



LA FOSA DE LONCOPUÉ EN EL PIEDEMONTTE DE LA CORDILLERA NEUQUINA

Emilio A. Rojas Vera¹, Andrés Folguera¹, Gonzalo Zamora Valcarce², Mario Giménez³, Patricia Martínez³, Francisco Ruíz³, Germán Bottesi⁴ y Víctor A. Ramos¹

1. Laboratorio de Tectónica Andina del Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber, Universidad de Buenos Aires - CONICET erv081@yahoo.com.ar 2. Repsol exploración, Madrid 3. Instituto de Geofísica Volponi. Universidad Nacional de San Juan. CONICET 4. YPF, Buenos Aires

RESUMEN

La fosa de Loncopué se localiza sobre el retroarco neuquino entre los 36° 30' y los 39° de latitud sur. El presente capítulo se focaliza en el sector sur de dicha depresión donde actualmente se preserva un frente orogénico extensional. Estas estructuras se encuentran afectando a la parte interna de la faja plegada y corrida del Agrio, donde se reconocen dos fases de construcción orogénica: la primera desarrollada en el Cretácico superior y la segunda acaecida en el Mioceno Superior. Basado en datos geofísicos se pudo reconstruir la geometría de la fosa de Loncopué en profundidad. Se encontraron una serie de depocentros aislados de más de 8 km de profundidad que coinciden espacialmente con los sistemas de fallas que controlan la geometría de la depresión en superficie. El colapso orogénico se habría desarrollado desde el Plioceno hasta la actualidad. Antiguas estructuras extensionales vinculadas a la formación de la Cuenca Neuquina en el Triásico y de la cuenca de Cura Mallín en el Oligoceno, controlan la posición de los sistemas de fallas principales en la fosa de Loncopué.

Palabras clave: faja plegada y corrida, ambiente extensional, gravedad, estructuras de basamento

ABSTRACT

The Loncopué Trough at the foothills of the Neuquenan Andes.- The Loncopué Trough is located in the retroarc area of Neuquén between 36°30' and 39° S. This chapter focuses in the southern part of the depression where an extensional orogenic front is preserved at present time. The extensional structures are affecting the western part of the Agrio fold and thrust belt, where two main compressive regimes were developed: the first one in Late Cretaceous and the last one in Late Miocene. Based on geophysical data it was possible to reconstruct the deep geometry of the trough. A series of larger isolated depocenters that shows thicknesses more than 8 kilometers are located beneath the main fault systems that control the geometry of the depression at surface. The orogenic collapse started on Pliocene times and extent to the present. Older extensional structures related to the opening of the Neuquen and Cura Mallín basins in the Triassic and in the Oligocene are controlling the position of the main fault systems at the Loncopué trough.

Key words: Andean fold and thrust belt, extensional settings, gravity, basement structures

INTRODUCCIÓN

La fosa de Loncopué es un importante rasgo fisiográfico de los Andes Neuquinos por constituir un elemento deprimido asociado al emplazamiento de un importante volcanismo basáltico monogenético, el que ha sido asociado a una tectónica extensional en tiempos cuaternarios (Ramos 1978). El frente orogénico neuquino actual tiene características excepcionales, dado que a diferencia del resto de los Andes no presenta una tectónica compresiva. Diversos trabajos posteriores han analizado su desarrollo espacial, sus controles estructurales y su evolución cenozoica previa a la fase cuaternaria de este rasgo distintivo (Rojas Vera *et al.* 2010 y trabajos allí citados).

La fosa de Loncopué se localiza en el retroarco neuquino más precisamente entre los 36° 30' y los 39° de latitud sur, en la zona de transición entre los Andes Centrales Australes y la Cordillera Patagónica, en un segmento andino que muestra una compleja sucesión de eventos de deformación que comienzan con la apertura del engolfamiento neuquino hace 200 Ma. La fosa de Loncopué fue definida por Ramos (1978) como unidad estructural, al oeste de la faja plegada y corrida del Agrio en donde fenómenos extensionales cuaternarios habrían deprimido la estructura contraccional asociados a secuencias volcáni-

cas cuaternarias. En este sentido Yuan *et al.* (2006) a partir de estudios de sismica pasiva a los 39°S muestran un atenuamiento cortical de la corteza inferior alcanzando un espesor anómalo de 30 km debajo de la fosa de Loncopué y la faja plegada y corrida del Agrio, que coincide parcialmente con la zona propuesta de deformación extensional en superficie. García Morabito & Folguera, (2005) y Folguera *et al.* (2010) entre otros han contribuido posteriormente a la identificación de las estructuras neotectónicas que habrían formado este colapso extensional del sector occidental de la faja plegada y corrida del Agrio. Sin embargo Radic *et al.* (2002), Radic (2010) y Folguera *et al.* (2004) habían postulado anteriormente que dicha depresión coincidía espacialmente con el desarrollo de la cuenca oligocena superior a miocena inferior de Cura Mallín en el subsuelo, expuesta en la zona de altas cumbres argentina-chilena entre los 36° y los 39° de latitud sur (Fig. 1).

Sobre la base de modelos gravimétricos producto de densos relevamientos geofísicos, geología de superficie, análisis de cartas magnetométricas y sismica de reflexión (Rojas Vera *et al.* 2010) se aborda en este capítulo de manera sucinta una descripción de la geología superficial y del subsuelo de la fosa de Loncopué, determinando sus controles y su prolongada evolución en el piedemonte neuquino.

