

La cuenca de antepaís terciaria asociada a la faja plegada y corrida de los Andes Patagónicos entre los 41° y 42° S, SO de Argentina

The Cenozoic Foreland Basin of the Andean Patagonian Foreland Thrust and Fold Belt, between 41 and 42° S, SW Argentina

R. GIACOSA ⁽¹⁾ y N. HEREDIA ⁽²⁾

(1) Servicio Geológico y Minero Argentino. Apdo. 38B, A-9003 Comodoro Rivadavia, Argentina.

(2) Instituto Tecnológico Geominero de España, Avda. República Argentina 30 1°B, E-24004 León, España.

RESUMEN

En este trabajo se presentan datos sobre las características estructurales de la faja plegada y corrida Andina entre los 41° y 42° S dentro de los denominados Andes Patagónicos Septentrionales (Cordillera Norpatagónica) de Argentina, y se esbozan las principales características de las sedimentitas que conforman la Cuenca de Antepaís del Ñirihuau, asociada a la migración del frente orogénico cordillerano hacia el Este durante el Terciario. Se presenta además una interpretación tectosedimentaria y una correlación de las diferentes unidades litoestratigráficas que tradicionalmente se habían diferenciado en esta cuenca.

Palabras Clave: Andes Patagónicos. Cabalgamientos. Cuenca de Antepaís. Tectónica-Sedimentación.

ABSTRACT

In Argentina, between 41°-42° S and related to the Andean Patagonian fold and thrust belt, two synorogenic sedimentary sequences were deposited in the Tertiary foreland basin. They represent different moments of the eastward migration of the orogenic front, during upper Eocene to Mio-Pliocene times.

The units within the sequence have a characteristic wedge shape, and the proximal facies on the west, prograde to the east and cover the lower distal-medium facies. Structural relationships display discordant boundaries near the active orogenic front, which progressively change to concordant towards the foreland.

Eocene-Oligocene volcano-sedimentary basal sequence contains marine intercalations with Pacific affinities, while Oligocene-lower Pliocene upper sequence has a sedimentary-pyroclastic composition. Based on the age and geometrical characteristics, we proposed

a preliminary correlation between proximal to distal facies in the synorogenic formations, and the well known lithostratigraphic units outcropping in the El Bolsón valley and the Ñirihuaú-Collón Cura basin.

Keywords: Patagonic Andes. Thrust and Fold Belt. Foreland Basin. Tectonosedimentation.

EXTENDED ABSTRACT

In Argentina, between 41°-42° S and related to the Andean Patagonian fold and thrust belt, two synorogenic sedimentary sequences were deposited in the Tertiary foreland basin (Ñirihuaú basin). The synorogenic sequences lie unconformably over a metamorphic basement (Upper proterozoic-Lower Paleozoic) and also over a mesozoic preorogenic sequence. The preorogenic sequence is formed in relationship to an extensional tectonic event in the Jurassic-Cretaceous, and is constituted by volcanic and sedimentary rocks intruded by large batholiths, called Cordilleran Batholith (Cretaceous) and Precordilleran Batholith (Jurassic).

The Eocene-Oligocene volcano-sedimentary basal synorogenic sequence is composed of the Ventana and Mallín Ahogado Formations and contains marine intercalations with Pacific affinities. The Oligocene-lower Pliocene upper sequence has a sedimentary-pyroclastic composition with interbedded marine sedimentary rocks, related to several Atlantic transgressions. This upper sequence includes the Ñirihuaú, Collón Curá and Martín Formations.

The synorogenic sequences represent different moments of the eastward migration of the orogenic front, during upper Eocene to Mio-Pliocene times. The units within the sequences have a characteristic wedge shape, and the proximal facies on the west, prograde to the east and cover the lower distal-medium facies. Structural relationships display discordant boundaries near the active orogenic front, which progressively change to concordant towards the foreland. Based on the age and geometrical characteristics, we proposed a preliminary correlation between proximal and distal facies in the synorogenic formations, and the well known lithostratigraphic units outcropping in the El Bolsón valley and the Ñirihuaú-Collón Cura basin.

