

# Litología y estructura del basamento ígneo-metamórfico del borde SO del Macizo Nordpatagónico al oeste del río Chico, (Cushamen, Chubut, 42° 10' S – 70° 30' O)

Raúl GIACOSA<sup>1,2</sup>, Marcelo MÁRQUEZ<sup>1,2</sup>, Adriana NILLNI<sup>2</sup>, María FERNÁNDEZ<sup>2</sup>,  
Diego FRACCHIA<sup>1</sup>, Cayetano PARISI<sup>1,2</sup>, Juan AFONSO<sup>3</sup>, José PAREDES<sup>2</sup> y Juan SCIUTTO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SEGEMAR-IGRM, Delegación Regional Patagonia, Km 8, 9003, Comodoro Rivadavia, Chubut. E-mail raulgiacosa@infovia.com.ar

<sup>2</sup>Departamento de Geología - Universidad Nacional Patagonia, Km 4, 9000, Comodoro Rivadavia, Chubut.

<sup>3</sup>Department of Earth Sciences, Carleton University, Ottawa, Ontario, Canadá.

**RESUMEN.** El basamento ígneo-metamórfico pre-Triásico del borde SO del Macizo Nordpatagónico en Cushamen, está integrado por metasedimentitas silicoclásticas, ortogneises, tonalitas foliadas, granitos alcalinos foliados, leucogranitos y dioritas. Estos dos últimos presentan débil deformación dúctil y se los interpreta como intrusiones tardiocinemáticas y poscinemáticas respectivamente con respecto a la formación de la foliación regional. Las asociaciones minerales reconocidas corresponden a metamorfismo de grado medio (parte alta de la facies de anfíbolitas), a paragénesis de carácter más regional de grado bajo (facies de esquistos verdes, zona de la biotita) y sectores localizados de muy bajo grado. Las metasedimentitas y ortogneises tienen una foliación penetrativa que está crenulada regionalmente. Dos direcciones casi ortogonales de boudinage y pliegues, indican un fuerte aplastamiento regional al momento de la formación de las estructuras dúctiles. La foliación dominante NO a NNO de todo el basamento, ejerció un fuerte control tanto sobre las intrusiones tardías en el basamento, como en las intrusiones paleógenas de la Formación Huitrera. Las estructuras y fábricas dúctiles y dúctil-frágiles se formaron en un campo de esfuerzos con la traza del plano que contiene el máximo acortamiento regional (Z) orientado en dirección 035° - 215°.

**Palabras clave:** Macizo Nordpatagónico, Basamento, Metamorfitas, Plutonitas, Estructura

**ABSTRACT.** *Lithology and structure of the igneous-metamorphic basement of the SW margin of the North Patagonian Massif to the west of Rio Chico (Cushamen, Chubut, 42° 10' S – 70° 30' W).* The pre-Triassic igneous-metamorphic basement of the SW border of the North-Patagonian Massif in Cushamen region is composed of metasedimentites, orthogneisses, foliated tonalites, foliated alkaline granites, leucogranites and diorites. Leucogranites and diorites present weak ductile deformation which allows us to consider them as late to post-kinematics intrusions (post-regional foliation). The mineral metamorphic associations correspond to medium grade metamorphism (high grade amphibolitic facies) and a more extended low grade metamorphism (greenschist facies, biotite zone). Discrete sector associated to late deformations has low to very low grade. Metasedimentary rocks and orthogneisses have a penetrative foliation regionally crenulated. Two orthogonal directions of boudinage and folds axis indicate a strong flattening during ductile progressive syn-metamorphic deformation. NW to W-NW dominant regional foliation had an important control on the late-kinematics intrusions in the basement and on the Paleogene intrusions of the Huitrera Formation. The ductile and ductile-fragile basement structures and fabrics were formed in a stress field in which the plane that contain the maximum shortening axes (Z) has a 035°-215° strike.

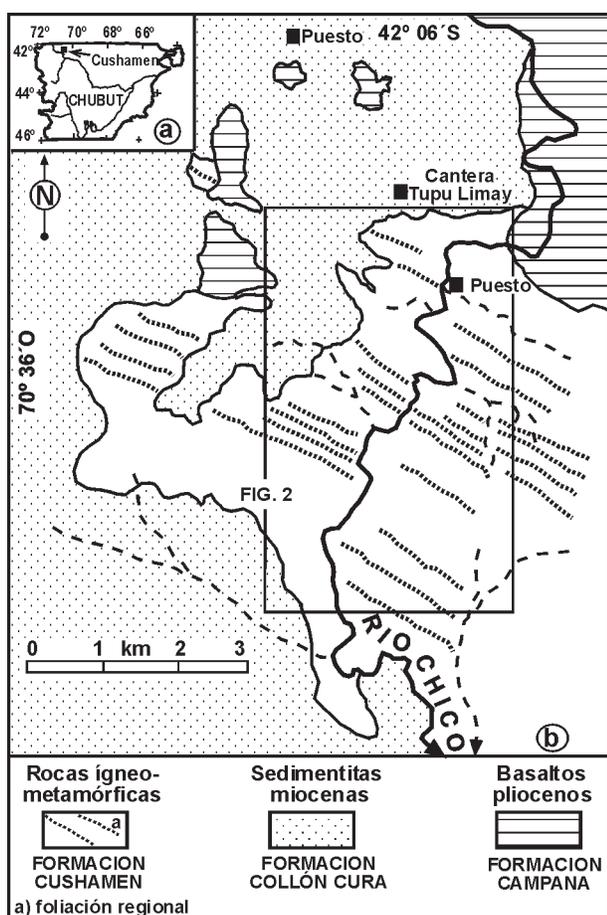
**Key words:** Northpatagonian Massif, Basement, metamorphites, Plutonites, Structure

## Introducción

Los afloramientos de rocas ígneo-metamórficas de la región del río Chico (Chubut) ubicados a unos 5 km al este de la localidad de Cushamen representan los afloramientos más occidentales de las rocas pre-mesozoicas en el mismo borde del Macizo Nordpatagónico (Figs. 1a y b). Las rocas que lo integran, además de representar el registro de una evolución geológica muy compleja en tiempos anteriores al Mesozoico, permiten observar acontecimientos sedimentarios y eruptivos ligados al ciclo ándico en el sector más externo de los Andes Nordpatagónicos.