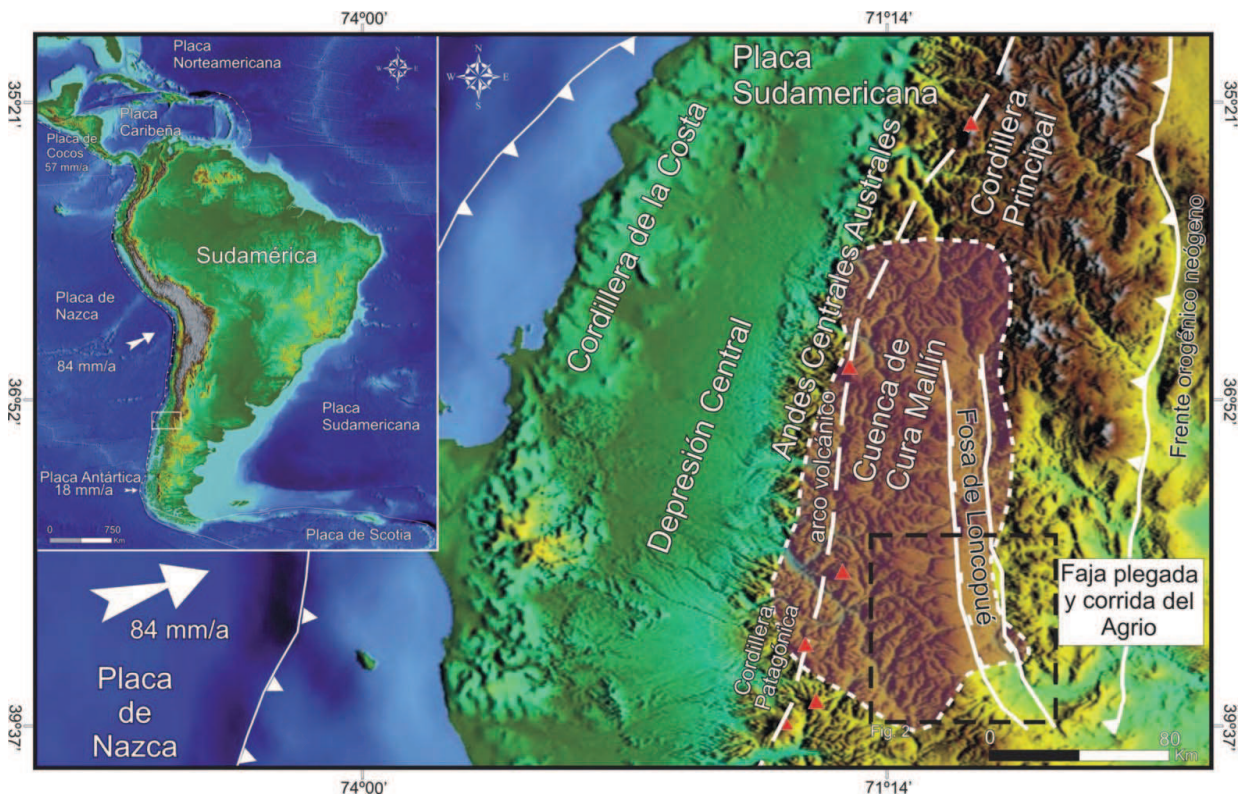


Figura 1: Localización de la fosa de Loncopué en el contexto regional del retroarco andino del Neuquén (modificado de Rojas Vera *et al.* 2010).

Marco regional de la fosa de Loncopué

La depresión de Loncopué se desarrolla con una orientación nor-noroeste desde la divisoria de agua con Chile hasta la latitud de Zapala. En su parte septentrional esta segmentada por el desarrollo de la cordillera de Mandolegüe, de orientación noreste (Fig. 2), la que constituye un alto topográfico transversal a la cadena andina a estas latitudes, atravesando la fosa. Dicha cordillera representa un alto estructural cubierto parcialmente por secuencias volcánicas pliocenas a cuaternarias (Pesce 1989; Radic *et al.* 2002; Melnick *et al.* 2002, 2006). Estos autores consideran dicho rasgo asociado a una zona de transferencia que segmenta a la cuenca de Cura Mallín de edad oligocena superior-miocena inferior en dos depocentros, y que se continúa hacia el este dividiendo la fosa de Loncopué en dos sectores. El sector norte comprende los depocentros ubicados entre Varvarco y el El Cholar, mientras que al sur presenta mayor desarrollo de Hualcupén hacia casi la latitud de Zapala.

El límite oriental de la depresión de Loncopué se asocia a una serie de rasgos estructurales interpretados como fallas normales, superpuestos a la faja plegada y corrida del Agrio occidental (Ramos 1978, 1998, Zapata *et al.* 1999, Zapata & Folguera 2005, Zamora Valcarce *et al.* 2006). Estas fallas desplazan estratos mesozoicos previamente deformados estableciendo relaciones normales. La faja plegada y corrida del Agrio se encuentra dividida en dos dominios estructurales, uno interno en el cual el basamento pretriásico se encuentra fuertemente involucrado en la cuña deformada y otro externo en donde su contracción es moderada y existe un importante desarrollo de estructuras epidérmicas asociadas a la transferencia de acortamiento del sector anterior hacia la secuencia jurásica-cretácica. Sobre

el dominio interno afloran a la latitud de la fosa de Loncopué unidades que van desde el Jurásico inferior (Gupos Cuyo y Lotena) hasta el Jurásico superior- Cretácico inferior (Fms. Vaca Muerta y Mulichinco). Estas unidades mesozoicas se encuentran intruidas por rocas volcánicas, correspondientes a diques y cuellos volcánicos, que corresponden al arco volcánico del Cretácico superior entre los 100-65 Ma (Zamora Valcarce *et al.* 2006), cubiertas a su vez por secuencias volcánicas andesíticas de edad paleocena a eocena correspondientes a la Fm. Cayanta (Llambías & Rapela, 1989; Rovere 1998; Burns 2002). El sector interno de la faja plegada y corrida del Agrio sufre una primera fase compresiva en el Cretácico superior (Ramos 1998; Zamora Valcarce *et al.* 2006, 2009) asociada a anticlinales y sinclinales de orientaciones N, NE y NO con longitudes de onda que alcanzan los 8 km, a partir de la inversión de hemigrábenes triásicos a jurásicos inferiores. Hacia el Mioceno superior una nueva fase compresiva afecta al sector interno, transfiriendo acortamiento hacia estructuras epidérmicas en el sector externo (Zamora Valcarce *et al.* 2006). Las estructuras extensionales que afectan al sector interno de la Faja del Agrio son paralelas a las estructuras compresionales generadas durante estas dos fases contraccionales (Fig. 2).

El límite occidental de la fosa de Loncopué se encuentra marcado por el quiebre topográfico asociado al frente oriental de la Cordillera Principal donde se emplaza el arco volcánico cenozoico (Fig. 2). Allí afloran por debajo de los estratos-volcanes modernos unidades volcánicas del Plioceno correspondientes a la Fm. Cola de Zorro en territorio chileno y sector limítrofe de altas cumbres (Vergara & Muñoz 1982), en donde ha recibido la denominación de Fm. Hualcupén (Pesce 1989). Estas secuencias se encuentran subhorizontales en relación de discordan-

