

Tectónica neógena en el extremo sur de la Cordillera Patagónica Septentrional. Cuenca de los lagos la Plata y Fontana (45°S)

Andrés FOLGUERA, Víctor A. RAMOS y Julio VIEIRO

Laboratorio de Tectónica Andina. Universidad de Buenos Aires.

E-mail: Folguera@gl.fcen.uba.ar; andes@gl.fcen.uba.ar

RESUMEN. Nuevos datos acerca de la anisotropía del manto, debajo de los Andes entre los 45° y los 46°S han revelado un rasgo sorprendente: un eje de polarización con orientación NO coincide con la segmentación estructural, derivada de la geometría de la cuenca cretácica inferior a estas latitudes. La geometría de la litosfera inferior induciría flujo astenosférico, en forma no paralela al tren andino. Adicionalmente se relaciona este mismo, con el desarrollo de una serie de pequeños depocentros extensionales en el retroarco de edad neógena a cuaternaria, los cuales se encuentran alineados con la estructura extensional cretácica. ¿Fue la reactivación transtensional de estructuras de basamento, durante el Neógeno, la que modificó la geometría de la litosfera inferior, a través de la actividad de un antiguo *detachment*, induciendo corrientes convectivas en el manto superior? ¿O simplemente la actividad de este *detachment* se relacionó con los efectos de arrastre que produjera la apertura de una ventana astenosférica, en la litosfera inferior, provocando la ruptura de la corteza a través de discontinuidades fósiles?

Palabras clave: *Cordillera Patagónica, Neotectónica, Anisotropía del manto*

ABSTRACT. *Neogene tectonics in the southernmost extreme of the Northern Patagonian Cordillera. La Plata-Fontana lakes basin (45°S).* New anisotropic seismic data below the Andes at 45°- 46°S have revealed a striking feature: a fast polarization NW axis coinciding with the Lower Cretaceous segmentation derived from basin geometry. The geometry of the lower lithosphere would induce asthenospheric flux which is not parallel to the Andean trend. Moreover, a series of Quaternary-Neogene small basins in the retro-arc are aligned with the Cretaceous extensional structure. Did transtensional reactivation of basement structures during the Neogene modify lower lithosphere geometry through activity of ancient detachments, inducing convective cells in the upper mantle? Or would the activity of the ancient detachment be linked to the opening of a slab asthenospheric window and to its drag in the lower lithosphere, making the crust yield through fossilized discontinuities?

Key words: *Patagonian Cordillera, Neotectonics, Mantle Anisotropy*

Introducción

El orógeno andino se construye por subducción de corteza oceánica de diferentes edades a lo largo del borde de convergencia pacífico (Fig. 1). Estos gradientes y quiebres de edad del fondo oceánico a la altura de la trinchera oceánica, provocan otro gradiente en la fuerza de *slab pull* (Liu *et al.* 1995). Estos últimos gradientes sumados a la variación en el grado de flotabilidad de la losa, se relacionan con el grado de acoplamiento entre las placas (Klotz *et al.* 2001) y rigen en gran medida la mecánica de deformación del sistema subductivo. En los segmentos en los cuales la fuerza de *slab pull* es mayor, hecho supuesto a raíz de la mayor densidad y penetración de la corteza subducida, la inyección de la losa oceánica en la astenósfera está más facilitada y las superficies trabadas en la zona de interacción directa entre las placas que colisionan son más reducidas (Parodo *et al.* 1996; Klotz *et al.* 2001).

A mayor inyección de la losa oceánica, más acorta-

miento se podrá desarrollar en la placa superior del sistema subductivo, dependiendo en parte de las características reológicas de los distintos segmentos corticales. Estas características reológicas que influyen en el grado de acortamiento comprenden desde su historia previa de deformación y amalgamamiento (Allmendinger y Gubbels 1996), hasta su historia de debilitamiento térmico derivada de cambios en la configuración de Wadati-Benioff (James y Sacks 1999) y de la migración del frente magmático (Ramos *et al.* 2002).

En los segmentos en los cuales la fuerza de *slab pull* ha sido y es particularmente baja y por lo tanto la inyección de la losa oceánica ha estado inhibida, el acortamiento registrado en tiempos geológicamente recientes fue reducido (Folguera y Ramos 2001; 2002). En estos casos la deformación relacionada con el apilamiento de escamas corticales habrá progresado mínimamente hacia el antepaís, ya que el ancho de la faja orogénica es función básicamente del acortamiento y la mecánica de deformación.

