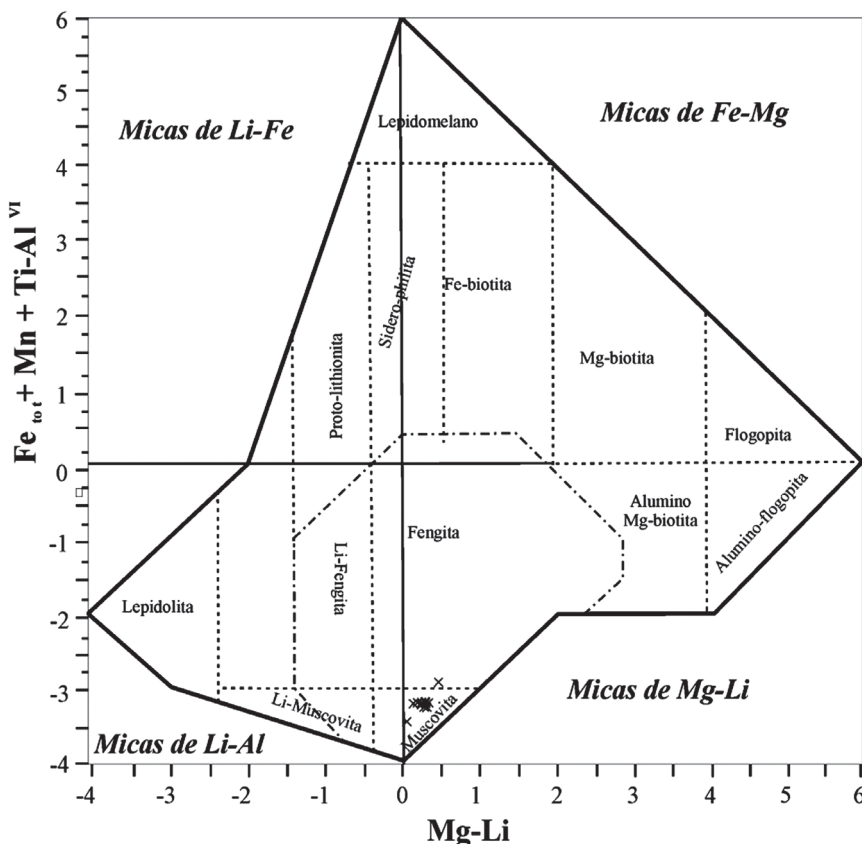


Figura 7. Campos composicionales de micas di y trioctaédricas en el diagrama Mg-Li versus Fe total +Mg+Ti-Al^{VI} con RVI: 4.4 como el límite entre ambos grupos de micas (Tischendorf *et al.*, 1997). X: muestras analizadas.

ISÓTOPOS DE OXÍGENO Y DEUTERIO

Los datos de $\delta^{18}\text{O}$ realizados sobre la muscovita del greisen se muestran en el tabla 3. Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ varían entre 12,4 y 14,6 ‰. El $\delta^{18}\text{O}$ del fluido a partir del cual precipitó la muscovita se calculó usando la ecuación de fraccionamiento muscovita - agua de O'Neil y Taylor (1979) y una tem-

peratura de entrapamiento de 460 °C determinada a partir de las inclusiones fluidas en el cuarzo que está junto a muscovita en el greisen. Los valores calculados $\delta^{18}\text{O}$ para el fluido variaron entre 11 y 13 ‰ y son coincidentes al rango considerado para las aguas metamórficas (Taylor, 1986). Los valores de δD para la muscovita variaron entre -59 y -61 ‰. El δD del fluido a partir del cual la

Tabla 3. Datos de isótopos de oxígeno y deuterio medidos en la muscovita y calculados en el fluido.

