



## EL BASAMENTO ÍGNEO Y METAMÓRFICO

Carlos A. Cingolani<sup>1</sup>, Juan C. M. Zanettini<sup>2</sup> y Héctor A. Leanza<sup>3</sup>

1. CIG (UNLP-CONICET) y División Científica de Geología Museo de La Plata, ccingola@cig.museo.unlp.edu.ar 2. SEGEMAR-Mendoza. jcmzanettini@hotmail.com 3. SEGEMAR - Buenos Aires, CONICET, hleanza@yahoo.com.ar

### RESUMEN

Las exposiciones más septentrionales del basamento ígneo metamórfico de la provincia del Neuquén se desarrollan en la comarca de Varvarco, pero los afloramientos mayores se reconocen entre la latitud del paso de Pino Hachado y el límite con la provincia de Río Negro. El 'basamento' ha recibido diversas denominaciones como Fm. Colohuincul, Fm. (Ectinita) Piedra Santa y Ectinita Guaraco Norte, para las rocas metamórficas y Fm. Mamil Choique y el Granito Yuncón para las rocas ígneas intrusivas. La Fm. Colohuincul reúne a las metamorfitas expuestas en afloramientos dispersos en la Cordillera Neuquina. De acuerdo a las evidencias isotópicas modernas las edades se agrupan en su mayoría dentro del Devónico. La Fm. Mamil Choique que se desarrolla en el sudeste del territorio provincial (comarca de Piedra del Águila) se interpreta como un complejo plutónico-metamórfico del Neopaleozoico (ca. 300 Ma). Por su parte, el Granito Yuncón es un cuerpo de dimensiones batolíticas aflorante en la misma zona que fuera reconocido en los mapeos regionales como parte del Basamento Cristalino. Su posible edad varía entre el Neopaleozoico y Triásico. La Ectinita Guaraco Norte está compuesta por pizarras y esquistos que se exponen en la región de Varvarco y sería correlacionable con otra unidad considerada dentro del «basamento» del Neuquén conocida como Ectinita Piedra Santa. Esta última se desarrolla en la comarca delimitada por los parajes de Pino Hachado, Sainuco y Primeros Pinos y su principal afloramiento está en el cordón de la Piedra Santa, donde se encuentra su localidad tipo. El aporte de nuevos datos petrológicos y geocronológicos con metodologías de alta resolución, ha permitido por un lado descartar la presencia del Neoproterozoico dentro del basamento del Neuquén y ajustar su evolución tecto-magmática principal dentro del Devónico y destacar la superposición de actividad magmática durante el Neopaleozoico y Triásico. Los mapeos regionales más recientes han permitido ampliar los conocimientos con nuevos afloramientos y mejorar las interpretaciones evolutivas y posibles correlaciones con áreas vecinas. El basamento neuquino se destaca por registrar una historia geológica clave vinculada a la posibilidad de acreción de terrenos como Chilenia y Patagonia, en el margen convergente de Gondwana durante el Meso y Neopaleozoico respectivamente.

**Palabras clave:** Basamento, rocas metamórficas, complejos plutónicos, evolución paleozoica.

### ABSTRACT

*The igneous-metamorphic basement.* - The most northern outcrops of the igneous-metamorphic basement of the Neuquén province are located in the Varvarco area, but widespread outcrops occur between the latitudes of Pino Hachado and at the boundary with the Río Negro Province. This basement has received several nominations like Colohuincul Fm. and Piedra Santa and Guaraco Norte Ectinites, for the metamorphic rocks. The intrusive igneous rocks are included within the Mamil Choique Fm and the Yuncón Granite. The Colohuincul Fm comprises the isolated metamorphic rocks exposed in the Cordillera of Neuquén. In the type locality, three main lithologies are described: schist, phyllite and quartzite rocks, and they are also intruded by magmatic arc granitoids. The isotopic data shows that the ages are grouped mostly within the Devonian. The Mamil Choique Fm is exposed in the southwestern border of the Province, in the Piedra del Águila area and it is interpreted as an igneous-metamorphic complex of Neopaleozoic age (c. 300 Ma). On the other hand, the Yuncón Granite is a pluton cropping out in the same area and was recognized in regional maps as part of the crystalline basement. Its crystallization age was assigned tentatively to the Neopaleozoic and cooling-age during the Triassic. The Guaraco Norte Ectinite is composed by slates and schists exposed in the Varvarco area. This unit can be correlated with the Piedra Santa Ectinite that is exposed in the localities of Pino Hachado, Sainuco and Primeros Pinos and the main outcrops are restricted within the type locality of the Piedra Santa Range. New petrologic and geochronologic data provided by high resolution methodologies and published during recent years, allowed us to discard the presence of Neoproterozoic rocks within the Neuquén Basement and adjust its evolution to the main tecto-magmatic event that took place during the Devonian, with latter magmatic activity during the Neopaleozoic and the Triassic. The last regional mapping projects have provided new insights on the geological evolution and were discovered new outcrops that enhanced the regional correlations with neighboring areas. It is underlined that the Neuquén Basement has a key role in the interpretation of accreted terranes (Chilenia and Patagonia) in the convergent margin of Gondwana during the Meso and Neo-Paleozoic times.

**Key words:** Basement, metamorphic rocks, plutonic complexes, Paleozoic evolution

### INTRODUCCIÓN

Los afloramientos más antiguos referidos en forma amplia al 'basamento' de la provincia del Neuquén están constituidos por un conjunto de rocas ígneas y metamórficas que afloran fundamentalmente en la región sur del territorio, con reducidos asomos en la parte norte (Fig. 1). Las manifestaciones más septentrionales se encuentran en las inmediaciones de la laguna Varvarco Campos y co-

marca de Varvarco, pero las exposiciones mayores se reconocen entre la latitud del paso de Pino Hachado y el límite con la provincia de Río Negro. El primer reconocimiento de estas rocas se debe a Bodenbender (1892) quien las describió en el curso medio del río Catán Lil. Posteriormente Groeber (1918) se refirió a ellas como el «subsuelo antiguo» compuesto por granitos, micaesquistos, esquistos cristalinos nodulosos, que consideró como posible prolongación de la Cordillera de la Costa chilena. El 'basa-

mento' ha recibido diversas denominaciones como Fm. Colohuincul (y su correlación al Este de la provincia de Neuquén con la Fm. Cushamen), Formación (o Ectinita) Piedra Santa y Ectinita Guaraco Norte, para las rocas metasedimentarias-metaígneas y Fm. Mamil Choique (y correlaciones) para las rocas ígneas intrusivas. Si bien se dispone de importantes datos isotópicos de algunos de los afloramientos mencionados, todavía resultan insuficientes para una mejor caracterización de la evolución crustal de éste segmento andino. Inclusive para algunos de los afloramientos hay ausencia de detalles petrológicos y datos geocronológicos. En diversos trabajos (Digregorio 1972; Linares & Turner, 1976; González Díaz & Nullo, 1980; Dalla Salda *et al.* 1990, 1999; Giacosa & Heredia, 2004; Ramos 1999, 2008; Varela *et al.* 2005; Ramos *et al.* 2011) se ha discutido la interpretación de la evolución tectónica del basamento del ámbito neuquino como parte occidental del Macizo Norpatagónico. Se ha analizado su pertenencia a los ciclos orogénicos reconocidos para el oeste argentino, su vinculación con el desarrollo del margen proto-Andino durante el Paleozoico y los efectos de la acreción de terrenos alóctonos como Chilena y Patagonia. Cabe consignar que la datación de los diferentes eventos ocurridos y su posible correlación entre los tipos litológicos expuestos en forma aislada, es todavía motivo de estudio. En primera instancia se puede expresar que se presenta un cinturón de mayor grado metamórfico (Fm. Colohuincul) hacia el Oeste con procesos ígneos superpuestos y otro de grado metamórfico menor en facies de esquistos verdes (Ectinitas Piedra Santa) en sectores más orientales. Se ofrece seguidamente una descripción de la información disponible de las unidades que componen el 'basamento' del Neuquén:

## LAS UNIDADES LITOESTRAGRÁFICAS

### Formación Colohuincul (Turner 1965a)

Esta unidad, nominada por Turner (1965a), reúne a las metamorfitas expuestas en afloramientos dispersos en la Cordillera Neuquina, al oeste de los ríos Aluminé-Collón Curá. En la literatura geológica se registran escasas referencias detalladas de la entidad debido a las dificultades generales de acceso a las localidades donde se manifiesta, excepto en la bajada de Rahue y en las proximidades de Aluminé, donde son conocidas desde los trabajos de Groeber (1929, 1946). Dessanti (1972) ubicó en el Paleozoico pre-Carbonífero a los esquistos, filitas, cuarcitas, gneises, anfibolitas que afloran entre los lagos Curruhué y Nahuel Huapí. Por su parte, Vattuone (1988) ha estudiado con detalle petrológico los afloramientos de la región de Aluminé delimitando series metamórficas.