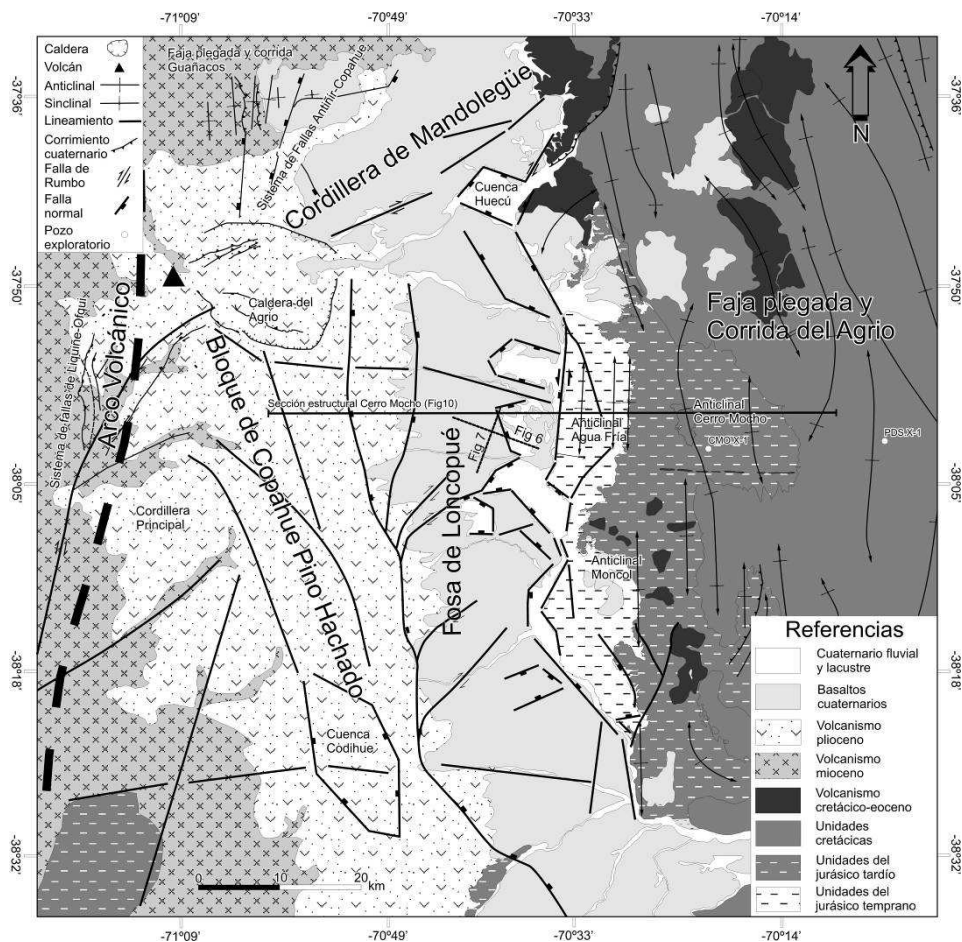


Figura 2: Mapa geológico simplificado del sector sur de la fosa de Loncopué y unidades morfoestructurales adyacentes (modificado de Rojas Vera *et al.* 2010).

cia angular sobre secuencias terciarias de la Formación Cura Mallín integrada por secuencias volcánicas y volcánicas oligo-miocenas (Suárez & Emparán 1995; Jordan *et al.* 2001; Radic *et al.* 2002; Utgé *et al.* 2009). La zona axial de la fosa de Loncopué se encuentra rellena por secuencias principalmente basálticas contemporáneas a las secuencias representadas por el arco volcánico y apoyadas sobre la Fm. Cola de Zorro, intercaladas con flujos ignimbríticos de edad pliocena tardía a cuaternaria, interdigitadas a su vez con depósitos de carácter lacustre y glacialfluvial.

Patrones de deformación superficial de la fosa de Loncopué y su relación con fenómenos subcorticales

La fosa de Loncopué comprende una depresión de 40 km de ancho por 200 km de largo en el piedemonte de la Cordillera Principal. Se encuentra limitada por tres sistemas de fallas principales: i) uno localizado hacia el sector limítrofe (Sistema de fallas Loncopué oeste) sobre la Cordillera Principal que corresponde a estas latitudes a un bloque de orientación NO, el bloque de Copahue-Pino Hachado, que define la divisoria de aguas, en donde las estructuras poseen un rumbo N-S e inclinación hacia el E; ii) otro sistema de estructuras (Sistema de fallas Loncopué este) paralelo a la sección media del río Agrio; y iii) un tercer sistema (Sistema de fallas de Mandolegüe) donde se desarrolla el depocentro del Huecú correspondiente a una pequeña cuenca de *pull-apart* cuaternaria (Rojas Vera *et al.* 2009a, 2009b).

La Fig. 3A muestra un *hillshade* realizado a partir de topografía SRTM 90x90m en donde se pueden observar los principales lineamientos estructurales de los sistemas de fallas oeste y este de la fosa de Loncopué. Las Figs. 3b y 3c muestran el desarrollo de fallas normales que inclinan hacia la zona axial de la fosa, sobre coladas pliocenas a cuaternarias sobre el frente oriental de la Cordillera Principal. Estas coladas nacen en el área adyacente a la divisoria de aguas con Chile y son afectadas por tectónica extensional en el piedemonte neuquino. Estas coladas basálticas que alcanzan en ocasiones los 7 km de longitud poseen una dirección del flujo hacia la zona axial de la fosa que fue parcialmente cubierta en su sector occidental por las glaciaciones cuaternarias que afectaron la zona.

El sistema de fallas de Loncopué este se localiza principalmente en coincidencia con la traza del valle del río Agrio y sobre la parte interna de la faja plegada y corrida del Agrio. La falla principal de este sistema se encuentra sepultada en la planicie aluvial del río Agrio. Esta estructura coincide espacialmente con el valle del río Agrio en su trayecto N-S, y la misma posee una inclinación hacia el oeste (Fig. 3).

El resto de las estructuras que integran el sistema de fallas Loncopué este son fallas normales de alto ángulo y orientación N-S, con inclinación de su plano al este, que afectan a estratos mesozoicos de la faja plegada y corrida del Agrio. Como se puede observar en la Fig. 4a, algunas

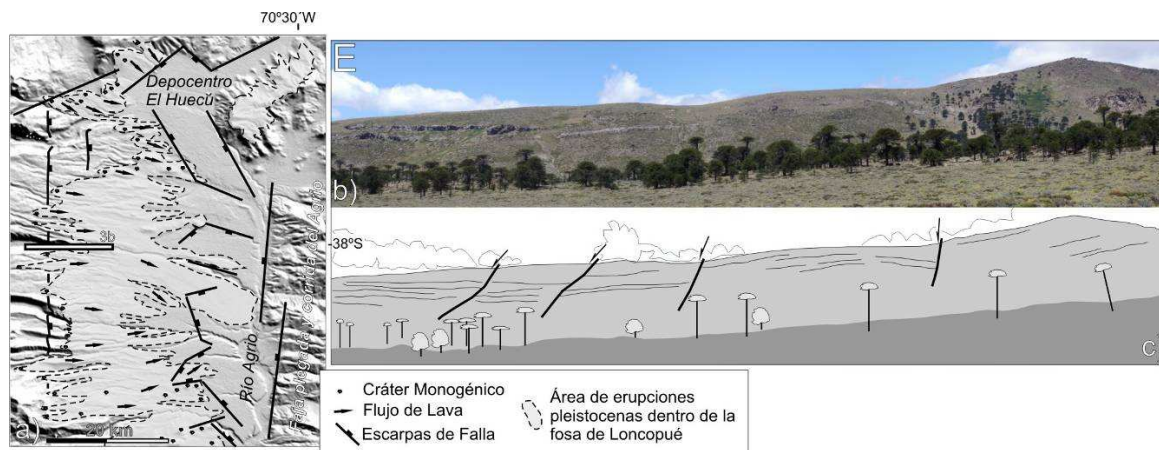


Figura 3: Abanico de fallas normales afectando secuencias cuaternarias cerca del límite con Chile, constituyendo el límite occidental de la fosa de Loncopué (modificado de Folguera *et al.* 2010). El rectángulo en gris en (a) marca la sección en (b) y c) que muestra la sección descrita en el texto.