Muestras	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ (medido en la muscovita)	δD ‰ SMOW	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ (calculado en el fluido)*	δD ‰ (calculado en el fluido)**
0110	14,6	-61	13,54	-34
0210	12,9	-59	11,84	-32
0310	12,4	-61	11,34	-34

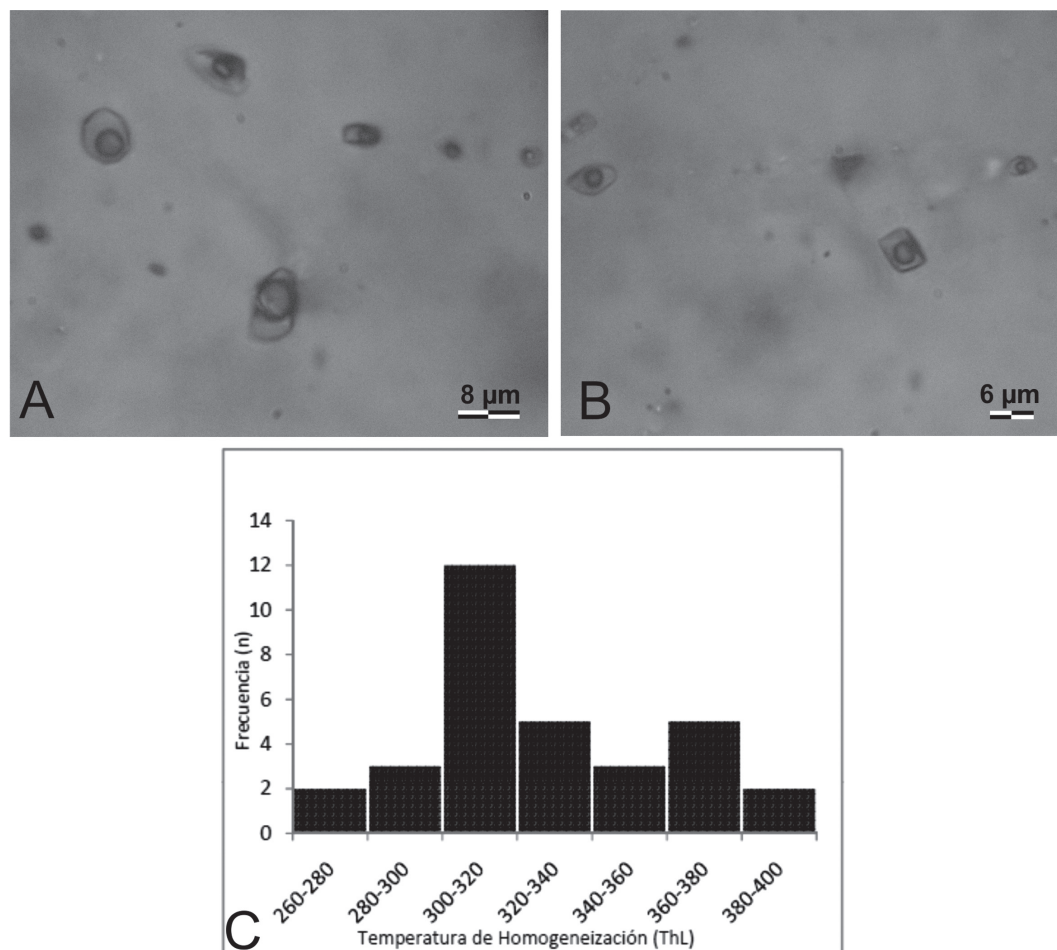


Figura 8. A-B) Microfotografías que muestran las inclusiones fluidas primarias ricas en líquido en el cuarzo del greisen. **C)** Histograma de temperaturas de homogeneización a líquido de inclusiones fluidas primarias en el cuarzo del greisen.

muscovita cristalizó, fue calculado a partir de una temperatura de 460°C y del factor de fraccionamiento muscovita-agua de Suzuoki y Epstein (1976). Los valores δD calculados para el fluido variaron entre -32 y -34 ‰ y se superponen en el rango de aguas magmáticas y metamórficas (figura 9).

INTERPRETACIONES

El Plutón San Martín está compuesto por una facies de graníticos biotíticos con textura porfiroide y una facies de leucogranitos de grano medio, equigranular. Estas rocas son subcalcinas, de la serie calcoalcalina a alcalino-cálcica, principalmente metaluminosas a

levemente peraluminosas y corresponden a granitos de tipo I (Gómez, 1996; Gozávez, 2009). Los valores de SiO_2 oscilan entre 69 y 72% y los óxidos alcalinos entre 7 y 10,8%. Los valores de MgO varían entre 0,4 y 0,91% y CaO entre 0,25 y 1,97% (Gómez, 1996 y este trabajo). Los valores de Rb, Sr y Ba son mayores (Gómez, 1996 y este trabajo) a los mencionados por Gozávez (2009). En relación espacial a estas rocas se vincula el greisen y posteriormente la mineralización de wolframio relacionada a vetas (Gómez, 1996).