Sus afloramientos se localizan entre el extremo oriental del Brazo Huemul del lago Nahuel Huapi, lago Ñorquincó y en la bajada de Rahue. Este último, que fuera considerado por Franzese (1993a, 1995) como parte de la Formación o Complejo Piedra Santa, se incluye dentro de la Fm. Colohuincul, respetando así la asignación original realizada por Turner (1965a).

**Litología:** La Fm. Colohuincul, en la sección tipo, está constituida por tres tipos litológicos principales: esquis-

tos, filitas y cuarcitas. Los esquistos son de grano fino a mediano, color gris verdoso, tornándose amarillentos o gris amarillentos por meteorización, y ligeramente foliados. Se disponen en capas de cinco a 10 cm de espesor, de composición biotítica y cuarzo-feldespática. Los minerales presentes son sericita, clorita, cuarzo, óxidos de hierro y, como accesorios, rutilo y turmalina. Pueden llegar a registrar algo de inyección como se aprecia, por ejemplo, en la ladera sur del cerro Colohuincul o bien la inyección magmática es de tipo venoso difuso, como en la margen sur del lago Curruhué, al oeste del arroyo de los Pinos (Turner 1965a; 1973) y cerca del contacto con granitos del 'Complejo Plutónico Huechulafquen' (Figs. 2 A y B). En los afloramientos que se encuentran poco al norte del extremo noroeste del lago Ñorquincó ocurren cuarcitas y esquistos, desarrollándose en los últimos una transposición incipiente de la esquistosidad de rumbo N 35° E e inclinación de 80° a 85° al oeste. En las filitas se observan variedades cuarzosas y micacíticas. Las primeras son macizas, compactas, de grano fino a muy fino, color gris oscuro a gris verdoso oscuro, presentando una esquistosidad de superficies ásperas, en las que se observan nódulos de cordierita y granate alterado. Los minerales esenciales son cuarzo y muscovita. Las segundas presentan coloración gris verdosa y tonos ocres por meteorización. En las superficies de foliación pueden presentar brillo sedoso, debido a la mica, y algunos nódulos cloríticos o micáceos de dos a cinco milímetros de largo.

Las cuarcitas son de color gris verdoso, macizas y compactas, de fractura subconcoidea. Al microscopio revelan un débil metamorfismo, observándose que los granos de cuarzo subangulosos, pueden estar tapizados por material sericítico-clorítico.

Las rocas que afloran en la cuesta de Rahue se encuentran plegadas, considerando a la esquistosidad mimética de la estratificación, el rumbo de la cual varía de N 20° O, con inclinación de 35° S, a N 40° O, inclinación 60° al norte, en corta distancia. En este sitio las metamorfitas tienen color gris rojizo intenso por oxidación y en ellas se presentan aplitas, de potencias variables entre cinco y 10 m y aún menos.

Vattuone (1988, 1990) determinó varias zonas de metamorfismo regional agrupando a las rocas involucradas en dos series: la de Rahue-Ñorquincó-Rucachoroi y la de Quillén, de las cuales la primera es la de mayor importancia y extensión, describiendo esquistos cuarzo-biotíticos y cuarzo-muscovíticos, metabasitas y metapelitas. En la primera serie reconoció seis zonas de metamorfismo y cuatro facies, y en la segunda dos zonas y dos facies. Dicha autora proporcionó, además, las asociaciones mineralógicas de ambas series, lo que le permitió determinar rangos de temperatura y presión. Algunos afloramientos pueden ser considerados como *roof pendant* en las rocas graníticas, en especial los de menor tamaño, como por ejemplo los que se presentan dispersos entre el cerro Batea Mahuida, por el norte, y el lago Quillén, por el sur. Un reducido afloramiento de paragneises protomiloníticos en la zona del Brazo Huemul del lago Nahuel Huapi, conformando una zona de cizalla, fueron descriptos y homologados con la Fm. Colohuincul por Gargiulo (2006a, 2006b). Cabe destacar que hacia el Sur de Bariloche (Provincia de Río Negro) se han descripto diversos asomos de basamento cristalino deformado (lagos Gutiérrez y Guillermo) con edades de c.

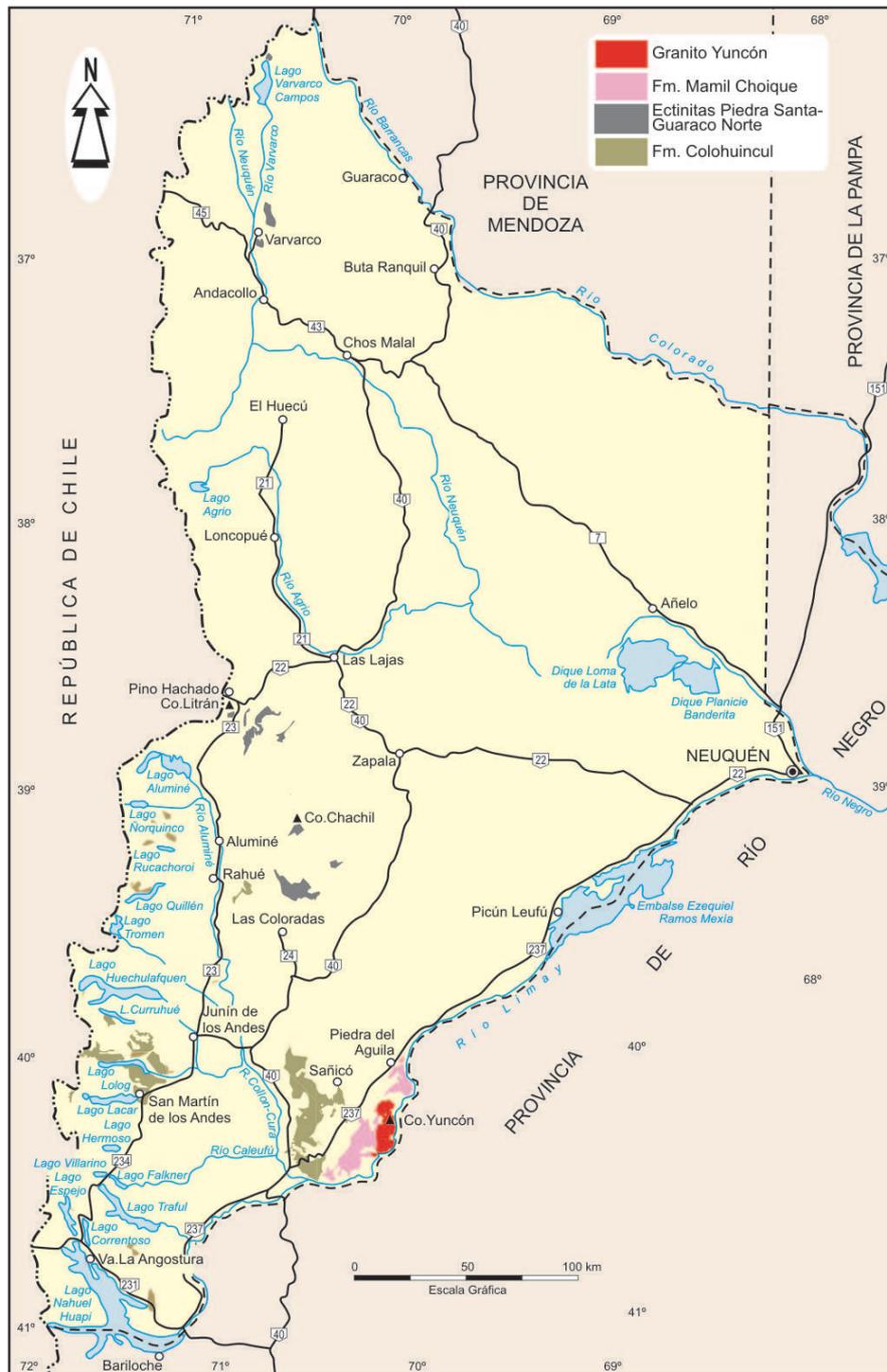


Figura 1: Mapa de ubicación regional de las unidades descriptas como parte del basamento ígneo-metamórfico del Neuquén.