Eastward vergent structures from two different orogenic cycles can be differentiated in the study area, one of Precambrian-Cambrian age and another of Mesozoic-Tertiary age (Andean Orogenic Cycle). The Precambrian-Cambrian orogenic cycle presents a characteristic polyphasic deformation developed in low-medium metamorphic conditions. The main structures are shear zones with mylonitic fabrics at the base. These shear zones are generally west dipping, and generate the regional schistosity (S₂). The Andean Orogenic Cycle is responsible for the tectonic construction of the Patagonian Cordillera. In this cycle two main stages can be distinguished: the first one is an extensional episode, starting in the Jurassic and concluding in the Cretaceous. The second stage is a compressional episode, which lasts from the lower Tertiary to the Quaternary, resulting in the inversion of the previous extensional features. The compressional stage developed in non-metamorphic conditions, with a "thin skinned" deformation style. The most important compressional structures are reverse faults in the western part, and imbricate thrusts with related folds in the Ñirihuaú Basin (Eastern part). The tectonic transport of the reverse faults and thrust is to East; and the general propagation mechanism seems to be forward, as evidenced by the migration towards the East of the synorogenic formations depocenters.

The Atlantic transgressions coincide with maximums in the tectonic thickening, that produce the subsidence and immersion of a large part of the foreland.

INTRODUCCIÓN

La zona de estudio se sitúa al Oeste de la Provincia de Río Negro, en la parte sur de la República Argentina (Fig. 1). Más concretamente, se localiza en la denominada Cordillera Andina Patagónica, entre los lagos

Nahuel Huapi y Puelo. Su cumbre más destacada es el Cerro Tronador (3.478 m) (Figs. 1 y 2), situado en el límite con Chile y que presenta formaciones glaciares muy características.

Desde el punto de vista geológico se sitúa en gran

parte dentro de la unidad morfoestructural denominada Cordillera Andina Norpatagónica y su Cuenca de Antepaís (Cuenca del Ñirihuau), con un pequeño sector, en su esquina nororiental, que se incluye dentro del Macizo Norpatagónico, que constituye el Antepaís (Fig. 2) de este sector de la cordillera andina.

Objetivos y métodos

Los objetivos fundamentales de este trabajo se centran en la identificación de los diferentes eventos tectónicos que afectan a las rocas de la Cordillera Norpatagónica en el área investigada, la descripción de las características geométricas y cinemáticas de los mismos y la discusión de sus relaciones genéticas con las unidades estratigráficas identificadas, con especial énfasis en las relaciones que existen entre el levantamiento tectónico andino de edad terciaria y las secuencias sedimentarias de la Cuenca de Antepaís del Ñirihuau.

Los métodos de trabajo empleados han sido los característicos del análisis de áreas de cuenca de antepaís con corrimientos y pliegues asociados: diferenciación cartográfica de unidades estratigráficas separadas por discordancias, correlación de estas en los distintos segmentos conservados de la cuenca de antepaís, análisis geométrico y cinemático de las estructuras tectónicas a todas las escalas, construcción de perfiles o cortes geológicos profundos apoyados por información sísmica y, por último, correlación de los eventos tectónicos con los sedimentarios de la etapa sinorogénica.

El presente artículo se basa en el trabajo de campo realizado para el levantamiento geológico a escala 1:250.000 de la Hoja n° 4172-IV (San Carlos de Bariloche) dentro del Proyecto "Río Negro", que el Servicio Geológico y Minero Argentino realizó con la colaboración del Instituto Tecnológico Geominero de España.

ESTRATIGRAFÍA

Los estudios previos referidos a aspectos petrológicos, estratigráficos, paleontológicos y sedimentarios de las rocas que integran la Cordillera Norpatagónica y la Cuenca del Ñirihuau son cuantiosos, sobre todo de esta última, habida cuenta del interés carbonífero y petrolero que presentaba. De particular interés, ya que abordan la tectónica y la evolución tectosedimentaria de esta zona, son los estudios de Ramos (1981), Ramos y Cortés

(1984), Cazau et al. (1989) Spalletti y Dalla Salda (1996), y Diraison et al. (1996).

El área de estudio está caracterizada (Giacosa et al., 1998) por un basamento metamórfico de grado medio-alto (Fig. 2) con intrusiones sintectónicas del Proterozoico superior, que culminó su evolución en los comienzos del Paleozoico inferior con la intrusión de plutonitas tarditectónicas. La exposición actual de este basamento está estrechamente ligada a los sistemas de corrimientos andinos de edad terciaria.