Según la clasificación morfológica de Pirajno (1992), el greisen de la mina San

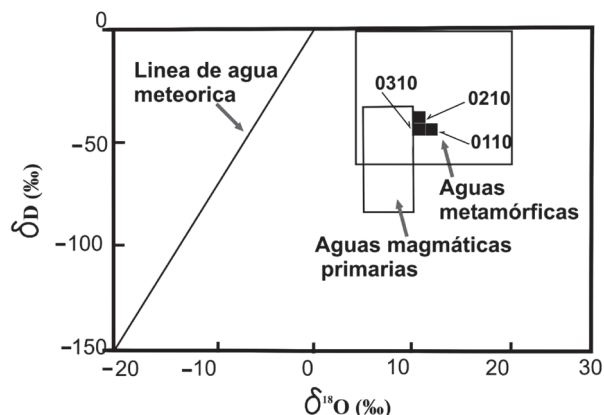


Figura 9. Diagrama de isótopos estables de oxígeno y deuterio medidos en la muscovita y calculados en el fluido. * $\delta^{18}\text{O}$ en el fluido fue calculada a partir de $\delta^{18}\text{O}$ en muscovita según la ecuación de O'Neil and Taylor (1969). ** δD en el fluido fue calculada a partir de δD en muscovita según la ecuación de Suzuoki y Epstein (1976).

Martín corresponde a un exogreisen debido a que está relacionado a venas que se encuentran en la parte apical del cuerpo granítico. La greisenización relacionada al leucogranito San Martín está integrada principalmente por muscovita, cuarzo, apatito, rutilo y pirita; como minerales secundarios, hidróxidos de hierro y carbonatos de cobre. Se produce después de una débil feldespaticización potásica (microclino) que afecta al feldespato potásico (ortosa) del leucogranito. Por otro lado, Gómez (1996) mencionó el greisen en la mina San Martín, después de una feldespaticización potásica y una sódica (albitización). Esta paragénesis de alteración es coincidente con lo descrito por Shcherba (1970) quien concluye que los eventos de greisenización comienzan con un primer estadio alcalino temprano, continúan con uno de greisenización y finalizan con la formación de vetas de wolframio y sulfuros. La evolución hacia el greisen produce una disminución en la relación de álcalis/ H^+ debido a la desestabilización de feldespatos potásicos, plagioclasas y micas del granito para transformarse principalmente en una asociación de muscovita y cuarzo con rutilo y apatito. La generación de sílice, también, puede formar parte de las venas de cuarzo que se asocian al greisen. Shcherba (1970) señala que los feldespatos y micas son los principales hospedantes de metales raros

(Sn, Wo, Mo) y que pueden liberarse durante el proceso de greisenización debido a la presencia de F y Cl en el fluido. Si bien en el greisen el contenido en flúor es escaso, Gómez (1996) mencionó la presencia de fluorita junto a la mineralización de wolframio, con menor proporción de casiterita y sulfuros tales como, pirita, galena, esfalerita, calcopirita, minerales de bismuto.

Los fluidos que originaron la greisenización son ligeramente ácidos, con temperaturas de entrapamiento de 460°C y salinidades del 4% en peso equivalente a NaCl.

Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ y δD calculados en el fluido a partir del cual precipitó la muscovita del greisen reflejan una interacción entre fluidos de origen magmático y fluidos metamórficos. Esto se explica por la distribución del greisen, que está relacionado a las salbandas de las vetas de cuarzo, alojado tanto en el granito como en los esquistos de la roca de caja. Por lo tanto, se interpreta que los fluidos magmáticos proceden de la consolidación del leucogranito (que integra la Formación Navarrete) y que los fluidos metamórficos de menor participación, probablemente deriven de la deshidratación de la muscovita perteneciente a la roca de caja (esquistos micáceos de la Formación Nahuel Niyeu).

Tanto la alteración de greisen, como las vetas depositadas posteriormente integradas

por cuarzo y feldespato con mineralización de W (Sn, Cu, Zn, Pb) están relacionadas en espacio y en tiempo al Granito San Martín (Gómez 1996).

CONCLUSIÓN

El greisen de la mina San Martín, está relacionado a granitos metaluminosos a levemente peraluminosos paleozoicos, de tipo I asociados a mineralización de wolframio que se encuentra en el Macizo Nordpatagónico.

