

## LA PRECORDILLERA NEUQUINA SUR EN EL CONTEXTO DE LOS ANDES NORPATAGÓNICOS

Ezequiel García Morabito<sup>1</sup> y Víctor A. Ramos<sup>1</sup>

1. Laboratorio de Tectónica Andina del Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber, Universidad de Buenos Aires.

### RESUMEN

Dentro del segmento del retroarco andino comprendido entre los 38° 30' y los 40° S se pueden diferenciar dos dominios estructurales, uno interno y otro externo, correspondiendo cada uno de ellos a sectores de la faja plegada y corrida con vergencia opuesta y estilos estructurales diferenciados. Esta configuración contrastante es el resultado parcial de una distribución heterogénea de los depocentros mesozoicos, los cuales se desarrollaron mayormente al este del río Aluminé. La Precordillera neuquina sur se enmarca en el dominio externo. Su génesis se explica a partir de sucesivos pulsos contraccionales acaecidos desde el Jurásico. Las relaciones entre los depósitos sinorogénicos terciarios y los principales rasgos estructurales del área, y el análisis de las series volcánicas cretácicas-paleógenas y la identificación de un control estructural en su emplazamiento, han permitido caracterizar y definir los principales eventos contraccionales andinos. El primero y más significativo tuvo lugar durante el Cretácico Superior, asociado a una expansión del arco volcánico hacia el este. El último de ellos, desarrollado entre el Mioceno Tardío y el Plioceno Temprano, ha sido bien acotado temporalmente sobre la base de controles tectonoestratigráficos, permitiendo definir un modelo en el que el alzamiento final de los principales elementos topográficos del sector entre los 11 y los 4,3 Ma originó una serie de depocentros intermontanos donde se depositaron las secuencias sinorogénicas y sintectónicas neógenas. Ambos eventos estuvieron separados por una etapa caracterizada por una actividad tectónica de tipo extensional, la cual se expresó en el desarrollo de las cuencas de Cura Mallín y Collón Cura. En el ámbito de esta última, importantes espesores de sucesiones volcanosedimentarias se acumularon bajo un control estructural entre los 33 y los 18 Ma.

**Palabras clave:** Inversión tectónica, alto de Copahue – Pino Hachado, Catán Lil, Chachil, depósitos sinorogénicos, Cordillera Patagónica

### ABSTRACT

*The southern Neuquén Precordillera in the context of the Patagonian Andes.* - Within the Andean retro-arc between 38° 30' and 40° S two structural domains can be identified. They correspond to sectors of the fold and thrust belt with opposite vergence and different structural styles. This contrasting configuration is partially related to a heterogeneous distribution of a suite of fault bounded Mesozoic depocenters, which mostly developed east of the course of the Aluminé river in the early stages of the Neuquén basin. The Southern Neuquén Precordillera is developed within the external portion of the fold and thrust belt. Its genesis is related to a series of contractional events which occurred since Jurassic times. The field relationships between the Tertiary synorogenic deposits and the Andean structures, and the analysis of the Cretaceous-Paleogene volcanic series, allowed us to define and characterize the main contractional phases that affected this Andean segment. The most significant event took place during upper Cretaceous times, related to an eastward expansion of Late Cretaceous to Eocene arc-related sequences. On the basis of tectonostratigraphic controls we define the last event between upper Miocene – lower Pliocene times. The recognition and interpretation of the main structures and spatial and temporal distribution of the Tertiary sequences allowed us to establish a tectonic model in which the final uplift of the principal topographic features of the area between 11 and 4,3 Ma originated a series of intermontaneous depocenters where synorogenic and syntectonic sequences were accumulated. Both intervals of compression and shortening are separated by a period of extensional activity that affected the arc and inner retro-arc sectors between the Oligocene and the middle Miocene, resulting in the development of the Cura Mallín and Collón Cura basin at the latitudes of the study area. Within the Collón Cura basin, up to 700 meters of volcanosedimentary successions of the Auca Pan Formation accumulated between 33 and 18 Ma contemporaneously with the extensional activity.

**Key words:** Tectonic inversion, Copahue – Pino Hachado block, Catán Lil, Chachil, synorogenic deposits, Patagonian Andes

### INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se han propuesto diversos modelos tectónicos relativamente bien constreñidos para explicar la evolución andina de la faja plegada y corrida de Neuquén al norte de los 38° 30' S. Una combinación de factores ha dificultado sin embargo la realización de estudios estructurales y tectónicos sistemáticos que permitan resolver algunos de los grandes interrogantes en relación a la generación de relieve a lo largo del segmento de los Andes Patagónicos ubicado al sur de esta latitud. Ello se traduce en un déficit en cuanto a la definición y caracteri-

zación de las distintas fases de deformación que llevaron a la configuración actual de este segmento, como también en la falta de propuestas tectónicas que expliquen satisfactoriamente la evolución del mismo.

El retroarco andino entre los 38° 30' y los 40° S se caracteriza por el desarrollo de un extenso sistema precordillerano ubicado a más de 400 km de la trinchera y más importante en términos topográficos que la Cordillera Patagónica. Su extenso desarrollo, sus elevadas alturas, y su posición dentro del retroarco plantean un interrogante acerca de su génesis y sus características estructurales en el contexto de los Andes Norpatagónicos.

**MARCO GEOTECTÓNICO**

El segmento andino comprendido entre los 38° y los 40° S está constituido por un conjunto de unidades morfoestructurales que reflejan una serie de eventos tectónicos de comportamiento episódico que tuvieron lugar desde el Cretácico Superior. Los máximos valores topográficos se restringen a la Precordillera neuquina sur, la cual define un sistema precordillerano que se extiende con un rumbo general nornoroeste por unos 200 kilómetros. La depresión de Bio Bio -Aluminé y la cuenca de Collón Cura, desarrolladas al pie de la Cordillera Patagónica, separan a ambas unidades morfoestructurales (Fig. 1). La porción septentrional de este sistema corresponde al alto de Copahue Pino Hachado (Muñoz & Stern 1988), estando representado hacia el sur por una serie de cordones submeridionales entre los que se destacan las cordilleras de Catán Lil y

Chachil, la sierra de Chacaico y el cordón de la Piedra Santa. Estos elementos topográficos definen un sistema montañoso independiente que produce un incremento en la amplitud y la altitud del orógeno. El mismo pierde expresión hacia el norte, donde es reemplazado por una serie de estructuras de basamento cubiertas por importantes espesores de sucesiones mesozoicas a lo largo de los sectores internos de la faja plegada y corrida del Agrio (Zapata *et al.* 1999; Zapata & Folguera 2005; Zamora Valcarce *et al.* 2006). Su expresión más austral puede reconocerse en una serie de elementos topográficos menores estructurados en torno al umbral de Sañico.

Tanto las rocas de basamento, como las sucesiones mesozoicas depositadas en el marco de la cuenca neuquina, han sido llevadas a superficie como consecuencia de los sucesivos pulsos contraccionales a los que fue sometida el área, encontrándose actualmente expuestas