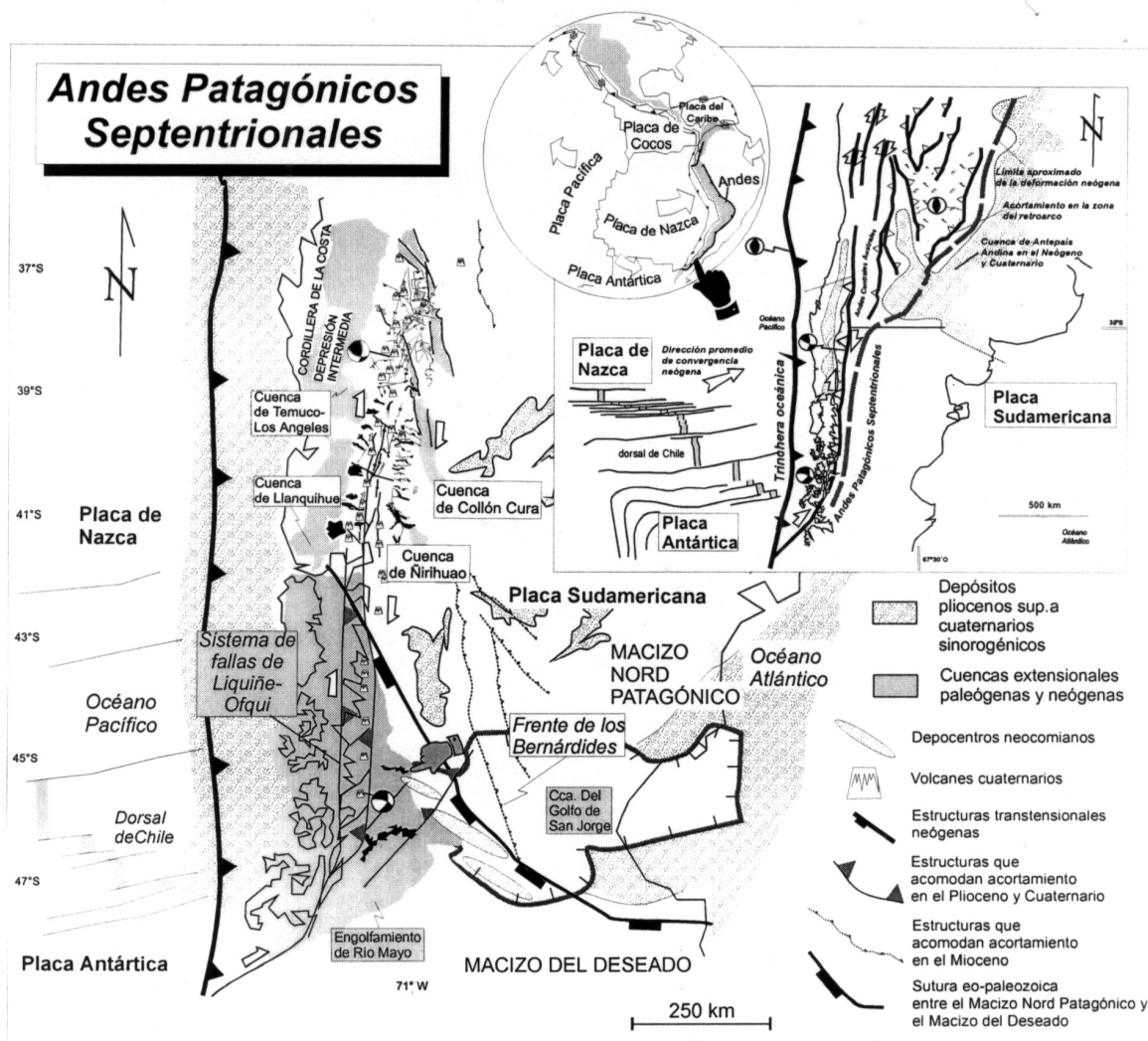


Figura 1: Andes Patagónicos Septentrionales. Subducción de la dorsal de Chile y sistema transcurrente de Liquiñe-Ofqui. Una faja imbricada tectónicamente del Paleógeno superior queda aislada del cinturón móvil neógeno en el retroarco. Basado en Homocv *et al.* (1993), Strelkov *et al.* (1994), Diraison *et al.* (1996), Arancibia *et al.* (1999), Lavenu y Cembrano (1999), Cembrano *et al.* (2000), Ramos (2002).

Particularmente en estos segmentos, será factible registrar el papel que ejerce el arrastre sublitosférico ejercido por corrientes convectivas superficiales del manto astenosférico en el desarrollo de estructuras en el retroarco o al menos su relación con el desarrollo de estructuras superficiales. Este proceso no se superpondrá a la actividad orogénica típica de estas posiciones, similarmente al registrado en áreas cratónicas alejadas del área de influencia de las placas, pudiendo ser aislado para su estudio (Gao *et al.* 1997; Russo y Okal, 1998; Liu y Shen, 1998). En estas regiones es factible relacionar a la estructura neotectónica con direcciones de anisotropía del manto.

Los efectos de este arrastre o acoplamiento han sido individualizados también en áreas orogénicas, en donde la actividad neotectónica es regida alternadamente por la interacción entre las placas y la dinámica del

manto (Taylor y Switzer 2001), ello favorece la hipótesis acerca de la cual la tectónica de placas reactiva estructuras que modifican la geometría sublitosférica induciendo corrientes convectivas en la astenósfera.

En el extremo sur de la Cordillera Patagónica Septentrional (45°-46°S), el frente orogénico ha migrado mínimamente durante los últimos 10 millones de años, en gran medida por los bajos acortamientos registrados (Ramos 2002). Se ha interpretado que este fenómeno ha estado relacionado con la aproximación de una dorsal que producía la subducción de suelo oceánico progresivamente más joven y por ende con alta flotabilidad. Esta corteza oceánica habría subducido con dificultad debido a los bajos contrastes de densidad, generando zonas de Wadati-Benioff reducidas (Pardo *et al.* 1996) y con un alto acoplamiento en la zona sismogénica de interplacas (Klotz *et al.* 2001) ante una

reducida fuerza de *slab pull* a juzgar por estos comportamientos.