Los fluidos hidrotermales, responsables de la generación de greisen, se caracterizan por una mezcla de fluidos magmáticos y metamórficos con temperaturas de entrapamiento que alcanzan los 400°C, son de baja salinidad, ligeramente ácidos y están ligados a los leucogranitos. Los fluidos magmáticos tardíos o posmagmáticos que afectaron al cuerpo granítico casi consolidado, fueron canalizados a través de fracturas, en un sistema abierto, dando origen al exogreisen.

El greisen relacionado a la mineralización de wolframio de la mina San Martín, difiere de aquéllos que se forman a partir de fluidos hidrotermales de alta temperatura, alta salinidad, presencia de CO₂, de volátiles, con mineralización de Sn y Wo y asociados a granitos de tipo S con un emplazamiento más profundo.

Otros localidades con greisen mencionados en la literatura argentina se localizan en el ámbito de las Sierras Pampeanas. Sin embargo estos últimos se caracterizan por ser granitos peraluminosos, de tipo S y de tipo A también relacionados a mineralizaciones de Sn y W (Lazarte, *et al.* 2006). En los dos ambientes, tanto en el Macizo Nordpatagónico como en Sierras Pampeanas, los granitos relacionados son de edad paleozoica superior y se encuentran intruyendo rocas metamórficas de bajo grado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur (Bahía Blanca, Argentina) por la utilización de su equipamiento, a los subsidios de investigación (SECYT) y FONCYT por el

financiamiento de campañas geológicas y realización de análisis geoquímicos. Al Laboratorio de Microscopía electrónica de Córdoba (Lamarx) por los análisis efectuados. Además, agradecemos a los revisores por sus valiosas sugerencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Báez, M. A., Fogliata, A. S. y Sardi, F.G. 2008. Distribución de tierras raras y elementos traza como indicadores de evolución y potencial mineralizador en los granitos La Quebrada (sierra de Mazán), San Blas y Huaco (sierra de Velasco), La Rioja, Argentina. *Acta Geológica Lilloana* 21 (1): 21-33, 2008.
- Boynton, W. V. 1984. Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: Henderson, P. (ed), *Rare earth element Geochemistry*. Elsevier: 63-114.
- Brodtkorb, M. K. de y Brodtkorb, A. 1969. Reseña mineralógica del yacimiento "San Martín", Valcheta, provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 34: 15-20.
- Brodtkorb, M. K. de y Paar, W. 1993. Redefinición de cuatro minerales del yacimiento San Martín, Valcheta, provincia de Río Negro. 12º Congreso Geológico Argentino, Actas 5: 90-91.
- Burt, D. M. 1981. Acidity-Salinity Diagrams-Application to Greisen and Porphyry Deposits. *Economic Geology*, 76, 882-843.
- Caminos, R. 2001. Hoja Geológica 4166-I, Valcheta. Provincia de Río Negro. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Buenos Aires. Boletín 299, 71 p.
- Clyne, M. A. and Potter, R. W. 1977. Freezing point depression of synthetic brines (abstr.) *Geol. Soc. Am. Abstr. Prog.* 9, 930.
- Frost B. R., Barnes C. G., Collins W. J., Arculus R. J., Ellis D. J. and Frost C. D. 2001. A geochemical classification for granitic rocks, *Journal of Petrology* 42, 11, 2033-2048.
- Giacosa, R. 1993. El ciclo eruptivo gondwánico en el área de Sierra Pailemán, Macizo Nordpatagónico, provincia de Río Negro, Argentina. 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Buenos Aires, 4: 113-117.
- Gómez, M. C. 1996. Mineralogía y génesis del yacimiento de wolframio Mina San Martín, Departamento de Valcheta, Pro-