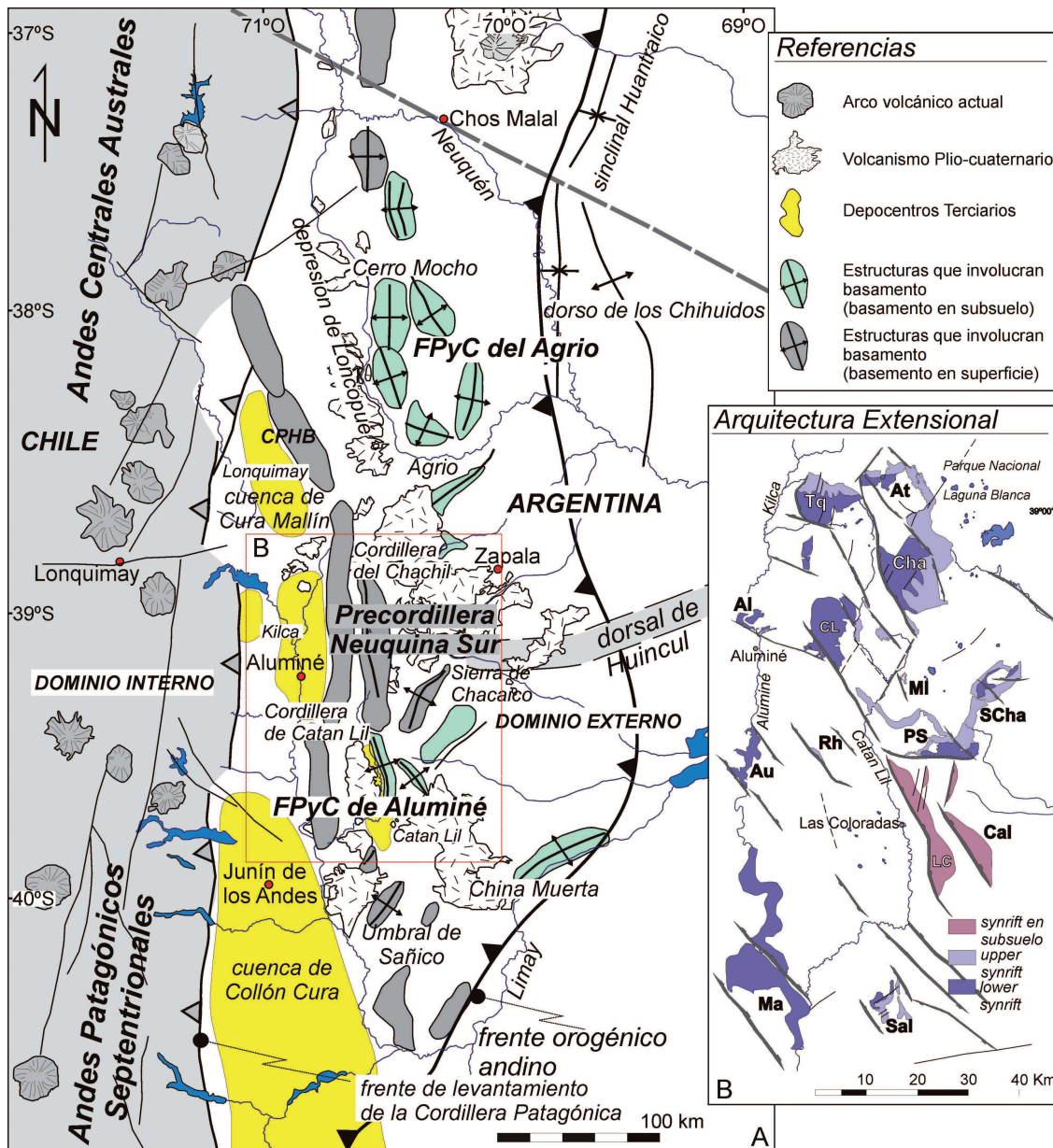


Figura 1: Configuración del retroarco andino entre los 37° y los 40° S. B: Arquitectura extensional del Triásico Superior - Jurásico Inferior (Rh - Rahue, LC - Las Coloradas, Scha - Chacaico, Mi - Mallín de Ibañez, PS - Piedra Santa, CL - Catán Lil, Cha-At - Chachil - La Atravesada, Tq - Trocoquen, Sal - Salitral, Cal - Calcatré, Ma - Malleo, Au - Auca Pan, Al - Aluminé).



en torno a los principales elementos topográficos del sector. Las rocas de basamento conforman el núcleo de los mismos. Las sucesiones volcanosedimentarias del ciclo Precuyano se ubican estratigráficamente entre el basamento y las sedimentitas marinas del Grupo Cuyo, encontrándose bien representadas a lo largo de las vertientes de los diferentes cordones (Fig. 2). El registro mesozoico lo completan las sedimentitas de los Grupos Lotena y Mendoza. Estas secuencias son intruidas por una serie de cuerpos subvolcánicos de composición andesítica-dacítica. Sus fases extrusivas asociadas se disponen mayormente en relación de discordancia por encima de los depósitos mesozoicos. Estas series abarcan un amplio rango temporal que se extiende desde el Cretácico Superior al Eoceno (Zamora Valcarce *et al.* 2006; García Morabito 2010), diferenciándose espacial y temporalmente de las volcanitas de la Fm. Auca Pan (33 a 18 Ma), mayormente representada a lo largo de los sectores internos de la faja plegada y corrida. Dentro del registro Neógeno se destacan una serie de depósitos continentales fuertemente vinculados a la actividad volcánica coetánea, y acumulados en una serie de depocentros intermontanos preservados entre el sistema precordillerano y la Cordillera Patagónica. Amplios sectores del retroarco se encuentran asimismo cubiertos por efusiones basálticas de edad plio-pleistocena.

### Configuración estructural: la faja plegada y corrida de Aluminé

La faja plegada y corrida de Aluminé constituye la expresión austral de la faja plegada y corrida del Agrio. Involucra a la vertiente oriental de la Cordillera Patagónica a lo largo del retroarco interno, como también a la Precordillera neuquina sur hacia el este.

Amplios sectores del retroarco andino a estas latitudes estuvieron caracterizados por la presencia de un conjunto de depocentros limitados por fallas normales, los cuales marcan el desarrollo inicial de cuenca Neuquina (Fig. 1b) (Vergani *et al.* 1995; Franzese & Spalletti 2001). Estos sistemas tuvieron un desarrollo heterogéneo que condicionó fuertemente la estructuración posterior de la zona, ejerciendo un fuerte control en la orientación y vergencia de las estructuras. Allí donde se desarrollaron, el acortamiento posterior se resolvió a partir de la inversión de muchas de las fallas normales preexistentes y la generación de nuevas estructuras contraccionales, dando lugar a una elevada complejidad estructural. Donde están ausentes, el acortamiento posterior se tradujo en una geometría bastante más sencilla.

Ello derivó en un patrón diferencial en la configuración estructural del retroarco, dado por una mayor complejidad relativa de los sectores externos, lo que permite dividir al retroarco en dos dominios estructurales: uno interno y otro externo, cuyo límite coincide aproximadamente con el valle de los ríos Bio Bio y Aluminé, el cual separa dos sectores de la faja plegada y corrida con estilos estructurales diferentes y vergencia opuesta (García Morabito *et al.* 2010).

### Dominio Interno: Cordillera Patagónica

La Cordillera Patagónica se enmarca en la porción occidental de la faja plegada y corrida a las latitudes del

área de estudio. Su estructura está caracterizada por una faja de corrimientos de vergencia oriental y orientación dominante norte-sur que involucran al basamento en la deformación. Su límite con la depresión de Bio Bio -. Aluminé está definido por un quiebre topográfico con una leve geometría de arco en planta. Este coincide a lo largo de segmentos discretos con fallas de vergencia oriental que incorporan a los granitoides del batolito patagónico, superponiéndolo a las sucesiones volcánicas y sedimentarias terciarias acumuladas al pie de la Cordillera, o simplemente truncándolas a lo largo de su traza. Una buena parte de estas estructuras transfieren acortamiento horizontal hacia el sector externo, por medio de una serie de fallas de mediano ángulo que se insertan dentro de la cobertura volcanosedimentaria terciaria. Estas se expresan en una serie de corrimientos y plegamientos de orientación norte-sur particularmente bien representados en el extremo septentrional de la cuenca de Collón Cura.

### Dominio Externo: Precordillera neuquina sur

La porción externa de la faja plegada y corrida desarrollada al este de los ríos Bio Bio y Aluminé incluye a la totalidad del sistema precordillerano del sur neuquino (Fig. 1). Las estructuras desarrolladas durante el ciclo Andino a lo largo de este sector, se vinculan a una faja plegada y corrida cuyo desarrollo estuvo condicionado geoméricamente por los sistemas de *rift* mesozoicos. Estos estuvieron controlados por una serie de fallas normales de orientación NO – NNO y polaridad dominante al este (Fig. 1b) que controlaron la acumulación de importantes espesores de las secuencias del ciclo Precuyano. A lo largo de la Precordillera neuquina sur pueden diferenciarse tres segmentos sobre la base de diferencias topográficas, estratigráficas, y estructurales, que expresan variaciones del relieve estructural.