Durante el Jurásico, asociadas con un régimen claramente extensional, se acumularon en el sector cordillerano más interno (occidental) potentes sucesiones volcanoclásticas andesíticas (Fig. 2), entre las que se intercalan algunas sedimentitas clásticas de origen marino (Grupo Huemul). Estas rocas se apoyan discordantemente sobre los materiales del basamento previamente estructurado, aunque en la mayor parte de los casos afloran como "roof pendants" (Fig. 3) entre los granitoides cretácicos que constituyen el Batolito Cordillerano. El Grupo Huemul aflora únicamente en el sector situado al Oeste de la zona de fractura Serrucho-Cerro Catedral (Fig. 1), que constituyó probablemente una zona deprimida o "graben" durante la extensión mesozoica. Casi al mismo tiempo, en el bloque oriental de esta fractura se produjo la intrusión de los granitos y granodioritas que forman el Batolito Patagónico Subcordillerano (Fig. 2), el cual se habría emplazado en el bloque elevado ("horst") y constituiría el equivalente plutónico de las vulcanitas del Grupo Huemul. En el Cretácico la actividad magmática se traslada hacia el Oeste, en las cercanías del actual eje cordillerano, produciéndose en este sector la intrusión de grandes masas de granodioritas y tonalitas que dieron lugar al Batolito Patagónico Cordillerano (Fig. 2). En esta misma época, al Este, en la zona extrandina (Macizo Norpatagónico), se acumularon sedimentitas continentales en pequeñas cuencas de génesis transtensiva ligadas a la falla de Pilcaniyeu (Figs. 1 y 2).

En el Cenozoico, y en directa relación con la Orogénesis Andina, se desarrollaron en el sector preandino y extrandino de este área espesas secuencias volcánicas y sedimentarias, ligadas a la génesis de una Cuenca de Antepaís. Entre ellas, cabe mencionar el extenso volcanismo bimodal del Eoceno superior-Oligoceno y las sedimentitas, fundamentalmente continentales, del Oligoceno-Plioceno. La actividad magmática del Neógeno está representada por pequeñas intrusiones graníticas y efusiones basálticas (Fig. 2).

