



VARIABILIDAD EN LA ACTIVIDAD DEL RETROARCO ANDINO ENTRE 37°Y 39°S

GARCÍA, E. ¹, FOLGUERA, A. ¹, MELNICK, D. ², RAMOS, V.A. ¹

¹Laboratorio de Tectónica Andina, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina ,
eze_gm@yahoo.com.ar, folguera@gl.fcen.uba.ar, andes@gl.fcen.uba.ar

²GeoForschungsZentrum, Potsdam, Germany
melnick@gfz-potsdam.de

INTRODUCCIÓN

Estudios recientes en el retroarco andino entre los 37° y 39°S, correspondiente a la faja meridional comprendida entre 70°45' y 71°W (Fig. 1) han mostrado grandes variaciones morfológicas derivadas de condiciones estructurales contrastantes (Fig.2). La descripción de dos segmentos, uno septentrional ubicado entre 37° y 38°S y el otro al sur de éste entre 38° y 39°S pone de manifiesto la gran variabilidad en la dinámica del retroarco en cortas distancias, aún ante similares condiciones de convergencia entre las placas vecinas (Fig.1).

Los Andes Centrales Australes y Patagónicos (33°-52°S) se levantan por sistemas de corrimientos que afloran al este de la divisoria de aguas entre el Atlántico y el Pacífico. De manera que la ausencia de los mismos puede ser considerada una anomalía, situación que se da entre los 38°S y 39°S y que describiremos a continuación.

MARCO GEOLÓGICO Y TECTÓNICO

La zona estudiada en el presente trabajo, corresponde a un sector cordillerano transicional entre los Andes Centrales Australes (33°S - 38°S) y Los Andes Patagónicos Septentrionales (38°S - 45°S). Ambos sistemas poseen una mecánica de levantamiento similar en el Mioceno, pero difieren en: 1) el grado de la propagación de los respectivos frentes de deformación plio-cuaternarios; 2) La existencia de sectores del antepaís fosilizados; y 3) las alturas orogénicas respectivas.

El área de trabajo se ubica en los sectores internos de la cordillera, entre los 38°15' y 38°30' de latitud sur y los 70°20' y 71° de longitud oeste. La geología de esta zona comprende más de 3.000 metros de rocas volcánicas y volcanoclásticas correspondientes a la Formación Cola de Zorro, que conforma una secuencia volcánica de gran extensión areal y actitud tectónica horizontal a subhorizontal, que en algunos sectores se encuentra modificada por movimientos de bloques (González Ferrán, 1962). Volcanismo poli y monogénico superpuesto, correspondiente al frente volcánico plioceno-pleistoceno y al retroarco pleistoceno superior-holoceno completa el cuadro estratigráfico del área (Muñoz y Stern, 1988). Una de las características de la Formación Cola de Zorro es la de constituir extensas mesetas, con bordes abruptos producto de una intensa erosión glacial, fluvial, y por fenómenos de remoción en masa. La extensión areal de esta formación está restringida entre los 36° y 39° de latitud sur.

En algunos sectores, estas secuencias volcánicas y volcanoclásticas alcanzan los 1.200 – 1.900 metros de espesor (Suárez y Emparán, 1997). Su relación de base es en muchos casos indeterminada, si bien sobreyace en discordancia angular a estratos sedimentarios y

volcánicos principalmente de origen continental y plutones del Oligoceno superior al Mioceno inferior (Suárez y Emparán, 1997).