345 Ma y compleja historia metamórfica (Basei *et al.* 1999; Varela *et al.* 2005; García-Sanseguno *et al.* 2009).

**Relaciones estratigráficas:** La entidad es intruida por los granitoides del Complejo Plutónico Huechulafquen y por la Granodiorita Paso de Icalma. Las Fms. Choyoi (y equivalentes), Los Molles, Auca Pan y Aseret la cubren en discordancia angular.

**Edad y correlaciones:** La edad de la Fm. Colohuincul fue estimada, con dudas, como del Precámbrico-Paleozoico

inferior por Groeber (1929), Feruglio (1949), Galli (1954), Banhero (1957) Coco (1957), Turner (1965a; 1965b; 1973; 1976) y González Díaz (1982). Los primeros resultados de dataciones isotópicas de estas rocas metasedimentarias y metaígneas se obtuvieron por los métodos K-Ar y Rb-Sr (Toubes & Spikermann, 1973; Linares *et al.* 1988). Las dataciones realizadas con el método Rb-Sr (isocrona roca total) en muestras de esta unidad, obtenidas en la costa sur del extremo occidental del lago Curruhue, arrojaron una edad de 714±10 Ma (Párica 1986). Más al sur, rocas gneísicas de la misma unidad aflorantes en la proximidad de San



Figura 2: Aspectos de basamento ígneo-metamórfico de la provincia del Neuquén. A) Detalle de una metamorfita de la Fm. Colohuincul, mostrando un bandeado de 2 a 3 cm de espesor de filetes de cuarzo, en una base pizarreña. Ladera sur del cerro Colohuincul (S 39° 58' - O 71° 16'), cerca del contacto con el Complejo Plutónico Huechulafquen. B) La Fm. Colohuincul en la Cuesta de Rahue. Ectinitas con una estructura planar de rumbo N 40° O e inclinación de 60° al NE que es cortada por una aplita de contactos irregulares. C) La Ectinita Piedra Santa en su localidad tipo (S 39° 21' - O 70° 39') sobre el río Catán Lil. D) Aspecto de la Ectinita Guaraco Norte, en su localidad tipo, el arroyo Guaraco Norte, inmediatamente al sur de la localidad de Varvarco.

Martín de los Andes, registraron por el mismo método una edad de  $860 \pm 23$  Ma (Dalla Salda *et al.* 1991) por lo cual los autores las refirieron al Neoproterozoico.

La Fm. Colohuincul se correlaciona con la Fm. Cushamen (Volkheimer 1964; Cagnoni *et al.* 1997; Márquez *et al.* 2002), aflorante en las provincias de Río Negro y Chubut, la que ostenta algunas dataciones radimétricas de  $626 \pm 42$  Ma y  $620 \pm 15$  Ma (Linares & González, 1988). Por lo tanto, se asignaron originalmente a estas formaciones al ciclo Brasileño. Por otro lado, obtuvieron una edad K-Ar de 254 Ma en muscovita de micaesquistos aflorantes al sur del río Limay y otra de 322 Ma en biotita de un esquistos del afloramiento sobre la ruta 237, al norte del mencionado río.

Los nuevos datos basados esencialmente en metodologías isotópicas U-Pb aportados por Basei *et al.* (2005), Varela *et al.* (2005) y Pankhurst *et al.* (2006) en rocas del basamento ígneo-metamórfico de los Andes Norpatagónicos constituidas por las metasedimentitas (en parte migmáticas) de la unidad Colohuincul y los granitoides asociados como la denominada Tonalita San Martín de los Andes y las rocas graníticas foliadas del río Collón Curá, se agrupan dentro del Devónico no habiendo comprobado

entonces datos previos neoproterozoicos (Fig. 4). Las edades obtenidas en tonalitas y granodioritas son próximas a 400 Ma, confirmadas por nuevos datos de Godoy *et al.* (2008) con 393 Ma por U-Pb SHRIMP en circones. Por otra parte alrededor 385 Ma ha sido la edad de circones de venas deformadas de leucogranitos alojadas en esquistos. El pico metamórfico en estas rocas es próximo a 360 Ma (titanitas de una metadiorita de Sañicó) y edades K-Ar en biotita de 370 a 310 Ma. Lucassen *et al.* (2004) han obtenido también edades de 382 Ma en titanitas de metasedimentitas calcosilicáticas próximas al río Collón Curá. Granitoides con características de arco magmático y metamorfismo asociado, han sido datados por U-Pb SHRIMP con muestras tomadas en las inmediaciones de los lagos Lolog y Lacar, con edades dentro del Devónico ( $395 \pm 4$  Ma y  $401 \pm 4$  Ma) según Pankhurst *et al.* (2006) que llevan a considerar a este magmatismo dentro del ciclo fini-famatiniano. En la región de Aluminé los plutones del ciclo Gondwánico intruyen a las metamorfitas de la Fm. Colohuincul (Varela *et al.* 1994).

Edades modelo Sm-Nd  $T_{dm}$  en rocas del basamento de protolito ígneo de las regiones de San Martín de los

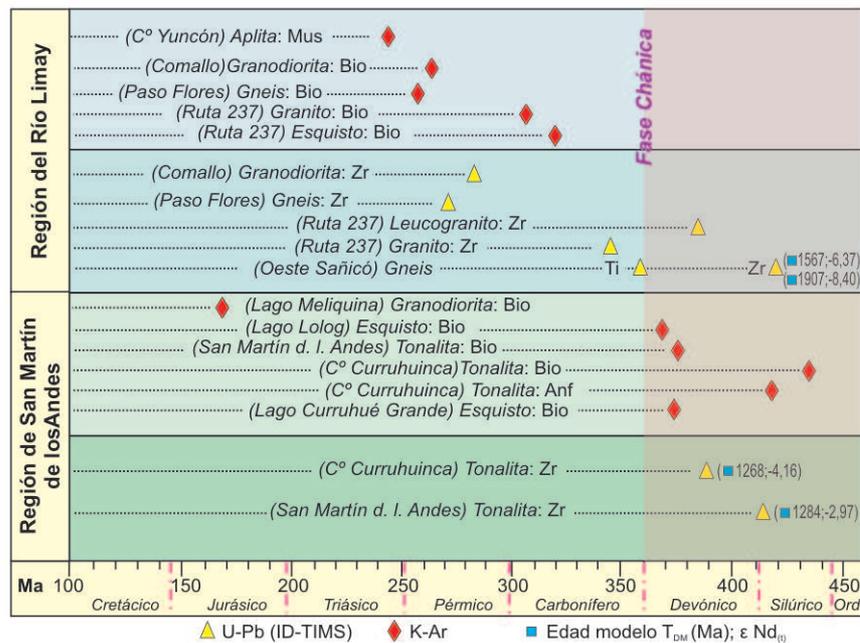


Figura 3: Gráfico de síntesis de los resultados isotópicos U-Pb, K-Ar y Sm-Nd obtenidos por Varela *et al.* (2005) en rocas ubicadas en las regiones de San Martín de los Andes y río Limay de la Provincia de Neuquén. Minerales datados son Mus: muscovita; Bio: biotita; Zr: circón; Ti: titanita y Anf: anfíbol. Asimismo para su comparación se han agregado datos correspondientes a regiones colindantes como Comallo y Paso Flores (Provincia de Río Negro). La transición entre el Devónico y Carbonífero corresponde a la fase Chánica. La ubicación precisa de las muestras datadas puede obtenerse en el trabajo de los autores mencionados.

Andes y del Limay, se ubican en el rango entre 1.3 y 1.9 Ga con  $\epsilon Nd(t)$  entre -2.97 y -8.4 (Varela *et al.* 2005), vinculando el evento tectono-magmático con los movimientos de la Fase Chánica. Estos fueron importantes en la Precordillera de San Juan y Mendoza y sugieren la existencia de remanentes de rocas metamórficas y magmáticas de un «cinturón orogénico chánico», que se extiende desde el Sur de Mendoza y Neuquén hasta Chubut y que se habría estabilizado tectónicamente hacia fines del Devónico en la transición entre el ciclo Famatiniano superior al Gondwánico inferior. Los granitoides mencionados tienen características petrológicas de arco magmático desarrollado durante el Devónico (c.  $390 \pm 30$  Ma) al que se le sobreimpone otro que tuvo su climax en el Pérmico inferior (c.  $280 \pm 10$  Ma) (Fig. 4).

