



# Fases de construcción y desestabilización de los Andes Nordpatagónicos durante el Neógeno (40-43°S)

Andrés Folguera<sup>\*</sup>, Alfonso Encinas<sup>2</sup>, Darío Orts<sup>1</sup>, Daniel Sellés<sup>3</sup>, Jonathan Tobal<sup>1</sup>, Miguel Ramos<sup>1</sup>, Andrés Echaurren<sup>1</sup>, Guido Gianni<sup>1</sup>, Víctor A. Ramos<sup>1</sup>

1. *Idean. Instituto de Estudios Andinos. Universidad de Buenos Aires-Conicet, Argentina*
2. *Universidad de Concepción, Chile*
3. *Aurum Consultores, Santiago, Chile*

\* email: [andresfolguera2@yahoo.com.ar](mailto:andresfolguera2@yahoo.com.ar)

**Resumen.** La identificación y datación de secuencias sinorogénicas y sinextensionales y su asociación a estructuras en el segmento comprendido entre los 40° y los 43°S han permitido establecer un complejo esquema evolutivo de la faja plegada a estas latitudes en el área del retroarco. Una primera expansión de la deformación contraccional comienza involucrando estructuras actualmente expuestas en la zona axial andina hacia los 21-18 Ma. Durante esta etapa se registra una desconexión del área de aporte desde el antepaís para los depocentros sinorogénicos canibalizados y un progresivo levantamiento de los sectores internos. Esta etapa coincide con el retiro diacrónico del mar Patagónico en ambas vertientes andinas. Con posterioridad, la deformación contraccional muestra una súbita expansión hacia el área del antepaís hacia los 14.8 Ma fragmentando el sector occidental del Macizo Nordpatagónico. Luego de esta expansión excepcional de la deformación, se registra una retracción del frente orogénico hacia los 13.5-11.3 Ma en forma coincidente con el inicio de un periodo de desestabilización extensional del sector axial andino. En este sector, fallas normales controlan al volcanismo de tipo predominantemente ignimbrítico y en menor medida lávico proveniente de la cuña astenosférica en el lapso 14.8-7.3 (4.6) Ma, mientras que en la zona del antepaís se registra un atenuamiento cortical asociado a magmatismo de intraplaca en los últimos 5 millones de años. El periodo de migración del frente de deformación coincide con una fase de expansión de granitos miocenos sobre la vertiente argentina andina entre los 19 y 14 Ma, asociados a actividad del arco, mientras que las fases de relajamiento extensional y atenuamiento cortical coinciden con su retracción ocurrida entre los 13 y 5 Ma. De esta manera se presenta un cuadro de evolución para los últimos 20 Ma en el sector nordpatagónico ligado a cambios relativamente menores en la geometría de la zona de subducción y configuraciones supercríticas de la cuña orogénica.

**Palabras Claves:** Faja plegada y corrida; cuenca de antepaís; sedimentación sinextensional.

## 1 Introducción

Las fases contraccionales y la sedimentación sinorogénica asociada neógenas que han afectado al segmento norte de la cordillera Patagónica (40-43°S) han sido abordadas excepcionalmente desde perspectivas modernas sobre la