El presente trabajo describe las litologías y estructuras características de rocas asignadas a la Formación Cushamen y de la Formación El Platero, tomando como base los afloramientos ubicados sobre la margen oeste del río Chico (al este de Cushamen) y teniendo presente que este sector corresponde al área tipo de la primera unidad (Volkheimer 1964; Volkheimer y Lage 1981).

Los antecedentes específicos del área incluyen los trabajos de Volkheimer (1964), Volkheimer y Lage (1981), Franzese *et al.* (1992), Duhart *et al.* (2002) y Márquez *et al.* (2002). Se pretende que esta caracterización sirva para comparar con los resultados de los estudios petrológicos



**Figura 1:** a) Ubicación relativa de la zona de estudio en la provincia de Chubut. b) Marco geológico regional de las rocas ubicadas sobre los márgenes del río Chico, al este de la localidad de Cushamen. En recuadro el área abarcada por el mapa de la figura 2.

y geocronológicos realizados en la Formación Cushamen al norte del área tipo, particularmente los de Cagnoni *et al.* (1997), Cerredo (1997), Cerredo y López de Luchi (1999), Cerredo *et al.* (2000), Dalla Salda *et al.* (1990, 1994), Giacosa *et al.* (2001), Linares *et al.* (1997), López de Luchi (1994), López de Luchi y Cerredo (1996) y López de Luchi *et al.* (2002) entre otros.

Volkheimer (1964) y Volkheimer y Lage (1981), denominaron y mapearon como Formación Cushamen a un miembro mayoritario de rocas ectiníticas, que incluía micacitas, filitas cuarzosas y metacuarcitas filíticas y micáceas, y afloramientos de un miembro de migmatitas. Entre éstas, se destacan una migmatita de estructura noduloso-foliada (gneis de ojos con nódulos de feldespato) resultante de la invasión de una micacita cuarzosa por un material síalico. Afirman que la migmatización es debida a la intrusión de elementos de la Formación El Platero. Varios cuerpos tabulares de dirección O-NO (rumbo N70°O) localizados en el sector SO del río Chico fueron asignados a la facies tonalítica de la Formación El Platero. Esta unidad es correlacionable con la Formación Mamil Choique (Ravazzoli y Sesana 1977).

Con respecto a la edad de estas unidades, cabe señalar que Linares *et al.* (1997) realizaron determinaciones Rb/Sr sobre roca total en esquistos de la parte este del cañadón La Angostura (al oeste de la localidad de río Chico) asignados a la Formación Cushamen, obteniendo un diagrama isocrónico de  $707 \pm 18$  Ma, valor que consideran como edad máxima para esta unidad. Datos U/Pb de la región de Paso Flores y Comallo reportados por Varela *et al.* (1999) señalan posibles edades de cristalización Gondwánicas para rocas plutónicas ( $334 \pm 28$  Ma,  $269 \pm 13$  Ma, Carbonífero inferior a Pérmico inferior), en tanto que edades K/Ar sugieren una etapa de deformación tardía entre los  $262 \pm 7$  Ma y  $235 \pm 8$  Ma, seguido por un evento de enfriamiento probablemente asociado al alzamiento regional. El metamorfismo principal de la Formación Cushamen fue asignado al intervalo Devónico temprano a medio, a partir de un protolito de edad precámbrica tardía (Ostera *et al.* 2001). Con respecto a la Formación Mamil Choique la otra unidad de basamento de gran extensión regional, sus rocas fueron asignadas al Ordovícico superior por Dalla Salda *et al.* (1994) y al Devónico inferior por Cerredo *et al.* (2000).

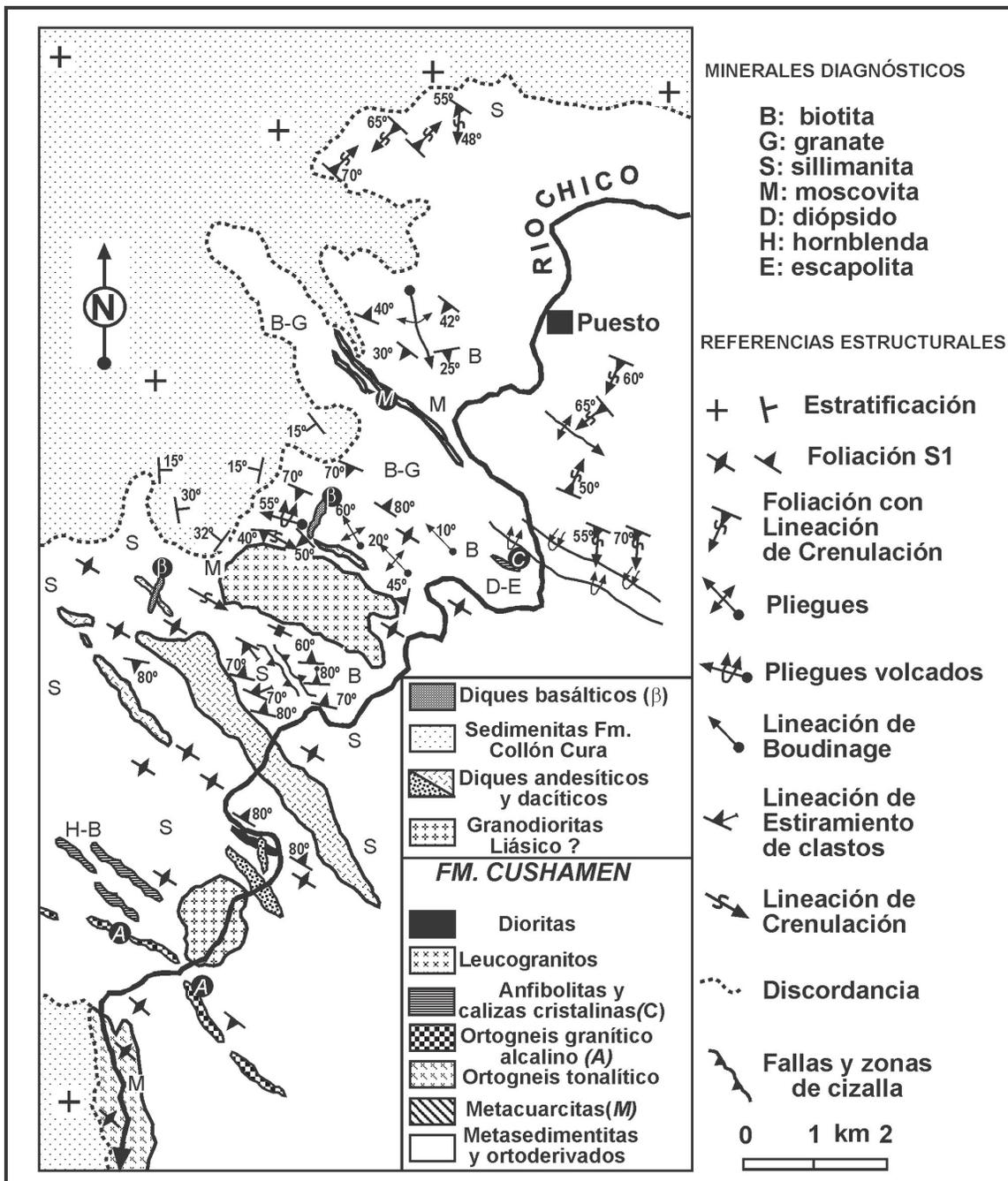
Basado en el análisis geoquímico de protolitos sedimentarios de los afloramientos cercanos a la localidad de Río Chico, López de Luchi *et al.* (2002) señalan como marco tectónico más probable, una cuenca sedimentaria cercana a un margen continental activo, más específicamente una cuenca tipo andino adyacente a un espeso margen continental. Las intercalaciones volcánicas básicas exhiben afinidades geoquímicas de arco y fueron comparadas con un ambiente de arco islándico, en tanto que las de composición ácida muestran claras afinidades de arco volcánico.