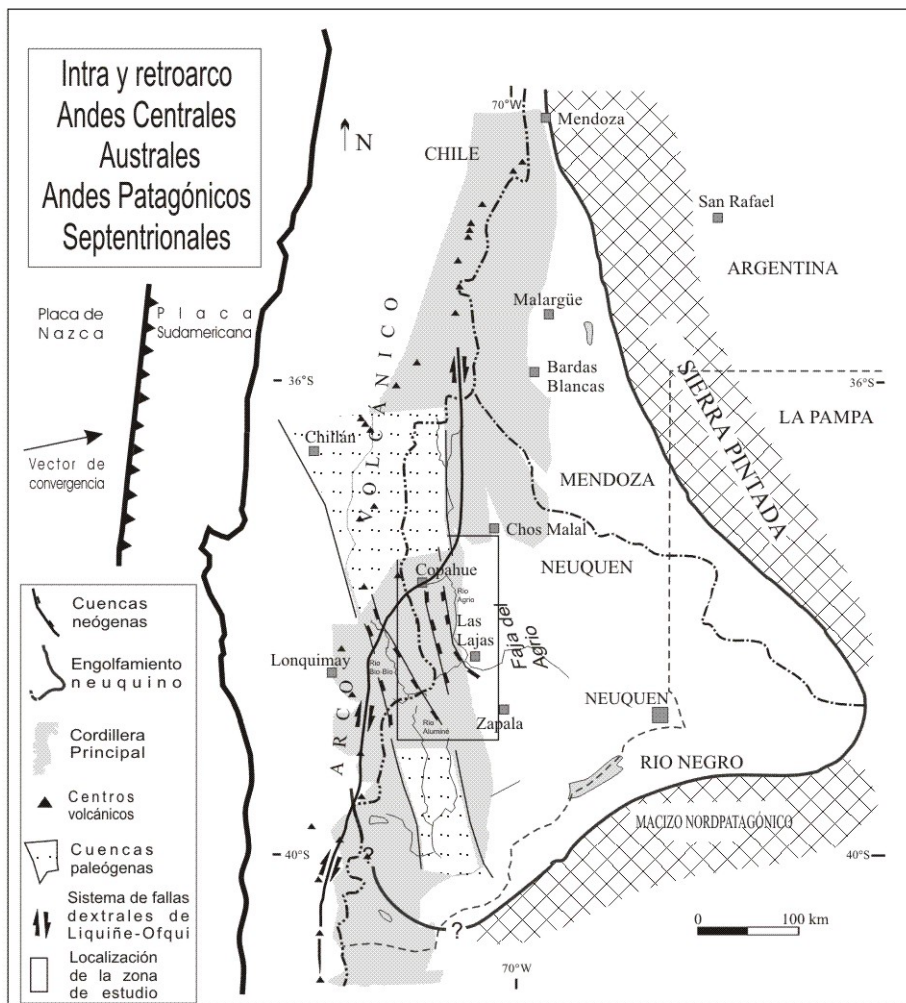


Figura 1. Coincidencia entre ejes de las cuencas Paleógenas y Neógenas

Han sido localizados en algunos sectores núcleos masivos, asociados periféricamente a secuencias estratificadas con una inclinación primaria de entre 5° y 10° y divergiendo en algunas direcciones. Los mismos fueron interpretados como relictos volcánicos fuertemente erodados, los cuales podrían ser centros emisores de la Formación Cola de Zorro.

En la zona de intraarco, entre los 39°S y los $46^\circ30'\text{S}$, las estructuras principales que concentran actividad cuaternaria están dadas por un sistema de fallas de transcurrancia dextral con dinámica transpresiva conocido como sistema de Liquiñe-Ofqui (Lavenu y Cembrano, 1999; Cembrano *et al.* 2000; Folguera *et al.* 2002; Melnick *et al.* 2002). Este ingresa con un rumbo NE en territorio argentino desde la vertiente occidental de la cordillera a la oriental, desarrollando una serie de cuencas transensivas entre los $37^\circ30'\text{S}$ y $38^\circ30'\text{S}$ (Jordan *et al.* 2001; Folguera *et al.* 2002; Folguera *et al.* 2003).

En este sector de la cordillera, la última actividad orogénica que condujo al levantamiento del sistema montañoso corresponde a la inversión de una cuenca de intraarco entre los 12 Ma y los 8 Ma (Suárez y Emparán, 1997; Jordan *et al.* 2001; Zapata *et al.* 2002), luego de lo cual el

régimen dominante ha sido de tipo extensional (Ramos y Folguera, 1999; Gräfe *et al.* 2002; Melnick *et al.* 2002; Folguera *et al.* 2003).