Entre los 45° y los 46°S, se ha registrado recientemente un dato sorprendente: existen dos direcciones de anisotropía en el manto que reflejarían patrones de circulación del manto astenosférico superior (Murdie y Russo 1999). Una de ellas es noroeste coincidente con la dirección de una serie de segmentos de dorsal correspondientes a la dorsal de Chile que están siendo subducidos bajo la península de Taitao, alrededor de los 46°30'S (Fig. 1). Éstos se relacionan con sismicidad superficial extensional de igual orientación (Murdie *et al.* 1993). La otra dirección es oeste–noroeste y no se asocia a ningún rasgo tectónico de primer orden, ni con sismicidad (Murdie y Russo 1999).

En la cuenca de los lagos La Plata y Fontana, ubicados en el retroarco de la Cordillera Patagónica, se ha constatado tectónica neógena caracterizada por el desarrollo de grábenes de orientación oeste–noroeste, que se han generado por la reactivación aparente de un sistema de *rift* del Jurásico medio–Cretácico inferior, el cual aflora en este sector de la cordillera, correspondiente al engolfamiento de río Mayo, en el sector occidental de la cuenca del golfo de San Jorge (Clavijo 1986; Strelkov *et al.* 1994) (Fig. 1).

Se analizan aquí las hipótesis sobre el eventual arrasamiento producido por la apertura de segmentos de dorsal en la base de la litosfera y la inducción de una reactivación transtensional del *detachment* mesozoico. Ésta habría provocado una celda de circulación astenosférica a partir del atenuamiento mecánico de la litosfera inferior en función de su geometría (Anderson 1998), definiendo la principal anisotropía sísmica del manto en esta región (Murdie y Russo 1999) y la que estaría asociada a estructuras cuaternarias en el retroarco. La otra hipótesis, plantea que la estructura cretácica inferior se reactiva por efectos de la tectónica de placas, con una componente transtensional, modificándose de esta manera la geometría inferior de la litosfera que controlaría el movimiento convectivo superficial del manto sublitosférico. Esta hipótesis se basa principalmente en la regionalidad del desarrollo de la estructura cuaternaria en la zona del arco y retroarco, en zonas alejadas de la acción de la dorsal de Chile.

Extremo sur de la Cordillera Patagónica Septentrional

Los Andes se han formado por mecanismos de engrosamiento cortical. Estos mecanismos contemplan un acortamiento equivalente de la corteza superior e inferior.

En el extremo sur de la Cordillera Patagónica Septentrional (44°–46°S), los mecanismos de acortamiento superficial involucran el apilamiento cretácico a paleógeno de escamas por sobre despegues extensionales mesozoicos (Homocv *et al.* 1993; Peroni *et al.*

1995; Giacosa y Heredia 1999; Diraison *et al.* 1996, 2000) especialmente en los sectores orogénicos externos, mientras que en los sectores internos el apilamiento de escamas está controlado por sistemas transpresionales de escala litosférica (Laveny y Cembrano 1999; Arancibia *et al.* 1999; Cembrano *et al.* 2000).

Estos sistemas transpresionales han concentrado el apilamiento durante el Neógeno y el Cuaternario (Laveny y Cembrano 1999; Arancibia *et al.* 1999; Thomson *et al.* 1999; Cembrano *et al.* 2000), así como localizado diferentes pulsos de actividad magmática que se han implantado en la corteza superior a través de fallas transcurrentes (Hervé *et al.* 1993).

La geometría de los depocentros extensionales mesozoicos en este sector de la cordillera fue estudiada en detalle por Clavijo (1986) y Strelkov *et al.* (1994). Estos autores identificaron una orientación oeste–noroeste de la estructura extensional que controla la variación de espesores del Jurásico medio al Cretácico inferior. Esta estructuración extensional generó una serie de cubetas alternadas con altos basamentales, los cuales están expuestos en el frente de la cordillera por medio de sistemas transpresionales activos desde el Mioceno superior (Laveny y Cembrano 1999; Cembrano *et al.* 2000). Estas cubetas se extienden en el subsuelo del área extraandina (Fig. 2).

Estos sistemas transpresionales definen el frente orogénico de este segmento andino (44°–46°S) (Figs. 1 y 2), el cual posee una ubicación extraordinariamente proximal con respecto al resto de la cadena andina. Limita una faja de retroarco en la cual se concentró la deformación plegante en el Mioceno superior que concentra el acortamiento de este segmento. Hoy se encuentra virtualmente fósil desde el punto de vista del desarrollo de estructuras que conduzcan al levantamiento orogénico (Figs. 1 y 2).

Hacia el sur, en el retroarco de la cordillera de Santa Cruz, recientemente se ha constatado la presencia de grábenes que alojan una serie de cuencas lacustres de retroarco. Éstas cortan a la estructura orogénica desarrollada en el Mioceno superior, en forma perpendicular a oblicua con respecto al frente cordillerano (Diraison *et al.* 1996, 2000). La gran extensión de estos rasgos en la Cordillera Patagónica, favorece la hipótesis de su generación en un marco de tectónica tangencial.

Esquema tectónico actual en la Cordillera Patagónica

La dorsal de Chile (Fig. 1) se subduce por debajo de la península de Taitao y está conformada por una serie de segmentos de orientación noroeste a la altura de la trinchera de Chile. La presencia de otros segmentos de idéntica actitud se intuye por debajo de la placa Sudamericana a partir del análisis de sismicidad extensional, con mecanismos focales paralelos a los mismos (Murdie *et al.* 1993).