En forma reciente Ramos *et al.* (2010) han obtenido edades U-Pb SHRIMP en circones detríticos de las rocas expuestas en la cuesta de Rahue. Un extenso rango de edades fueron registradas (Fig. 3) con picos principales entre 950 y 1200 Ma, con secundarios en alrededor de 1490 Ma. Dos granos dieron edades ordovícicas y el circón más joven registró un valor de 364 Ma, dando así la edad máxima de sedimentación para la Fm. Colohuincul aflorante en esta localidad dentro del Devónico. El pico dominante mencionado indica una fuente detrítica de edad mesoproterozoica ('grenvilliana'). Las probables regiones fuentes de los sedimentos pueden encontrarse en el basamento de Cuyania o en sectores patagónicos y de Malvinas.

### Formación Mamil Choique (Sesana 1968)

Esta unidad, que actualmente es interpretada como complejo plutónico-metamórfico y cuya localidad tipo se encuentra en las inmediaciones de la estación ferroviaria de Mamil Choique ( $70^{\circ} 08' O - 41^{\circ} 50' S$ ) en la región sudoc-

cidental de la provincia de Río Negro, fue reconocida y nominada por Sesana (1968). Galli (1969b) para la zona de Piedra del Águila, la consideró como parte del 'Basamento Cristalino', en el cual reunió rocas magmáticas y metamórficas con y sin aporte ígneo. Aflora en el sudeste del territorio provincial, hacia el sur y sudoeste de Piedra del Águila, ocupando una amplia extensión (Fig. 1).

**Litología:** Esta unidad reúne rocas de distinta naturaleza que forman parte del basamento cristalino, sobre las que Nullo (1979) estableció una variedad de facies: migmatítica, tonalítico-granodiorítica, anfibolítica y granítica, mientras que Cucchi *et al.* (1998) distinguen tres facies: granítica, porfiroide y deformada, entre las que se reconocen pasajes transicionales.

La facies granítica, de color gris claro a gris rosado, presenta fábricas alotriomórficas con señales de deformación. Está compuesta por proporciones variables de cuarzo, microclino, pertita, oligoclasa, biotita y muscovita, con granate, apatita, circón y rutilo como accesorios. En las partes centrales presenta granitos expuestos límpidamente, mientras que en los bordes existe abundante presencia de biotita y restos de esquistos cuarzo-micáceos con tendencia a la suborientación. La facies porfiroide, o migmatítica, es de composición variable entre granitos y tonalitas, de colores gris oscuro a pardo rosado, con paleosomas de esquistos cuarzo-micáceos. La parte granítica contiene abundantes porfiroblastos de feldespato potásico de hasta dos centímetros de largo. Con esta facies se asocian anfibolitas dispuestas en fajas delgadas y elongadas. La facies deformada muestra mayor desarrollo de la esquistosidad o foliación, con un estiramiento milonítico de los granos de cuarzo, alineación de las micas y deformación interna plástica. En varios sectores se reconocen aplitas y pegmatitas que se pueden considerar como la etapa póstuma del ciclo.

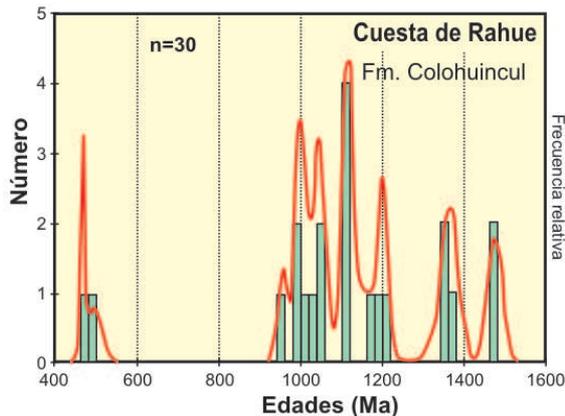


Figura 4: Gráfico de frecuencia de edades U-Pb SHRIMP de circones detríticos de una muestra de la Fm. Colohuincul tomada en la sección superior de la Cuesta de Rahue, según Ramos *et al.* 2010.

**Relaciones estratigráficas:** No se conocen las relaciones de base de la Fm. Mamil Choique. Es intruida por granitos y rocas hipabisales del ciclo Gondwánico, siendo cubierta en discordancia por diversos tipos litológicos que van desde volcanitas mesozoicas hasta sedimentos recientes.

**Edad y correlaciones:** La Fm. Mamil Choique fue asignada a distintas edades por los autores que se han dedicado a su estudio, las que han variado entre el Precámbrico superior y el Carbonífero. Así Wichmann (1934) la ubicó en el Paleozoico, en tanto que Feruglio (1949) y Galli (1969b) la consideraron de edad precámbrica. Sesana (1968) y Ravazzoli & Sesana (1977) estimaron para la misma una edad precámbrica a paleozoica inferior. Proserpio (1978) consideró una edad carbonífera, mientras que Coira (1979) la asigna al Carbonífero-Pérmico. Nullo (1978) adjudicó la Fm. Mamil Choique al Post-Eodévónico-Carbonífero, pero posteriormente el mismo autor (Nullo, 1979) la ubicó dentro de un amplio rango comprendido entre el Precámbrico y el Carbonífero. Caminos & Llambías (1984) concluyeron que es muy probable que el basamento cristalino del Oeste del Macizo Nordpatagónico (Fms. Cushamen y Mamil Choique) haya evolucionado a través de distintas edades comprendidas entre el Precámbrico superior y el Paleozoico inferior (quizás hasta la base del Devónico). Esta interpretación coincide con dataciones radiométricas proporcionadas posteriormente por Linares & González (1990), Pankhurst *et al.* (1992), Cerredo & López de Luchi (1998) y Varela *et al.* (1991; 2005). Según López de Luchi & Cerredo (2007) el emplazamiento de la mayor parte de los cuerpos ígneos de Mamil Choique en la zona tipo se habría producido poco después del climax del metamorfismo regional de las rocas encajantes (Fm. Cushamen) es decir durante el Paleozoico superior. Otros autores (Dalla Salda *et al.* 1994) consideraron que la Fm. Cushamen y el complejo Mamil Choique constituyen una única unidad que evolucionara durante un evento metamórfico sincolisional ordovícico. Por otro lado López de Luchi *et al.* (1999; 2003) y Osters *et al.* (2001), propusieron una edad devónica para el metamorfismo de la Fm. Cushamen, probablemente asociado con un episodio colisional acrecional y subsecuente emplazamiento ígneo durante el Carbonífero. Por su parte Pankhurst *et al.* (2006) postularon que una parte importan-

te del magmatismo se ha emplazado después de la colisión del Macizo Norpatagónico con el para-autóctono Macizo del Deseado en el Neopaleozoico. Asimismo López de Luchi *et al.* (2006) sugirieron que a lo largo del borde oeste del Macizo Norpatagónico, el metamorfismo del Devónico fue seguido por un magmatismo Neopaleozoico (c. 300 Ma) vinculado al evento D3 de Mamil Choique. Edades U-Pb convencionales en circones de  $302 \pm 39$  Ma para un leucogranito deformado de la Fm. Cushamen y  $286 \pm 13$  Ma y  $272 \pm 2.2$  Ma, sugieren un evento activo de alrededor de 272 Ma. Resultados Sm-Nd presentados por López de Luchi *et al.* (2006) dieron valores de  $\epsilon_{Nd}(300)$  de -3.76 y edad modelo  $T_{DM}$  de 1.33 Ga. En las cercanías del cerro Chachil y cordillera de Catán Lil afloran tonalitas y granodioritas calcoalcalinas no deformadas, con contactos netos no asociados a migmatitas (Leanza 1992) que se vincularían con el ambiente batolítico patagónico (Ramos *et al.* 2011). En parte estas rocas están intruidas por los pórfidos del yacimiento La Voluntad cuya edad Re-Os es de  $313 \pm 1.6$  Ma de acuerdo a Garrido *et al.* (2008).

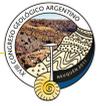
### Granito Yuncón (Cucchi *et al.* 1998)

Este cuerpo granítico de dimensiones batolíticas, fue reconocido por Galli (1969b) como parte del Basamento Cristalino. Aflora en el sudeste de la provincia cercana al río Limay, desde el zanjón Rincón Chico, por el norte, hasta poco más al sudoeste del cerro de la Menta, por el sur, alcanzando más de 20 km de largo por 8 km de ancho.

**Litología:** Es un granito de grano grueso, de color gris rosado. De acuerdo con Galli (1969b) intervienen, además, granodioritas de color gris claro, compuestas por plagioclasa ácida, cuarzo, feldespato potásico, biotita y muscovita con piroxenos y epidoto como accesorios, y adamellitas en baja proporción. Estas rocas se hallan afectadas por una marcada esquistosidad, que sugiere su intrusión pre o sintectónica, y son atravesadas por pegmatitas, aplitas y cuarzo que serían las manifestaciones magmáticas póstumas (Galli 1969b). Las pegmatitas son las más destacables por su desarrollo y abundancia; se presentan de colores rosados y grises, compuestas por feldespato potásico o microclino, cuarzo, moscovita y, en ocasiones con turmalinas negras de 10 a 15 cm de largo. Las aplitas son de color rosado, en tanto que el cuarzo, blanco lechoso, se manifiesta en vetas de escasa potencia. Septas o inclusiones de rocas de la Fm. Mamil Choique están localmente presentes.