## Marco Geológico

Los afloramientos del área de río Chico están geológicamente ubicados, al igual que sus homólogos de la localidad de Río Chico (Río Negro), en la zona de transición entre el borde oriental de la faja de deformación andina y el límite occidental del antepaís nordpatagónico.

En el marco geológico regional de la Hoja 42c Cerro Mirador, Volkheimer y Lage (1981) reconocieron rocas ígneo-metamórficas del Precámbrico-Paleozoico, plutonitas neopaleozoicas, volcanitas y sedimentitas mesozoicas y, un amplio desarrollo de depósitos volcánicos y sedimentarios cenozoicos, entre los que se destacan los de edad plio-pleistocena.

Sobre el río Chico, un plutón de granodiorita con hornblenda y biotita asignado tentativamente al magmatismo del Liásico, intruye a las rocas de basamento. Entre las rocas eruptivas y sedimentarias terciarias (Fig. 2) se destacan los cuerpos intrusivos de composición dacítica y andesítica asignados por Márquez *et al.* (2002) a la Formación Huitrera del Paleoceno tardío-Eoceno medio. Los stocks elongados y diques se disponen concordantemente con el rumbo de la foliación del basamento y en sus contactos son frecuentes brechas tectónicas. Las



**Figura 2:** Mapa geológico de las rocas ígneo metamórficas sobre el río Chico con indicación de las principales estructuras planares y lineares dúctiles. Se observa la relación de discordancia con la Formación Collón Cura.

dacitas tienen texturas porfíricas a afaníticas con, fenocristales de plagioclasa y cuarzo, en una pasta de igual composición; en las variedades afaníticas se destaca una delgada foliación magmática. A estas rocas se asocian episodios de mineralización vetiforme y alteración hidrotermal arcillosa (mina Cura Limay). El último episodio magmático reconocido son coladas basálticas y diques basálticos angostos, concordantes y discordantes con foliación metamórfica, que se asignan a la Formación Campana (Ravazzoli y Sesana 1977) del Plioceno.

Sobre todo el borde occidental de los afloramientos del río Chico de Cushamen se disponen mediante discordancia angular y erosiva, unos 150 m de estratos continentales asignados a la Formación Collón Curá del Mioceno medio a tardío (Márquez *et al.* 2002). Las inclinaciones estratales de 15° y hasta 30° que se observan en el contacto con el basamento se interpretan como debidas a la deposición original.

La roca más antigua que intruye al complejo ígneo-metamórfico en el área de estudio es un stock epizonal asig-

nado tentativamente al Liásico (Márquez *et al.* 2002), por lo que esta relación es poco significativa como control de la edad del basamento. La única edad sobre rocas del basamento en el área del río Chico en Cushamen está ubicada en el extremo norte de La Angostura del río y es una edad pérmica inferior (edad K/Ar de  $282 \pm 6$  Ma), sobre un concentrado de moscovita de un granito con moscovita y granate (Duhart *et al.* 2002). Los autores interpretan este valor como la edad de cristalización mínima del granito, que tiene una foliación bien marcada de rumbo NO, paralela a los bordes del cuerpo. Señalan además los granitos fueron deformados conjuntamente con la Formación Cushamen en un evento deformativo posterior a aquel contemporáneo con el metamorfismo principal y los correlacionan con el plutonismo reconocido por López de Luchi *et al.* (2000) en la sierra de Mamil Choique.

## Complejo ígneo-metamórfico

### Litología

Las rocas ígneo-metamórficas del basamento en río Chico (Cuadro 1) corresponden a metasedimentitas de origen clástico dominante, íntimamente asociadas con granitos foliados y ortogneises graníticos (Fig. 3e) y algunas anfibolitas. También participan del basamento, granitoides con una impronta deformativa menos marcada. Se destaca que sobre toda la margen oeste del río Chico y en algunos afloramientos ubicados en la margen opuesta, no se observaron migmatitas, al menos de dimensiones mapeables.

**Metasedimentitas:** Las metasedimentitas son las rocas arealmente más abundantes, y entre ellas se destacan como las más importantes los esquistos cuarzo-biotíticos. Esquistos cuarzo-moscovíticos, metacuarzitas micáceas y escasos metaconglomerados, están presentes como variaciones texturales de los primeros. La mineralogía más común es cuarzo y biotita con algo de plagioclasa, acompañados por moscovita, granate y sillimanita (fibrolita), minerales que en algunos sectores son abundantes (Fig. 3a). En los sectores con predominio de composiciones pelíticas, de destaca la presencia de porfiroblastos pseudomórficos de sillimanita policristalina y fibrolita a partir de cristales centimétricos de andalucita (Fig. 3g). Están situados en el plano de foliación  $S_1$  y dispuestos con orientaciones aproximadamente ortogonales entre sí. Debe destacarse que la foliación  $S_1$  se adapta a la morfología de los porfiroblastos, lo que permite fechar el crecimiento de la andalucita con anterioridad al pico del metamorfismo y deformación principal. Los minerales accesorios más frecuentes son apatita, circón y turmalina. La biotita y la moscovita como cristales intercrecidos determinan la foliación  $S_2$  de crenulación.