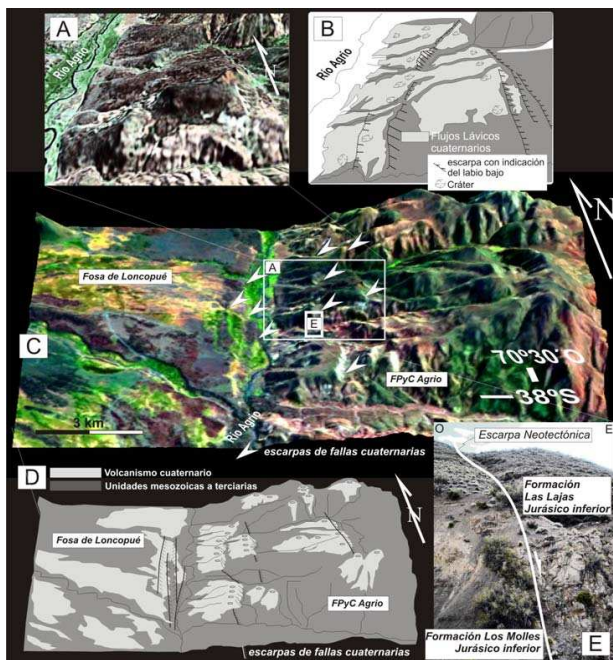


Figura 4: Límite oriental de la fosa de Loncopué (modificado de Folguera *et al.* 2010). A) Detalle del conjunto de escarpas desarrollado sobre basaltos cuaternarios que cubren el sector interno de la faja plegada y corrida del Agrío. B) interpretación de «A». C) Imagen TM superpuesta a modelo digital de elevación que muestra el sistema de fallas Loncopué este. D) Interpretación de «C». E) Fotografía de las relaciones de falla normal identificadas afectando a estratos mesozoicos en el sector interno de la faja plegada y corrida del Agrío.

de estas estructuras se encuentran controlando las vías de emisión de los centros volcánicos cuaternarios que se encuentran por encima de las unidades mesozoicas en la faja plegada y corrida del Agrío. Éstas ponen localmente en contacto lateral las Fms. Las Lajas y Los Molles afectando secuencia arriba a las coladas cuaternarias que coronan los cerros de la región (Fig. 4a).

Las Figs. 4 c y d muestran un modelo de elevación digital en donde se marcan los principales rasgos estructurales del sistema de fallas de Loncopué este. Por otra parte también se encuentran localizados los principales centros volcánicos cuaternarios sobre la faja plegada y corrida controlados y afectados por este sistema de fallas.

La zona descrita que presenta signos de deformación extensional cuaternaria coincide en profundidad con un área de atenuamiento cortical determinada por Yuan *et al.* (2006), quienes postulan en base a técnicas de función receptora de sísmica pasiva (*receiver functions*) un Moho atenuado. Folguera *et al.* (2010) calcularon anomalías residuales isostáticas que resultan de comparar la respuesta gravimétrica de una corteza determinada a partir de un modelo isostático con la medida, mostrando que la fosa de Loncopué y la faja plegada y corrida del Agrío se encuentran fuera de un estado de equilibrio isostático en coincidencia con la zona de atenuamiento cortical determinada por sísmica pasiva (Fig. 5).

La estructura en subsuelo de la fosa de Loncopué

La descripción de las estructuras superficiales de la fosa de Loncopué presenta un esquema simple que no podría prever la complejidad existente en subsuelo, que muestra más de una etapa de extensión así como de inversión tectónica. Este cuadro evolutivo resulta del análisis de la información sísmica disponible, así como la gravimétrica y magnetométrica.

Las Figs. 6 y 7 muestran el reprocesamiento de líneas sísmicas de la década del '70 localizadas en la zona axial de la fosa de Loncopué (véase ubicación en planta en Figs. 2 y 8). La línea sísmica correspondiente a la Fig. 6 que registra 0,750 segundos de TWT, de rumbo NO, muestra en profundidad el desarrollo de hemigrábenes parcialmente invertidos asociados a fallamiento de alto ángulo. Estas cuñas de *synrift* son asociadas al evento oligo-mioceno, vinculado con la apertura de la cuenca de Cura Mallín. Por encima de las estructuras anticlinales asociadas a la inversión de los depocentros previos se identifican reflectores continuos, que poseen relaciones de *onlap* respecto del relieve infrayacente. Éstos son así interpretados como depósitos correspondientes a depocentros sinorogénicos asociados a la inversión de la cuenca de Cura Mallín en el Mioceno superior. Suprayaciendo a éstos, se identificó una tercera unidad afectada por fallamiento extensional la cual se interpreta como parte del relleno volcánico plioceno-cuaternario de la fosa de Loncopué.

La Fig. 7 muestra la línea sísmica de orientación NNE-SSO visualizada en las Figs. 2 y 8, que a diferencia de la