### Segmento Norte: Alto de Copahue – Pino Hachado

El alto de Copahue – Pino Hachado constituye el rasgo topográfico más significativo de este segmento, constituyendo la divisoria de aguas a estas latitudes, con alturas que se ubican en torno a los 2.000 metros. Este bloque de orientación NNO limita al este con la depresión de Loncopué, y con la porción septentrional de la depresión de Bio Bio – Aluminé hacia el oeste. A lo largo de esta última se desarrollaron la cuenca de intraarco de Cura Mallín entre el Oligoceno y el Mioceno temprano, y el depocentro Lonquimay en el Mioceno tardío. Las particularidades estratigráficas y estructurales de su vertiente occidental han sido descritas en los trabajos de Suárez & Emparán (1995, 1997) y Melnick *et al.* (2006). Su eje y faldeos se encuentran cubiertas por importantes volúmenes de sucesiones volcánicas neógenas, lo que ha dificultado la identificación de las estructuras que produjeron su alzamiento. El corrimiento Pino Seco (Suárez & Emparán 1997), ha sido identificado como la estructura responsable de su levantamiento como un bloque de vergencia occidental. Este sobrepone las sedimentitas marinas jurásicas de la Fm. Nacientes del Bio Bio, a las sucesiones miocenas de la Fm. Mitrauquén a lo largo de su traza ubicada unos pocos kilómetros al este del río Bio Bio (Fig. 3). Una serie de pliegues asimétricos de orientación norte-sur desarro-

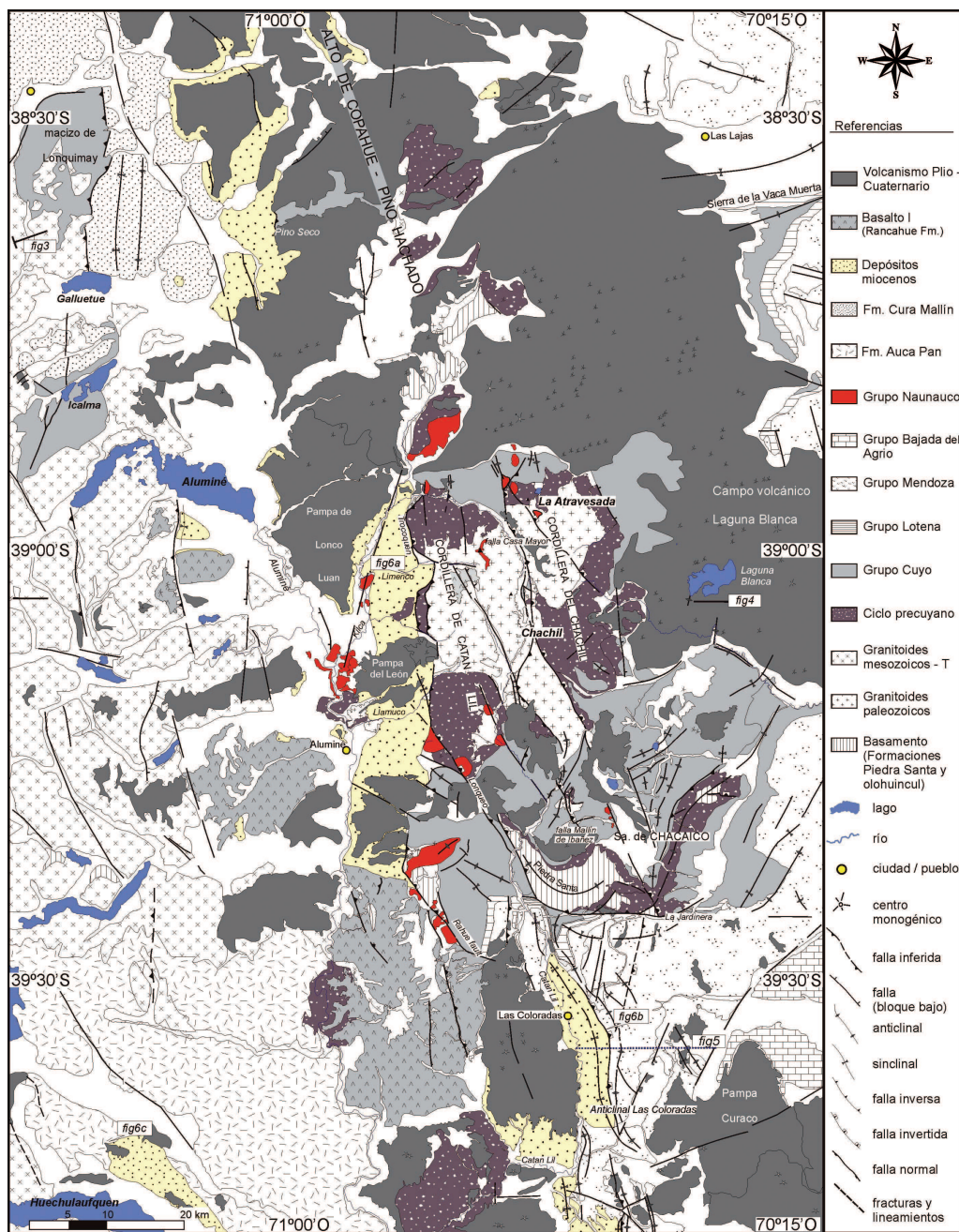


Figura 2: Mapa geológico del retroarco andino entre los 38° 30' y los 40° S (modificado de Leanza *et al.* 2003 y Cucchi *et al.* 2006).

llados en el relleno de la cuenca de Cura Mallín, pueden ser interpretados a su vez como el resultado de la reactivación contraccional de fallas con inclinación al este (Melnick *et al.* 2006).

**Segmento Central: Cordilleras de Catán Lil y del Chachil**

A lo largo de este segmento, la porción externa de la faja plegada y corrida consiste en un conjunto de cordones submeridionales entre los que se destacan las cordilleras de Catán Lil y del Chachil, y la Sierra de Chacaico. Estas cadenas representan los niveles de exposición más profundos de la faja plegada y corrida a estas latitudes, en donde gran parte de los depocentros mesozoicos y las secuencias que constituyen su relleno se encuentran en superficie como consecuencia de los sucesivos pulsos contraccionales a los que fue sometida el área (Fig. 4).

La complejidad estructural del área es elevada, producto de la interacción entre los sistemas de *rift* mesozoicos y los sucesivos pulsos de deformación sobrepuestos. Existe un rol preponderante de fallas inversas de mediano ángulo de orientaciones sumamente variables, y una importante separación y longitud de onda de los ejes de plegamiento. A pesar de ello se destaca dentro del cuadro estructural del área el predominio de un sistema de fracturas escalonadas de rumbo NO a NNO, y en menor medida un sistema complementario de orientación NE (Fig. 2). Este patrón refleja la disposición de las fallas normales mesozoicas como también de las zonas de transferencia.

Las cordilleras de Catán Lil y del Chachil se encuentran segmentadas por una serie de fallas y fracturas de orientación NO a NNO que representan los rasgos estructurales más conspicuos del área. Estas estructuras de pri-

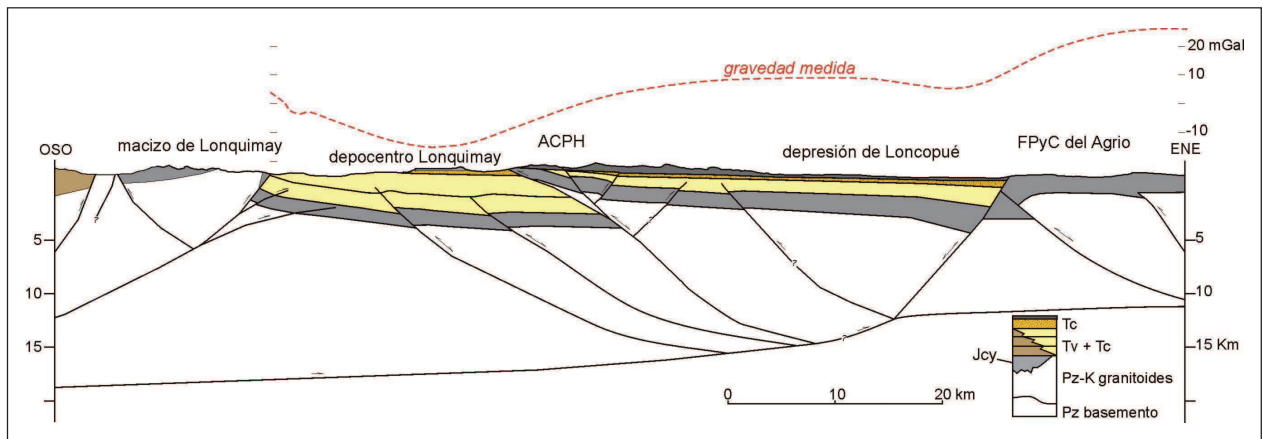


Figura 3: Sección estructural este-oeste a través del alto de Copahue - Pino Hachado construida sobre la base de un modelo gravimétrico en dos dimensiones (modificada de Melnick *et al.* 2006 y Zapata *et al.* 1999).

mer orden corresponden a la reactivación contraccional de las viejas fallas normales mesozoicas, siendo las responsables del levantamiento del conjunto de bloques de basamento de vergencia predominantemente occidental que integran este sistema precordillerano. Las evidencias de reactivación contraccional e inversión provienen de cambios topográficos y estratigráficos abruptos a lo largo de la traza de las mismas, como también de la identificación de una serie de rasgos característicos de zonas sometidas a inversión, como fallas de atajo y corrimientos de paso. Adicionalmente se reconocen una serie de estructuras de orientación NE integradas por un conjunto de fracturas, lineamientos y fallas mayormente vinculadas a la terminación de las estructuras NNO, lo que define una geometría rómbica en planta. Un conjunto de fallas menores de orientación norte-sur y vergencia occidental completan el cuadro estructural del área. Estas se encuentran particularmente bien representadas a lo largo de los faldeos occidentales de la cordillera de Catán Lil, donde afectan a las sucesiones terciarias acumuladas al pie de la misma.