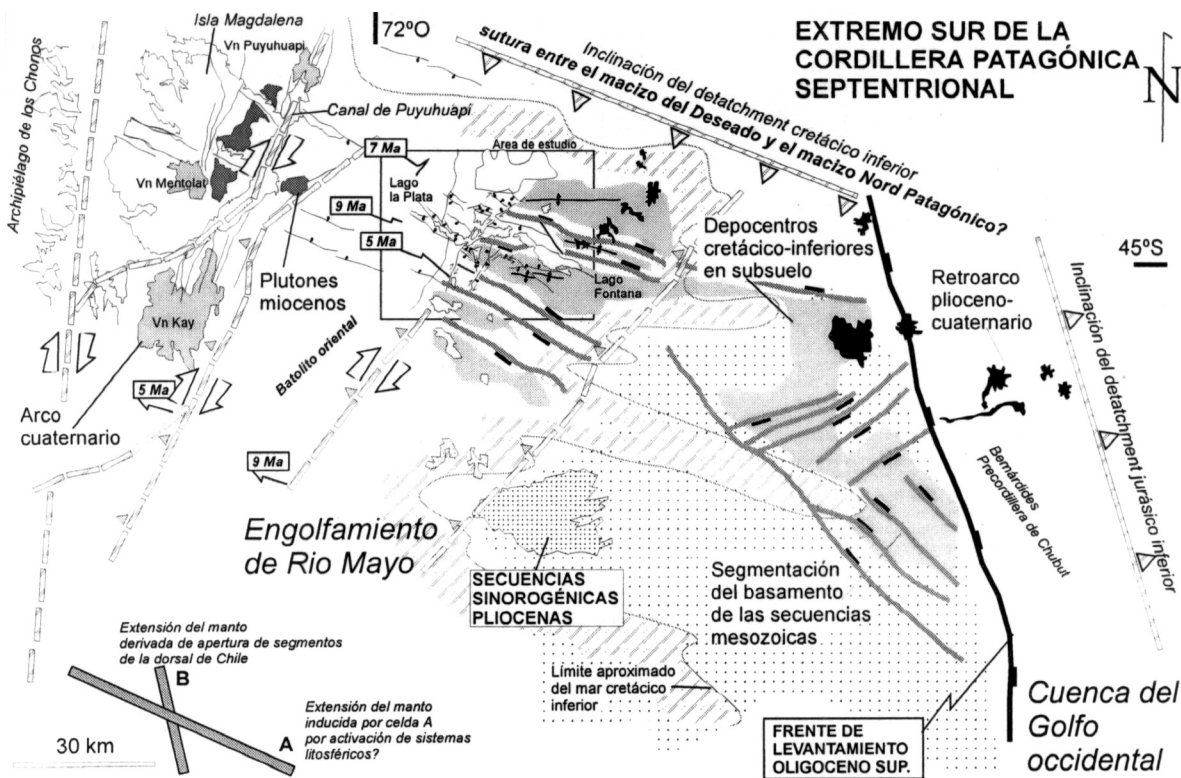


Figura 2: Extremo sur de la Cordillera Patagónica Septentrional. Con un recuadro se indica la edad de levantamiento de diferentes estructuras y la edad de reseteamiento de sistemas rocosos inferida por trazas de fisión (Thomson *et al.* 1999).

La dorsal de Chile ha comenzado a interactuar con el borde de placa sudamericana desde hace 14 millones de años a partir de lo cual se define el punto triple entre las placas Sudamericana, Antártica y de Nazca, el cual migró hacia el norte hasta su posición actual (Cande y Leslie 1986).

Al sur del punto triple alrededor de los $46^{\circ}30'$, se desarrolla una faja plegada y corrida que concentra importantes cantidades de acortamiento correlacionable con una cordillera de más de 4000 metros y que ha poseído probablemente su principal fase de activación durante las sucesivas colisiones de los segmentos de la dorsal de Chile (Ramos 1989; Prior *et al.* 1996). Adicionalmente importantes cambios en la estructura térmica de la astenósfera superior se han inferido al sur del punto triple a lo largo de toda la historia colisional de la dorsal, debido a la extinción del arco volcánico y la erupción de grandes volúmenes de basaltos de retroarco (Charrier *et al.* 1979; Ramos y Kay 1992).

Al norte del punto triple, el apilamiento orogénico se concentra principalmente bajo la zona del arco volcánico y en el retroarco interno (Lavenu y Cembrano 1999), no desarrollándose una faja en el retroarco que absorbe acortamiento como hacia el sur. De esta manera la actividad reciente se localiza en sectores particularmente proximales inmediatamente por detrás de la línea del arco volcánico (Fig. 2).

Neotectónica en la cuenca de los lagos La Plata y Fontana y controles estructurales previos

La cuenca hidrográfica de los lagos La Plata y Fontana está conformada por una serie de lineamientos de unos cientos de metros a kilométricos de orientación oeste-noroeste, con desarrollo morfológico que conforman a grandes rasgos un *graben* (Figs. 2 y 3). Estas líneas cortan a secuencias sedimentarias, volcanitas y plutones jurásicos y cretácicos que se encuentran estructurados desde el Cretácico medio a superior, por lo cual la delimitación de su edad no es directa y debe apelarse a criterios morfológicos y como se verá a trazas de fisión.