**Relaciones estratigráficas:** El Granito Yuncón intruye a la Fm. Mamil Choique y es cubierto por basaltos de la Fm. Cerro Petiso, sedimentitas de la Fm. Collón Curá y depósitos de la llanura aluvial del río Limay.

**Edad y correlaciones:** Galli (1969b) estimó para la entidad una edad precámbrica. Por su parte Linares *et al.* (1988), sobre muestras del cerro Yuncón y otras localidades, registraron una isócrona de referencia con un valor de  $390 \pm 15$  Ma que otorga a la unidad una edad devónica inferior a media. Varela *et al.* (2005) obtuvieron una edad c. 240 Ma por el método K-Ar en muscovita (Fig. 3), que llevó a considerar una edad de enfriamiento para éste plutón correspondiente al Triásico. Nuevos estudios isotópicos por el



método U-Pb en circones ayudará a ubicar con mejor precisión la importante actividad magmática del cerro Yuncón.

### Ectinita Guaraco Norte (Zappettini *et al.* 1987)

Filitas correspondientes a esta entidad, aflorantes en el extremo norte de la laguna Varvarco Campos, fueron mencionadas por Groeber (1947). Zappettini *et al.* (1987) publicaron sus observaciones sobre las pizarras y esquistos presentes en el arroyo Guaraco Norte, inmediatamente al sur de la localidad de Varvarco, dando nombre a la unidad (Fig. 2D). Las exposiciones situadas en cercanías de ésta población y al norte y este de ella, fueron también halladas durante las tareas de prospección minera realizadas por Zanettini & Deza (1990) y mapeadas por Zanettini (2001). La unidad aflora en la costa norte de la laguna Varvarco Campos y en los alrededores del poblado de Varvarco.

**Relaciones estratigráficas:** La base no se observa y es cubierta en discordancia angular, superficie de erosión mediante, por la Fm. Cordillera del Viento, el Basalto Coyocho y depósitos glaciales; la intruyen las rocas plutónicas de la Granodiorita Varvarco y del Granito Radales, como también así subvolcanitas de la Andesita Colipilli.

**Litología:** Según Groeber (1947) en la laguna Varvarco Campos la unidad está compuesta por filitas. Al norte de Varvarco, en el arroyo Chacay, se presentan esquistos de color gris oscuro a claro, de estructura granosa fina, en variedades cuarzo-sericítica, cuarzo-biotítica y cuarzo-micácea con intercalaciones, en ocasiones lentiformes, de esquistos cuarzosos gris a gris oscuros y clorítico-cuarzosos gris verdosos. En general están compuestos por cuarzo, biotita, muscovita, sericita y clorita, apareciendo circón y apatita en la variedad micácea y plagioclasa (albita, oligoclasa) y feldspato potásico en la cuarzosa. En la zona de confluencia de los ríos Neuquén y Varvarco, predominan los esquistos cuarzo-biotíticos gris oscuro, con los que se asocian esporádicas intercalaciones de cuarcitas blanquecinas de grano fino. Al sur de Varvarco, las manifestaciones del curso inferior del arroyo Guaraco Norte están integradas por filitas, pizarras y esquistos cuarzosos de color gris oscuro. Las rocas que afloran en el curso medio del mismo arroyo se corresponden con los esquistos que se exponen en el arroyo Chacay. Las filitas y pizarras son de color gris oscuro, casi negro, marcadamente esquistosas, compuestas por cuarzo, muscovita y clorita (Zappettini *et al.* 1987).

En todos los afloramientos, se observa fisilidad de las rocas marcada por la orientación de los minerales componentes, presentándose pirita diseminada y en los planos de esquistosidad.

Localmente, en la zona de contacto con la Granodiorita Varvarco de edad paleocena, los esquistos han sido transformados en *hornfels* registrando minerales tales como andalucita, diópsido y hornblenda y cúmulos ovoidales e irregulares de sericita que les dan aspecto moteado. Por otra parte, son penetrados por venillas pegmatíticas y de cuarzo blanco lechoso. La esquistosidad acusa rumbo variable entre 310° y 340° e inclina 35° NE a vertical.

**Ambiente:** Los protolitos de las rocas que componen la Fm. Guaraco Norte habrían sido pelitas y areniscas, re-

presentantes de un ambiente proximal de sedimentación nerítica, afectadas por metamorfismo regional que alcanza a la facies de esquistos verdes.

**Edad y correlaciones:** Por sus características similares la unidad es comparable con la Ectinita Piedra Santa (Digregorio y Uliana, 1980) aflorante en el cordón de la Piedra Santa, al oeste de Zapala. Atendiendo a semejanzas con entidades epimetamórficas de la Cordillera Frontal y del Bloque de San Rafael, Zappettini *et al.* (1987) le asignaron edad tentativa siluro-devónica inferior, la cual se corrobora con los datos radimétricos ofrecidos por Franzese (1995) que señalan edad devónica superior-carbonífera superior para el metamorfismo regional que afecta a la Ectinita Piedra Santa, sugiriendo edad siluro-devónica media para la sedimentación.

### Ectinita Piedra Santa (Digregorio & Uliana 1980)

Esta unidad está conformada por un conjunto metamórfico de bajo grado, definido por Digregorio & Uliana (1980) como parte del 'Basamento Precarbónico' de la cuenca neuquina bajo la denominación de Ectinitas de la Piedra Santa y, posteriormente, denominada Fm. Piedra Santa por Leanza (1985, 1992). Autores posteriores utilizaron indistintamente las denominaciones Ectinita o Formación.

Las rocas que componen esta unidad fueron citadas por primera vez por Groeber (1918) como «micaesquistos con pegmatitas» en el curso medio del río Catán Lil y, más tarde, el mismo autor la denominó «Zócalo Antiguo» (Groeber 1929). Posteriormente, García Vizcarra (1943) y Lambert (1946, 1948), las refirieron sumariamente como «Basamento Cristalino». Digregorio & Uliana (1980) emplearon la designación de Ectinitas de la Piedra Santa para distinguirlas de las metamorfitas de bajo grado e inyección generalizada que caracterizan a la Fm. Colohuincul, aflorante en las vecinas comarcas de la Cordillera Neuquina. Franzese (1993a, b, 1995) efectuó estudios de detalle de esta entidad, reconociendo en ella cuatro fases de deformación. La localidad tipo de la Ectinita Piedra Santa fue establecida por Leanza (1992) en el cordón homónimo (70°37'O-39°23'S).

**Distribución areal:** De norte a sur, la Ectinita Piedra Santa está localizada en varias manifestaciones relativamente pequeñas en la comarca delimitada por los parajes de Pino Hachado, Sainuco y Primeros Pinos. Su principal afloramiento es en el cordón de la Piedra Santa, donde se encuentra su localidad tipo (Fig. 2C), aflorando además en el cerro Trapial Mahuida., integrante de la sierra de Chacaicó, y en el cerro Currú Charahuilla o Lapa.

**Litología:** La Fm. Piedra Santa está compuesta por ectinitas (metamorfitas de bajo grado no inyectadas), correspondientes a la facies de esquistos verdes que exhiben una tendencia a la disminución del grado metamórfico de oeste a este (Leanza 1992; Franzese 1993a). En la composición litológica de la entidad participan filitas y esquistos, además de, localmente, gneises, anfibolitas y meta-areniscas bandeadas. Las filitas son verde claras a oscuras, relativamente blandas y untuosas, con marcada esquistosidad, en las que dominan clorita y muscovita y, localmente, es posible observar numerosas vetas pegmatíticas y filones

de cuarzo blanco lechoso. Los esquistos son cuarzo-biotíticos, biotítico-muscovíticos y cuarzo-cloríticos, con abundante cuarzo intersticial, los que muestran tonalidades grises y estructura levemente esquistosa. Esos minerales se agrupan formando lentes con escasas venillas de cuarzo de uno a dos milímetros de espesor que, en general, llevan orientación subparalela a la esquistosidad. Galli (1969a) cita también gneises, de color gris oscuro, integrados por cuarzo, feldespato y biotita, con esquistosidad ondulada y venación concordante de cuarzo, anfibolitas con hornblenda, plagioclasa y magnetita, meta-areniscas bandeadas con cuarzo, plagioclasa, sericita, clorita y magnetita y metapelitas de color gris oscuro.