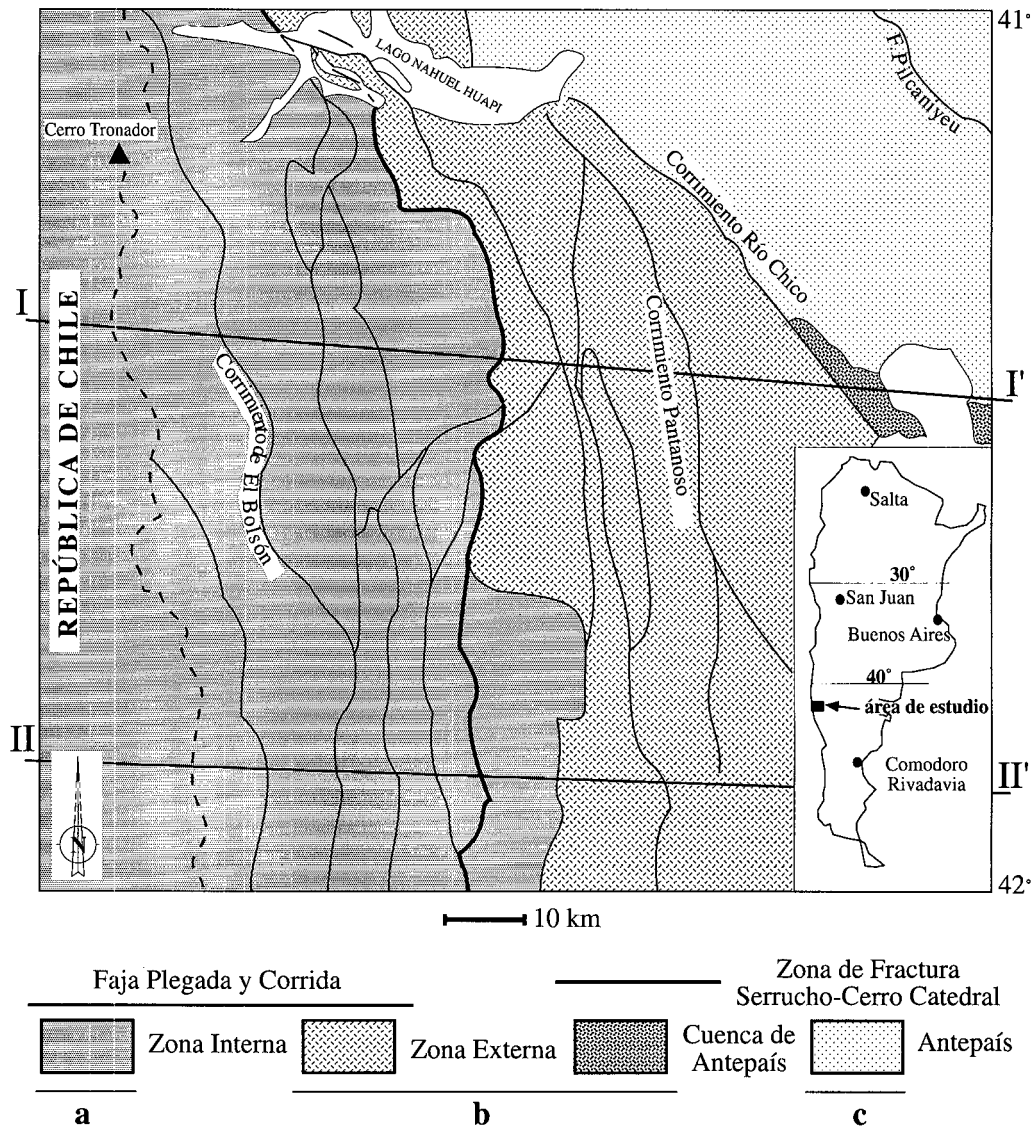


Figura 1. Esquema de situación y tectónico del área estudiada. Unidades Morfoestructurales: a) Cordillera Norpatagónica, b) Cuenca del Ñirihuau, c) Macizo Norpatagónico.

Figure 1. Geographic location and tectonic sketch of the studied area. Morphostructural units: a) Norpatagnic Cordillera, b) Ñirihuau Basin, c) Norpatagonic Massif.

ESTRUCTURA

El basamento metamórfico premesozoico (Proterozoico superior-Cámbrico inferior) presenta una deformación polifásica, desarrollada en condiciones dúctiles a frágil-dúctiles, donde la foliación metamórfica dominante (S2) tiene rumbo NNO-SSE, con buzamientos entre 20 y 40° al Oeste (en los afloramientos cordilleranos de la parte N y Central) y E-O, con buzamientos entre 50 y 80° al S (en la parte meridional). Esta foliación regional está

asociada a potentes zonas de cizalla inclinadas al Oeste, que cerca de su base presentan fábricas miloníticas muy bien desarrolladas; son comunes también las lineaciones de estiramiento y micropliegues, algunos de ellos con ejes curvos, que permiten obtener una dirección media de transporte del bloque de techo hacia el E-ENE. Aunque la disposición de estas zonas de cizalla es en parte efecto de la tectónica andina posterior, podría ser que las cizallas de rumbo E-O representasen estructuras de acomodación lateral de las NNO-SSE, que están más generalizadas.

En la parte noreste, sobreimpuesta a la foliación S2 se desarrollan fajas discretas de cizalla dúctil transcurrente de rumbo N70°-80° E y una notable lineación de estiramiento subhorizontal.

Los materiales mesozoicos, como ya se ha dicho anteriormente, presentan evidencias de haberse depositado en un régimen tectónico extensional con fracturas que hundieron el bloque occidental en el sector cordillerano (fractura Serrucho-Cerro Catedral) y fracturas cuyo bloque hundido es el oriental en el sector extrandino (Falla de Pilcaniyeu). En el sector extrandino, este régimen habría estado combinado en algunos casos con desplazamientos transcurrentes que permitieron el emplazamiento en niveles corticales altos de algunos plutones graníticos (Giacosa et al., 1998).

El marco tectónico en el Terciario para los Andes argentinos entre los 41° y 42° S es claramente compresivo, caracterizado de Oeste a Este por la presencia de una Faja Corrida y Plegada, una Cuenca de Antepaís y un sector externo de Antepaís (menos deformado por la Orogénesis Andina) constituido por la denominada Precordillera Patagónica (o extremo occidental del Macizo Norpatagónico para otros autores) (Fig. 1).

Dentro de la Faja Corrida y Plegada se distinguen (Fig. 1): un sector interno ubicado hacia el Oeste, donde las estructuras más representativas son corrimientos y retrocorrimientos sobre rocas del basamento premesozoico y graníticas mesozoicas, y un sector externo, con corrimientos y pliegues asociados que afectan a rocas volcánicas y sedimentarias bien estratificadas de la secuencia sinorogénica de la Cuenca de Antepaís.

Estas estructuras caracterizan un sistema imbricado de corrimientos con transporte general hacia el Este, entre los que aparece un segundo sistema de vergencia opuesta que constituyen retrocorrimientos de los anteriores (Fig. 3). La superficie de corrimiento basal de este sistema de corrimientos se inclinaría ligeramente al Oeste y se localizaría aproximadamente a -15 km en la frontera chilena y a -5 km en la parte más oriental de la zona de estudio (Giacosa et al., 1998) (Fig. 3). Tanto los corrimientos como los retrocorrimientos, llevan asociadas una serie de estructuras plegadas de plano axial subvertical o ligeramente inclinado al Oeste que se desarrollan sobre todo en la secuencia sedimentaria de Cuenca de Antepaís (Fig. 3). Estos pliegues muestran un trazado subparalelo al de los corrimientos y presentan una marcada inmersión de sus ejes hacia el N en la parte meridional y NNO en la septentrional.

