



Control de la arquitectura previa en la construcción de los Andes Centrales del sur (33°40'-35°30'S)

Felipe Tapia^{1*}, Pamela Jara², Marcelo Farías¹, Reynaldo Charrier^{1,3}

¹Departamento de Geología, Facultad de Cs. Fcas. y Matemáticas, Universidad de Chile.

²Departamento de Ingeniería en Minas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile, USACH.

³Escuela de Ciencias de la Tierra, Universidad Andres Bello, Campus República.

* email: ftapiasilva@gmail.com

Resumen. Se analiza el control de la estructura del basamento de Cuenca Neuquina en el desarrollo de las fajas plegadas y corridas de Aconcagua y Malargüe junto con las características actuales del orógeno, al sur del segmento de subducción plana (33°30'S). Estimaciones del acortamiento tectónico muestran que ambas fajas acomodaron cantidades similares de acortamiento, a pesar de exhibir estilos estructurales diferentes: piel fina en Aconcagua y piel gruesa en Malargüe. Lo anterior se debería a que la deformación al sur de 34°30'S se distribuyó en una región más ancha, que al norte de esa latitud, gatillado por variaciones en el desarrollo de la Cuenca Neuquina, condicionando variaciones a lo largo de la vertiente oriental de la Cordillera Principal. Esto fue contrastado con modelos análogos, los cuales permitieron reproducir las condiciones de extensión diferencial de la Cuenca Neuquina y su posterior inversión debido a un periodo de acortamiento homogéneo. Los resultados indican que el mayor desarrollo de la cuenca hacia el sur permitió que la deformación se concentrara en una región más amplia, generando así un relieve más bajo que el sector norte, a pesar de que ambas regiones presentan valores de acortamiento similares.

Palabras Claves: Cordillera de los Andes, Cuenca Neuquina, Faja plegada y corrida, Acortamiento tectónico, Inversión tectónica, Modelación analógica.

1 Introducción

Una de las principales características que muestran los Andes Centrales del sur corresponde a la fuerte segmentación estructural, tanto a lo largo como a lo ancho del orógeno. Dicha segmentación se ve reflejada en las variaciones del estilo estructural, espesor cortical y acortamiento tectónico reportado en este segmento de los Andes (Ramos et al., 2004). Algunos autores han propuesto que la segmentación Andina es controlada por la variación, ya sea en el ángulo de subducción, la edad y/o la presencia de discontinuidades en la placa de Nazca (ver Giambiagi et al., 2012 para una discusión más extensa). Por otro lado, también se ha planteado que la arquitectura heredada de la placa Sudamericana ejercería

un control en la orientación de las estructuras, estilos estructurales y la magnitud del acortamiento acumulado durante la evolución del orógeno andino (eg. Kley et al., 1999). En este sentido, al sur de 34°30', el frente de deformación actual coincide con el límite este de la Cuenca Neuquina (Fig. 1a y b), lo que ha sido reconocido como una directa influencia de la configuración previa mesozoica en las fases de deformación posteriores (Ramos et al., 2004). En relación con lo anterior, este trabajo tiene como objetivo analizar el control que habrían ejercido las estructuras previas en la magnitud del acortamiento y el estilo estructural que presenta el orógeno entre los 33°40' y 35°30'S, particularmente a lo largo de las fajas plegadas y corridas que caracterizan el borde oriental de la Cordillera.

2 Metodología

En base a la recopilación de los trabajos previos en la región de estudio, así como de un nuevo mapeo geológico y estructural de la porción occidental de la faja plegada y corrida de Malargüe, entre los 35° y 35°30'S (Tapia, 2015), se construyó una sección estructural balanceada, la cual fue restaurada al Cretácico Inferior con el fin de establecer el estilo estructural y el acortamiento tectónico (Fig. 1c), para su posterior comparación con otras zonas.

Los resultados de la comparación entre las magnitudes de acortamiento, altura y ubicación de las principales estructuras, fueron analizados y contrastados con el resultado de experiencias de modelación analógica (Jara et al., 2014), realizadas en el Laboratorio de Modelado Geológico (LaMoGe) de la Universidad de Buenos Aires.

3 Estilo estructural y acortamiento tectónico en la faja plegada y corrida de Malargüe

En la región de estudio, la faja plegada y corrida de Malargüe presenta un estilo de deformación de piel gruesa, donde el basamento está involucrado en la deformación, principalmente mediante la inversión de fallas normales desarrolladas durante el Jurásico-

Cretácico inferior (Fig. 1c). También se reconocen fallas inversas formadas durante fases de deformación contraccional posteriores a la extensión que involucran y deforman al basamento en la deformación (Fig. 1c).