Las secuencias aflorantes fueron depositadas en una cuenca desarrollada en la zona del arco volcánico mesozoico y sus máximos espesores fueron acumulados en depocentros de origen extensional (Ramos y Palma 1983; Folguera 2002). Otra serie de subcuencas fueron desarrolladas con similares características en el sector extraandino en subsuelo (Clavijo 1986; Strelkov *et al.* 1994).

La geometría de los depocentros extensionales en el frente oriental de la Cordillera Patagónica, correspondiente a la vertiente argentina (Folguera 2002), muestra ser similar a aquella reconocida en la zona extraandina (Clavijo 1986; Strelkov *et al.* 1994). Las fallas maestras

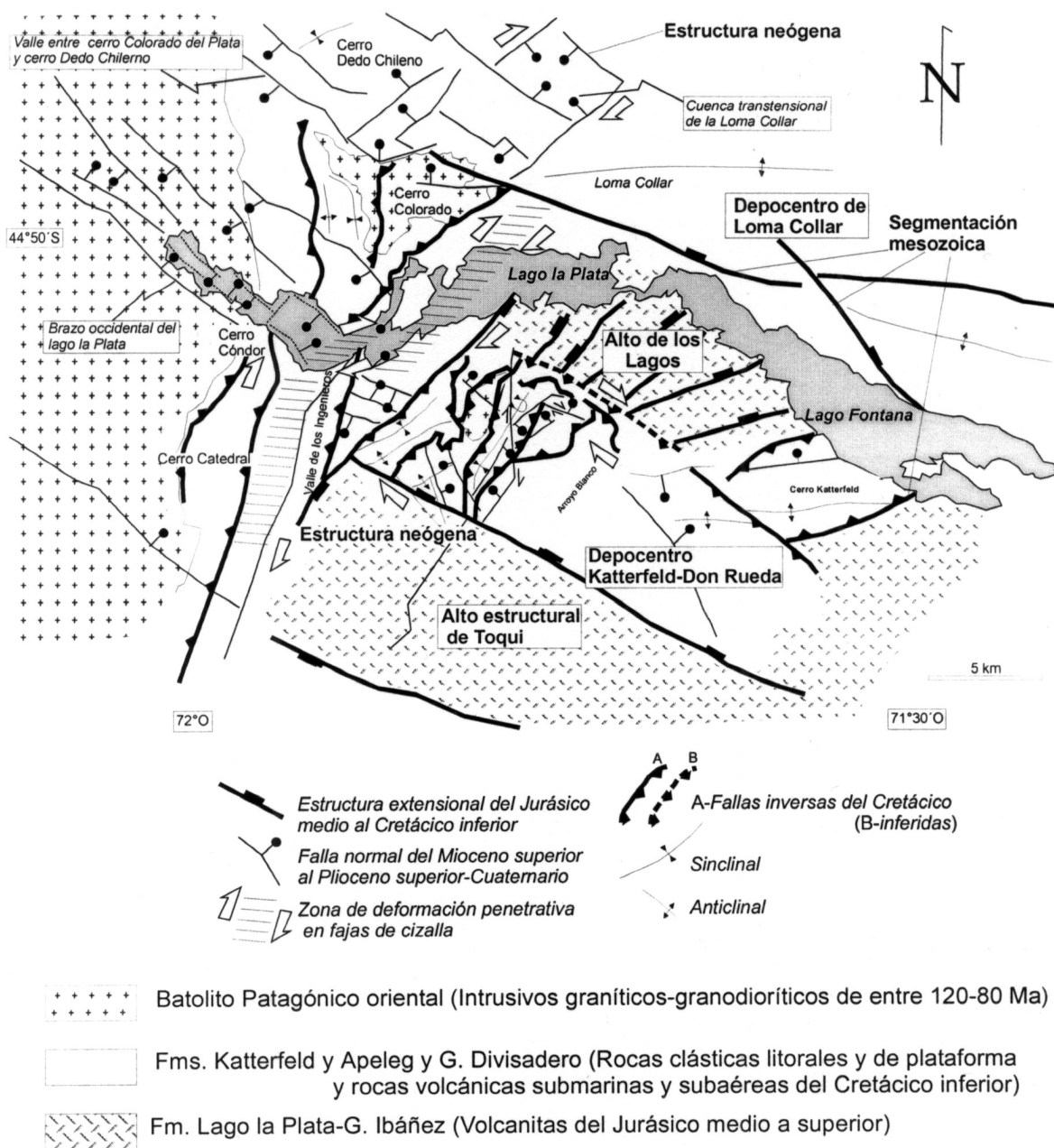


Figura 3: Mapa estructural de la cuenca de los lagos La Plata y Fontana.

de orientación oeste-noroeste y rechazo normal limitan los principales espesores de las secuencias del Cretácico inferior. De esta manera se alternan una serie de cubetas con esta orientación separadas entre sí por altos del basamento con idéntica actitud (Figs. 1, 2 y 3).

Sobre esta base se infiere que la actividad neotectónica refleja la reactivación del patrón de segmentación mesozoico. Los indicadores cinemáticos hallados en estructuras extensionales oeste-noroeste, muestran la actividad de estos planos en un abanico de mecánicas desde transtensionales dextrales hasta de rumbo dextrales (Figs. 2, 3 y 4).