Hacia el este de la línea del arco volcánico, con una orientación paralela al actual frente orogénico, se destacan dos fosas con una orientación N a N-NW, conocidas como Fosas de Loncopué-Andacollo (Ramos 1977) y de Bío-Bío-Aluminé (Fig.1), controladas ambas por fallamiento extensional desarrollado entre el Plioceno y el Pleistoceno. Estas depresiones concentran importantes volúmenes de volcanismo plioceno (Ramos 1977; Muñoz y Stern, 1988; Vattuone y Latorre, 2001) así como también de productos correspondientes a la actividad de centros monogénicos cuaternarios en el retroarco.

Teniendo en cuenta la coincidencia espacial entre los ejes de las cuencas paleógenas y de las neógenas (Fig.1), se puede plantear como hipótesis, que las estructuras neógenas son una reactivación de las anteriores.

Estos depocentros paleógenos están agrupados en la cuenca de Cura-Mallín (36°S-37°S), desarrollada en el intraarco para el Oligoceno sup.-Mioceno medio, con una extensión este-oeste de 200Km y compuesta esencialmente por secuencias volcánicas, volcanoclásticas y clásticas de origen continental

El frente de levantamiento se ubica actualmente en los sectores internos del retroarco al norte de los 38° de latitud sur. Este se manifiesta a través de una serie de fallas con vergencia hacia el este que afectan rocas tan jóvenes como depósitos glacialacustres pleistocenos postglaciaros (Iaffa *et al.* 2002), así como también a coladas cuaternarias. Inmediatamente al sur se desarrollan sistemas transpresivos asociados a este sistema.

Para el Mioceno superior, el frente orogénico se localizaba unos 100 Km al este del frente actual de deformación (Ramos 1998). Este afectaba rocas mesozoicas previamente deformadas en el Cretácico superior encontrándose actualmente fosilizado como consecuencia de un retroceso del mismo durante el Plio-Pleistoceno. Este se sitúa actualmente en el retroarco interno representado por el sistema de fallas de Liquiñe-Ofqui.

RETROARCO ENTRE LOS 37° y 38°S

El área del retroarco en este segmento orogénico (Fig. 1) está formada de oeste a este por 1) un sistema montañoso correspondiente a la cordillera principal, en el cual pueden ser distinguidos dos sectores correspondientes al i) faldeo occidental en territorio chileno y al ii) faldeo oriental en el argentino (Fig. 2), y un área de piedemonte que constituye una planicie con inclinación hacia el este que se extiende por poco más de 30 kilómetros hasta ser bruscamente interrumpida por la faja plegada y corrida del Agrio levantada entre el Cretácico superior y el Mioceno superior (Fig.2).

La serie de corrimientos que contribuyó a la formación de la cordillera a estas latitudes, productos de la inversión de la cuenca de intraarco de Cura Mallín (Jordan *et al.* 2001; Radic *et al.* 2002; Folguera *et al.* 2003), interceptó la zona del piedemonte en el Plioceno superior a Cuaternario, produciendo el transporte pasivo de la zona más interna de la cordillera previamente apilada en el Mioceno superior (Suárez y Emparán, 1997). Este hecho está avalado por la sismicidad cortical instalada en el sector de retro-arco al norte de los 39°S, la cual se encuentra ausente al sur (Figs. 2 y 3).

Los cabalgamientos que afectan a la zona del piedemonte deforman rocas pertenecientes a la Formación Cola de Zorro del Plioceno inferior (Vergara y Muñoz, 1982) y a una serie de

unidades propias del retroarco, desde lavas del Cuaternario, pertenecientes al arco volcánico plio-pleistoceno (Muñoz y Stern, 1988) hasta secuencias sinorogénicas correspondientes al levantamiento de la cordillera.