Un conjunto de estructuras este-oeste, definen junto con una serie de fallas de orientación NE, la prolongación de la dorsal de Huinul dentro del sistema precordillerano. Estas se expresan particularmente bien entre el cordón de la Piedra Santa y la sierra de Chacaico, presentando evidencias de una actividad contraccional y transpresiva temprana acaecida a partir del Jurásico, la cual ha sido a su vez documentada en subsuelo al este del área de estudio (Mosquera & Ramos, 2006; Silvestro & Zubiri, 2008).

### Segmento Sur: Anticlinal Las Coloradas y rasgos asociados

Existe un marcado contraste latitudinal entre el segmento ubicado al norte y al sur de Fortín 1º de Mayo. El límite entre ambos está dado por la traza de la falla inversa La Jardinera, una estructura transversal de vergencia austral con evidencias de actividad transpresiva a partir del Jurásico. Al sur de esta estructura, los depocentros mesozoicos se encuentran cubiertos por importantes espesores de las sucesiones de los Grupos Cuyo, Lotena, y Mendoza.

En la configuración estructural de este segmento se destaca la presencia de un tren de estructuras anticlinales y sinclinales de orientación NNO y norte-sur desarrollados en las secuencias mesozoicas entre Fortín 1º de Mayo y la estancia Santa Isabel (Fig. 2).

Al este del curso inferior del río Catán Lil, dos anticlinales asimétricos de vergencia occidental (anticlinal Las Coloradas y Calcatré) constituyen la expresión superficial de la inversión parcial de dos hemigrábenes de orientación NNO y polaridad al este (depocentro María Juana y Calcatré) (Fig. 5). Las secciones sísmicas que atraviesan estas estructuras indican que la deformación se concentró mayormente en torno al anticlinal Las Coloradas, resolviéndose a partir de la reactivación contraccional de las estructuras extensionales mesozoicas, y la generación de estructuras de menor ángulo que cortan el bloque bajo propagando la deformación hacia el oeste.

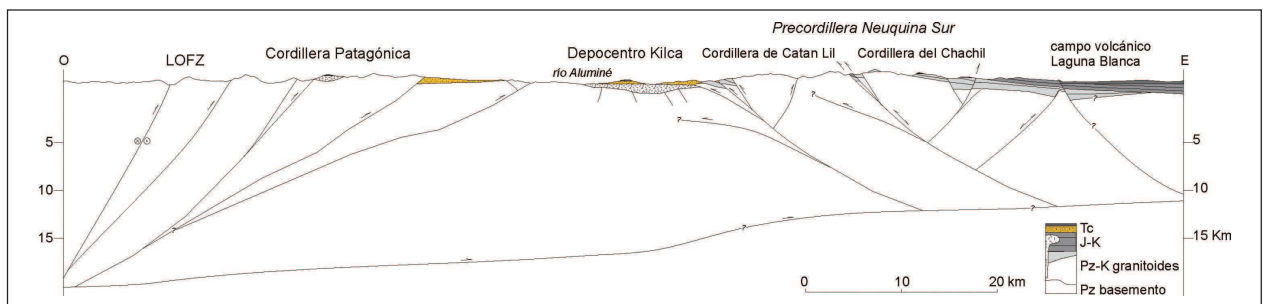


Figura 4: Sección estructural este-oeste a través de la Cordillera Patagónica y las cordilleras de Catán Lil y del Chachil (modificado de García Morabito *et al.* 2010).

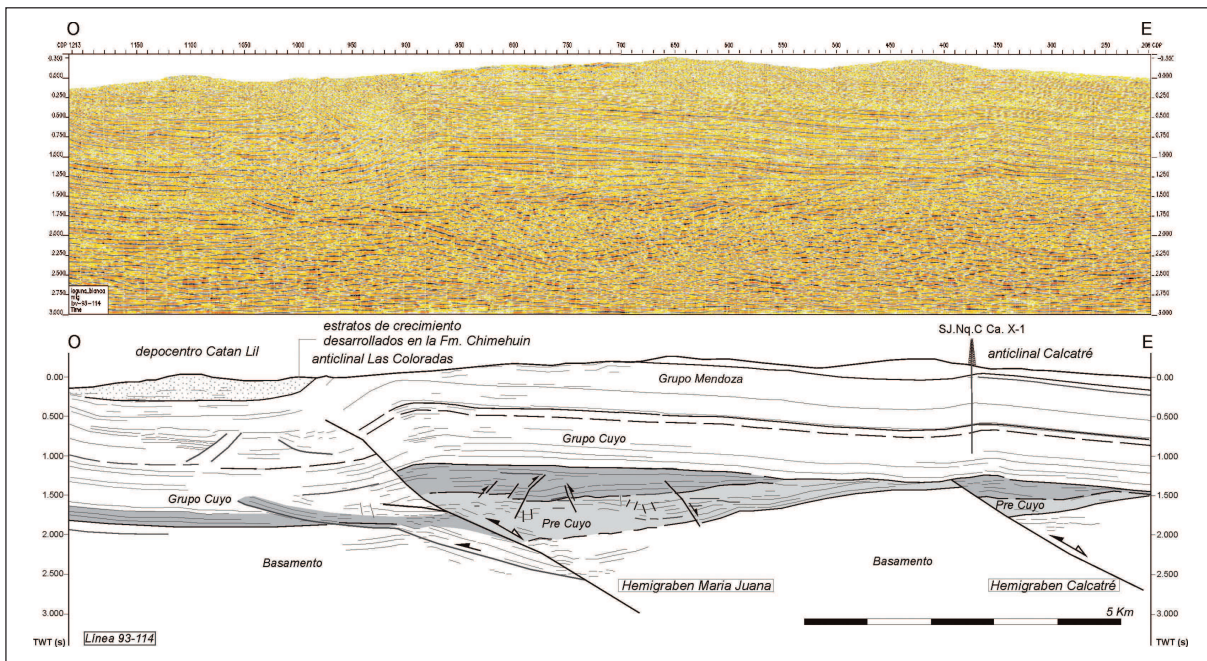


Figura 5: Línea 93-114 de rumbo este-oeste que atraviesa el depo centro Catán Lil e interpretación correspondiente (ubicación en Fig. 2). Nótese la geometría de cuña de los depósitos de *synrift* y la inversión de la estructuras extensionales, particularmente de la falla que controló el hemigraben María Juana. El depo centro terciario Catán Lil se asocia al limbo frontal del anticlinal Las Coloradas (según García Morabito *et al.* 2010).

Al sur del codo del Catán Lil, una serie de plegamientos y fallas de orientación norte-sur y buena expresión superficial afectan a la cobertura mesozoica y terciaria del sector. Estas estructuras presentan mayormente una vergencia occidental, encontrándose segmentadas a lo largo de su rumbo por una serie de lineamientos oblicuos de orientación NO. Entre los principales ejes de plegamiento de la zona puede reconocerse un conjunto bolsones intermontanos donde se acumularon espesores variables de sucesiones volcanosedimentarias miocenas contemporáneamente al levantamiento final de las estructuras.

### EDAD DE LA DEFORMACIÓN

Un conjunto de intrusiones someras de composición andesítica-riodacítica expuestas al este del río Aluminé y sus fases extrusivas asociadas marcan el límite superior del primer evento de deformación andino en la zona. Estas series presentan edades de entre 75 y 49 Ma (Llambías & Rapela 1989, Ramos & Folguera 2005, Zamora Valcarce *et al.* 2006, García Morabito 2010, entre otros) y reflejan procesos de diferenciación avanzados en una zona de arco emplazada en una corteza engrosada (Llambías & Rapela 1989; Kay *et al.* 1991; Lagorio *et al.* 1998; Zamora Valcarce *et al.* 2006), definiendo un cinturón magmático oriental de edad cretácica – paleógena. Sus relaciones mayormente discordantes respecto de las sucesiones mesozoicas, sumado a un control estructural en el emplazamiento de los diferentes cuerpos subvolcánicos, permiten inferir que fueron intruidas durante las últimas fases de la deformación, o bien inmediatamente después, en cuyo caso estarían postdatando un evento contraccional cretácico superior en el área.