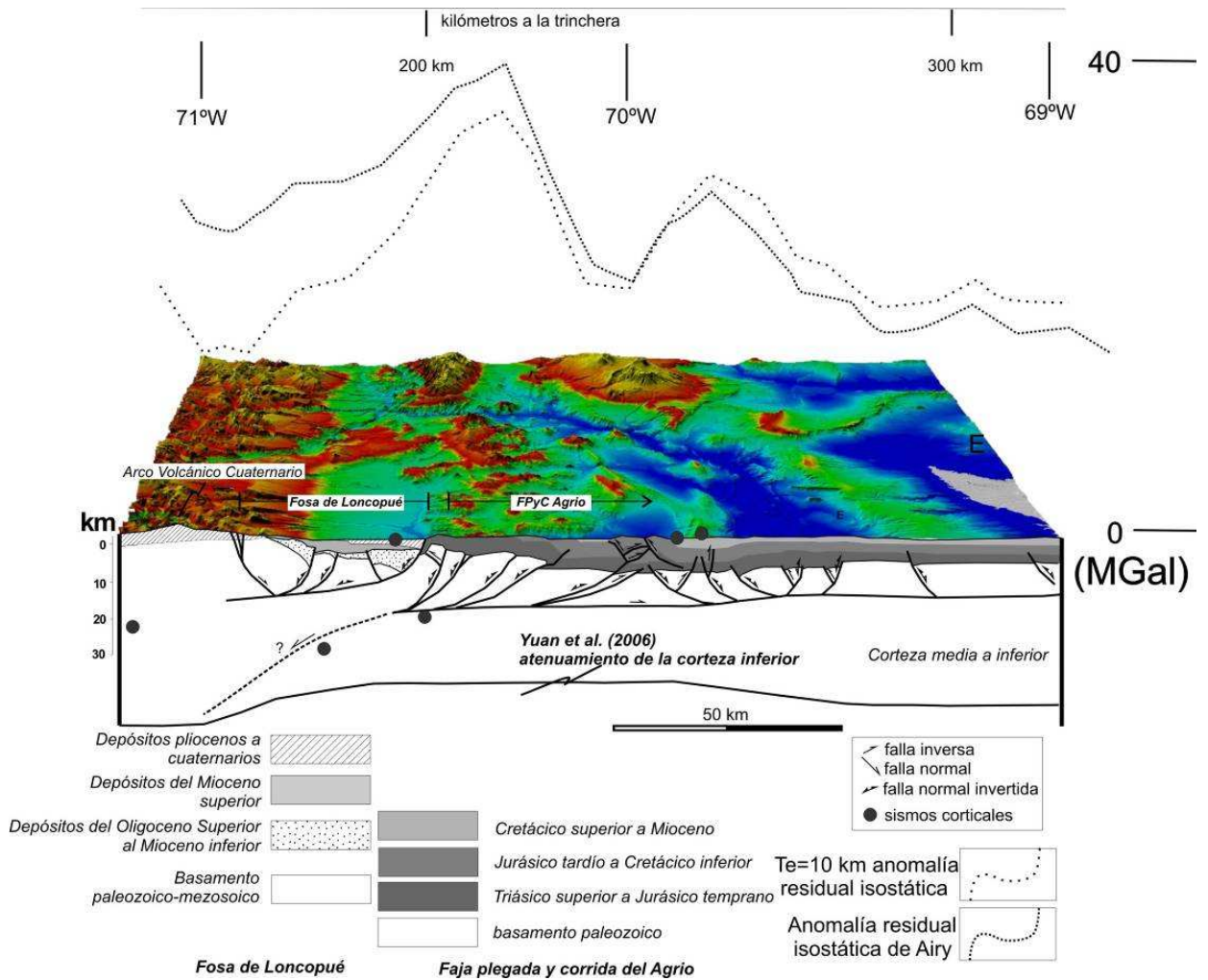


Figura 5: Corte estructural combinado con topografía SRTM 90x90m que abarca la faja plegada y corrida del Agrio hasta la Cordillera Principal neuquina (modificado de Folguera et al. 2010 y Rojas Vera et al. 2010).

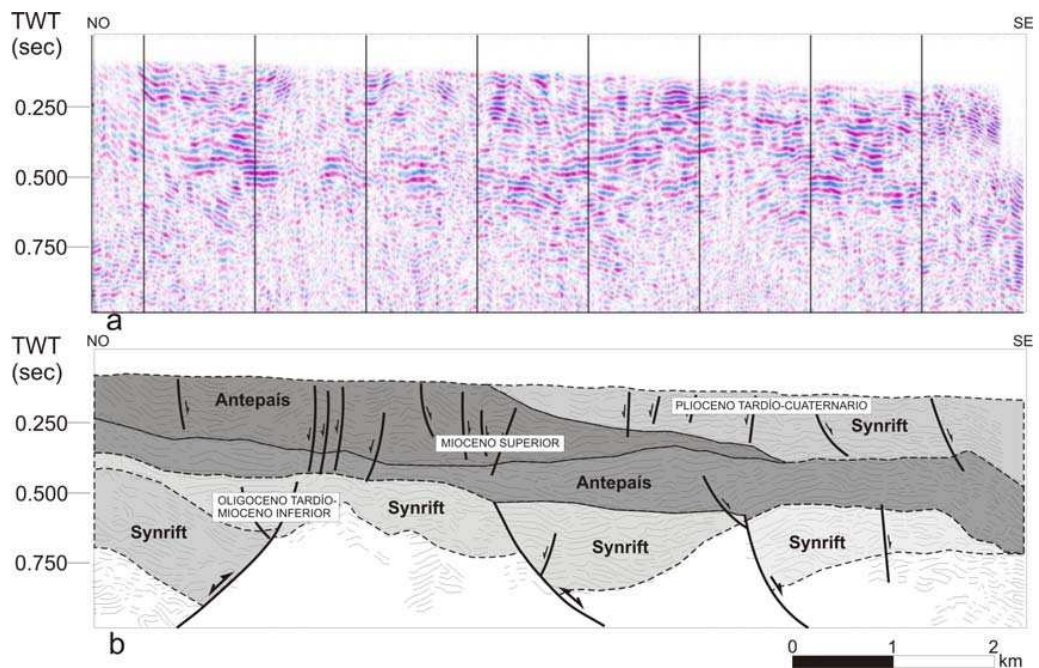


Figura 6: Línea sísmica NO-SE y su interpretación (modificado de Rojas Vera et al. 2010).

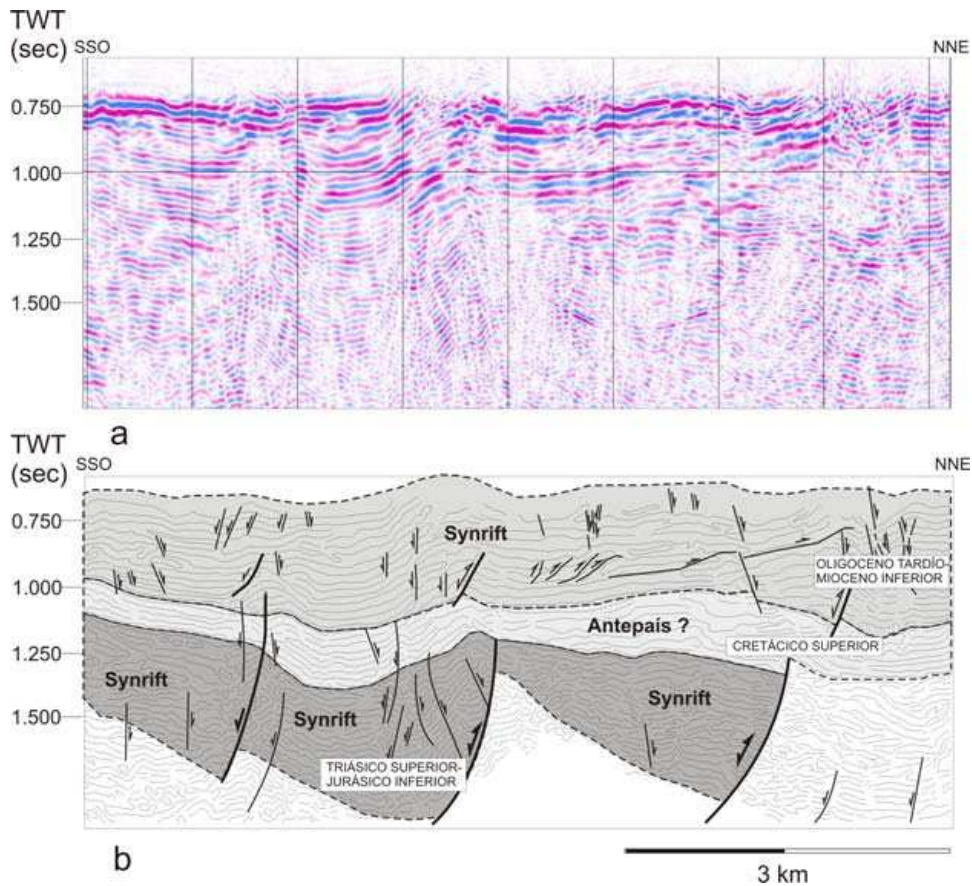


Figura 7: Línea sísmica NNE-SSO y su interpretación (modificado de Rojas Vera *et al.* 2010). Nótese la superposición de dos eventos de *synrift* extensionales separados por una secuencia de antepaís.