Los cabalgamientos desarrollados en esta región poseen orientaciones comprendidas entre la dirección N y NW y se asocian a los límites orientales de los depocentros extensionales correspondientes al sector oriental de la cuenca de Cura Mallín, como reactivación neógena de los mismos. Muchos de ellos representan imbricamientos producidos durante el Mioceno superior, hecho evidenciado a partir de la denudación de la discordancia regional que separa a las capas del Mioceno inferior de las del Plioceno inferior (Suárez y Emparán, 1997) y del desmembramiento de la misma a partir de las reactivaciones neógenas de las fallas.

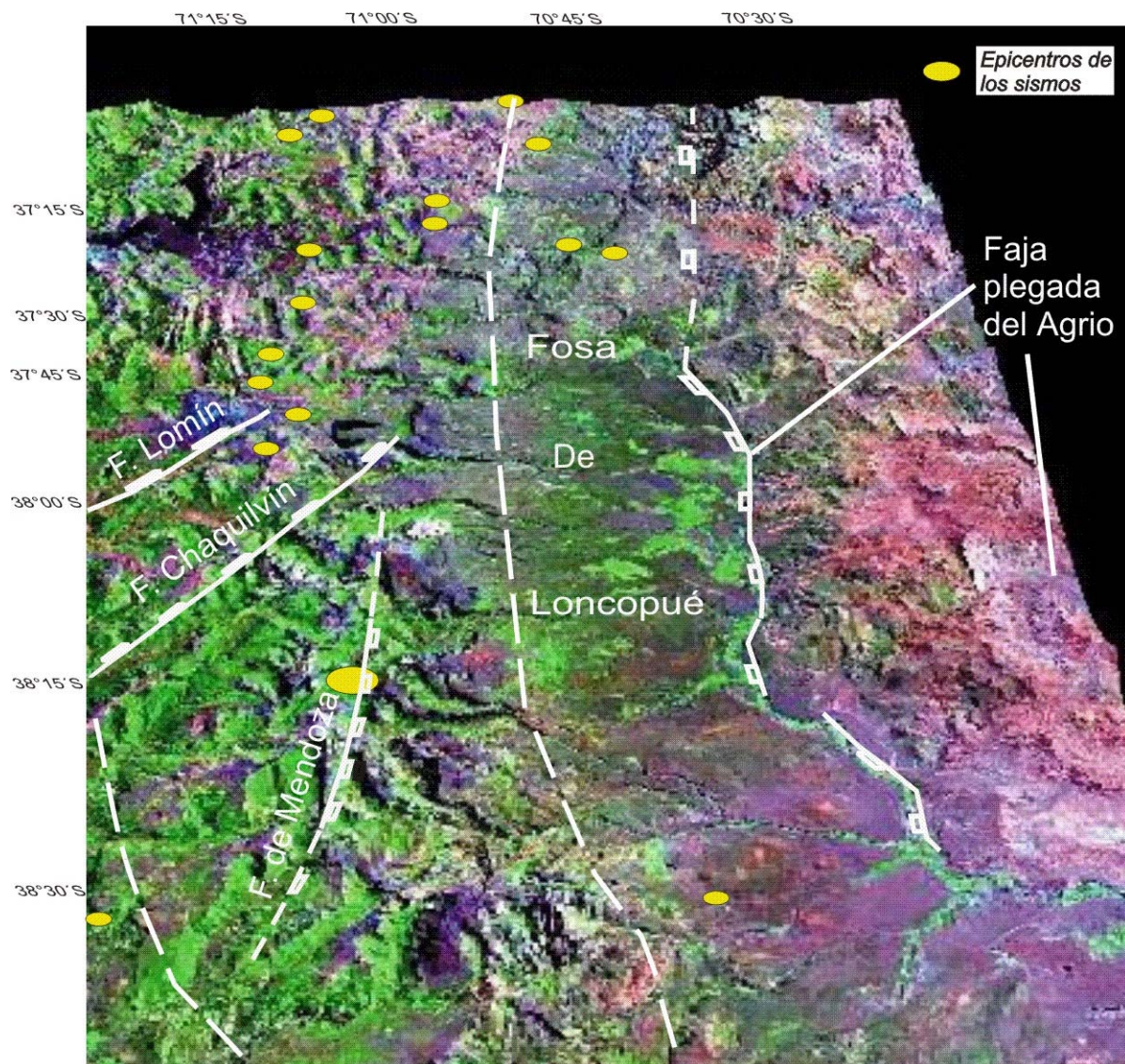


Figura 2. Modelo digital de elevación. Ubicación de los sismos corticales en el segmento 36°-39°S y principales estructuras del arco y retroarco interno.