Estudios termocronológicos han reportado edades de entre 67 y 60 Ma en el segmento austral del alto de Co-

pahue – Pino Hachado (Thomson *et al.* 2008; Thomson *et al.* 2010), indicando importantes procesos de exhumación en torno a los 65 Ma. Estudios recientes han definido a su vez un evento de deformación posterior a los 99 Ma a lo largo de la faja plegada y corrida del Agrio, con un pico en torno a los 70 Ma (Tunik *et al.* 2010; Aguirre Urreta *et al.* 2010). Esta información permite constreñir una fase orogénica cretácica superior, la cual puede ser ubicada temporalmente entre los 99 y los 65 Ma aproximadamente.

Entre la vertiente occidental de la Cordillera Patagónica y los faldeos orientales la Precordillera neuquina sur, un conjunto de cuencas intermontanas concentran espesores variables de sucesiones volcanosedimentarias sinorogénicas neógenas (Fig. 1). Estas se han preservado de manera discontinua a lo largo de los principales valles del retroarco, definiendo una faja de orientación NNO que coincide parcialmente con la depresión de Bio Bio – Aluminé, constituyendo el relleno superficial de la cuenca de Collón Cura al sur de los 40° S. Una serie de interrupciones locales en el registro permiten la individualización de diferentes depocentros desarrollados de norte a sur: Lonquimay, Kilca, Catán Lil y la cuenca de Collón Cura. El origen de esta zona de depositación, y la génesis de los principales elementos topográficos del sector, se encuentran relacionados a través de la última fase de deformación contraccional que afectó a este sector del retroarco andino (Fig. 6) (García Morabito *et al.* 2010).

El relleno está constituido por ignimbritas, material piroclástico re trabajado expresado en conglomerados y areniscas depositadas en un contexto de elevadas pendientes, caracterizado por el desarrollo de abanicos aluviales y sistemas entrelazados vinculados a una actividad volcánica contemporánea (Fig. 6e). Es común la intercalación de basaltos y andesitas, los que en ciertas localidades conforman la totalidad del registro. Las edades de estas secuencias provienen esencialmente de dataciones

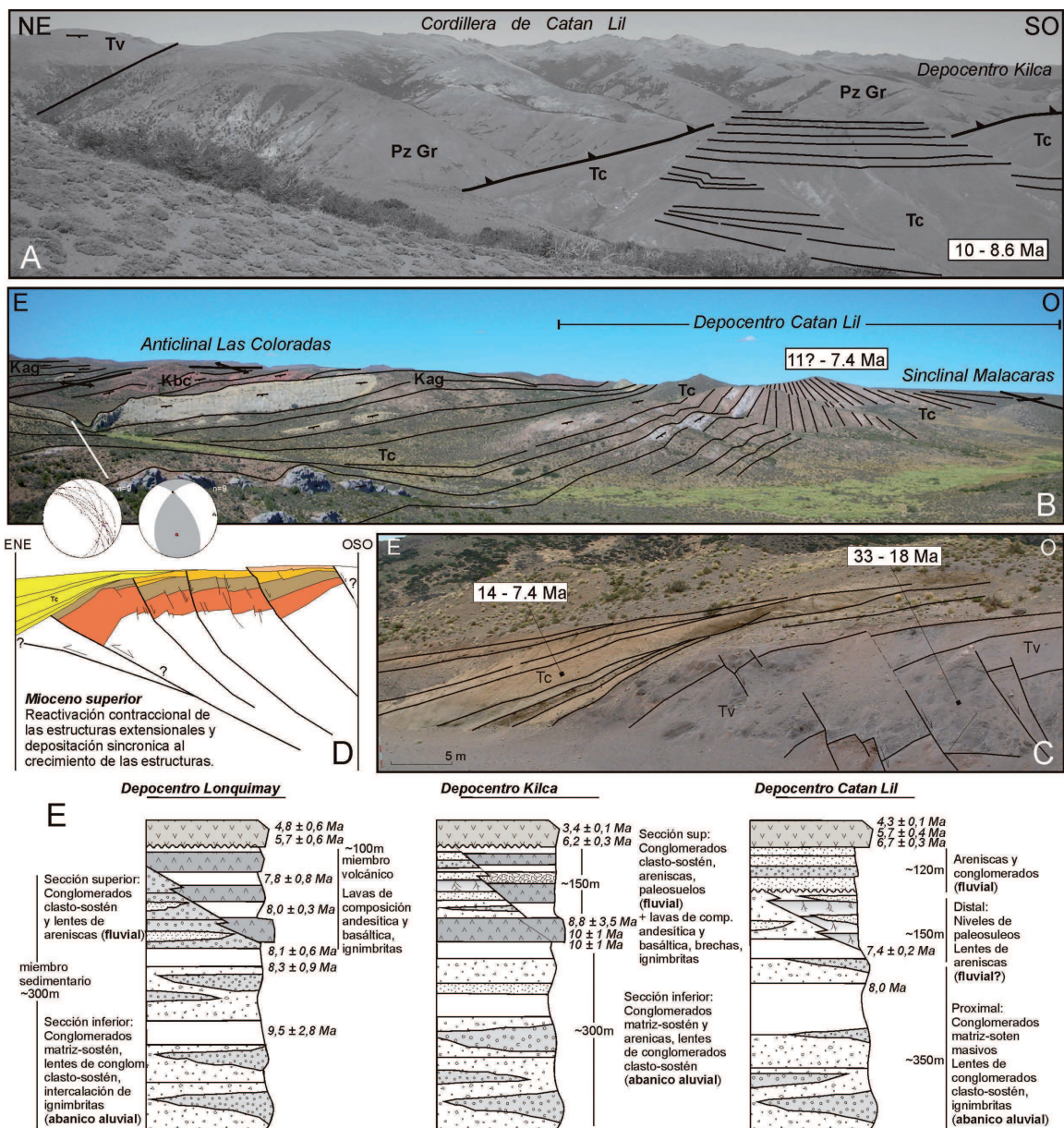


Figura 6: Secuencias sinorogénicas terciarias depositadas en diferentes depocentros intermontanos a lo largo del area de estudio (modificado de García Morabito *et al.* 2010). A) Depocentro Kilca: disminución progresiva en la inclinación de las secuencias terciarias asociadas a una falla de vergencia oeste desarrollada en las vertientes occidentales de la cordillera de Catán Lil. B) Depocentro Catán Lil: estratos de crecimiento desarrollados en las sucesiones terciarias asociados a la estructuración final del anticlinal Las Coloradas (modificado de Cobbold *et al.* 2006). C) Cuenca de Collón Cura: discordancias progresivas en los depósitos terciarios asociadas a la reactivación de estructuras extensionales paleógenas. D) Columnas sedimentarias representativas de los diferentes depocentros. Edades citadas en el texto.

realizadas en las intercalaciones volcánicas, estando bien constreñidas en el depocentro Lonquimay, donde arrojan edades de entre 9,5 y 7,8 Ma (Suárez & Emparán 1997). Hacia el sur, las edades van de los 10 a los 8,6 Ma (Valencio *et al.* 1970; Vattuone & Latorre, 1998; Linares & González, 1990), mientras que en la porción septentrional de la cuenca de Collón Cura, distintos miembros ignimbríticos arrojan valores de entre 14 y 7,4 Ma (Marshall *et al.* 1977; Cazau *et al.* 1989; Linares & González 1990; Mazzoni & Rapela 1991; González Díaz *et al.* 1990, entre otros).

El carácter sintectónico de estas secuencias está documentado en diferentes sitios correspondientes a cada uno de estos depocentros, siendo frecuentes las relaciones de traslape respecto de diferentes estructuras contrac-

cionales reactivadas durante el último evento de deformación, como también las discordancias progresivas asociadas al crecimiento de estructuras (Fig. 6) (García Morabito 2010; García Morabito *et al.* 2010). Al sur del depocentro Catán Lil, donde un conjunto de pequeños bolsones se encuentran alojados en torno a las estructuras cretácicas, un conjunto de basaltos con edades de entre 6,7 y 4,3 Ma (Linares *et al.* 1991; Suárez & Emparán, 1997; Vattuone & Latorre, 1998; Linares *et al.* 1999; Re *et al.* 2000) se encuentran asimismo afectados por los últimos pulsos de deformación. Al norte, niveles del mismo rango de edades se encuentran sellando la deformación contractional, lo que evidencia un rejuvenecimiento gradual de la deformación hacia el sur.