La edad de las estructuras es controversial. Sin em-

bargo datos recientes de trazas de fisión en apatitas y circones en rocas pertenecientes al batolito cretácico oriental (Thomson *et al.* 1999) en las cabeceras de la cuenca de lago La Plata, muestran la apertura de estos sistemas, potencialmente asociada a denudación y exhumación entre el Mioceno superior y el Plioceno (Fig. 2).

Una hipótesis acorde con este esquema descrito, se relaciona con el control que podría haber ejercido la sutura propuesta entre el Macizo del Deseado y el Macizo Nord Patagónico, de edad eo-paleozoica (Ramos 2002), en el desarrollo y geometría de la cuenca cretácica inferior a estas latitudes (Folguera 2002). Así,

la reactivación de la estructura cretácica durante el Mioceno superior-Plioceno, estaría asociada a la reactivación transtensional de la sutura paleozoica (Figs. 2 y 4).

Sistema de circulación del manto superior astenosférico al norte del punto triple

El esquema de circulación de celdas convectivas en el manto superior no rige, al menos en una forma evidente, la mecánica de dispersión entre las placas a nivel global. Si bien ciertos autores habían propuesto que ciertas placas se mueven por efecto del rozamiento sublitosférico ejercido por celdas convectivas (Russo y Silver 1994, 1996) y que en particular los ciclos de desmembramiento supercontinentales se consideran primariamente dirigidos por la dinámica astenosférica. Por esta razón la dinámica del manto sublitosférico no es predecible a partir de la tectónica de placas, especialmente en las zonas de subducción en donde este sistema de circulación tiende a ser complicado.

La tectónica de placas, es decir el movimiento entre

las piezas litosféricas mayores, depende básicamente de las fuerzas de *slab pull* y *ridge push* generadas por inestabilidades gravitacionales a nivel litosférico. La primera de estas fuerzas se relaciona con variaciones topográficas del fondo oceánico y con variaciones de profundidad del límite inferior de la litosfera oceánica, definidas por la reacción isostática de la litosfera oceánica ante la distribución de zonas calientes y frías del manto superior astenosférico. La segunda fuerza se asocia a la edad, longitud, grosor, ángulo y longitud de penetración de la losa.

Sin embargo la dinámica del manto rige hasta cierto punto la mecánica de deformación de la corteza superior (Liu y Shen 1998) en aquellas zonas alejadas de los cinturones móviles orogénicos y zonas de inversión de *rifts* intracontinentales, cuyos campos de velocidad se relacionan directamente con la interacción entre placas vecinas.

Los estados tensionales de los interiores de las placas o en general de zonas alejadas a los bordes de subducción y de colisión, ya fuera del campo de influencia de la tectónica de placas, se relacionan con campos de deformación impuestos por puntos calien-



Figura 4: Esquema en el que se representa la hipótesis de acoplamiento de celdas de circulación en el manto superior, la primera de ellas originada en una ventana astenosférica y la segunda generada por la reactivación de viejos despeques mesozoicos relacionada con el arrastre sublitosférico del manto. La estructura neógena es paralela a la segmentación mesozoica.

tes y plumas (Bott 1993; Anderson 1998; Russo y Okal 1998), efectos de escape tectónico ligados a fuerzas derivadas de variaciones topográficas (Morley 2001; Shen *et al.* 2000), o con campos definidos por el efecto del arrastre del manto astenosférico en la litosfera inferior (Gao *et al.* 1997; Wolfe y Solomon 1998).

Particularmente el desarrollo de direcciones de anisotropía sísmica del manto astenosférico, ligadas a sismicidad extensional de idéntica actitud (Murdie *et al.* 1993; Murdie y Russo, 1999), demuestran la injerencia en el patrón de circulación del manto sublitosférico, en el desarrollo de ventanas astenosféricas ligadas a la subducción de segmentos de la dorsal de Chile (Fig. 4).

Sin embargo, un problema para Murdie y Russo (1999) se presenta al evaluar la naturaleza del segundo eje de anisotropía sísmico hallado. La orientación del mismo O-NO no asociada a sismicidad, descarta en principio su generación a nivel de la superficie de interplacas (Fig. 4). Este eje es consistente con las hipótesis acerca de las cuales existiría flujo del manto astenosférico paralelo a los límites de placas, en los sectores proximales a la zona de interplacas, desacoplado con el campo de velocidad del orógeno andino (Russo y Silver 1994, 1996).

Conclusiones

Una dirección de anisotropía del manto de orientación O-NO se relaciona con estructura extensional de edad miocena superior a pliocena (¿cuaternaria?) desarrollada en el retroarco del extremo sur de la Cordillera Patagónica Septentrional. Esta estructura está vinculada a su vez con la segmentación mesozoica del basamento expuesto en la vertiente oriental de la cordillera, pudiendo ser función a su vez de la reactivación extensional de la sutura que delimita al Macizo del Deseado (Figs. 2 y 4).

Se plantea aquí la incertidumbre acerca del origen de la estructura extensional-transtensional: 1) Una posibilidad surge del desarrollo de una ventana astenosférica evidenciada por sismicidad bajo el punto triple entre las placas Sudamericana, de Nazca y Antártica. Esta induce un eje de anisotropía en el manto NO, que podría estar interactuando con la litosfera inferior reactivando un despegue mesozoico de rumbo general O-NO que induciría la inyección de astenósfera en niveles más superficiales. Esto definiría celdas convectivas con esta orientación. De esta manera la estructura cuaternaria, ligada a la reactivación de la estructura mesozoica estaría activada por efectos del arrastre del manto sublitosférico (Fig. 4).