RETROARCO ENTRE LOS 38° Y 39°S

El retroarco a estas latitudes está caracterizado por una depresión longitudinal paralela al frente andino y ubicada en el retroarco interno conocida como fosa de Loncopué (Ramos 1977), la cual presenta una extensión regional entre los 38°S y 39°S continuándose hacia al

norte en la fosa de Andacollo ($37^{\circ}30'S$ y $38^{\circ}S$). Estas fosas están limitadas hacia el este por un fallamiento extensional plioceno que afectó a los sectores internos de la faja plegada y corrida del Agrio (Fig.2).

La fosa de Loncopué-Andacollo concentra depósitos volcánicos pliocenos correspondientes a la Formación Cola de Zorro que se encuentran en discordancia angular con basaltos cuaternarios correspondientes a una actividad volcánica principalmente monogénica de retroarco. Estos centros efusivos pueden distinguirse como pequeños conos preservados a lo largo de varios kilómetros entre los 36° y 39° de latitud Sur y restringidos a una franja de pocos kilómetros de ancho. Estos centros cubren completamente al volcanismo plioceno en el eje de máxima subsidencia de las fosas.

A pesar de que la deformación compresiva jugó un papel importante en la estructuración de esta zona durante el Paleógeno levantando la cordillera principal occidental, existen evidencias de que esta región estuvo sometida a procesos extensionales durante el Neógeno.

A diferencia de lo que ocurre a latitudes menores (véase apartado anterior), esta zona presenta una escasa actividad orogénica, con excepción de unas pocas evidencias de extensión, posteriores al Plioceno inferior.

Se reconoció la existencia de fallamiento de tipo extensional, de rumbo norte, que afectó a las secuencias volcánicas del Plioceno inferior. El mismo está evidenciado a partir del basculamiento de bloques asociados a rasgos lineares, similarmente a lo que ocurre en localidades hacia el norte, cerca de los $37^{\circ}45'S$ (Folguera *et al.* 2003), registrándose inclinaciones de hasta 20° hacia el oeste para las secuencias volcánicas. Se cuenta además con un registro sísmico coincidente con la estructura descrita.

Hacia el oeste de la zona de trabajo, hemos podido identificar mediante la utilización de fotografías aéreas e imágenes TM, la presencia de una fosa paralela a la fosa de Loncopué y con dimensiones similares que se ha denominado depresión de Bio-Bio-Aluminé, controlada hacia el norte por fallamiento transcurrente con componente sinistral (Melnick *et al.* 2002).

Entre las dos fosas se desarrolla un alto estructural en el cual se exponen secuencias volcánicas subhorizontales que inclinan entre 5° a 10° hacia el NE y SO respectivamente. A ambos lados de este alto o dorso se desarrollan las depresiones longitudinales de orientación N-NO que habrían concentrado actividad extensional durante el Neógeno, evidenciada en parte por los grandes volúmenes de volcanitas allí depositados durante el Plio-Pleistoceno (Ramos, 1977; Muñoz y Stern, 1988; Vattuone y Latorre, 2001).

Dataciones K/Ar y análisis geoquímicos efectuados sobre rocas andesíticas y basálticas del Cenozoico superior ubicadas entre los 39° y $39^{\circ}30'$ de latitud sur en las cercanías de Aluminé arrojaron edades miocenas-pliocenas (10 Ma, 3,4 Ma). Los resultados geoquímicos permiten inferir en este trabajo un régimen crustal extensional (Vattuone y Latorre, 2001).