DESARROLLO TECTOSEDIMENTARIO DE LA CUENCA DE ANTEPAÍS

La Cuenca de Antepaís de la Cordillera de los Andes entre los 41° y 42° S se corresponde con la denominada Cuenca de Ñirihuau-Ñorquinco-Cushamen (Cazau, 1972), o más genéricamente Cuenca de Ñirihuau (Cazau et al., 1989) (Fig. 1), cuenca de edad terciaria, bastante compartimentada tectónicamente, en la que se incluyen también los afloramientos cordilleranos sedimentarios del valle de El Bolsón (Giacosa et al., 1998) (Fig. 2).

Las unidades estratigráficas sinorogénicas vinculadas al desarrollo de la Cuenca de Antepaís son, de muro a techo, y siguiendo a Giacosa et al. (1998): la Formación **Ventana** y su equivalente lateral la Formación **Mallín Ahogado**, la Formación **Ñirihuau**, la Formación **Collón Curá** y la Formación **Martín**. Estas unidades litoestratigráficas presentan entre sí contactos localmente discordantes, que se vuelven concordantes hacia el antepaís, pudiendo agruparse a su vez en dos secuencias sedimentarias distintas que se han separado en el esquema geológico de la Fig. 2 y en los cortes geológicos (Fig. 3):

- Una secuencia basal volcánico-sedimentaria, de edad Eoceno superior-Oligoceno, constituida por la Fm Ventana, de naturaleza volcánica, que hacia el Oeste se intercala con su equivalente sedimentario, la Formación Mallín Ahogado. Esta última formación presenta numerosas intercalaciones marinas que contienen faunas con posibles afinidades pacíficas (Ramos, 1982), lo que implica en ese momento la presencia por delante de la zona elevada de mares epicontinentales aislados o quizás aún conectados con el Océano Pacífico, los cuales fueron agonizando con el progresivo levantamiento de la cordillera durante el Terciario.
- La secuencia superior es eminentemente sedimentaria, tiene una edad Oligoceno-Pliocena, y está constituida de muro a techo por las formaciones Ñirihuau, Collón Curá y Martín, presentando hacia su parte superior coladas volcánicas de tipo basáltico (basaltos del Tronador y Chenqueniyeu). Las condiciones de sedimentación son eminentemente continentales, aunque aparecen algunas intercalaciones marinas de procedencia atlántica que marcan hundimientos importantes del antepaís continental, estos hundimientos permitieron el avance del Océano Atlántico cientos de kilómetros desde la actual línea de costa (Fig. 1), y se corresponden con épocas de máximos orogénicos (levantamiento) en el sector cordillerano. El emplazamiento de las exten-