2) La otra alternativa estaría relacionada con la activación por medio de esfuerzos tangenciales de la estructura mesozoica, en los sectores internos orogénicos en contacto con los sistemas transpresionales de la zona del arco volcánico. La reactivación de los despe-

gues mesozoicos induciría por su geometría el patrón convectivo relacionado con la anisotropía O-NO. En esta alternativa la estructura extensional-transtensional del retroarco estaría asociada a la reactivación de la estructura mesozoica, pero en un marco de tectónica tangencial. La actividad del manto sería pasiva y no generaría importante fricción y arrastre en la litosfera inferior. La regionalidad de estructuras extensionales perpendiculares y oblicuas al tren andino sugieren que su formación no se relacionaría con fenómenos de índole local, tal como el desarrollo de ventanas astenosféricas por la subducción de la dorsal de Chile.

Agradecimientos

Este trabajo es parte del proyecto «Evolución del segmento de subducción normal (33°-38°S)» PIP 4162. Se agradece a los revisores de este trabajo

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Allmendinger, R. and Gubbels, T., 1996. Pure and simple shear plateau uplift, Altiplano-Puna, Argentina and Bolivia. *Tectonophysics*, 259: 1-13.
- Anderson, D., 1998. The scales of mantle convection. *Tectonophysics*, 284: 1-17.
- Arancibia, G., Cembrano, J. and Lavenu, A., 1999. Transpresión dextral y partición de la deformación en la zona de Falla LOFZ, Aisén, Chile (44°-45°S). *Revista Geológica de Chile*, 26 (1): 3-22.
- Bott, M., 1993. Modelling the plate-driving mechanism. *Journal of the Geological Society of London*, 150: 941-951.
- Cande, S. and Leslie, R., 1986. Late Cenozoic tectonics of the Southern Chile Trench. *Journal of Geophysical Research*, 91 (B1): 471-496.
- Cembrano, J., Schermer, E., Lavenu, A. and Sanhueza, A., 2000. Contrasting nature of deformation along an intra-arc shear zone, the LOFZ fault zone, southern Chilean Andes. *Tectonophysics*, 319: 129-149.
- Clavijo, R., 1986., Estratigrafía del Cretácico inferior en el sector occidental de la Cuenca del Golfo de San Jorge. *Boletín de Informaciones Petroleras, Nueva Serie*, 3 (9): 15-32. Buenos Aires.
- Charrier, R., Linares, E., Niemeyer, H. and Skarmeta, J., 1979. K-Ar ages of basalt flows of Meseta Buenos Aires in southern Chile and their relation to the southeast Pacific triple junction. *Geology*, 7: 436-439.
- Diraison, M., Cobbold, P., Gapais, D. and Rossello, E., 1996. Tertiary kinematics of the Southern Andes and the development of the Magellan foreland basin. *Actas 3° International Symposium Andean Geodynamics*: 347-350. St Maló.
- Diraison, M., Cobbold, P., Gapais, D., Rossello, E. and Le Corre, C., 2000. Cenozoic crustal thickening, wrenching and rifting in the foothills of the southernmost Andes. *Tectonophysics*, 316: 91-119.
- Folguera, A., 2002. Evolución de una cuenca de intraarco en una zona de subducción ante convergencia oblicua. Análisis comparativo de la cuenca neógena neuquina (37°-39°S) y la cuenca mesozoica de Río Mayo (45°S). Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, pp. 254.
- Folguera, A. y Ramos, V.A., 2001. Distribución de la deformación en los Andes australes (33°-46°S). *Revista de la Asociación Geológica Argentina, Serie D: Publicación Especial N°5*: 13-18.