Los datos sismológicos registrados en la zona del retroarco (Bohm *et al.* 2002), presentan una notable distribución (Fig.2), quedando evidenciada la casi ausencia de sismos de intraplaca para este sector del retroarco, con la excepción de unos pocos registros dispersos aparentemente sin ningún tipo de patrón definido. Ello es coherente con la poca estructura aflorante, y particularmente con la ausencia de rasgos estructurales activos para el Cuaternario.

DISCUSIÓN

A partir del análisis de la distribución de los datos sísmicos corticales (Bohm *et al.* 2002) y de la estructura neógena a cuaternaria de la zona, sería correcto establecer una correlación directa entre la distribución de sismos de intraplaca y la dinámica de deformación del retroarco, dada la gran variabilidad que el mismo presenta en una corta distancia (36°–39°S) ante condiciones macrotectónicas similares.

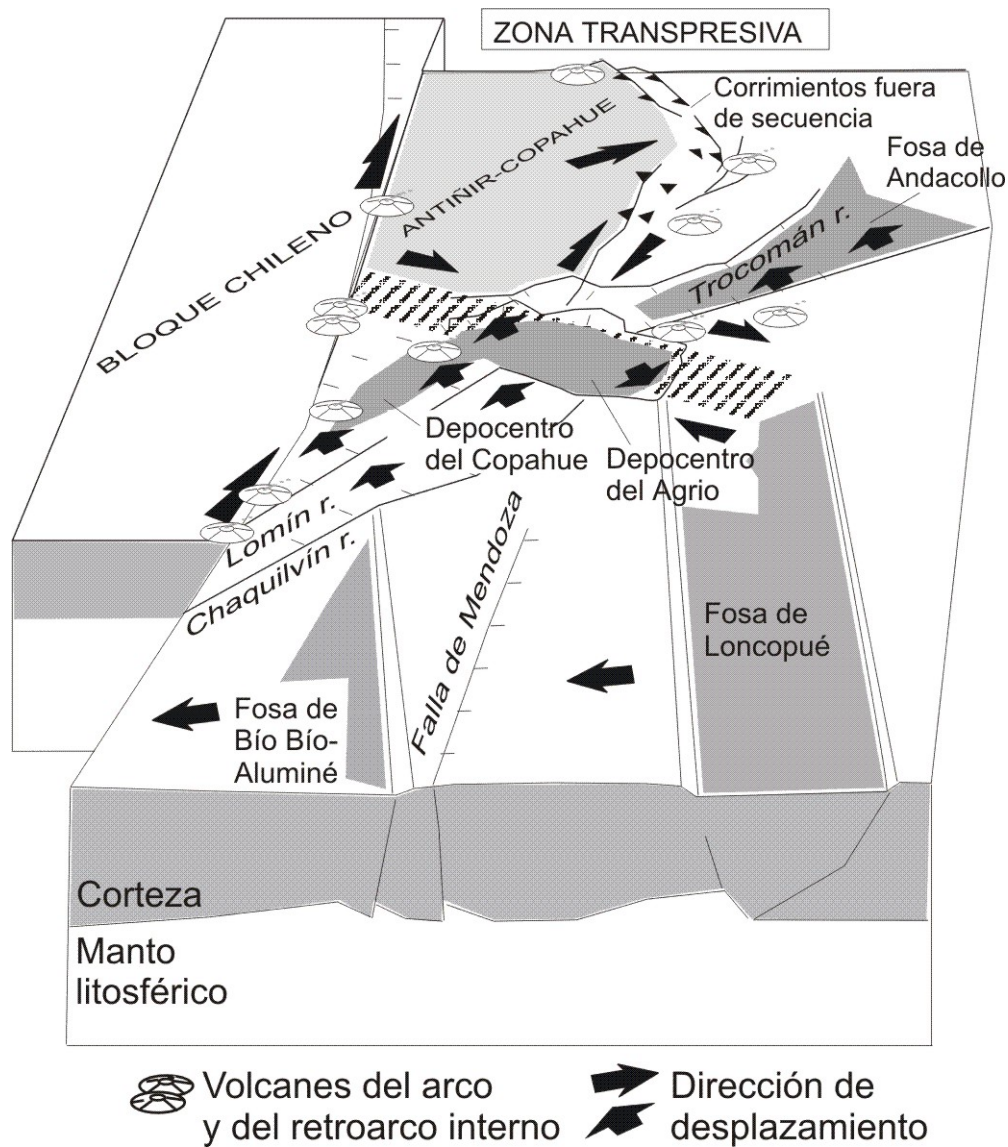


Figura 3. Interpretación de las principales estructuras de la región entre los 36° y los 39°S.