Según Franzese (1993a) filitas y esquistos presentan textura lepidoblástica y lentiblastica en las variedades más cuarzosas. Los minerales clorita, biotita y moscovita determinan dominios que encierran a lentes de cuarzo, albita y epidoto. Las fases accesorias son circón, turmalina y apatita, como también así magnetita y hematita. Existen variedades con porfiroblastos de epidoto, biotita, granate y pseudomorfo de andalucita.

En los contactos con intrusiones ácidas, hay manifestaciones de metamorfismo térmico que han dado origen a *hornfels* de grano fino a mediano, de tonos pardo-grisáceos y gris verdosos, con cuarzo de textura poligonal, biotita, microclino, nódulos muscovíticos en reemplazo de andalucita, escasa apatita y, en algunos casos, con muscovita, clorita y tremolita-actinolita acicular en agregados fibroradiales, escasos agregados de titanita y abundantes óxidos de hierro, observándose una carbonatización masiva de la roca.

En la aureola metamórfica Franzese (1993a), ha distinguido tres zonas: marginal con esquistos de muscovita y biotita, intermedia con esquistos nodulosos y porfiroblásticos de andalucita y cordierita, en la que hay microclino, y la zona interna ligada al contacto con el intrusivo granítico, donde se observa la desaparición de muscovita estable con cuarzo. El grado máximo del metamorfismo de contacto está marcado por la asociación andalucita, microclino, biotita y cuarzo.

Las diferentes asociaciones minerales han sido reunidas en cuatro paragénesis por Franzese (1993b): la *asociación A* registra el equilibrio de clorita, muscovita, albita y cuarzo con las fases epidoto y biotita, en tanto que hematita y calcita están subordinadas y restringidas a cierta subasociaciones. La *asociación B* corresponde a rocas biotíticas con muscovita y clorita, mientras que en la *asociación C* se reconocen granate, biotita y moscovita, con clorita y epidoto como accesorios. Finalmente, la *paragénesis D* incluye los casos con pseudomorfos de muscovita sobre porfiroblastos de andalucita asociados a clorita, biotita y cuarzo. La secuencia de la blastesis, las reacciones metamórficas y el equilibrio de las paragénesis fueron establecidas en función de condiciones variables de presión y temperatura.

**Ambiente:** En cuanto a las rocas del protolito, sobre la base de análisis químicos y considerando la ausencia de efectos de fusión parcial, metasomatismo y la existencia de especies hidratadas como las micas, Franzese (1993a, 1995) sugiere que se trata de una secuencia turbidítica de grauvacas y pelitas alternantes, depositadas en un ambiente proximal de sedimentación nerítica, de aguas poco

profundas y/o en sectores próximos a las áreas de aporte continental, procediendo el material sedimentario original de áreas de aporte dominadas por granitos o riolitas de un arco magmático emergido.

**Relaciones estratigráficas:** Si bien las relaciones de base de la Ectinita Piedra Santa son desconocidas se observa que la misma es penetrada, en las comarcas de las sierras de Chachil y de Chacaicó, por cuerpos graníticos del Complejo Plutónico del Chachil (Leanza 1992), de edad carbonífera superior-pérmica inferior, denominado Granito Mallín de Ibáñez por Franzese (1993a). Está cubierta en discordancia por las volcanitas del Grupo Choiyoi (y equivalentes), de la Fm. Lapa, de los Basaltos Tipilihuque y Huechahué, de la Andesita Palau Mahuida y de la Ignimbrita Carreri, sedimentitas de la Fms. Los Molles y Mitrauquén y depósitos glaciares.

**Edad y correlaciones:** Por sus características similares, las rocas descritas son correlacionables con la Ectinita Guaraco Norte (Zappettini *et al.* 1987), expuesta en las comarcas de Varvarco Campos y Varvarco, en el noroeste de la provincia. Asimismo, se la compara con la Fm. La Horqueta (Dessanti 1956), del Bloque de San Rafael en la provincia de Mendoza, semejante además con los Estratos de Huinucal Ivante (Emparan *et al.* 1992; Emparan & Suárez 1992; Suárez y Emparan 1997), aflorantes en el vecino territorio chileno. La Ectinita Piedra Santa fue asignada tentativamente al Paleozoico medio por Digregorio & Uliana (1980), postulando, en atención al grado comparativamente reducido de metamorfismo que exhibe, un episodio de acumulación posterior al de la Fm. Colohuincul (Turner 1965a). Esta última unidad, expuesta en el ámbito de la Cordillera Neuquina, se diferencia de la Fm. Piedra Santa por mostrar un más alto grado de metamorfismo y una inyección generalizada.

En las proximidades de Aluminé cabe mencionar a las Ectinitas de la Piedra Santa, intruídas por dioritas, granodioritas y granitos de la Fm. Huechulafquen (=Complejo Plutónico del Chachil). Los granitoides tienen edades K-Ar de 281 Ma y Rb-Sr de 285 Ma (Varela *et al.*, 1994)

Los datos radimétricos K-Ar en roca total de esquistos del cordón de la Piedra Santa ofrecidas por Franzese (1995), variables entre  $372 \pm 18$  y  $311 \pm 16$  Ma, señalan edad devónica superior a carbonífera para el metamorfismo regional que afecta a la unidad y sugieren una posible edad silúrica a devónica media para la depositación.

Por otra parte, el metamorfismo de contacto también exhibe una edad de *c.* 299 Ma, la cual se corresponde con la intrusión del Complejo Plutónico del Chachil. La edad K-Ar cercana a 370 Ma, la más antigua obtenida por Franzese (1995) para la Fm. Piedra Santa es considerada por Lucassen *et al.* (2004) como la correspondiente a su deformación o enfriamiento, y refuerza de esta manera el rango de edades de entre 380 y 360 Ma para la posible actuación de la fase Chánica asociada a metamorfismo regional (Fig. 3).

## CONCLUSIONES

El 'basamento ígneo-metamórfico' del Neuquén, distribuido en afloramientos aislados desde Varvarco hasta el lago Nahuel Huapí, está compuesto principalmente por



las unidades Colohuincul, Guaraco Norte - Piedra Santa y Mamil Choique. De acuerdo con las metodologías isotópicas más resistentes a aperturas de los sistemas geocronológicos, los datos más antiguos se corresponden con la transición entre los ciclos fini-Famatiniano (Silúrico-Devónico) y el inicio del Gondwánico del Paleozoico superior y Triásico. Esta etapa de evolución se vincularía esencialmente con la fase Chánica reconocida en otros sectores del Oeste Argentino, mostrando aquí diferentes niveles de deformación, con vinculación a la evolución en un margen convergente. Se sobrepone una actividad tecto-magmática correspondiente al ciclo Gondwánico. La relación de las rocas que componen los diferentes afloramientos (en parte aislados) del basamento del Neuquén, con la evolución del margen proto-Andino durante el Paleozoico ha sido destacada por varios autores. La historia evolutiva contiene el desarrollo de modelos tectónicos con complejos procesos de fusión, reciclaje cortical y colisiones de terrenos alóctonos o para-autóctonos (Chilena, Patagonia). Resulta así un interesante objetivo científico para futuras investigaciones ampliando los mapeos detallados, los estudios petrológicos-isotópicos-tectónicos y los análisis de procedencia.

### Agradecimientos

Se agradece especialmente a los Dres. E. Llambías, R. Varela y M. Manassero por los fructíferos comentarios brindados durante el desarrollo de la presente síntesis. C.A.C. y H.A.L. han recibido apoyo económico parcial del Proyecto PIP 0647-CONICET. Al Dr. V.A. Ramos por sus interesantes aportes a la evolución tectónica del Neuquén y haber facilitado la reproducción de una figura.

### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Basei, M.A.S., Brito Neves, B.B., Varela, R., Teixeira, W., Siga Jr., O., Sato, A.M. & Cingolani, C.A. 1999. Isotopic dating on the crystalline basement rocks of the Bariloche región, Río Negro, Argentina. II South American Symposium on Isotope Geology, *Anales SEGEMAR* 34:15-18. Carlos Paz, Córdoba.
- Basei, M.A.S., Varela, R., Passarelli, C., Siga Jr., O.; Cingolani, C.A., Sato, A.M. & González, P.D. 2005. The crystalline basement in the north of Patagonia: isotopic ages and regional characteristics. *Gondwana* 12, Abstracts. Academia Nacional de Ciencias, p. 62. Córdoba.
- Banchero, J.C. 1957. Descripción geológica de las Hojas Catan Lil, Junín de los Andes, Paimún y Volcán Lanín. Secretaría del Ejército, Dirección General de Ingenieros, Buenos Aires. Informe Inédito.
- Bodenbender, G. 1892. Sobre el terreno Jurásico y Cretáceo en los Andes argentinos entre el río Diamante y el río Limay. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias Córdoba*, 13:5-44.
- Cagnoni, M.C., Linares, E., Haller, M.J. & Ostera, H.A. 1997. Caracterización geoquímica de la Formación Cushamen en el área de Río Chico, provincia de Río Negro, Argentina. Proveniencia y marco tectónico. *Congreso Geológico Chileno* (8), Actas 2:1229-1235. Antofagasta.
- Caminos, R. & Llambías, E. 1984. El Basamento Criostalino. 9º Congreso Geológico Argentino. Relatorio: 37-63.
- Cerrodo, M.E. & López de Luchi, M.G. 1998. Mamil Choique Granitoids, southwestern North Patagonian Massif, Argentina: magmatism and metamorphism associated with a polyphasic evolution. *Journal of South American Earth Sciences* 11(5): 499-515.
- Coco, A.L. 1957. Informe geológico de las cartas Fortín 1º de Mayo, Quillén, Aluminé y Lago Ñorquinco. Secretaría del Ejército, Dirección General de Ingenieros, Buenos Aires, Informe Inédito.
- Coira, B. 1979. Descripción geológica de la Hoja 40d, Ingeniero Jacobacci, Provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional, *Boletín* 168:1-94. Buenos Aires.
- Cucchi, R., Espejo, P. & González, R. 1998. Hoja Geológica 4169-I Piedra del Águila, Provincias del Neuquén y de Río Negro. Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales, *Boletín* 242: 1-74, Buenos Aires.
- Dalla Salda, L., Cingolani, C. & Varela, R. 1990. The origin of Patagonia. *Comunicaciones, Revista de Geología Andina*, 41, 55-61. Chile.
- Dalla Salda, L.H., Cingolani, C.A. & Varela, R. 1991. El basamento preandino ígneo-metamórfico de San Martín de los Andes, Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 46(3-4):223-234.
- Dalla Salda, L.H., Varela, R., Cingolani, C.A. & Aragón, E. 1994. The Río Chico Paleozoic Crystalline Complex and the evolution of Northern Patagonia. *Journal of South American Earth Sciences* 7(3-4):377-386.
- Dalla Salda, L.H., Varela, R. & Cingolani, C.A. 1999. El basamento pre-gondwánico del centro-oeste del Macizo Nordpatagónico. En: *Geología Argentina, Anales SEGEMAR* 29 (5):107-132.
- Dessanti, R. 1956. Descripción Geológica de la Hoja 27c, Cerro Diamante (Provincia de Mendoza). Dirección Nacional de Minería, *Boletín* 85. Buenos Aires.
- Dessanti, R. 1972. Andes Patagónicos Septentrionales. En: Leanza, A.F. (Ed.): *Geología Regional Argentina* (Primer Simposio). 655-688. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba.
- Digregorio, J.H. 1972. Neuquén. En: Leanza, A.F. (Ed.): *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias, 439-506. Córdoba.
- Digregorio, J.H. & Uliana, M.A. 1980. Cuenca Neuquina. En: Turner, J.C.M. (Ed): *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias, 2: 985-1032, Córdoba.
- Emparan, C. & Suárez, M. 1992. Hoja Curacautín, escala 1:250.000. Carta Geológica de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, borrador de texto, 1-249, inédito, Santiago.
- Feruglio, E. 1949. Descripción Geológica de la Patagonia. Dirección de Geología, Yacimientos Petrolíferos Fiscales. I: 1-334. Buenos Aires.
- Franzese, J.R. 1993a. Análisis petrográfico y geoquímico de la Formación Piedra Santa, basamento pré-mesozoico del sur de la Provincia de Neuquén. 12º Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 327-334. Mendoza.
- Franzese, J.R. 1993b. Deformación preandina del basamento del Cordón de la Piedra Santa, Neuquén. 12º Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 11-20. Mendoza.
- Franzese, J.R. 1995. El Complejo Piedra Santa (Neuquén, Argentina): parte de un cinturón metamórfico Neopaleozoico del Gondwana suroccidental. *Revista Geológica de Chile*, 22(2): 193-202, Santiago.
- Galli, C.A. 1954. Acerca de una nueva interpretación de las formaciones rético-liásicas de la Patagonia septentrional. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 8(4):220-235. Buenos Aires.
- Galli, C.A. 1969a. Descripción Geológica de la Hoja 35a, Lago Aluminé, Provincia del Neuquén. *Boletín de la Dirección Nacional de Geología y Minería*, 108, 45 págs. Buenos Aires.

- Galli, C.A. 1969b. Descripción Geológica de la Hoja 38c, Piedra del Águila, provincias del Neuquén y Río Negro. Boletín de la Dirección Nacional de Geología y Minería, 111, 67 págs., Buenos Aires.
- Gargiulo, M.F. 2006a. Facies metamórficas y edades relativas de las rocas del extremo oriental del Brazo Huemul, provincia de Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 61 (2): 82-94.
- Gargiulo, M.F. 2006b. Caracterización del basamento metamórfico en el extremo oriental del Brazo Huemul, Provincia de Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 61(3): 355-363
- García-Sansegundo, J., Farías, P., Gallastegui, G., Giacosa, R.E. & Heredia, N. 2009. Structure and metamorphism of the Gondwanan basement in the Bariloche región (North Patagonian Argentine Andes). International Journal of Earth Sciences 98: 1599-1608.
- García Vizcarra, P. 1943. La serie jurásica de la parte septentrional de la Sierra de Chacai-có en el Neuquén central y sus relaciones con los terrenos que la recubren. Estudio estratigráfico y tectónico. Museo de La Plata, Tesis n. 5, 3-60. Inédito.
- Garrido, M., Barra, F., Domínguez, E., Ruiz, J. & Valencia, V. 2008. Late Carboniferous porphyry copper mineralization at La Voluntad, Neuquén, Argentina: Constraints from Re-Os molybdenite dating. Mineralium Deposita 43: 591-597.
- Giacosa, R.E. & Heredia, N. 2004. Structure of the North Patagonian thick-skinned foreland- thrust belt, Southern Central Andes, Argentina (41° – 42° S). Journal of South American Earth Sciences 18 (1): 61-72.
- Godoy, E., Hervé, F. & Fanning, M., 2008. Edades U-Pb SHRIMP en granitoides del Macizo Norpatagónico: Implicancias geotectónicas Actas 17º Congreso Geológico Argentino, Uruguay: 1288-1289.
- González Díaz, E. 1982. Sedimentitas del Triásico superior continental en el valle del río Collón Curá, entre los arroyos Quemquemtreu y Calefú, provincia del Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 37(2): 214-220. Buenos Aires.
- González Díaz, E. & Nullo, F. 1980. Cordillera Neuquina. Segundo Simposio de Geología Regional Argentina, 2: 1099-1147.
- Groeber, P. 1918. Edad y extensión de las estructuras de la Cordillera entre San Juan y Nahuel Huapi. Physis, 4(17): 208-240. Buenos Aires.
- Groeber, P. 1929. Líneas fundamentales de la geología del Neuquén, sur de Mendoza y regiones adyacentes. Boletín de la Dirección General de Minas, Geología e Hidrología, 58, 109 págs. Buenos Aires.
- Groeber, P. 1947. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70º. 3. Hojas Domuyo, Mari Mahuida, Huarhuarcho y parte de Epulauken. 4. Hojas Bardas Blancas y Los Molles. Revista de la Sociedad Geológica Argentina, 2(4): 347-433, Buenos Aires.
- Lambert, L.R. 1946. Contribución al conocimiento de la sierra del Chacay-Có (Neuquén). Revista de la Sociedad Geológica Argentina, 1(4): 231-252, Buenos Aires.
- Lambert, L.R. 1948. Geología de la zona de las cabeceras del río Catán Lil, Territorio del Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 3(4): 245-257. Buenos Aires.
- Lambert, L.R. 1956. Descripción Geológica de la Hoja 35b, Zapala, Territorio Nacional del Neuquén. Boletín de la Dirección Nacional de Minería, 83, 93 págs., Buenos Aires.
- Leanza, H.A. 1985. Descripción Geológica de la Hoja 36b, Cerro Chachil, provincia del Neuquén. Servicio Geológico Nacional 144 págs. (Inédito). Buenos Aires.
- Leanza, H.A. 1992. Estratigrafía del Paleozoico y Mesozoico anterior a los movimientos intermáxicos en la comarca del cerro Chachil, provincia del Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 45(3-4):272-299.
- Linares, E. & Turner, J.C.M. 1976. Comarcas de la República Argentina con rocas de edad precámbrica sobre la base de dataciones radimétricas. 6º Congreso Geológico Argentino (Bahía Blanca), Actas 1:511-518. Buenos Aires.
- Linares, E., Cagnoni, M.C., Do Campo, M. & Ostera, H.A. 1988. Geochronology of metamorphic and eruptive rocks of southeastern Neuquén and northwestern Río Negro Provinces, Argentine Republic. Journal of South American Earth Sciences, 1 (1): 53-61.
- Linares, E. & González, R.R. 1990. Catálogo de edades radimétricas de la República Argentina. Asociación Geológica Argentina. Publicación Especial nº 19:1-628. Buenos Aires.
- López de Luchi, M., Ostera, H.A., Cerredo, M.E., Linares, E., Haller, M.J. & Cagnoni, M.C. 1999. Unravelling the ages of the crystalline basement at sierra de Mamil Choique, Río Negro, Argentina. II South American Symposium on Isotope Geology, Anales 34 (SEGEMAR):322-326.
- López de Luchi, M.G., Cerredo, M.E. & Wemmer, K. 2006. Time constraints for the tectonic evolution of the SW corner of the North Patagonian Massif, Argentina. Fifth South American Symposium on Isotope Geology, Punta del Este, Uruguay Short papers 221: 114-118, ISBN 9974-0-0327.
- López de Luchi, M.G. & Cerredo, M.E. 2008. Geochemistry of the Mamil Choique Granitoids at Río Chico, Río Negro, Argentina: Pre-Permian crustal melting process in the North Patagonian Massif. Journal of South American Earth Sciences, 25(4):526-546.
- Lucassen, F., Trumbull, R., Franz, G., Creixell, C., Vazquez, P., Romer, R.L. & Figueroa, O. 2004. Distinguishing crustal recycling and juvenile additions at active continental margins: the Paleozoic to Recent compositional evolution of the Chilean Pacific margin (36° - 41° S). Journal of South American Earth Sciences, 17:103-119.
- Márquez, M., Giacosa, R., Nillni, A., Paredes, J., Fernández, M., Parisi, C., Sciotto, J., Garrido & Afonso, C. 2002. Aspectos litológicos y estructurales del Bloque Tectónico Cushamen (Chubut). 15º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 201-206. Buenos Aires.
- Nullo, F. 1978. Descripción geológica de la Hoja 41d Lipetrén, provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional. Boletín 158: 1-88. Buenos Aires.
- Nullo, F. 1979. Descripción Geológica de la Hoja 39c, Paso Flores, Provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional, Boletín 167: 1-70, Buenos Aires.
- Ostera, H.A., Linares, E., Haller, M.J., Cagnoni, MC. & López de Luchi, M. 2001. A widespread Devonian metamorphic episode in Northern Patagonia, Argentina. III South American Symposium on Isotope Geology, Actas CD. Abstracts. Revista Comunicaciones 52: 161. Santiago.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Caminos, R., Llambías, E. & Parica, C. 1992. A revised age for the granites of the central Somuncura Batholith, North Patagonian Massif. Journal of South American Earth Sciences 5(3-4): 321-325.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Fanning, C.M. & Márquez, M. 2006. Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia. Earth Science Reviews 76:235-257.
- Parica, C.A. 1986. Resultados geocronológicos preliminares de las Formaciones Colohuincul y Huechulafquen, provincia de Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 41(1-2): 201-205.