Otras metasedimentitas son esquistos cuarzo-sericíticos que afloran como delgadas bandas en sectores de alta deformación y niveles calcosilicatados con calcita, escapolita y diópsido y algunas anfibolitas. Duhart *et al.*

(2002), señalan en el sector norte la presencia de esquistos -que incluyen estauroлита en su paragénesis mineral- con clastos dispersos de granitos, cuarcitas y agregados policristalinos de cuarzo de formas aplanadas, que interpretan como correspondiente a un protolito de diamictitas.

**Ortoderivados:** Las rocas derivadas de protolito ígneo asociadas a las metasedimentitas, constituyen una parte sustancial de los afloramientos (Fig. 3e). Entre éstas se destacan por su abundancia las derivadas de pegmatitas graníticas (Fig. 3f), diques graníticos, tonalíticos y de granitos alcalinos y un stock de tonalita. Éste último, corresponde a lo mapeado por Volkheimer y Lage (1981) como Formación El Platero (facies tonalita). Tanto las pegmatitas como los diques graníticos y las metasedimentitas, fueron afectadas en general por similares condiciones de metamorfismo y deformación dúctil (Figs. 3d, h). Estas rocas están cartografiadas como “ectinitas” de la Formación Cushamen en la Hoja Cerro Mirador.

Los ortogneises graníticos son rocas bandeadas y porfiroclásticas con una marcada foliación, donde se destacan “ojos” de microclino de morfología simétrica. Estas rocas gradan a granitos foliados muy deformados pero que no alcanzan a desarrollar una estructura gnéica o bandeada (Fig. 3h). Muchos ortogneises (graníticos y tonalíticos) son de grano más homogéneo y tamaño mediano. El stock del extremo sur del área de estudio, está formada por una tonalita hornblendo-biotítica de grano muy grueso con foliación subvertical de rumbo O-NO, intruida por diques andesíticos de grano mediano. Afloran además, diques graníticos de 20 a 30 m de potencia y varios kilómetros de longitud compuestos por un granito foliado con biotita y riebeckita (Márquez *et al.* 2002).

Determinaciones microtermométricas en las vetas de cuarzo blanco masivo ubicadas unos 2 km al norte del stock de leucogranito y alojadas concordante o discordantemente en la foliación de los esquistos cuarzo-biotíticos, indican temperaturas de homogeneización ( $T_h$ ) entre 250° y 300°C. La mayoría de las inclusiones decrepitan antes de alcanzar su temperatura de homogeneización ( $T_h$ ). Se estima una salinidad de entre 2 y 8 % en peso de NaCl equivalente, en un sistema integrado por  $H_2O$ -NaCl- $CO_2$ . La participación de  $CO_2$  estimada en un 11 mol % del volumen (Roedder y Bodnar 1980) y su densidad de 0.85 g/cm<sup>3</sup> permite establecer un origen metamórfico para los fluidos que formaron la veta (Márquez *et al.* 2002).

**Plutonitas:** Se incluyen otras rocas intrusivas asociadas a las metasedimentitas y ortoderivados pero sin evidencias significativas de deformación penetrativa dúctil. El cuerpo más importante es un stock de 1 x 2,5 km de longitud de un leucogranito moscovítico. El cuerpo es elongado en dirección N60°-70°O, es decir subconcordante con la foliación regional. Sus apófisis, ubicadas en el extremo SE del cuerpo están plegadas, lo que sumado a su morfología y la estructura de su entorno sugieren una estructura antiformal (Fig. 2). En otros sectores se ob-

**Cuadro 1:** Composición mineral, texturas y fábricas planares y lineales de los tipos litológicos reconocidos en el basamento al este de Cushamen.

LITOLOGÍA	MINERALOGÍA	TEXTURA/FABRICA
<b>METASEDIMENTITAS</b>		
esquisto cuarzo-biotítico	Qtz+Bt+Pl±Ms (Ap, Zrn) Qtz+Bt+Grt (Zrn) Qtz+Bt+Ms+Grt+Sil+Pl	Granolepidoblást. Fol. y lineada (Lm, Lc) Granolepidoblástica; Porfiroblástica Granolepidoblástica; Porfiroblástica
esquisto cuarzo-moscovítico	Qtz+Ms	Lepidogranoblast. Fol. y lineada (Lm, Lc) Escasa foliación S/C
metacuarcita moscovítica	Qtz+Ms+Pl	Granoblástica
metaconglomerado	Qtz+Bt+Pl+Ms (Ap, Zrn)	Blastosefítica/ Foliada y lineada (Le)
roca calcosilicatada	Cal+Scp+Di+Qtz	Granoblástica
<b>ORTODERIVADOS</b>		
ortogneis* granítico, monzo-Graníticos / granitos foliados	Qtz+Mc+Pl+Ms+Bt (Ap) Qtz+Pl+Mc+Ms+Bt	Porfiroclástica/ Foliada y lineada (Le)
ortogneis* tonalítico / tonalita foliadas	Qtz+Pl+Bt+Ms (Ap, Zrn)	Foliada y lineada (Lm, Lc)
pegmatita granítica	Qtz+Mc+Pl+Ms (Zrn)	Foliada y lineada (Lm, Lc)
tonalitas foliadas	Pl+Qtz+Mc+Hbl+Bt+Ep (Ttn, Ap)	Foliada y lineada (Lm, Lb)
granítico alcalino foliado	Qtz+Mc+Bt+Rbk+Pl+ Ep	Foliada
ortoanfibolita	Pl+Hbl+Ttn+Bt	Granonematobástica/Foliada
<b>ROCAS ÍGNEAS</b>		
diorita	Hbl+Pl (Rt, Ttn, Zrn,)	
leucogranito	Qtz+Mc+Ms+Bt	Foliación tectónica débil. Deform. <T°
pegmatita granítica	Qtz+Mc+Ms	
* Se denominan ortogneises a los granitos foliados muy deformados que desarrollan bandas gneisicas. Qtz (cuarzo), Bt (biotita), Ms (moscovita), Pl (plagioclasa), Grt (granate), Ap (apatita), Zrn (circón), Sil (sillimanita-fibrolita-), Mc (microclino), Rbk (riebeckita), Hbl (hornblenda), Ttn (titanita), Cal (calcita), Scp (escapolita), Di (diópsido). Lm (lineación mineral), Lc (lineación crenulación), Le (lineación estiramiento), Lb (lineación boudinada)		

serva una deformación de baja temperatura en el cuarzo y foliación magmática por orientación de la moscovita, dispuesta paralelamente a la orientación del cuerpo.