Es por ello que hemos definido dos segmentos con morfología, estructura y sismicidad altamente contrastantes, al norte de los 38° de latitud sur y al sur de esta latitud respectivamente.

El segmento septentrional (37°–38°S) está caracterizado por neotectónica activa a nivel del retroarco, evidenciada a partir de una serie de cabalgamientos con rumbo N-NE, de dinámica principalmente dextral transpresiva, que afectan tanto a basaltos y sedimentos cuaternarios

como a suelos desarrollados en el pie de monte. La geología aflorante está aquí representada por láminas de cabalgamiento que denudan secuencias del Paleógeno, cubiertas discordantemente por secuencias neógenas y cuaternarias.

El segundo segmento (38°–39°S) carece de evidencias neotectónicas compresivas en el retroarco interno, tal como las descritas anteriormente. La geología está caracterizada esencialmente por amplias mesetas volcánicas de estratos horizontales a subhorizontales afectados localmente por estructuras de tipo extensional

La distribución que se observa para los sismos de intraplaca en el retroarco de la zona estudiada (Fig.1), presenta una concentración importante de registros para el segmento norte, y una escasa distribución en lo que hemos definido como segmento sur. Lo cual es compatible con la geología de cada uno de estos segmentos y sus características neotectónicas.

CONCLUSIONES

1) El frente orogénico entre 37° y 38°S se ubica en el retroarco interno, mientras que entre 38° y 39°S está establecido en el frente volcánico cuaternario, encontrándose la vertiente oriental de la cordillera fósil y sin signos de actividad compresional. Este hecho se encuentra avalado por los datos sísmicos corticales de la zona del arco y retroarco a estas latitudes.

2) Existe una coincidencia espacial entre los ejes de máxima subsidencia de las Fosas de Loncopué–Andacollo y la de Bío Bío–Aluminé, con las cuencas paleógenas de intraarco del Oligoceno superior al Mioceno inferior de Collón Curá y Cura Mallín respectivamente, por lo cual se sugiere una reactivación neógena de las estructuras previas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con fondos de PICT 06729 de la Agencia Nacional de promoción Científica y Tecnológica. Se agradece especialmente a Matías Lisjak por su colaboración en las tareas de campo y por su aporte de ideas para la realización del presente trabajo.

REFERENCIAS

- Bohm, M., Lüth, S., Echtler, H., Asch, G., Bataille, K., Bruhn C., Rietbrock A. y Wigger P. 2002. The Southern Andes between 36° and 40° latitude: seismicity and average seismic velocities. *Tectonophysics*. Vol. 356. p. 273-289.
- Cembrano, J., Schermer, E., Lavenu, A. y Sanhueza, A. 2000. Contrasting nature of deformation along an intra-arc shear zone, the LOFZ fault zone, southern Chilean Andes. *Tectonophysics*. Vol. 319. p. 129-149.
- Folguera, A., Melnick, D., Radic, J., Iaffa, D. y Ramos, V.A. 2002 a. 37° to 39°S intra-arc basin in the Southern Central Andes–Cenozoic activity of western Neuquén basin-. 2002. *Actas 7° Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra. Simposio Internacional "Interacciones entre los volcanes y sus basamentos y los riesgos geológicos relacionados"*. Electronic Files. Santiago de Chile.
- Folguera, A., Ramos, V.A. y Melnick, D. 2003. Recurrencia en el desarrollo de cuencas de intraarco. *Cordillera Neuquina (37°30'S)*. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. Vol. 58 (1). p. 3-19.
- González-Ferran, O. y Vergara, M., 1962. Reconocimiento geológico de la cordillera de los Andes entre los paralelos 35° y 38° latitud sur. *Univ. Chile. Inst. Geol. Publ. No. 24*. 119 pp.
- Gräfe, K., Glodny J., Seifert, W, Rosenau, M. y Echtler, H. 2002. Apatite fission track thermochronology of granitoids at the south Chilean active continental margin (37°S – 42°S): Implications for denudation, tectonics and mass transfer since the Cretaceous. *Toulouse Fifth Int. Andean Geodynamics*. p. 275-278.
- Iaffa, D., González Díaz, E. F. y Folguera A. 2002. Tectónica postglaciaria en la cordillera Neuquina, Río Picunleo (37°30'S). *15° Congreso Geológico Argentino*. Vol. 1. p.53-58.
- Jordan, T., Burns, W., Veiga, R., Pángaro, F., Copeland, P., Kelley, S. y Mpodozis, C. 2001. Extension and basin formation in the Southern Andes caused by increased convergence rate: A Mid-Cenozoic trigger for the Andes. *Tectonics*. Vol. 20 (3). p. 308-324.