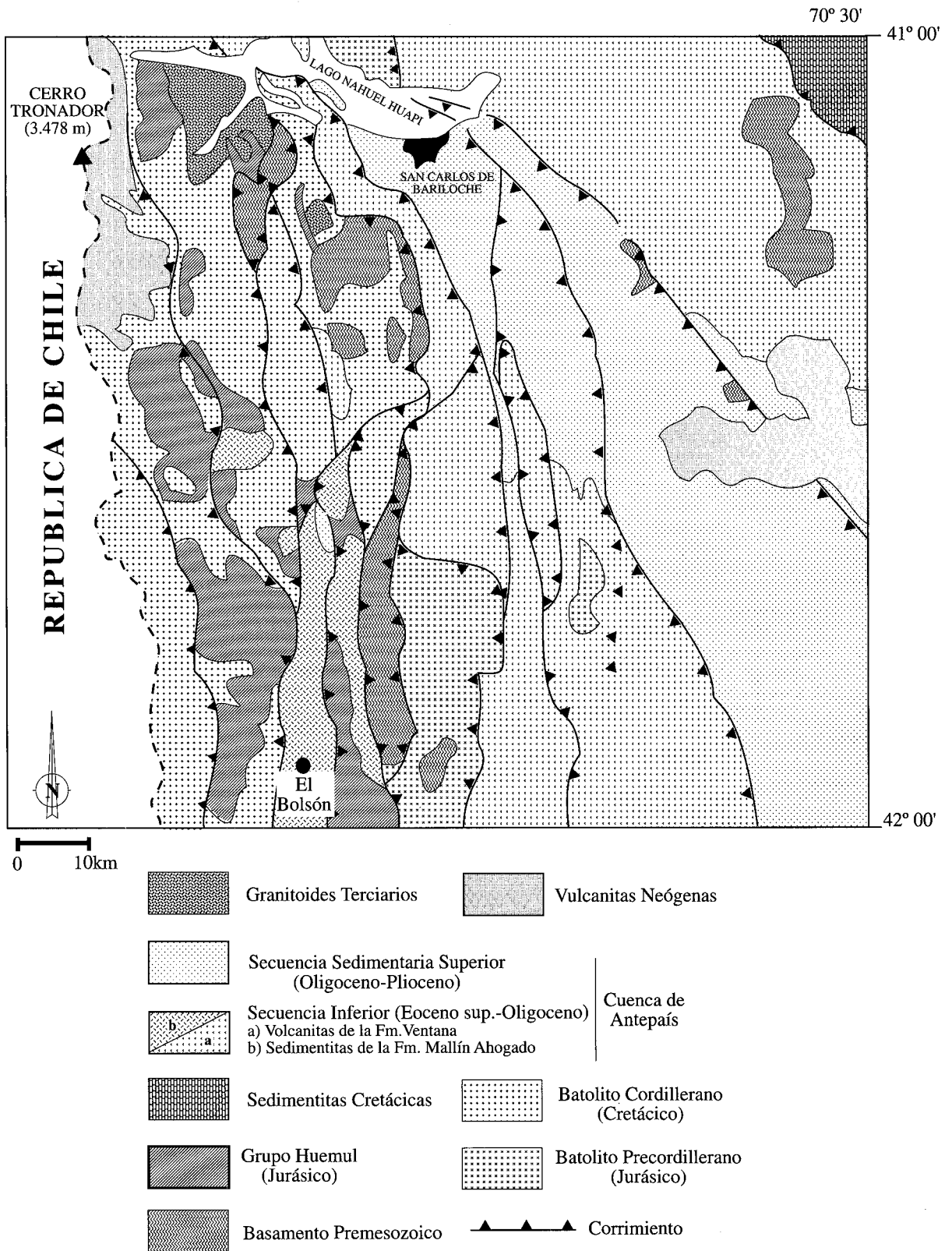


Figura 2. Mapa geológico simplificado del área de estudio.

Figure 2. Synthetic geological map of the studied area.

sas coladas basálticas coincide con periodos extensionales ligados a las etapas más recientes del proceso orogénico andino, presentando características claramente postorogénicas (fossilizan los corrimientos andinos).

Estas formaciones agrupan en algunos casos unidades litoestratigráficas de edades y posición estratigráfica similar, pero que afloraban sin conexión cartográfica y con unas características estratigráficas distintas. De este modo, la denominada Formación Mallín Ahogado incluye la Formación Río Foyel, las Lutitas del Foyel, las Sedimentitas de El Bolsón, la Formación Rincón de Cholila, el Patagoniense marino y las Capas con *Nothofagus* (entre otras); la Formación Ñirihuau incluye la Formación Ñorquinco, el Patagoniano y Pospatagoniano, el Patagoniense Continental, etc., y la Formación Collón Curá incluye a la Formación David. Se trataba en la mayor parte de los casos de facies distintas de la misma secuencia deposicional (más proximales-distales) que afloran aisladamente debido a la compartimentación tectónica de la cuenca de antepaís. Además, las rápidas variaciones verticales y laterales típicas de las secuencias de cuenca de antepaís, así como la heterocroneidad de sus límites, favoreció junto con lo anterior, la proliferación de nombres y formaciones locales dentro de la Cuenca del Ñirihuau.

En este sentido, al Oeste del corrimiento de El Bolsón (Figs. 1 y 2) aparecen varios afloramientos de conglomerados que se apoyan de forma discordante sobre un importante paleorelieve labrado sobre rocas volcánicas jurásicas y granitoides cretácicos. Estos conglomerados deben corresponder a las facies proximales de la Fm. **Mallín Ahogado**, formación que en el valle de El Bolsón se apoya también sobre vulcanitas jurásicas del Grupo Huemul (Fig. 2). Así mismo, los conglomerados que afloran ligeramente discordantes sobre la Formación **Mallín Ahogado**, al N de los afloramientos terciarios del valle de El Bolsón (anteriormente incluidos en la de la Fm. Río Foyel) y los conglomerados y areniscas de la Fm. David que se apoyan discordantemente sobre la Fm. Ñirihuau en el cerro del mismo nombre, al O del corrimiento Pantanoso (Figs. 1 y 3), se han correlacionado con facies proximales de las formaciones **Ñirihuau** y **Collón Curá** respectivamente.

Estas unidades estratigráficas así agrupadas presentan además otras características típicas de las secuencias sinorogénicas de Cuenca de Antepaís:

- Tienen forma de cuña que se adelgaza progresivamente hacia el E (Fig. 3).