anterior posee un registro mayor en profundidad, alcanzando prácticamente los 1,5 segundos de TWT. En esta línea se identifica en profundidad el desarrollo de un conjunto de hemigrábenes invertidos, cuyas fallas asociadas que limitan los depocentros poseen una inclinación aparente SSO. Este conjunto es más antiguo que el descrito para la sísmica de la Fig. 6 visualizado los primeros 0,75 segundos de TWT. Estos hemigrábenes se encontrarían rellenos por secuencias de *synrift* del Triásico superior-Jurásico inferior. Traslapando a las superficies de los anticlinales producto de la inversión de los anteriores, se identificaron horizontes continuos asignados a depósitos de una cuenca de antepaís correspondientes al Cretácico superior (coincidente con la primera fase compresiva de la faja plegada y corrida del Agrio). La sección superior de la línea NNE-SSO (Fig. 7) muestra el desarrollo de los depósitos de *synrift* oligo-miocenos correspondientes a la cuenca de Cura Mallín, al igual que en la sísmica de la Fig. 6.

Si bien estas líneas representan un sector limitado de la fosa de Loncopué, en ellas se muestra la geometría y el relleno de los hemigrábenes iniciales que habilitaron tanto la cuenca de Cura Mallín como la Neuquina en profundidad. De esta manera se puede observar que en forma superpuesta a la región de extensión plio-cuaternaria, se desarrolla en subsuelo la oligo-miocena y probablemente la triásica superior a jurásica inferior.

Residuales gravimétricos calculados en el ámbito de la fosa de Loncopué muestran los contrastes de densidades alojados en la corteza superior (para detalles técnicos véase Rojas Vera *et al.* 2010). Éstos sirvieron para calcu-

lar modelos de inversión de la gravedad a partir de datos de densidad obtenidos de datos de superficie y de pozos para cada unidad, que refleja las profundidades a las cuales se encuentra el basamento pre-triásico (Fig. 8).

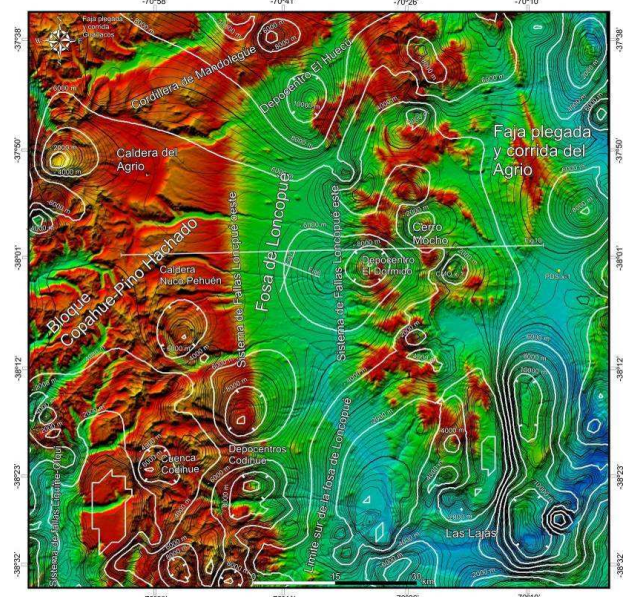


Figura 8: Curvas de profundidad obtenidas del modelo de inversión de la gravedad, a partir de datos de densidad conocidos y residuales gravimétricos, superpuestas a topografía digital SRTM (modificado de Rojas Vera *et al.* 2010).

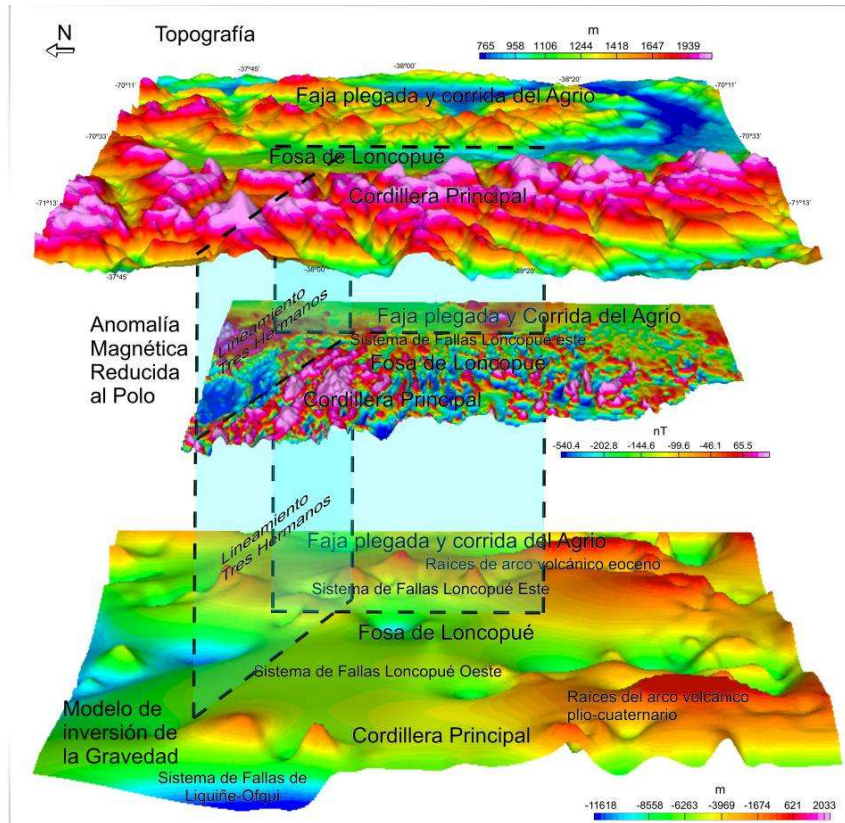


Figura 9: Modelo de elevación digital superpuesto a la carta de anomalía magnética reducida al polo y al modelo de inversión de la gravedad.