- Lavenu, A. y Cembrano, J. 1999. Compressional and transpressional stress pattern for Pliocene and Quaternary brittle deformation in fore arc and intraarc zones (Andes of Central and Southern Chile). *Journal of Structural Geology*. Vol. 21. p. 1669-1691.
- Melnick, D., Folguera, A., Rosenau, M.; Echtler, H. y Potent, S. 2002. Tectonics from the Northern segment of the Liquiñe-Ofqui fault system (37°-39°S), Patagonian Andes. In *Fifth International Symposium of Andean Geodynamics*. Abstracts. p. 413-417. Toulouse.
- Melnick, D., Folguera, A., Echtler, H., Charlet, F., Büttner, O. y De Batist, M. 2003. The Lago del Laja Fault System: Active intra-arc orogenic collapse in the Southern Central Andes (37°15'S). *10° Congreso Geológico Chileno*. Concepción. Chile.
- Muñoz, J. y 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*. Vol. 1. No. 2. p. 147-161.
- Radic, J., Rojas, L., Carpinelli, A. y Zurita, E. 2002. Evolución tectónica de la Cuenca Terciaria de Cura Mallín, región cordillerana chileno-argentina (36°30'-39°S). *Actas 15° Congreso Geológico Argentino*. Archivos Electrónicos. El Calafate.
- Ramos, V.A. 1977. Estructura. Rolleri E.O. (Ed.), In *Geología y recursos naturales de la Provincia del Neuquén*. Relatorio 7° Congreso Geológico Argentino. p. 9-24.
- Ramos, V.A. 1998. Estructura del sector oriental de la faja plegada y corrida del Agrio, Cuenca Neuquina Argentina. *Actas Congreso Latinoamericano de Geología*, No 10, Vol.2, p.105-110. Buenos Aires.
- Ramos, V.A. y Folguera, A. 1999 b. The Andes of Neuquen (36°-38°S): Evidence of Cenozoic transtension along the arc. *4° Andean Geodynamic Symposium*. Extended Abstracts. p. 606-609. Göttingen.
- Suárez, M. y C. Emparán. 1997. Hoja Curacautín. Regiones de la Araucanía y del Bío Bío. *Carta Geológica de Chile*, 1:250.000. Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile. 71. pp. 105. Santiago.
- Vattuone, M. E. , Latorre, C. E. 2001. Caracterización geoquímica y edad K/Ar de basaltos del Terciario superior de Aluminé. Neuquén. *Actas 10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Nacional de Geología Económica*, Vol. 2. p. 184-190.
- Vergara, M. y 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*. vol. 17. p.31-46.
- Zapata, T.R., Córscico S., Dzelalija F. y Zamora G. La faja plegada y corrida del Agrio: Análisis estructural y su relación con los estratos terciarios de la cuenca neuquina, Argentina. *Congreso de Hidrocarburos*. Archivos Electrónicos. Mar del Plata. 2002.