El leucogranito intruye a las metasedimentitas y sus apófisis a las pegmatitas deformadas, constituyendo la roca de caja de nuevas generaciones de pegmatitas y vetas de cuarzo relacionadas a los estadios finales de este magmatismo. Estas vetas tienen salinidades similares a las anteriores, sin indicios visibles de la presencia de CO<sub>2</sub> y temperaturas de homogeneización de entre 230° y 240°C (Márquez *et al.* 2002).

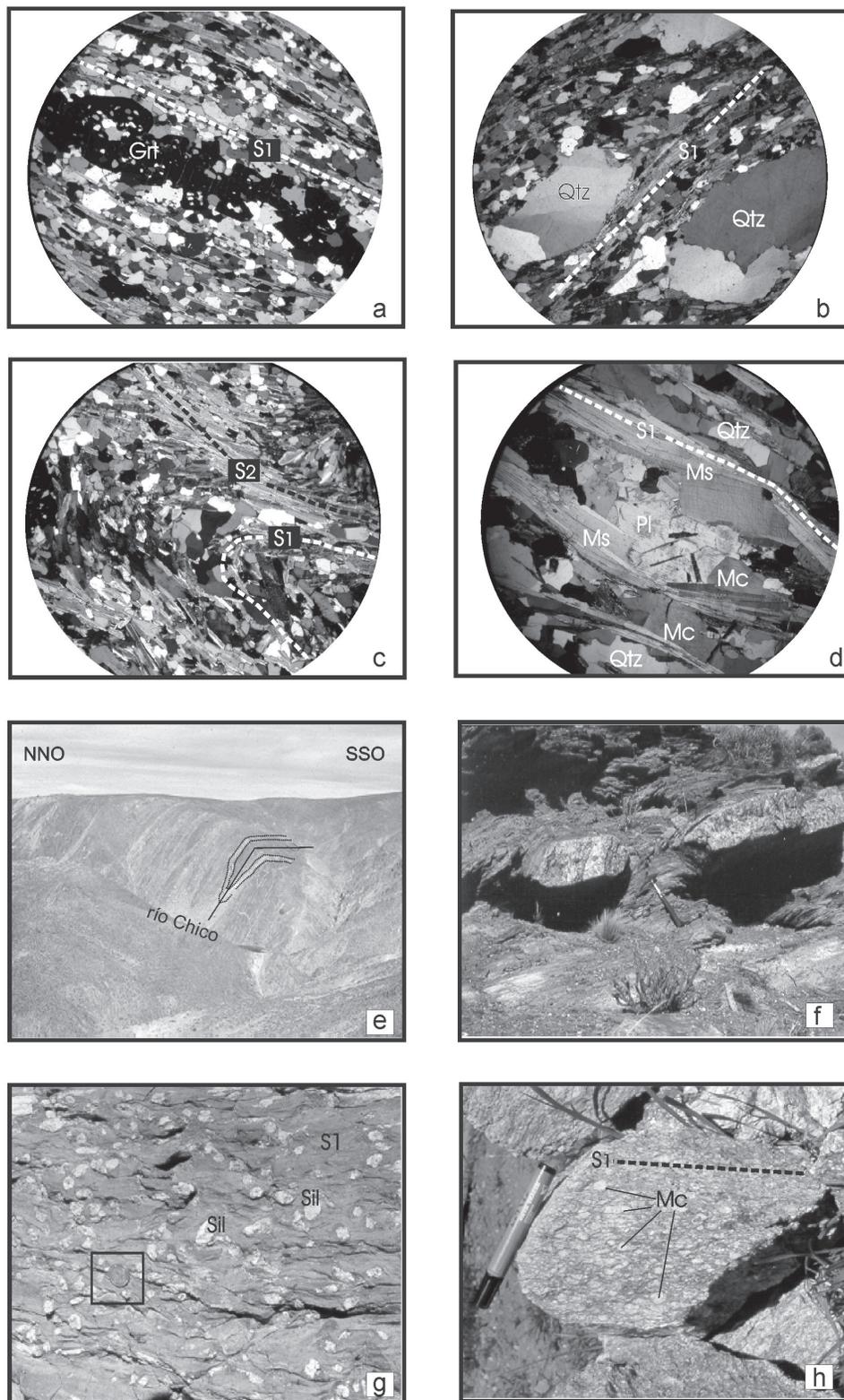
El stock de leucogranito carece de una fábrica foliada penetrativa, lo que sumado a su morfología antiformal, a la deflexión de la foliación de las metasedimentitas en el contacto y la deformación de baja temperatura en el cuarzo, indican que podría haber participado en una etapa tardía de deformación compresiva regional (post-foliación

penetrativa). La relación entre las pegmatitas apuntada precedentemente, sugiere también una intrusión tardía en relación con la fase de deformación dúctil principal.

Agua abajo de este stock aflora un cuerpo elongado de diorita con bordes de grano fino y una parte central de grano grueso formado por más de 50% de hornblenda y plagioclasa con un 20% de biotita derivada de la alteración del anfíbol. La roca tiene textura granuda y no presenta evidencias microscópicas ni macroscópicas de deformación.

### Estructura

Tanto las rocas del protolito sedimentario como las del protolito ígneo, tienen impresa una fuerte estructura planar que corresponde a la esquistosidad metamórfica



**Figura 3:** S<sub>1</sub> señala la foliación penetrativa sinmetamórfica y S<sub>2</sub> la foliación de crenulación. **a)** esquistos cuarzo-biotítico con granate poiquilítico (Grt); **b)** metaconglomerado arenoso con clastos de cuarzo (Qtz); **c)** esquistos cuarzo-micáceo con foliación de crenulación; **d)** granitoide foliado con cuarzo (Qtz), moscovita (Ms), microclino (Mc) y plagioclasa (Pl); **e)** vista general de los afloramientos en el corte del río Chico, donde se observan diques pegmatíticos y graníticos intensamente deformados y plegados conjuntamente con las metasedimentitas que dan origen a una notable foliación megascópica. Se señalan las trazas axiales en planta y corte de un pliegue volcado al SO; **f)** pegmatitas graníticas boudinadas; **g)** porfiroblastos pseudomórficos de sillimanita a partir de andalucita situados en el plano S<sub>1</sub>; en recuadro moneda como escala; **h)** granito microclínico deformado.