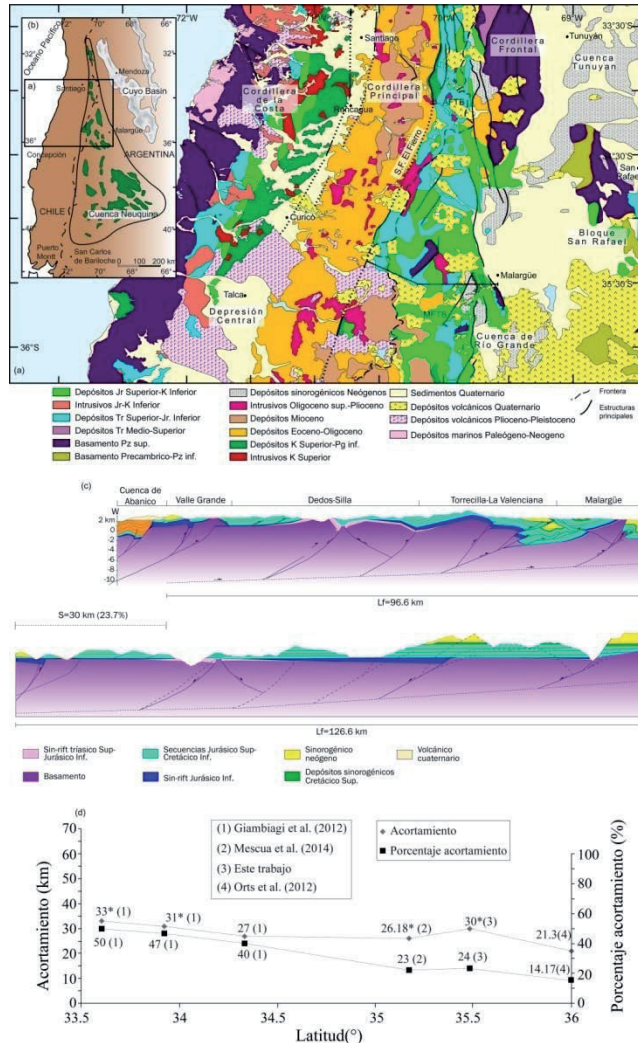


Figura1. (a) Mapa geológico simplificado de los Andes Centrales del sur. AFTB: Faja plegada y corrida de Aconcagua. MFTB: Faja plegada y corrida de Malargüe, tomado de Charrier et al. (2014). (b) Ubicación de la Cuenca Neuquina y sus principales depocentros. (c) Sección estructural y su restauración, ver la ubicación en Fig. 1a. (d) Distribución latitudinal del acortamiento tectónico de la corteza superior entre 33°30' y 36°S. El asterisco sobre los valores indican que la estimación de acortamiento abarca toda la vertiente oriental de la Cordillera Principal.

Los sectores con un estilo de deformación epidérmica se encuentran restringidos a la parte frontal de los sectores de piel gruesa. Aquí la deformación está asociada con estructuras de basamento desde donde se propaga a las secuencias sedimentarias mesozoicas a través de corrimientos y niveles de despegues.