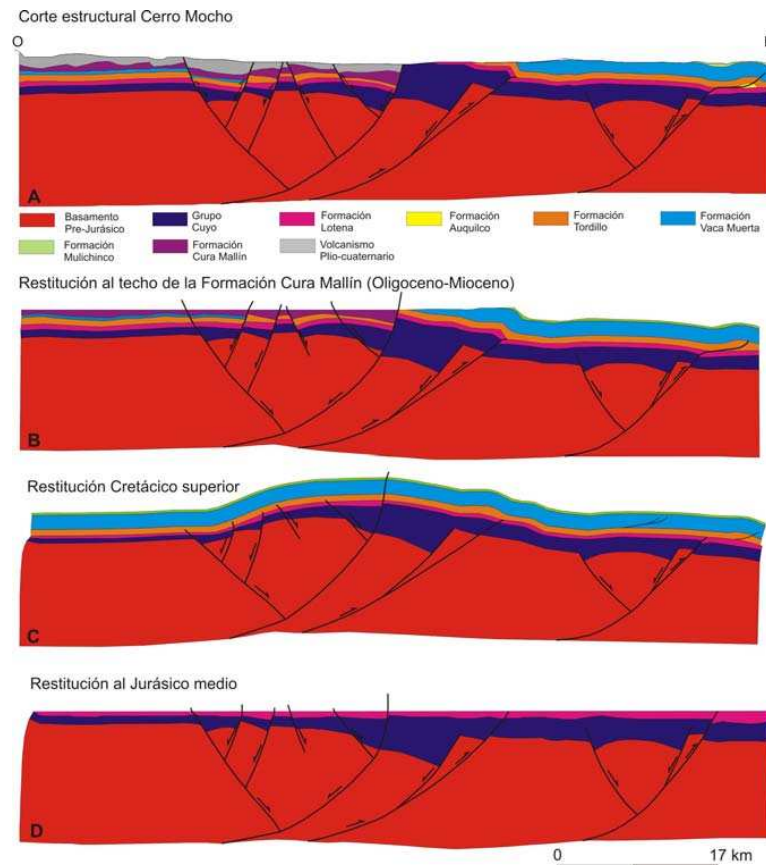


Figura 10: Sección estructural a la latitud del cerro Mocho a través de la fosa de Loncopué, restituida a las diferentes etapas de la evolución de la faja plegada y corrida del Agrio y la Cordillera Principal (modificado de Rojas Vera *et al.* 2010).

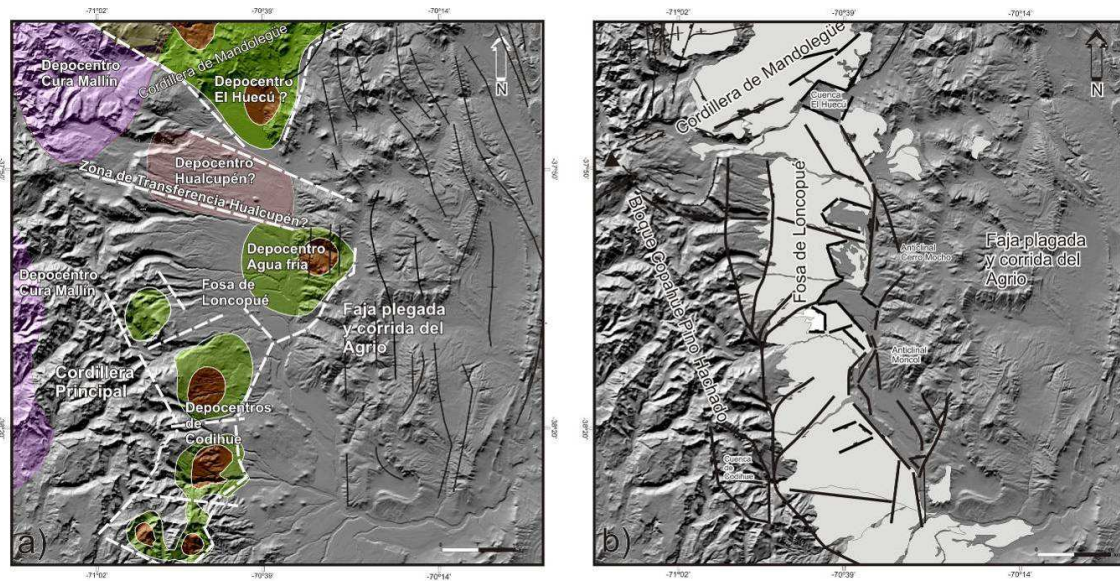


Figura 11: A) Disposición espacial de los principales depocentros de edad mesozoica a terciaria localizados en coincidencia con la fosa de Loncopué; B) rasgos estructurales principales de la fosa desarrollados en el Plioceno y Cuaternario y unidades volcánicas asociadas (modificado de Rojas Vera *et al.* 2010).

Al observar las curvas de profundidades obtenidas del modelo de inversión de la gravedad, se puede apreciar que la geometría en profundidad del sector de piedemonte de la Cordillera Principal donde se aloja la fosa de Loncopué es compleja y dista de aquella fosa alargada en sentido norte-sur que se visualiza en la topografía (Fig. 9). De esta manera la fosa en profundidad se divide en una serie de depocentros aislados, localizados sobre los sistemas de fallas que definen la depresión en superficie. Sobre la región sur del sistema de fallas de Loncopué oeste se localizan cinco depocentros denominados de Codihue con profundidades que alcanzan los 8 km (Figs 8 y 9). En el norte de la fosa de Loncopué se desarrolla el depocentro del Huecú con 8 km de profundidad. Éste coincide en superficie con la cuenca de *pull-apart* cuaternaria del Huecú. El sistema de fallas de Loncopué este se encuentra marcado por la presencia del depocentro del Dormido, localizado parcialmente en la faja plegada y corrida del Agrio (Fig. 8).

La Fig. 9 muestra la relación espacial que existe entre las cartas de anomalías magnéticas reducida al polo que resuelven ciertos rasgos estructurales de la fosa y el modelo de inversión de la gravedad descrito la Fig. 8. Un fuerte gradiente magnético coincide con el quiebre oriental topográfico de la fosa de Loncopué donde se aloja el sistema de fallas de Loncopué este de rumbo N-S. El depocentro del Huecú vislumbrado en la carta de inversión del basamento aparece reflejado en los datos magnéticos como asociado a un marcado lineamiento denominado Tres Hermanos, en referencia a la hilera de volcanes monogénicos homónimos, de orientación ONO-ESE. Inmediatamente al este del sistema de fallas de Loncopué este, sobre el modelo de inversión de la gravedad, se pueden observar la presencia de una serie de altos magnéticos que coinciden en superficie con diques y cuellos volcánicos (*necks*) de edad cretácica superior a eocena.

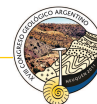
Evolución tectónica de la fosa de Loncopué

En el subsuelo de la fosa de Loncopué se reconoce un registro que abarca desde el Triásico superior-Jurásico inferior hasta el Cuaternario. La información sísmica en comparación con los procesados de la información gravimétrica muestra que el rift triásico define los depocentros más profundos de la región y que hacia el Cretácico superior experimentaron una fase de inversión asociada a sedimentación sinorogénica, en forma equivalente a la faja plegada y corrida del Agrio al este en superficie (Fig. 10c). Durante el Oligo-Mioceno la apertura de la cuenca de Cura Mallín se asocia al relajamiento extensional parcial de dicha cuña orogénica, generado nuevos depocentros en el ámbito que constituirá la Cordillera Principal. Hacia el Mioceno superior nuevamente se instaura un régimen compresivo, el cual invierte la cuenca de Cura Mallín, generando estructuras compresionales hoy exhumadas en el ámbito cordillerano y en el subsuelo de la fosa de Loncopué. Esta etapa compresiva termina de estructurar la parte interna de la faja plegada y corrida del

Agrio y levanta la Cordillera Principal. Desde el Plioceno al Cuaternario la fosa de Loncopué concentra una fase extensional aún activa a juzgar por el atenuamiento cortical y la falta de ajuste isostático en el área. La Fig. 11 muestra los depocentros principales desarrollados en el piedemonte de la cordillera, en comparación con las estructuras pliocenas a cuaternarias que limitan la fosa. De esta forma la fosa de Loncopué representa además de una fase relativamente reciente de relajamiento extensional de la faja plegada y corrida del Agrio, la superposición de depocentros derivados de la apertura de las cuencas Neuquina y de Cura Mallín, separadas por rellenos sinorogénicos.