( $S_1$ ), acentuada por las intrusiones métricas a decamétricas de pegmatitas graníticas, que dan lugar a una marcada foliación megascópica de rumbo promedio  $N50^\circ-55^\circ O$ , e inclinación de  $35^\circ-55^\circ$  al NE y SO (Figs. 2, 4, 3e). Esta estructura está crenulada regionalmente, dando origen - al menos microscópicamente - a sectores con esquistosidad de crenulación ( $S_2$ ).

La foliación planar dominante ( $S_1$ ) está definida por delgados cristales elongados de biotita y cuarzo con morfología rectangular. El cuarzo, la biotita, el granate y los feldespatos son minerales de crecimiento sincinemático con la formación de la foliación dominante (Figs. 3a y b) algunos cristales de moscovita son tardiocinemáticos. Los cristales individuales de sillimanita y fibrolita - crecidos pseudomórficamente a partir de andalucita - están orientados en el plano  $S_1$ .

En esquistos biotíticos que alternan con esquistos cuarzo-biotíticos se reconoce el plano de estratificación ( $S_0$ ) en las superficies de *parting* desarrolladas a partir de niveles micáceos; la relación entre  $S_0$  y  $S_1$  indica foliación de plano axial asociada a pliegues volcados.

Con respecto a la crenulación todos los minerales incluyendo la fibrolita están plegados o rotados (como los granates poiquilíticos en las charnelas de los micropliegues). En las charnelas se observan modificaciones texturales en el cuarzo y la biotita; ambos aumentan de tamaño de grano y la biotita tiene menos relieve. En los sectores de crenulación acentuada hay foliación de crenulación por aplastamiento en los flancos y la foliación está otorgada por cristales alargados e intercrecidos de moscovita y cuarzo (Fig. 3c).

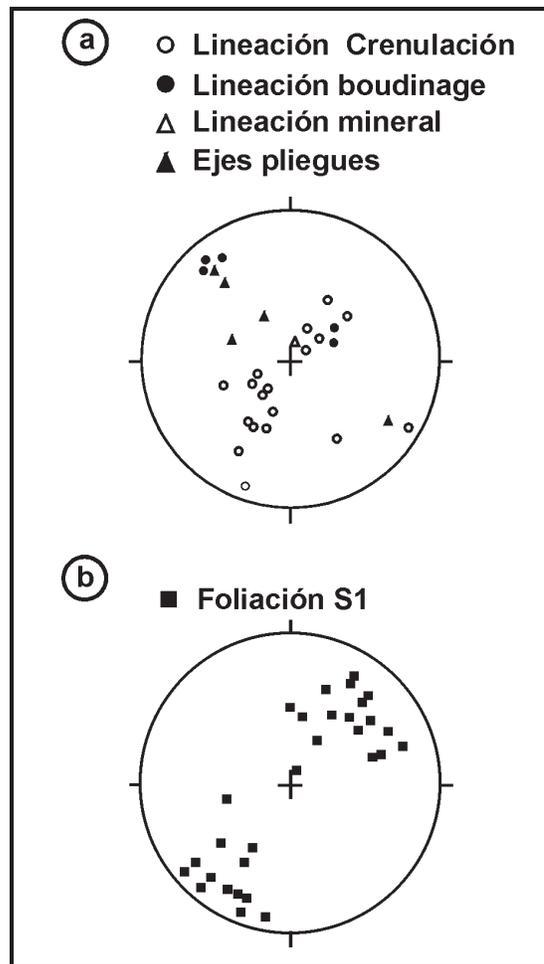
La fábrica dominante es planar-lineal y tanto las meta-sedimentitas como los ortoderivados graníticos son tectonitas L-S. Varios tipos de lineaciones fueron reconocidas, aunque las dos más importantes son la lineación de crenulación ( $L_c$ ) y dos lineaciones de boudinage ( $L_b$ ); adicionalmente se encuentran lineaciones de estiramiento ( $L_e$ ) y mineral ( $L_m$ ).

( $L_c$ ): tiene una gran representación areal y se encuentra sobre el plano de foliación  $S_1$ , por lo que inclina hacia el NE y SO (Fig. 4). En los afloramientos no se la observa plegada.

( $L_b$ ): las lineaciones de boudinage son el resultado del estiramiento de los diques de pegmatitas y están representadas dos lineaciones ortogonales ( $L_{b1}$ ), subhorizontales hacia el ONO y subparalela a los ejes de los pliegues) y, ( $L_{b2}$ ), con buzamientos medios a subverticales hacia NE y SO, por lo que son lineaciones paralelas a  $L_c$ . La lineación ( $L_{b1}$ ) está crenulada.

( $L_e$ ): hay lineaciones de estiramiento de cuarzo y feldespatos en ortogneises y, en menor medida, la correspondiente a estiramiento de clastos de metaconglomerados. Estas lineaciones suelen tener un *pitch* de  $20^\circ$  a  $40^\circ$ .

( $L_m$ ): la lineación mineral más visible en afloramientos corresponde a biotita y a crecimientos porfiroblásticos de sillimanita por pseudomorfosis de andalucita. en el que predominan dos direcciones aproximadamente ortogonales entre sí (*pitch* de  $0^\circ$  y  $90^\circ$ ).



**Figura 4:** Proyección estereográfica de datos de fábrica lineal (a) y planar (b) en las metasedimentitas y ortoderivados.

Los pliegues mesoscópicos tienen ejes de rumbo NO ( $N40^\circ O$ ) y buzamiento subhorizontal, por lo que resultan paralelos y subparalelos a  $L_{b1}$ . Tienen formas cerradas e isoclinales, algunos están volcados al SO y poseen foliación de plano axial. Otros pliegues son de eje subvertical y resultan paralelos a  $L_c$  y  $L_{b2}$ . Los pliegues de mayor tamaño se observan sobre la margen oriental del río Chico y son estructuras volcadas al SO (Fig. 3e).