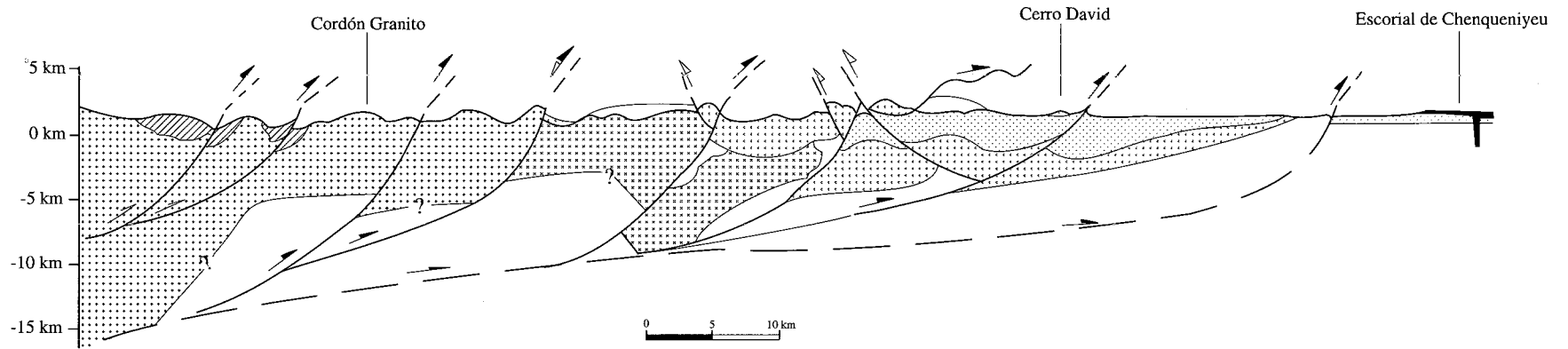
- Sus facies proximales se sitúan hacia el Oeste progradando hacia el E sobre las medias distales de las infra-yacentes.
- Presentan contactos discordantes sobre la o las infra-yacentes en sus afloramientos más occidentales, cerca del borde activo que las originó, y se vuelven concordantes hacia el antepaís (E).
- Los depocentros de los distintas formaciones sinorogénicas migran hacia techo de Oeste a Este, de manera que la Formación **Mallín Ahogado**, la más antigua, tiene su depocentro a la altura del Valle de el Bolsón, mientras que la Formación **Collón Curá**, una de las más jóvenes, lo tiene por delante del corrimiento Pantanoso, en la parte más oriental del área estudiada.

CONCLUSIONES

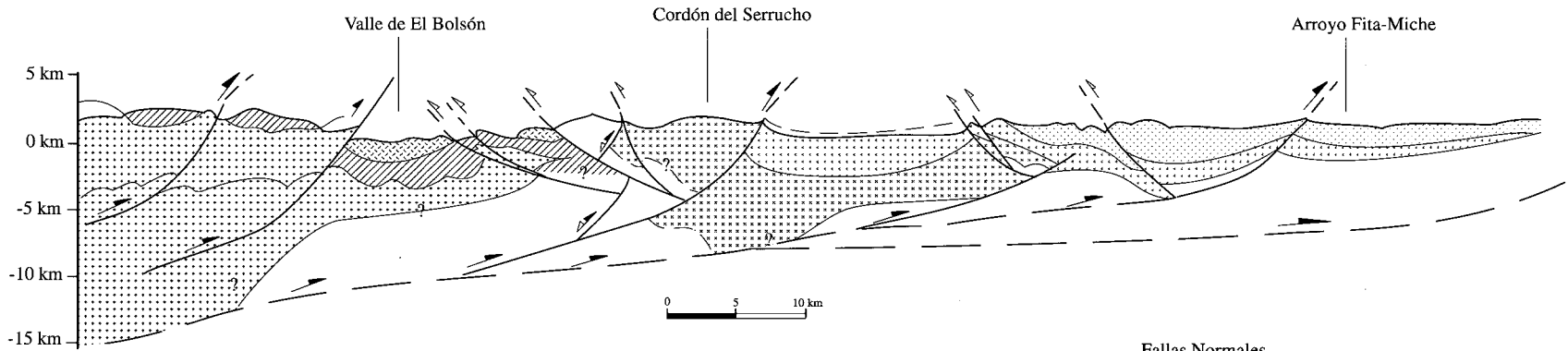
En la Cordillera Andina Patagónica entre los 41° y 42°S se han podido diferenciar hasta cinco formaciones que son sinorogénicas con el levantamiento de esta cordillera durante el Terciario (Orogenia Andina) y que son de muro a techo: la Formación **Ventana** (volcánica) y su equivalente sedimentario lateral la Formación **Mallín Ahogado**, la Formación **Ñirihuau**, la Formación **Collón Curá** y la Formación **Martín**. Estas formaciones agrupan en algunos casos unidades litoestratigráficas de edades y posición estratigráfica similar que formaban parte de la misma secuencia deposicional, pero que recibían nombres diversos por aflorar sin conexión cartográfica y con unas características estratigráficas distintas.