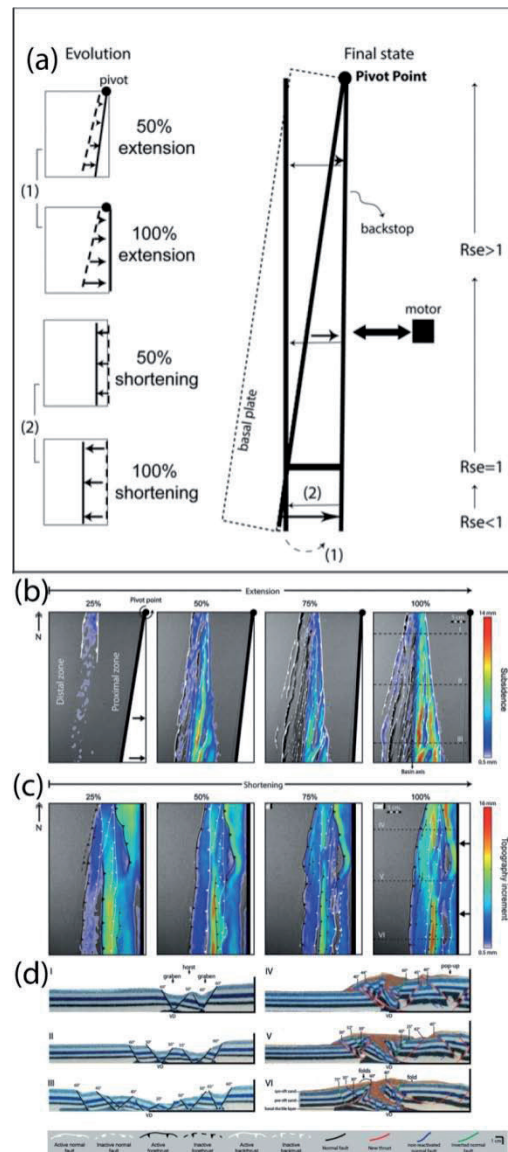


Figura2. (a) Esquema en planta de los movimientos simulados mediante modelación analógica: (1) periodo extensional diferencial y (2) periodo compresivo homogéneo. (b) Vista en planta de fase extensional, colores indican subsidencia. (c) Vista en planta de fase compresiva, colores indican incremento topográfico. (d) Cortes transversales de los modelos tras el periodo extensional (izquierda) y compresivo (derecha).

El estilo de deformación de la faja plegada y corrida de Malargüe contrasta con lo reportado más al norte para la faja plegada y corrida de Aconcagua donde domina un estilo de piel fina y el basamento se involucra en la deformación sólo en la parte interna del sistema de corrimientos (Giambiagi et al., 2012). Esta diferencia en los estilos de deformación entre ambas regiones se ha explicado por el mayor grado de extensión de la Cuenca Neuquina hacia el sur debido a la mayor presencia de fallas normales que habrían acomodado la deformación a través de su inversión tectónica durante los periodos de deformación compresivos.

Para la faja plegada y corrida de Malargüe, comprendida entre el sistema de falla regional El Fierro por el oeste, y el frente de deformación por el este (Fig. 1a), se estimó, en base a la sección estructural balanceada y su restauración, un acortamiento promedio de 30 km (Fig. 1c).

Al comparar este valor de acortamiento con otras estimaciones realizadas para las fajas plegadas y corridas de Aconcagua y Malargüe, al norte de 35°30'S se puede observar que la cantidad de acortamiento es similar (Fig. 1d); sin embargo, cuando se analizan los porcentajes de acortamiento tectónico a lo largo de la cordillera, se observa una brusca disminución hacia el sur, desde 50%, a los 33°40'S, a 24% en la latitud de este estudio (Fig. 1d). Lo anterior sería consecuencia de que la deformación se distribuye en una región más amplia hacia el sur, lo que coincide con el mayor ancho de la Cuenca Neuquina (Fig. 1c y d). En efecto, la distribución de la deformación a través de una región más amplia explicaría que hacia el sur la Cordillera Principal oriental disminuya su altura a pesar de acumular esencialmente la misma cantidad de acortamiento a lo largo del rumbo.

De acuerdo con los resultados y observaciones anteriores, se propone que las variaciones en el desarrollo de la Cuenca Neuquina controlaron los estilos de deformación y las variaciones norte-sur de la vertiente oriental de la Cordillera Principal.

4 Modelación Analógica

La distribución de la deformación en una región amplia, y su relación con los rasgos del relieve, fueron analizados mediante modelos análogos, con el cual se investigó el control que tiene la geometría de una cuenca extensional con cambios latitudinales en su ancho, afectada posteriormente por un período de inversión positiva.

Mediante el modelado se simuló un primer periodo de extensión diferencial, durante el cual la extensión se incrementaba desde un punto pivote, seguido por un periodo de compresión caracterizada por un acortamiento homogéneo (Fig. 2a). Si bien estas experiencias sirvieron para analizar el control que ejerce la geometría de una cuenca extensional desarrollada en el Neógeno (Jara et al., 2014), las características generales del modelo permiten simular el gradiente de extensión que habría caracterizado a la Cuenca Neuquina durante su desarrollo, evidenciado por la mayor cantidad de depocentros hacia el sur (Fig. 1b). De la misma manera, el modelo permite analizar la tesis planteada en este trabajo con un periodo posterior de acortamiento homogéneo.

En la fase de extensión se formó una cuenca de geometría triangular con una oblicuidad de <math><15^\circ</math> (Fig.

2b). La profundidad mayor de la cuenca ocurre desde la parte media del modelo hacia el sur donde la cantidad de depocentros aumenta respecto al sector norte más cercano al pivot (Fig. 2b y d).

Durante la fase de contracción se pudo observar que las fallas previas presentaron un comportamiento variable, invirtiéndose algunas mientras otras no presentaron desplazamientos y fueron preservadas dentro de pliegues que concentraron el acortamiento (Fig. 2c y d). Particularmente, el sector sur concentró la mayor cantidad de fallas invertidas además de la formación de estructuras de mayor longitud, en comparación con la zona norte. Otra característica corresponde a que en el sector sur la deformación se concentró dentro de los límites de la cuenca extensional, mientras en la parte norte se desarrollaron nuevas fallas fuera de los límites previos (Fig. 2a). Por otra parte, la mayor topografía se alcanzó en el sector norte, donde la deformación se acomodó en un área más angosta que la zona sur, donde la topografía es más baja pero la zona deformada más ancha (Fig. 2d).