Agradecimientos

Esta es la contribución C-26 del Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber de la Universidad de Buenos Aires.



TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Burns, W.M. 2002. Tectonics of the Southern Andes from stratigraphic, thermochronologic and geochemical perspectives. PhD tesis, Cornell University, inédito 204 p. Ithaca.
- Folguera, A., Introcaso, A., Giménez, M., Ruiz, F., Martínez, P., Tunstall, C., García Morabito, E. & Ramos, V.A. 2007. Crustal attenuation in the Southern Andean retroarc (38°-39°30' S) determined from tectonic and gravimetric studies: the Lonco-Luán asthenospheric anomaly. *Tectonophysics* 439: 129 - 147.
- Folguera, A., Ramos, V., Hermanns, R. & Naranjo, J. 2004. Neotectonics in the foothills of the Southernmost Central Andes (37°-38°S). Evidence of the strike-slip displacement along the Antiñir-Copahue fault zone. *Tectonics* 23 (TC 5008). 23 pp.
- Folguera, A., Rojas Vera, E., Bottesi, G., Zamora Valcarce, G. & Ramos, V.A. 2010. The Loncopué trough: a Cenozoic basin produced by extension in the southern Central Andes. *Journal of Geodynamics* 49: 287-295.
- García Morabito, E. & Folguera, A. 2005. El alto de Copahue – Pino Hachado y la fosa de Loncopué: un comportamiento tectónico episódico, andes neuquinos (37°-39°S). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60: 742-761.
- 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.
- Llambías, E.J. & Rapela, C.W. 1989. Las volcanitas de Collipilli, Neuquén (37°S) y su relación con otras unidades paleógenas de la cordillera. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 44: 224-236.
- Melnick, D., Folguera, A., Rosenau, M., Echtler, H. & Potent, S. 2002. Tectonics from the Northern segment of the Liquiñe-Ofqui fault system (37°-39°S), Patagonian Andes. 5^o International Symposium on Andean Geodynamics, Extended Abstracts 609-612.
- Melnick, D., Rosenau, M., Folguera, A. & Echtler, H. 2006. Neogene Tectonics of the Western flank of the Neuquén Andes, 37°-39°30'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°S). *Geological Society of America, Special Paper* 407: 73-95.
- Pesce, A.H. 1989. Evolución volcano-tectónica del Complejo Efusivo Copahue-Caviahue y su modelo térmico preliminar. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54(1-4): 307-327, Buenos Aires.
- Radic, J. 2010. Las cuencas cenozoicas y su control en el volcanismo de los complejos Nevados de Chillán y Copahue-Callaqui (36°-39° S). *Andean Geology* 37(1): 220-246.
- Radic, J., Rojas, L., Carpinelli, A. & Zurita, E. 2002. Evolución tectónica de la cuenca terciaria de Cura - Mallín, Región cordillerana chileno argentina (36° 30' 39° 00' S). 15^o Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 233-237. El Calafate.
- Ramos, V.A. 1978. Estructura. En: Rolleri, E.O. (Ed.): *Geología y recursos naturales de la Provincia del Neuquén*, 7^o Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Relatorio 9-24. Buenos Aires.
- Ramos, V.A. 1998. Estructura del sector occidental de la faja plegada y corrida del Agrio, cuenca Neuquina, Argentina. 10^o Congreso Latinoamericano de Geología, Actas 2: 105-110.
- Rojas Vera, E., Folguera, A. & Ramos, V.A. 2009a. Estratigrafía del sector central de la cuenca de Loncopué: El depocentro cuaternario del Huecú (sector occidental de la cuenca neuquina). En: *Geología de la Cuenca Neuquina. Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65 (2): 400-412.
- Rojas Vera, E., Folguera, A., Giménez, M., Martínez, P., Ruiz, F. & Ramos, V.A. 2009b. Evolución tectónica de la fosa de Loncopué: Estructura del depocentro cuaternario del Huecú y su relación con la sedimentación y el volcanismo. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64 (2): 214-230.
- Rojas Vera, E., Folguera, A., Zamora Valcarce, G., Giménez, M., Ruiz, F., Martínez, P., Bottesi, G. & Ramos, V.A. 2010. Neogene to Quaternary extensional reactivation of a fold and thrust belt: The Agrio belt in the Southern Central Andes and its relation to the Loncopué trough (38° - 39°S). *Tectonophysics* 492 (1-4): 279-294.
- Rovere, E. 1998. Volcanismo jurásico, paleógeno y neógeno en el noroeste del Neuquén, Argentina. 10^o Congreso Latinoamericano de Geología y 6^o Congreso Nacional de Geología Económica, Actas 1: 144-149. Buenos Aires.
- Suárez, M. & Emparán, C. 1995. The stratigraphy, geochronology and paleogeography of a Miocene fresh-water interarc basin, southern Chile. *Journal of South American Earth Science* 8: 17-31.
- Utge, S., Folguera, A., Litvak, V. & Ramos V.A. 2009. Geología del sector norte de la cuenca de Cura Mallín: zona de las Lagunas de Epulafquen (36°40' -50'S, 71°-71°10'O). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64 (2): 231-248.
- Vergara, M. & Muñoz, J. 1982. La Formación Cola de Zorro en la Alta Cordillera andina chilena (36°-39° Lat. S), sus características petrográficas y petrológicas: una revisión. *Revista Geológica de Chile* 17: 31-46.
- Yuan, X., Asch, G., Bataillek, A., Bock, G., Bohm, M., Echtler, H., Kind, R., Oncken, O. & Wölbern, I. 2006. Deep seismic images of the Southern Andes. 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: 61 -72.
- Zamora Valcarce, G., Zapata, T., Del Pino, D. & Ansa, A. 2006. Structural evolution of the Agrio fold 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°S). *Geological Society of America, Special Paper* 407: 125-285-145.
- Zamora Valcarce, G., Zapata, T., Ramos, V.A., Rodríguez, F. & Bernardo, L.M. 2009. Evolución tectónica del frente Andino en Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65 (1): 192-203.
- Zapata, T.R. & Folguera, A. 2005. Tectonic evolution of the Andean fold and thrust belt of the southern Neuquén Basin, Argentina. En: Veiga, G., Spalletti, L., Schwarz, E. & Howell, J. (Eds): *The Neuquén Basin: A case study in sequence stratigraphy and basin dynamics. Geological Society, Special Publications* 252: 37-56. London.
- Zapata, T.R., Brissón, I. & Dzelalija, F. 1999. The role of basement in the andean fold and thrust belt of the Neuquén Basin. Argentina: Thrust tectonics 99 Conference, Abstracts with Programs 122-124.