Estas formaciones se depositaron en una cuenca de antepaís (Cuenca del Ñirihuau) entre el Eoceno superior y el Plioceno, cuya evolución sedimentaria y tectónica está controlada por la migración hacia el E del frente cordillerano a estas latitudes. Esta migración del frente orogénico es consecuencia de la presencia de un sistema imbricado de corrimientos con dirección general de transporte hacia el E que llevan asociados algunos retrocorrimientos. Dichos corrimientos reactivan en algunos casos fallas normales mesozoicas que controlaron el depósito y distribución de los sedimentos y rocas de esa edad.

De acuerdo con las características descritas para las formaciones sinorogénicas al final del apartado anterior (posición de las facies proximales, migración de los depocentros, etc.), podemos concluir que la propagación de los corrimientos se produjo generalmente de Oeste a Este en una secuencia típicamente "hacia adelante" (forward).



I-I'



II-II'

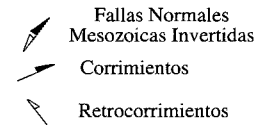
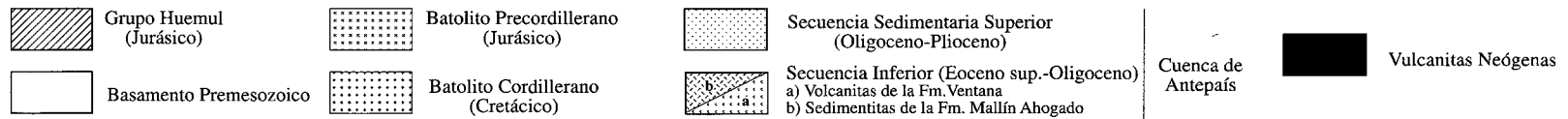


Figura 3. Cortes geológicos. Ver su localización en fig. 1.

Figure 3. Geological cross sections. See location in fig. 1.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo expresa parte de los resultados obtenidos durante la realización de la Hoja de la Carta Geológica de la República Argentina a escala 1:250.000 n° 4172-IV (San Carlos de Bariloche), en el Marco del Proyecto "Río Negro", que contó con la financiación del Gobierno de la Provincia de Río Negro, del Servicio Geológico y Minero Argentino (SEGEMAR), del Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) y de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) a través del Instituto de Cooperación Iberoamericana (ICI). Agradecemos también a los Drs. Pere Busquets y V. Ramos la lectura crítica del manuscrito original.

BIBLIOGRAFÍA

- Cazau, L., 1978. Cuenca de Ñirihuau-Ñorquinco-Cushamen. In A.F. Leanza (ed.). Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias, 727-740, Córdoba.
- Cazau, L., Mancini D., Cangini J., Spalletti, L., 1989. Cuenca de Ñirihuau. In G. Chebli y L. Spalletti (eds.). Cuencas Sedimentarias Argentinas Serie Correlación Geológica: 299-318, Tucumán.
- Dalla Salda, L., Spalletti, L., 1996. A pull-apart volcanic related Tertiary Basin, an example from the Patagonian Andes. Jour. South Amer. Earth Sci., 9 (3-4), 197-206.
- Diraison, M., Cobbold, P., Rossello, E., Amos, A., 1996. Cenozoic thrusting and right lateral wrenching in the Bariloche area, Southern Andes. In Andean Geodinamics, ORS-TOM Editions, 351-353, París.
- Giacosa, R., Heredia N., Cesari, O., 1998. Descripción geológica de la Hoja 4172-IV, (San Carlos de Bariloche). Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Buenos Aires. (Inédito).
- González Bonorino, F., González Bonorino, G., 1978. Geología de la región de San Carlos de Bariloche. Rev. Asoc. Geol. Argentina, 33 (3), 175-210, Buenos Aires.
- Ramos, V. 1981. Evaluación fotogeológica del Area de Ñirihuau. Pluspetrol Buenos Aires. (Inédito).
- Ramos, V., 1982. Las ingresiones pacíficas del terciario en el norte de la Patagonia (Argentina). Actas del III Congreso Geológico Chileno, 263-288.
- Ramos, V., Cortés, J., 1984. Estructura e interpretación tectónica. In V. Ramos (ed.). Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Río Negro , I (12), 317-346, Buenos Aires.