- Proserpio, C. 1978. Descripción geológica de la Hoja 42 d, Gastre, provincia del Chubut. Servicio Geológico Nacional, Boletín 159: 1-75. Buenos Aires.
- Ramos, V.A. 1999. Plate tectonic setting of the Andean Cordillera. *Episodes* 22(3): 183-190.
- Ramos, V.A. 2008. Patagonia: A Paleozoic continent adrift?. *Journal of South American Earth Sciences* 26(3): 235-251.
- Ramos, V.A., García Morabito, E., Hervé, F. & Fanning, C.M. 2010. Grenville-age sources in Cuesta de Rahue, northern Patagonia: Constrains from U-Pb/SHRIMP ages from detrital zircons. *International Geological Congress on the Southern Hemisphere (GEOSUR 2010). Bollettino de Geofisica* 51 (Suplement): 42-44. Mar del Plata.
- Ramos, V.A., Mosquera, A., Folguera, A. & García Morabito, E. 2011. Evolución tectónica de los Andes y del Engolfamiento Neuquino adyacente. *Relatorio Geología y Recursos Naturales del Neuquén* (este volumen).
- Ravazzoli, I. & Sesana, F. 1977. Descripción Geológica de la Hoja 41c, Río Chico. Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Boletín 148, 77 págs. Buenos Aires.
- Sesana, F. 1968. Rasgos petrológicos de la comarca de Río Chico, Río Negro. 3<sup>as</sup> Jornadas Geológicas Argentinas, 3: 99-107. Comodoro Rivadavia.
- Suárez, M. & Empanan, C. 1997. Hoja Curacautín, Regiones de la Araucanía y del Biobío. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, 71, 1-105, Santiago.
- Toubes, R.O. & Spikermann, J.P. 1973. Algunas edades K/Ar y Rb/Sr de plutonitas de la Cordillera Patagónica entre los paralelos 40° y 44° de latitud Sur. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 28(4): 382-396.
- Turner, J.C.M. 1965a. Estratigrafía de la comarca de Junín de los Andes, Provincia del Neuquén. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 44(1-4): 5-51, Córdoba.
- Turner, J.C.M. 1965b. Estratigrafía de Aluminé y adyacencias (provincia del Neuquén). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 20(2): 153-184, Buenos Aires.
- Turner, J.C.M. 1973. Descripción geológica de la Hoja 37 a-b, Junín de los Andes, Neuquén. Servicio Geológico Nacional, Boletín 38: 1-88.
- Turner, J.C.M. 1976. Descripción Geológica de la Hoja 36a, Aluminé (provincia del Neuquén). Servicio Geológico Nacional, Boletín 145: 1-80. Buenos Aires.
- Varela, R., Dalla Salda, L.H., Cingolani, C. & Gómez, V. 1991. Estructura, petrología y geocronología del basamento de la región del Limay, provincias de Río Negro y Neuquén, Argentina. *Revista Geológica de Chile*, 18(2): 147-163.
- Varela, R., Teixeira, W., Cingolani, C.A. & Dalla Salda, L. 1994. Edad Rubidio-Estroncio de granitoides de Aluminé-Rahue, Cordillera Norpatagónica, Neuquén, Argentina. 7º Congreso Geológico Chileno, 2:1254-1258. Concepción.
- Varela, R., Basei, M.A.S., Cingolani, C.A., Siga Jr., O. & Passarelli, C.R. 2005. El basamento cristalino de los Andes norpatagónicos en Argentina: geocronología e interpretación tectónica. *Revista Geológica de Chile*, 32 (2): 167-187.
- Vattuone, M.E. 1988. Metamorfismo de baja presión en la Cordillera Neuquina. 5º Congreso Geológico Chileno, Actas 2(E): 31-45.
- Vattuone, M.E. 1990. Paragénesis mineral del metamorfismo del área de Aluminé, Cordillera Neuquina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 45 (1-2): 107-119.
- Volkheimer, W. 1964. Estratigrafía de la zona extraandina del Departamento de Cushamen (Chubut) entre los paralelos 42° y 42° 30' y los meridianos 70° y 71°. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 19(2): 85-107.
- Wichmann, R. 1934. Contribución al conocimiento geológico de los Territorios del Neuquén y del Río Negro. *Dir. Minas y Geología, Boletín* 39: 3-27. Buenos Aires.
- Zanettini, J.C.M. & Deza, M.A. 1990. Prospección geológico-minera en el área de reserva Varvarco, Provincia del Neuquén, 2ª parte. *Corporación Minera del Neuquén-Dirección General de Fabricaciones Militares*, 1-9, inédito, Mendoza.
- Zanettini, J.C.M. 2001. Hoja Geológica 3772-II, Las Ovejas, provincia del Neuquén. Servicio Geológico Minero Argentino. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Boletín 263, 61 págs. Buenos Aires.
- Zappettini, E.O., Méndez, V. & Zanettini, J.C.M. 1987. Metasedimentitas mesopaleozoicas en el noroeste de la Provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 42(1-2): 206-207. Buenos Aires.