La mayoría de las pegmatitas reconocidas presentan deformación dúctil del cuarzo y deformación frágil del microclino, sobre todo en los megacristales. La tonalita asignada a la unidad Formación El Platero posee una marcada foliación subvertical ( $60^\circ-70^\circ/E$  y  $80^\circ O$ ) con un rumbo de  $N50^\circ-60^\circ O$ .

## Discusión y conclusiones

### Nomenclatura litoestratigráfica

La nomenclatura litoestratigráfica de las rocas del basamento de la región suroccidental de Macizo Nordpatagónico se ha identificado con los nombres de Forma-

ción Cushamen y Formación El Platero (Volkheimer 1964; Volkheimer y Lage 1981), Formación Mamil Choique (Ravazzoli y Sesana 1977) y Metamorfitas Cushamen y Granitoides Mamil Choique (Dalla Salda *et al.* 1990), entre otros.

Las rocas mapeadas como “ectinitas” de la Formación Cushamen por Volkheimer y Lage (1981), además de las metasedimentitas, incluyen una alta proporción (>30%) de granitoides y pegmatitas graníticas foliadas hasta ortogneises granítico-tonalíticos que comparten la misma fábrica tectónica. Por lo tanto, consideramos que no son una facie migmatítica de la unidad.

Con respecto a las rocas que en el área de estudio integran la unidad mapeada como Formación El Platero por Volkheimer y Lage (1981), se consideran – en base a sus relaciones de campo y su fábrica – parte integrante de los ortoderivados asociados a las metasedimentitas. Dado que producen alguna migmatización por inyección en su entorno podrían haber participado en las etapas finales de la deformación dúctil progresiva (intrusivos tardio-cinemáticos?).

Esta asignación se propone únicamente para este sector en particular y no se hace extensiva a otros sectores de la región mapeados como Formación El Platero, como los afloramientos del cordón del Mogote (Volkheimer y Lage 1981) o sus equivalentes de la Formación Mamil Choique de la región de Gastre (Proserpio 1978) y sierra de Mamil Choique (Ravazzoli y Sesana 1977).

### Estructura

Las evidencias de campo y las observaciones microscópicas permiten elaborar una secuencia tentativa de eventos:

1. Metamorfismo de contacto en el protolito sedimentario con desarrollo de porfiroblastos de andalucita en los niveles pelíticos.

2. Desarrollo de una fábrica penetrativa dúctil en las metasedimentitas y ortoderivados del complejo ígneo-metamórfico, como parte de un proceso de deformación progresiva asociado a una fase compresiva regional sinmetamórfica.

Las estructuras características son la foliación de plano axial  $S_1$  (foliación penetrativa), las lineaciones minerales, de boudinage ( $L_{b1}$ ) y de estiramiento en cristales de cuarzo de ortoderivados graníticos y clastos de cuarzo en metaconglomerados.

La intrusión de las pegmatitas y de los diques graníticos en los metasedimentos, ocurrió en etapas progresivas y con distintas orientaciones, que a juzgar por los pliegues actuales fueron subhorizontales y subverticales.

Durante el desarrollo de este evento, la traza del plano que contiene al eje de máximo acortamiento ( $Z$ ), estuvo orientado en dirección azimutal  $035^\circ$ - $215^\circ$ . La mayoría de las estructuras planares (foliación) y los pliegues de mayor tamaño tienen vergencia al SO (Figs.3e, 4). Este evento corresponde a la primera fase de deformación ( $D_1$ ) descripta por Franzese *et al.* (1992).

3. Deformación dúctil de la fábrica sinmetamórfica, expresada como una extendida crenulación y una foliación de crenulación localizada ( $S_2$ ), la que está otorgada por cristales entrelazados de biotita y moscovita por lo que las condiciones de temperatura fueron similares a a aquellas de la formación de  $S_1$ . La lineación de boudinage ( $L_{b2}$ ) se asociaría a este evento, en tanto que el leucogranito se habría emplazado entre esta etapa y la anterior. Estas deformaciones fueron incluidas en la segunda fase de deformación ( $D_2$ ) por Franzese *et al.* (1992).

4. Estos autores señalan una tercera fase de deformación ( $D_3$ ), manifiesta como pliegues subhorizontales de rumbo NE y de gran longitud de onda. Como bien señalan, son estructuras difíciles de visualizar en el campo.

5. Estructuras posteriores a las dúctiles son las *kink-bands* de rumbo meridional (Márquez *et al.* 2002), zonas de cizallas frágiles de escala mesoscópica en granitos de rumbo  $N10^\circ E$  y cinemática dextral y varias zonas de cizalla de alto ángulo, cinemática inversa y rumbo  $N30^\circ O$  (Fig. 2).

### Comparaciones regionales

Las rocas metasedimentarias más abundantes son esquistos cuarzo-micáceos con biotita, moscovita, cuarzo y feldespatos, los que indican un predominio de rocas de grado metamórfico medio (Cuadro 1), aunque no permiten precisar sobre su ubicación en la parte alta de la facies de esquistos verdes o en la facies de anfibolitas. La sillimanita y la fibrolita, muy extendidas en los niveles pelíticos de toda el área ubicada al oeste del río Chico (Fig. 2) y los aislados niveles silicocálcicos con diópsido y escapolita se interpretan como diagnósticos de facies de anfibolitas. En igual sentido se consideran las deformaciones dúctiles en los feldespatos de los ortoderivados graníticos y la presencia de hornblenda en las escasas ortoanfibolitas. Por lo tanto si bien están presentes sectores de la parte alta de la facies de esquistos verdes, una parte del área alcanzó condiciones de facies de anfibolitas. Las asociaciones de muy bajo grado están restringidas a delgadas fajas de deformación con abundante sericita.

También en otros sectores de la región suroccidental del Macizo Nordpatagónico con afloramientos asignados a la Formación Cushamen, predominan rocas de grado metamórfico medio. Cerredo (1997) asignó las rocas pelíticas del cañadón La Angostura, ubicadas al oeste de la localidad de Río Chico, a la zona de la clorita y hasta la zona del granate con un clímax metamórfico con anatexis y emplazamiento de cuerpos graníticos tabulares. Al norte de Pilcaniyeu Viejo, Giacosa *et al.* (2001) vincularon el metamorfismo con la deformación asociada a una zona de cizalla dúctil compresiva vergente al NE en facies de anfibolitas (zona de cizalla dúctil Carhué). En las rocas esquistosas que afloran aisladamente en la sierra del Medio, Llambías *et al.* (1984) describieron rocas con cuarzo, biotita, sillimanita, moscovita y cianita como indicativas de la facies de anfibolitas, subfacies sillimanita-almandino-ortosa.