Sobre la base de estas relaciones tectonoestratigráficas, es posible acotar el último evento de deformación al Mioceno tardío – Plioceno temprano. Mas precisamente a un lapso comprendido entre los 11 y los 5,6 Ma para el segmento norte, entre los 10 y los 6,2 Ma para el segmento central, y entre los 8 y los 4,3 Ma para el segmento austral (García Morabito 2010). Una serie de datos termocronológicos con edades entre los 11.3 y los 7.43 Ma (Gräfe *et al.* 2002; Thomson *et al.* 2010), avalan estas edades de deformación.

## EVOLUCIÓN TECTÓNICA EN EL CONTEXTO DE LOS ANDES NORPATAGÓNICOS

El inicio de la deformación andina se produce con posterioridad a un primer evento de deformación regional desarrollado en diferentes etapas entre el Jurásico inferior a medio y el Cretácico inferior, bien documentado en la actividad de un conjunto de estructuras NE y este-oeste que representan la prolongación occidental de la dorsal de Huinca dentro del sistema precordillerano del sur neuquino, como también en subsuelo hacia el este (Mosquera & Ramos 2006; Silvestro & Zubiri 2008).

El emplazamiento de los granitoides cretácicos a lo largo del eje cordillerano fue seguido por una expansión del arco volcánico hacia el este, representada por la implantación del cinturón Naunauco en el marco de la Precordillera neuquina sur, constituyendo la expresión austral de aquella documentada al norte de los 38° 30' (Fig. 7) (Ramos & Folguera 2005; Zamora Valcarce *et al.* 2006), en base a la cual Ramos & Folguera (2005) propusieron una somerización de la placa subducida.

Este proceso se encuentra estrechamente vinculado al levantamiento de la Cordillera Patagónica y a la propagación de la deformación hacia el antepaís. La estructuración y generación de relieve a lo largo de amplios sectores del retroarco se expresó en el desarrollo del sistema precordillerano del sur neuquino. Este evento de deformación estuvo caracterizado por la reactivación contraccional de buena parte de las fallas normales mesozoicas, dando lugar a la estructuración de grandes bloques de basamento y a un relieve estructural significativo, y llevando a superficie buena parte de los depocentros mesozoicos. Esta fase estuvo asociada a la acumulación de depósitos sinorogénicos de los grupos Neuquén y Malargüe en el norte neuquino. Las secuencias del Grupo Neuquén registran por primera vez el aporte de circones detríticos desde el oeste, indicando procesos de levantamiento y exhumación a lo largo del arco volcánico (Ramos *et al.* 2008; Tunik *et al.* 2010), mientras que las del Grupo Malargüe se vinculan a las transgresiones atlánticas del límite K/T que ocuparan buena parte del retroarco como resultado de la carga ejercida por el desarrollo inicial de la faja plegada y corrida (Aguirre Urreta *et al.* 2010). La ausencia de los niveles superiores del Grupo Neuquén y del Grupo Malargüe en el área es consistente con el levantamiento del sistema precordillerano para el Cretácico Superior, sugiriendo que este evento de deformación fue lo suficientemente significativo como para que este segmento del retroarco constituyese un alto estructural sometido a erosión durante esta etapa.

Durante buena parte del Terciario importantes sectores del margen andino fueron afectados por una tectónica de tipo extensional que se manifestó en el desarrollo un conjunto de cuencas que concentraron espesores variables de acumulaciones volcanosedimentarias de edad oligocena – miocena temprana (Jordan *et al.* 2001; Radic *et al.* 2002; Charrier *et al.* 2002; Burns *et al.* 2006, entre otros). En el segmento aquí estudiado este episodio se expresó en el desarrollo de las cuencas de Cura Mallín y Collón Cura hacia el sur. En el marco la cuenca de Collón Cura, importantes espesores de secuencias volcanosedimentarias correspondientes a la Formación Auca Pan se depositaron entre los 33 y los 18 Ma sincrónicamente con la actividad extensional, lo que se evidencia a partir de variaciones laterales de espesor y discordancias progresivas en asociación con fallas normales reconocidas a lo largo del segmento septentrional de la cuenca (García Morabito 2010; García Morabito & Ramos 2011).

El último evento de deformación provocó la reactivación de la faja plegada y corrida tanto en sus dominios internos como externos, dando lugar al alzamiento final del alto de Copahue – Pino Hachado y de la cordillera de Catán Lil desde los 11 Ma (García Morabito *et al.* 2010). Hacia el noroeste se produjo el cierre de la cuenca de Cura Mallín (Ramos & Folguera 2005; Melnick *et al.* 2006), mientras que en el segmento austral se produjo simultáneamente el cierre de la cuenca de Collón Cura, y su pasaje progresivo a una cuenca intermontana vinculada a una tectónica compresiva. Durante esta etapa la Cordillera Patagónica adquirió su configuración actual, parcialmente vinculada a la actividad a lo largo de su frente oriental.

La carga ejercida por la faja plegada y corrida durante esta etapa, resultó en el desarrollo de una serie de depocentros intermontanos estrechamente vinculados al levantamiento de bloques y a la generación de espacio de acomodación por subsidencia flexural, los cuales concentraron espesores variables de sucesiones volcanosedimentarias (García Morabito & Ramos 2008; García Morabito *et al.* 2010). Estas se depositaron esencialmente a lo largo del valle del Bio Bio – Aluminé, el cual constituyó una zona triangular de piel gruesa limitada al este y al oeste por sistemas de vergencia opuesta. Esta fase de deformación se extendió hasta el Plioceno bajo, luego de lo cual la deformación se concentró esencialmente a lo largo del arco volcánico y la región del antearco.

## CONCLUSIONES

El estudio integrado del retroarco andino a estas latitudes, ha permitido definir y caracterizar las diferentes etapas que llevaron a su configuración actual desde el Mesozoico, permitiendo determinar a su vez los alcances y la importancia relativa de cada una de las fases de deformación que llevaron al levantamiento de los principales elementos topográficos del sector en general, y de la Precordillera neuquina sur en particular.

El retroarco a estas latitudes puede ser dividido en dos dominios estructurales cuyo límite coincide con el curso de los ríos Bio Bio y Aluminé, el cual separa dos sectores de la faja plegada y corrida con vergencia opuesta y estilos estructurales diferentes. La Precordillera neuquina sur se enmarca dentro del dominio externo. Su génesis