5 Discusión y conclusión

Los modelos análogos desarrollados permitieron reproducir condiciones de extensión y posterior inversión como las que habrían tenido lugar en la Cuenca Neuquina. Además, permitieron investigar el control que tiene la geometría de una cuenca extensional con cambios latitudinales en su ancho, afectada posteriormente por un período de inversión positiva.

Durante el Neógeno, principal fase de estructuración de los Andes actuales, el sector este de la Cordillera Principal al sur de la zona de subducción plana y al menos hasta 35°30'S, habría absorbido la misma cantidad de acortamiento. El desarrollo diferencial de la Cuenca Neuquina habría originado que el acortamiento se acomodara de forma diferente a lo largo y ancho del orógeno: un sector norte, con poca presencia de fallas normales previas, dominado por la deformación epidérmica distribuida en una región angosta, mientras que el aumento de estructuras normales hacia el sur condicionó la generación de un estilo de deformación de piel gruesa. El mayor desarrollo de la cuenca hacia el sur habría permitido que la deformación se concentrara en una región más amplia, generando así un relieve más bajo que más al norte, a pesar de que ambas regiones presentan valores de acortamiento similares.

De esta manera, la segmentación en este sector de la Cordillera Principal se puede explicar por variaciones en la configuración previa que presenta la corteza continental, en desmedro de un control de las variaciones en las características de la corteza oceánica.

Agradecimientos

Este trabajo contó con el apoyo del proyecto FONDECYT 1120272 y Midland Valley por proporcionar la licencia académica para el software Move®. Los autores agradecen también al Laboratorio de Modelado Geológico, en donde se desarrollaron los modelos análogos analizados en este trabajo.

Referencias

- Charrier, R., Ramos, V.A., Tapia, F. and Sagripanti, L., 2015. Tectonostratigraphic evolution of the Andean orogeny between 31° and 37°S (Chile and Western Argentina). en: Sepúlveda, S.A., Giambiagi, L.B., Moreira, S., L., Pinto, M., Turnik, G.D., Hoke, G.D. & Farias, M. (eds) Geodynamic Processes in the Andes of Central Chile and Argentina. Geological Society, London, Special Publications, 399, doi 10.1144/SP399.20
- Giambiagi, L.B., Mescua, J., Bechis, F., Tassara, A., Hoke, G. D. 2012. Thrust belts of the southern Central Andes: Along-strike variations in shortening, topography, crustal geometry, and denudation. *Geol. Soc. Am. Bull.* 124, 1339-1351.
- Jara, P., Likerman, J., Winocur, D., Ghiglione, M.C., Cristallini, E.O., Pinto, L., Charrier, R. 2014.; Chapter: Role of basin width variation in tectonic inversion: Insight from analogue modelling and implications for the tectonic inversion of the Abanico Basin, en: Sepúlveda, S.A., Giambiagi, L.B., Moreira, S., L., Pinto, M., Turnik, G.D., Hoke, G.D. & Farias, M. (eds) Geodynamic Processes in the Andes of Central Chile and Argentina. Geological Society, London, Special Publications, 399. doi 10.1144/SP399.7
- Kley, J., Monaldi, C.R., Salfity, J.A., 1999. Along-strike segmentation of the Andean foreland: causes and consequences. *Tectonophysics* 301, 75–94. doi:10.1016/s0040-1951(98)90223-2
- Mescua, J.F., Giambiagi, L.B., Tassara, A., Gimenez, M., Ramos, V.A., 2014. Influence of pre-Andean history over Cenozoic foreland deformation: Structural styles in the Malargüe fold-and-thrust belt at 35°S, Andes of Argentina. *Geosphere* 10, 585–609. doi:10.1130/GES00939.1
- Orts, D.L., Folguera, A., Giménez, M., Ramos, V.A., 2012. Variable structural controls through time in the Southern Central Andes (~ 36°S). *Andean Geol.* 39, 220–241.
- Ramos, V.A., Zapata, T., Cristallini, E.O., Introcaso, A., 2004. The Andean thrust system—Latitudinal variations in structural styles and orogenic shortening, in: McClay, K. (Ed.), *Thrust Tectonics and Hydrocarbon Systems*. AAPG Memoir, pp. 30–50.
- Tapia, F. 2015. Evolución tectónica y configuración actual de los Andes Centrales del sur (34°45'-35°30'S). Tesis para optar al Grado de Doctor, Departamento de Geología, Universidad de Chile. 306 p