- vincia de Río Negro. Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Argentina. Tesis doctoral inédita, 129p.
- Gómez, M. C. y Aliotta, G. 1999. El yacimiento de wolframio San Martín, Río Negro. En: Zappettini E.O. (Ed.). Recursos Minerales de la República Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Anales 35: 851-856.
- Gómez, M. C., Aliotta, G. y L. Luna. 2000. Condiciones de formación de la mineralización en el stock San Martín, Río Negro, Argentina, a partir de la distribución de tierras raras en rocas, fluorita y hubnerita. Mineralogía y Metalogénesis, La Plata. Vol. 1: 260-266.
- González, M. R. 2009. Caracterización del Plutón San Martín y las mineralizaciones de wolframio asociadas, Departamento Valcheta, Provincia de Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 64 (3): 409-425.
- El Bouseily, A. y El Sakkary, A. 1975. The relation between Rb, Ba and Sr in granitic rocks. Chemical Geology 16: 207-209.
- Lazarte, J. E., Avila, J. C., Fogliata, A. y Gianfrancisco, M. 2006. Granitos evolucionados relacionados a mineralización estanno-wolframífera en Sierras Pampeanas Occidentales. INSUGEO, Serie Correlación Geológica, 21: 75-104. Tucumán.
- Linares, E., Ostera, H. A. y Parica C. A. 1990. Edades radimétricas preliminares del basamento cristalino de las vecindades de Mina Gonzalito y de Valcheta, provincia de Río Negro, República Argentina. 11° Congreso Geológico Argentino, 2: 251-253.
- López de Luchi, M. G., Wemmer, K. y Rapalini, A. E. 2008. The cooling history of the North Patagonian Massif: first results for the granitoids of Valcheta area, Río Negro, Argentina. 6^a South American Symposium on Isotope Geology, cd-rom. San Carlos de Bariloche.
- Malvicini, L. y Vallés, J. 1984. Metalogénesis. Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Río Negro, IX Congreso Geológico Argentino. Relatorio III, 5: 649-662.
- Navarro, H. 1960. Geología general y economía del Distrito Minero Valcheta, Río Negro. Dirección General de Fabricaciones Militares, Informe 222 (inédito), 63 p., Buenos Aires.
- Núñez, E. 1983. Descripción Geológica de la Hoja 39i Valcheta, Provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional.
- O'Neil, J. R. y Taylor, H. P. Jr. 1979. Oxygen isotope equilibrium between muscovite and water: Journal of Geophysical Research, 74: 6012-6022.
- Paar, W. y Brodtkorb, M. K. de, 1996. Presencia de cervelleita y hessita en la galeña del yacimiento San Martín, Valcheta, provincia de Río Negro. 3^a Reunión de Mineralogía y Metalogenia, Actas: 173-175.
- 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: 235-257.
- Pearce, J. A., Harris, N. B. W. and Tindle, A. G., 1984. Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. Journal of Petrologist 25 (4): 956-983.
- Pirajno, F. 1992. Greisen systems. In: Springer-Verlag (Ed.). Hydrothermal mineral deposits, principles and fundamental concepts for the explorations geologist. Berlin, Springer, 280-324.
- Pirajno, F. 2009. Hydrothermal processes and mineral systems. Springer, Geological Survey of Western, Australia. 1237 p.
- Roedder, E. 1979. Fluid inclusions as samples of ore fluids. In: Barnes, H. L. (Ed.): Geochemistry of hydrothermal ore deposits. 2nd edition: 684-737. John Wiley & Sons, United States of America.
- Roedder, E. y Bodnar, R. 1980. Geologic pressure determination from fluid inclusions studies. Annual Review Earth Planetary Science 8: 263-301.
- Shcherba, G. N. 1970. Greisens. International Geological Review. 12, 114-255.
- Shepherd T. J., Rankin A. H. y Alderton, D. H. 1985. A practical guide to fluid inclusion studies. Glasgow, Blakie Sons Ltd.
- Suzuoki, T. y Epstein, S. 1976. Hydrogen isotope fractionation between OH - bearing minerals and water: Geochemical and Cosmochemica Acta, 40: 1129-1240.
- Taylor, R. 1979. Geology of tin deposits: New York, Elsevier Sci. Pub. Co. Economic Geology 11, 543.
- Taylor, B. E. 1986. Magmatic volatiles: isotopic variations of C, H y S. In: Walley, J. W.,
- Taylor, H. P., O'Neil J. R (eds). Stable isotopes in high temperature geological processes. Review Mineralogic, 16: 185-219.
- Tischendorf, G., Gottesmann, B., Förster H. J. y Trumbull R. B. 1997. On Li-bearing micas: estimating Li from electron

microprobe analyses and an improved diagram for graphical representation. *Mineralogical Magazine* 61: 809-834.

- Vallés, J. 1978. Los yacimientos minerales ubicados al oeste de la mina Gonzalito, Departamento de San Antonio y Valcheta, Rio Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, XXXIII, 4: 335-344.