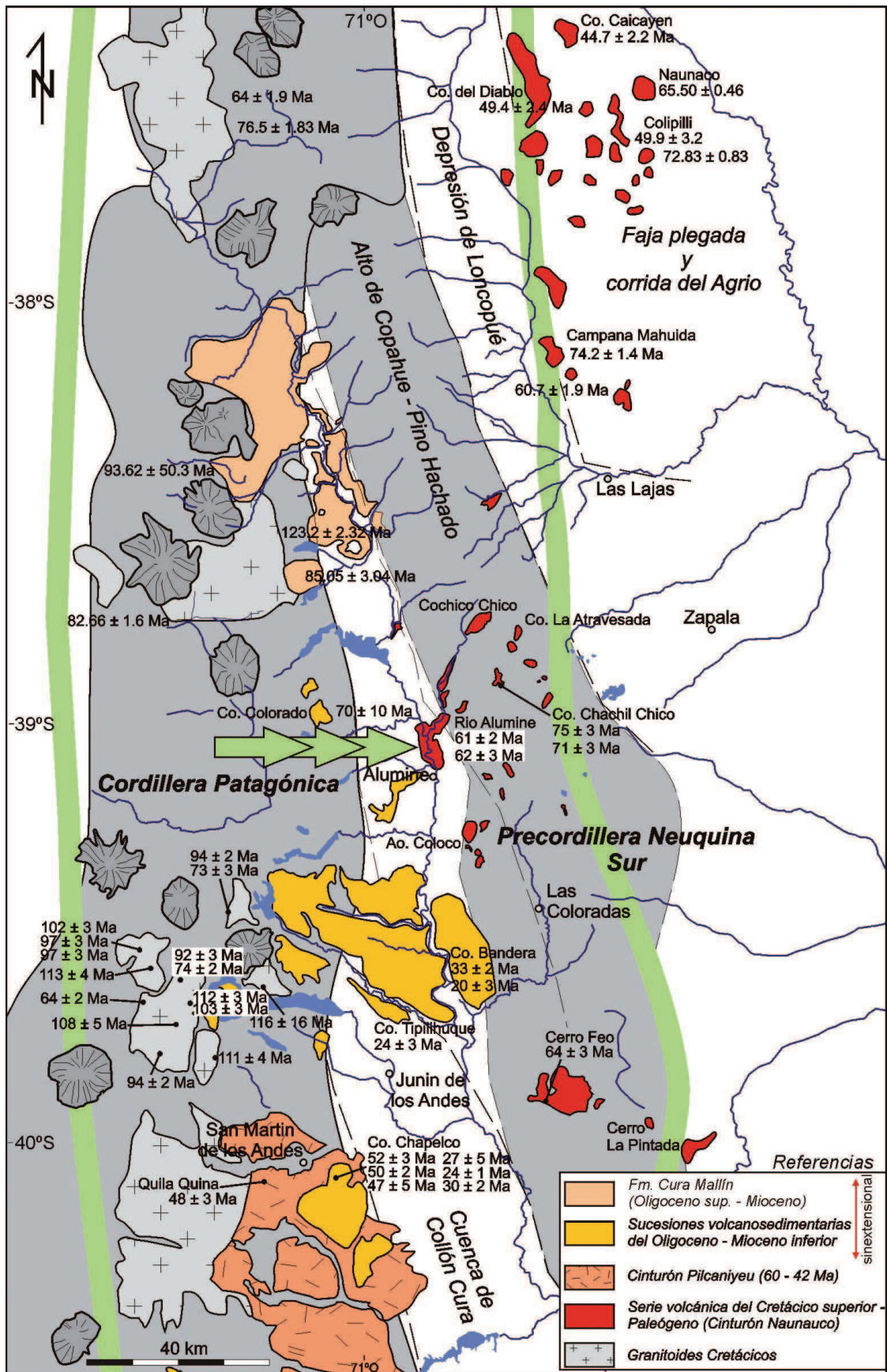


Figura 7: Distribución de las secuencias ígneas del Cretácico Superior - Paleógeno y de las sucesiones volcanosedimentarias oligo-miocenas entre los 37° y los 40°S. Las líneas de trazo grueso en verde representan la expansión del arco volcánico documentada a partir del Cretácico superior. Edades según Sillitoe (1977), Rapela *et al.* (1983, 1988), Domínguez *et al.* (1984), Llambías y Rapela (1989), Lagorio *et al.* (1998), Franchini *et al.* (2003), Zamora Valcarce *et al.* (2006) y García Morabito (2010).

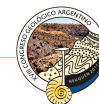
puede explicarse a partir de múltiples eventos de deformación donde la inversión tectónica de las estructuras NNO jugó un rol preponderante. El evento más significativo que condujo al levantamiento de este sistema tuvo lugar durante el Cretácico superior, asociado a una expansión del arco volcánico hacia el este. El último de ellos, desarrollado entre el Mioceno tardío y el Plioceno temprano, ha sido bien acotado temporalmente sobre la base de controles tectonoestratigráficos, permitiendo definir un modelo en el que el alzamiento final de los principales elementos topográficos del sector entre los 11 y los 4,3 Ma originó una serie de depocentros intermontanos donde se depositaron las secuencias sinorogénicas y sintectónicas terciarias. Ambos eventos estuvieron separados por una etapa caracterizada por una actividad de tipo extensional, la cual se expresó en el desarrollo de las cuencas de Cura Mallín y Collón Cura. En el ámbito de esta última, importantes espesores de sucesiones volcanosedimentarias se acumularon bajo un control estructural entre los 33 y los 18 Ma.

### Agradecimientos

Esta es la contribución C-27 del Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber de la Universidad de Buenos Aires.

### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aguirre Urreta, B., Tunik, M., Naipauer, M., Pazos, P., Ottone, E., Fanning, M. & Ramos, V.A. 2010. Malargüe Group (Maastrichtian-Danian) deposits in the Neuquén Andes, Argentina: Implications for the onset of the first Atlantic transgression related to Western Gondwana break-up. *Gondwana Research* (en prensa).
- Burns, W.M., Jordan, T.E., Copeland, P. & Kelley, S.A. 2006. The case for extensional tectonics in the Oligocene-Miocene Southern Andes as recorded in the Cura Mallín basin (36°-38°S), En: Kay, S.M. & Ramos, V.A. (Eds): *Evolution of an Andean margin: a tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin* (35°-39° lat), Geological Society of America Special Paper 407: 163-184.
- Cazau, L., Mancini, D., Cangini, J. & Spalletti, L. 1989. Cuenca de Ñirihuau. En: Chebli, G. & Spalletti, L. (Eds.): *Cuencas Sedimentarias Argentinas, Serie Correlación Geológica: San Miguel de Tucumán*, Instituto Superior de Correlación Geológica, Universidad Nacional de Tucumán, p. 299-318.
- Charrier, R., Baeza, O., Elgueta, S., Flynn, J., Gans, P., Kay, S., Muñoz, N., Wyss, A. & Zurita, E. 2002. Evidence for Cenozoic extensional basin development and tectonic inversion south of the flat-slab segment, southern Central Andes, Chile (33°-36°SL). *Journal of South American Earth Sciences* 15: 117-139.
- Cucchi, R., Leanza, H.A., Repol, D., Escosteguy, L., González, R., & Daniela, J.C. 2006. Hoja Geológica 3972-IV, Junín de los Andes, provincia del Neuquén. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 357, 102 p. Buenos Aires.
- Domínguez, E., Aliotta, G., Garrido, M., Daniela, J. C., Ronconi, N., Casé, A. M. & Palacios, M., 1984. Los Maitenes-El Salvaje. Un sistema hidrotermal tipo porfírico. 9º Congreso Geológico Argentino (Bariloche), Actas 7: 443-458.
- Franchini, M., López-Escobar, L., Schalamuk, I. B. A. & Meinert, L., 2003. Magmatic characteristics of the Paleocene Cerro Nevazón region and other Cretaceous to Early Tertiary cal-alkaline subvolcanic to plutonic units in the Neuquén Andes, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*. 16: 399-421.
- Franzese, J.R., & Spalletti, L.A. 2001. Late Triassic-early Jurassic continental extension in southwestern Gondwana: tectonic segmentation and pre-break-up rifting. *Journal of South American Earth Sciences*, 14: 257-270.
- García Morabito, E. 2010. Tectónica y estructura del retroarco andino entre los 38°15' y los 40°00'S. Tesis doctoral (inédita), Facultad de Cs. Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 284 p.
- García Morabito, E. & Ramos, V.A. 2008. Block uplift and intermontane Basin development in the Northern Patagonian Andes (38°-40° S). 7º International Symposium of Andean Geodynamics (ISAG). (Extended Abstracts), Nice, France.
- García Morabito, E., Götze, H.J. & Ramos, V.A. 2010. Tertiary tectonics of the Patagonian Andes retro-arc area between 38° 15' and 40° S latitude. *Tectonophysics*. doi: 10.1016/j.tecto.2010.10.020.
- García Morabito, E. & Ramos, V.A. 2011. La cuenca de Collón Cura en el marco de los depocentros intermontanos del sur de Neuquén. 18º Congreso Geológico Argentino, Neuquén.
- González Díaz, E.F., Ostera, H.A., Riggi, J.C. & Fauque, L. 1990. Una propuesta temporal acerca del Miembro Limay Chico (Ex «Rionegrense») de la Formación Caleufú, en el valle del río Collón Curá y adyacencias (SE de Neuquén). 11º Congreso Geológico Argentino (San Juan), Actas 2, 243-246.
- Gräfe, K., Glodny, J., Seifert, W., Rosenau, M. & Ehtler, H. 2002. Apatite fission track thermochronology of granitoids at the south Chilean active continental margin (37°-42° S): Implications for denudation, tectonics and mass transfer since the Cretaceous, in 5th International Symposium of Andean Geodynamics [extended abstracts]: IRD (Institut de Recherche pour le Développement) Toulouse, France, 275-278.
- Jordan, T., Burns, W., Veiga, R., Pángaro, F., Copeland, P., Kelley, S. & Mpodozis, C. 2001. Extension and basin formation in the Southern Andes caused by increased convergence rate: A Mid-Cenozoic trigger for the Andes. *Tectonics* 20 (3), 308-324.
- Kay, S.M., Mpodozis, C., Ramos, V.A. & Munizaga, F. 1991. Magma source variations for mid to late Tertiary volcanic rocks erupted over a shallowing subduction zone and through a thickening crust in the Main Andean Cordillera (28°-33°S). En: Harmon, R.S. & Rapela, C. (Eds): *Andean Magmatism and its Tectonic Setting*. Geological Society of America, Special Paper, 265: 113-137.
- Lagorio, S., Montenegro, G. Massafiero & Vattuone, M.E. 1998. Edad y geoquímica de las ignimbritas de Aluminé, provincia del Neuquén, Argentina. 10º Congreso Latinoamericano de Geología Económica, Actas 2: 231-325. Buenos Aires.
- Leanza, H.A., Repol, D., Ecosteguy, L & Salvarredy Aranguren, M. 2003. Estratigrafía del Mesozoico en la comarca de Fortín 1º de Mayo, cuenca Neuquina sudoccidental, Argentina. SEGEMAR, Serie Contribuciones Técnicas, Geología 1: 1-21. Buenos Aires.
- Linares, E. & González, R.R. 1990. Catálogo de edades radiométricas de la República Argentina 1957-1987. Asociación Geológica Argentina, Publicaciones Especiales Serie B, Didáctica y Complementaria 19: 1-628.
- Linares, E., González Díaz, E.F., Ostera, H.A. & Cagnoni, M.C. 1991. Reconsideración temporal (K-Ar) de las rocas basálticas cenozoicas del sector neuquino comprendido entre los pa-