- Folguera, A. y Ramos, V.A., 2002. Partición de la deformación durante el Neógeno en los Andes Patagónicos Septentrionales (37°-46°S). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 15 (1-2): 81-92.
- Gao, S., Davis, P., Liu, H., Slack, P., Rigor, A., Zorin, Y., Mordvinova, V., Kozhevnikov, V. and Logatchev, N., 1997. SKS splitting beneath continental rift zones. *Journal of Geophysical Research*, 102 (B10): 22.781–22.797.
- Giacosa, R. y Heredia, N., 1999. 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. *Acta Geológica Hispánica*, 32 (1-2): 103-111.
- Hervé, F., Pankhurst, R., Drake, R., Beck, M. and Mpodozis, C., 1993. Granite generation and rapid unroofing related to strike-slip faulting, Aysén, Chile. *Earth and Planetary Science Letters*, 120: 375-386.
- Homoc, J., Conforto, G. y Lafourcade, P., 1993. Faja plegada en el subsuelo de la cuenca del golfo de San Jorge, ejemplo de inversión tectónica. *Actas 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, 3: 235-241
- James, D. and Sacks, S., 1999. Cenozoic Formation of the Central Andes: A Geophysical perspective. En: B.J. Skinner (Ed.) *Geology and Ore deposits of the Central Andes*. Special Publication, (7): 1-25. Society of Economic Geologists.
- Klotz, J., Michel, G., Khazarade, G. and Heinze, B., 2001. GPS based deformation measurements and modeling. Project D5, South American Geodynamic Activities project (SAGA). *Deformation processes within the Andes: 367-392*, Berlin-Postdam.
- Lavenu, A. and Cembrano, J., 1999. Compressional and tranpressional stress pattern for Pliocene and Quaternary brittle deformation in fore arc and intra arc zones (Andes of Central and Southern Chile). *Journal of Structural Geology*, 21: 1669-1691.
- Liu, M. and Shen, Y., 1998. Crustal collapse, mantle upwelling, and Cenozoic extension in the North American Cordillera. *Tectonics*, 17 (2): 311-321.
- Liu, X., Mc Nally, K. and Zheng-Kang, S., 1995. Evidence for a role of the downgoing slab in earthquake slip partitioning at oblique subduction zones. *Journal of Geophysical Research*, 100 (B8): 15.351-15.372.
- Morley, C., 2001. Combined escape tectonics and subduction rollback arc extension: a model for the evolution of Tertiary rift basins in Thailand, Malaysia and Laos. *Journal of the Geological Society of London*, 158: 461-474.
- Murdie, R. and Russo, R., 1999. Seismic anisotropy in the region of the Chile margin triple junction. *Journal of South American Earth Sciences*, 12: 261-270.
- Murdie, R., Prior, D., Styles, P., Flint, S., Pearce, R. and Agar, S., 1993. Seismic responses to ridge-transform subduction: Chile triple junction. *Geology*, 21: 1095-1098.
- Pardo, M., Comte, D., Monfret, T., Vera, E. and Gonzalez, N., 1996. Central Chile seismotectonics and stress distribution along the subducted Nazca plate (25°-40°S). *Actas 3° Simposio Internacional de Geodinámica Andina*: 215-217. St Maló.
- Peroni, G., Hegedus, A., Cerdan, J., Legarreta, L., Uliana, M., Laffitte, G., 1995. Hydrocarbon accumulation in an inverted segment of the Andean Foreland: San Bernardo belt, Central Patagonia. In: A.J. Tankard, R. Suárez S., and H.J. Welsink (Eds.) *Petroleum Basins of South America*. American Association of Petroleum Geologists, *Memoir* 62: 403-419.
- Prior, D., Ray, F. and Flint, S., 1996. Tertiary tectonics of northern Patagonia: the evidence of Chilean basin remnants. *Actas 3° International Symposium of Andean Geodynamics*: 461-463. St Maló.
- Ramos, V.A., 1989. Foothills structure in Northern Magallanes Basin, Argentina. *American Association of Petroleum Geologists*, 73: 887-903.
- Ramos, V.A., 2002. Evolución tectónica de la Provincia de Santa Cruz. En: M.J. Haller (Ed.). *Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz*. *Relatorio 15° Congreso Geológico Argentino*. I -23: 365-387. El Calafate.
- Ramos, V.A. and Kay, S., 1992. Southern Patagonian plateau basalts and deformation: backarc testimony of ridge collisions. *Tectonophysics*, 205: 261-282.
- Ramos, V.A. y Palma M., 1983. Las Lutitas pizarreñas fosilíferas del Cerro Dedo y su evolución tectónica; Lago La Plata, Provincia de Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 37 (2): 148-160.
- Ramos, V.A., Cristallini, E. and Pérez, D., 2002. The Pampean flat-slab of the Central Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 15: 59-78.
- Ramos, V., Zapata, T., Cristallini, E. and Introcaso, A. En Prensa. The Andean thrust system: Latitudinal variations in structural styles and orogenic shortening. En: K. McClay (Ed.) *Thrust Tectonics*, 99.
- Russo, R. and Silver, P., 1994. Trench-parallel flow beneath the Nazca Plate from seismic anisotropy. *Science*, 263: 1.105-1.111.
- Russo, R. and Silver, P., 1996. Cordillera Formation, mantle dynamics, and the Wilson cycle. *Geology*, 24 (6): 511-514.
- Russo, R. and Okal, E., 1998. Shear wave splitting and upper mantle deformation in French Polynesia: Evidence for small-scale heterogeneity related to the Society hotspot. *Journal of Geophysical Research*, 103 (B7): 15.089–15.107.
- Shen, Z., Zhao, C., Yin, A., Li, Y., Jackson, D., Fang, P. and Dong, D., 2000. Contemporary crustal deformation in east Asia constrained by Global Positioning System measurements. *Journal of Geophysical Research*, 105 (B3): 5.721-5.734.
- Strelkov, E., de la Paz, M. y Baldo, J., 1994. Geología y características exploratorias de las secuencias neocomianas en el oeste de la Provincia de Chubut-Argentina. *Boletín de Informaciones Petroleras*, Nueva Serie, 38: 81-93.
- Taylor, W. and Switzer, D., 2001. Temporal changes in fault strike (to 90°) and extension directions during multiple episodes of extension: An example from eastern Nevada. *Geological Society of American Bulletin*, 113 (6): 743-759.
- Thomson, S., Hervé, F., Brix, M. and Stockhert, B., 1999. Fission-track thermochronology of the Southern Chilean Andes (42°-48°S). *Actas 4° Simposio Internacional de Geodinámica Andina*: 754-757. Gottingen.
- Wolfe, C. and Solomon, S. 1998., Shear-Wave Splitting and implications for mantle flow beneath the MELT Region of the East Pacific rise. *Science*, 280: 1.230–1.232.

Recibido: 25 de octubre, 2001

Aceptado: 14 de abril, 2003