## Agradecimientos

Este estudio es parte del PI 329: "Tectónica y sedimentación en el frente orogénico de la Cordillera Patagónica entre los 42° y 44° S; su relación con la estructura, actividad ígneo-metamórfica y con las cuencas pre-terciarias de la Precordillera Patagónica, Chubut, Argentina", financiado por la Universidad Nacional de la Patagonia.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Cagnoni, M., Linares, E., Haller, M. y Ostera, H., 1997. Caracterización geoquímica de la Formación Cushamen (Volkheimer, 1964) en el área de Río Chico, provincia de Río Negro, Argentina. Proveniencia y marco tectónico. 8° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 1229-1235, Antofagasta.
- Cerrodo, M., 1997. The metamorphism of Cushamen Formation, Río Chico area. North Patagonian Massif, Argentina. 8° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 1236-1240, Antofagasta.
- Cerrodo, M. y López de Luchi, M., 1999. Metavolcanics within the metamorphic series of Cushamen. North Patagonian Massif. 14° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 137-139, Salta.
- Cerrodo, M., López de Luchi, M., Ostera, H., Cagnoni, M. y Linares, E., 2000. Amphibolic tonalites in the south western of the North Patagonian Massif. Geochemistry, age and tectonic setting. 9° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 712-715, Puerto Varas.
- Dalla Salda, L., Cingolani, C. y Varela, R., 1990. El basamento de la región occidental del Macizo Nordpatagónico, Argentina. 11° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 11-14, San Juan.
- Dalla Salda, L., Varela, R., Cingolani, C. y Aragón, E., 1994. The Río Chico Paleozoic Crystalline Complex and the evolution of Northern Patagonia. *Journal of South American Earth Sciences*, 7 (3): 1-10.
- Duhart, P., Haller, M. y Hervé, F., 2002. Diamictitas como parte del protolito de las metamorfitas de la Formación Cushamen en río Chico, provincias de Río Negro y Chubut, Argentina. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 97-100, Argentina.
- Franzese, J., Díaz, G. y Dalla Salda, L., 1992. Las estructuras de las Metamorfitas Cushamen, Provincia de Chubut. VI Reunión Microtectónica. Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Monografías, 8: 27-30.
- Giacosa, R., Heredia, N., Césari, O. y Zubia, M., 2001. Hoja 4172-IV, San Carlos de Bariloche (provincias de Río Negro y Neuquén). Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 279: 67 pp., Buenos Aires.
- Llambías, E., Llano, J., Rossa, N., Castro, C. y Puigdomenech, H., 1984. Petrografía de la Formación Mamil Choique en la sierra del Medio - departamento Cushamen- provincia de Chubut. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 554-567, Argentina.
- Linares, E., Haller, M., Ostera, H., Cagnoni, M. y Galante, G., 1997. Radiometric ages of the crystalline basement of the Río Chico region, Norquince department, Río Negro Province, Argentina. South American Symposium on Isotope Geology: 170-175, Brazil.
- López de Luchi, M., 1994. Geología de las unidades plutónicas del Macizo Nordpatagónico en la zona de Río Chico-Mamil Choique, provincia de Río Negro, República Argentina. 7° Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 91-95.
- López de Luchi, M. y Cerredo, M. E., 1996. Metamorphism, deformation and related magmatism in Río Chico area. North Patagonian Massif. 13° Congreso Geológico Argentino, Actas 5: 533, Buenos Aires.
- López de Luchi, M., Ostera, H., Cerredo, M., Cagnoni, M., y Linares, E., 2000. Permian magmatism in Sierra de Mamil Choique, North Patagonian Massif, Argentina. 9° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 750-754, Puerto Varas.
- López de Luchi, M., Ostera, H., Cagnoni, M., Cerredo, M. y Linares, E., 2002. Geodynamic setting for the western border of the North Patagonian Massif: Cushamen Formation at Río Chico, Río Negro. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 201-206, Buenos Aires.
- Márquez, M., Giacosa, R., Nillni, A., Paredes, J., Fernández, M., Parisi, C., Sciutto, J., Garrido, C. y Afonso, J., 2002. Aspectos litológicos y estructurales del bloque tectónico Cushamen (Chubut). 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 201-206, Buenos Aires.
- Ostera, H., Linares, E., Haller, M., Cagnoni, M. y López de Luchi, M., 2001. A widespread Devonian metamorphic episode in northern Patagonia, Argentina. In Tomlinson, A. (ed) Edición Especial 3° South American Symposium on Isotope Geology, Abbreviated Abstracts Volume, Revista Comunicaciones, 52:160.
- Proserpio, C., 1978. Descripción Geológica de la Hoja 42 d, Gastre, provincia de Chubut. Servicio Geológico Nacional, Boletín 159: 75 pp., Buenos Aires.
- Ravazzoli, I. y Sesana, F., 1977. Descripción Geológica de la Hoja 41 c, Río Chico, provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional, Boletín 148: 77 pp., Buenos Aires.
- Roedder, E. y Bodnar, R., 1980. Geologic pressure determinations from fluid inclusion studies. *Annual Reviews Earth Planetary Sciences*, 8: 263-301.
- Varela, R., Basei, M., Brito Neves, B., Sato, A., Teixeira, W., Cingolani, C. y Siga Jr., O., 1999. Isotopic study of igneous and metamorphic rocks of Comallo-Paso Flores, Río Negro, Argentina. II South American Symposium on Isotope Geology, Actas: 148-151.
- Volkheimer, W., 1964. Estratigrafía de la zona extrandina del Departamento Cushamen (Chubut) entre los paralelos 42° y 42° 30' y los meridianos 70° y 71°. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 19 (2): 85-107.
- Volkheimer, W. y Lage, J., 1981. Descripción Geológica de la Hoja 42 c, Cerro Mirador, provincia del Chubut. Servicio Geológico Nacional, Boletín 181: 71 pp., Buenos Aires.

**Recibido:** 25 de abril, 2003

**Aceptado:** 10 de octubre, 2004