- ralelos 40° y 40° 30' S y los meridianos 70° y 70° 45' W, Argentina. 6º Congreso Geológico Chileno. Viña del Mar. Resúmenes expandidos. 621-625.
- Linares, E., Ostera, H.A. & Mas, L., 1999. Cronología potasio-argón del complejo efusivo Copahue-Caviahue, provincia de Neuquén: Revista de la Asociación Geológica Argentina 54: 240-247.
- Llambías, E.J. & Rapela, C.W. 1989. Las vulcanitas de Colipilli, Neuquén (37° S) y su relación con otras unidades paleógenas de la cordillera. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 44(1-4): 224-236.
- Mazzoni, M.M. & Rapela, C.W. 1991. Características químicas e isotópicas de ignimbritas miocenas. Andes patagónicos septentrionales (SVZ), Argentina. 6º Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 125-128.
- Marshall, L.G., Pascual, L., Curtis, G.H. & Drake, R.E. 1977. South American Geochronology Radiometric Time Scale for Middle to Late Tertiary Mammal-Bearing Horizonts in Patagonia. Science, 195: 325-1328.
- Melnick, D., Rosenau, M., Folguera, A. & Echtler, H. 2006. Neogene tectonic evolution of the Neuquén Andes western flank. En: Kay, S.M. & Ramos, V.A. (Eds.): Evolution of an Andean margin: a tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39° S). Geological Society of America Special Paper 407: 73-95.
- Mosquera, A. & Ramos, V.A. 2006. Intraplate deformation in the Neuquén Embayment. En: Kay, S.M. & Ramos, V.A. (Eds.): Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39° S). Geological Society of America Special Paper 407: 97-124.
- Muñoz, J. & Stern, C. 1988. The Quaternary volcanic belt of the southern continental margin of South America: Transverse structural and petrochemical variations across the segment between 38° and 39° S. Journal of South American Earth Science 1 (2): 147-161.
- Radic, J.P., Rojas, L., Carpinelli, A. & Zurita, E. 2002. Evolución tectónica de la cuenca Terciaria de Cura Mallín, Región Cordillerana Argentino-Chilena (36° 30'-39° S): 14º Congreso Geológico Argentino (El Calafate) 15: 233-241.
- Ramos, V.A. & Folguera, A. 2005. Tectonic evolution of the Andes of Neuquén: constraints derived from the magmatic arc and foreland deformation. En: Veiga, G., Howell, A., Schwarz, E. & Spalletti, L. (Eds.): The Neuquén Basin: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics. The Geological Society, Special Publication 252: 15-35, London.
- Ramos V.A., Pimentel M. & Tunik M. 2008. Late Cretaceous synorogenic deposits of the Neuquén Basin (36-39° S): Age constraints from U-Pb dating in detrital zircons. En: Proceedings 7º International Symposium on Andean Geodynamics 423-426. Nize.
- Rapela, C. W., Spalletti, L. & Merodio, J. 1983. Evolución magmática y geotectónica de la Serie Andesítica» andina (Paleoceno-Eoceno) en la Cordillera Norpatagónica. Revista de la Asociación Geológica Argentina 38: 469-484.
- Rapela, C., Spalletti, L., Merodio, J. & Aragón, E., 1988. Temporal evolution and spatial variation of early Tertiary volcanism in the Patagonian Andes (40° S – 42° 30' S), Journal of South American Earth Sciences 1: 75-88.
- Re, G.H., Geuna, S.E. & Lopez Martinez, M. 2000. Geoquímica y geocronología de los basaltos neógenos de la región de Aluminé (Neuquén – Argentina). 9º Congreso Geológico Chileno, Puerto Varas. 2: 62-66.
- Sillitoe, R., 1977. Permo - Carboniferous – Upper Cretaceous and Miocene Porphyry Copper type mineralization in the Argentinean Andes. Economic Geology 72: 99-109.
- Silvestro, J. & Zubiri, M. 2008. Convergencia oblicua: modelo estructural alternativo para la Dorsal Neuquina (39° S) – Neuquén. Revista de la Asociación Geológica Argentina 63 (1): 49-64.
- Suárez, M. & Emparán, C. 1995. The stratigraphy, geochronology and paleogeography of a Miocene fresh-water interarc basin, southern Chile, Journal of South American Earth Sciences 8: 17-31.
- Suárez, M. & Emparán, C. 1997. Hoja Curacautín. Regiones de la Araucanía y del Bio-Bio. Carta Geológica de Chile, 1:250.000, Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, 71: 1-105.
- Thomson, S.N., Brandon, M.T., Reiners, P.W., Vásquez, C. & Tomkin, J.H. 2008. Thermochronologic evidence for a poleward transition from destructive to constructive glacial control on mountain building: an example from the Patagonian Andes. En: Garver, J.I. & Montario, M.J. (Eds.): Proceedings from the 11º International Conference on Thermochronometry, Anchorage, Alaska, Sept. 2008, 232-235.
- Thomson, S.N., Brandon, M.T., Tomkin, J.H., Reiners, P.W., Vásquez, C. & Wilson, N.J. 2010. Glaciation as a destructive and constructive control on mountain building. Nature 467: 313-317.
- Tunik, M., Folguera, A., Naipauer, M., Pimentel, M. & Ramos, V.A. 2010. Early uplift and orogenic deformation in the Neuquén Basin: Constraints on the Andean uplift from U-Pb and Hf isotopic data of detrital zircons. Tectonophysics 489: 258-273.
- Valencio, D., Linares, E. & Creer, K.M. 1970. Paleomagnetismo y edades geológicas de algunos basaltos terciarios y cuaternarios de Mendoza y Neuquén. 4º Jornadas Geológicas Argentinas (Mendoza, 1969), Actas 2: 397-415.
- Vattuone, M.E. & Latorre, C.E. 1998. Caracterización geoquímica y edad K/Ar de basaltos del Terciario superior de Aluminé. Neuquén. 10º Congreso Latinoamericano de Geología y 6º Congreso Nacional de Geología Económica, Buenos Aires. 2: 184-190.
- Vergani, G.D., Tankard, A.J., Belotti, H.J. & Welsink, H.J. 1995. Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. En: Tankard, A.J., Suárez Soruco, R. & Welsink, H.J. (Eds.): Petroleum Basins of South America, AAPG Memoirs 62: 383-402.
- Zamora Valcarce, G., Zapata, T., Del Pino, D. & Ansa, A. 2006. Structural evolution and magmatic characteristics of the Agrio Fol.-and-thrust belt. En: Kay, S.M. & Ramos, V.A. (Eds.): Evolution of an Andean margin: A tectonic and magmatic view from the Andes to the Neuquén Basin (35°-39° lat): Geological Society of America Special Paper 407: 125-145.
- Zapata, T.R., Brissón, I. & Dzelalija, F. 1999. La estructura de la faja plegada y corrida andina en relación con el control del basamento de la Cuenca Neuquina. Boletín de Informaciones Petroleras, Tercera Época 16 (60): 112- 121.
- Zapata, T. & Folguera, A. 2005. Tectonic evolution of the Andean Fold and Thrust Belt of the southern Neuquén Basin, Argentina. En: Veiga, G., Howell, A., Schwarz, E. & Spalletti, L. (Eds.): The Neuquén Basin: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics. The Geological Society, Special Publication 252: 37-56