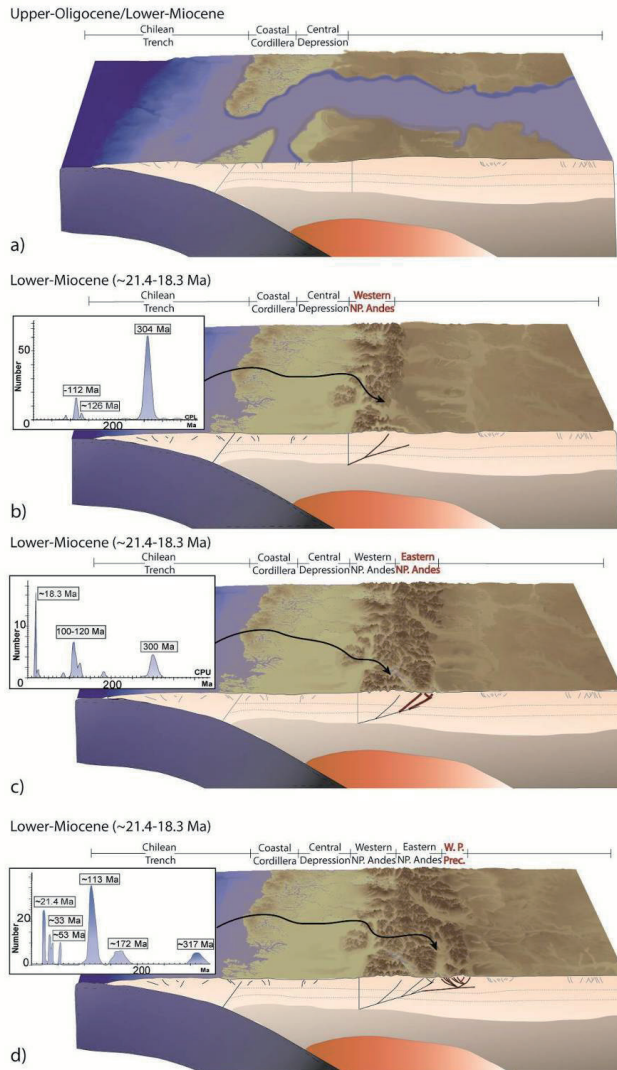
vertiente argentina por Giacosa y Heredia (2004, y otros trabajos del mismo grupo) y sobre la vertiente chilena por Cembrano et al. (1996) y Lavenu y Cembrano (1999) entre otros. De estos trabajos surge que los Andes a estas latitudes han sido afectados por una fase deformacional con una importante componente contraccional en el Neógeno, que ha provocado la expansión de la cuña orogénica desde la pendiente andina chilena y sector axial en la zona del arco volcánico, hasta la vertiente argentina. Edades preliminares de la sedimentación sinorogénica asociada a este lapso evolutivo han sido aportadas inicialmente por Mazzoni y Benvenuto (1990). Sin embargo, importantes elementos quedan aún por ser definidos con mayor detalle, tales como tiempos exactos de expansión de la cuña deformacional, posibles pulsos fuera de secuencia en esta progresión, desestabilizaciones extensionales de la faja plegada y finalmente los procesos tectónicos asociados a este cuadro evolutivo. Este resumen compila resultados del grupo de trabajo, así como de otros grupos, de reciente publicación, mostrando el grado de avance y entendimiento actual que existe acerca de la compleja evolución de este sector andino.

## 2 Descripción de la estructura y sedimentación sinorogénica asociada

### 2.1 Primera fase de expansión de la cuña orogénica (20-15 Ma)

La sedimentación sinorogénica neógena más antigua en el sector se ha acumulado al pie de la cordillera de la zona limítrofe en los depocentros del valle del Bolsón y otros depocentros menores sobre la vertiente andina tales como el de Plataforma al sur del lago Puelo, en el norte de la Provincia de Chubut. Allí discordancias progresivas y acuñamientos de niveles marinos litorales indican que gran parte de la estructura que aflora en el sector limítrofe argentino-chileno se formó coetáneamente a la presencia del mar Patagónico (Orts et al., 2012). Edades U/Pb en estas unidades muestran que la construcción del sector axial cordillerano se llevó a cabo en el lapso ~20-17 Ma (Orts et al., 2012; Bechis et al., 2014) y además que el aporte principal cambió desde el antepaís en las fases iniciales a desde la cordillera en las últimas, mostrando una

progresiva desconexión de las fuentes del basamento oriental y un relieve más acentuado al oeste (Figura 1) (Orts et al., 2012). Posteriormente una súbita ampliación de la cuña orogénica se registra a partir del hallazgo de discordancias progresivas asociadas a estructuras contraccionales en la zona de Gastre datadas en 14.8 Ma (Ar/Ar; Bilmes et al., 2013) en el flanco occidental del Macizo Nordpatagónico, como parte de un amplio antepaís fragmentado.



**Figura 1.** Fases iniciales de propagación del frente de deformación hacia la zona del antepaís determinadas a partir de datación de secuencias sinorogénicas (tomado de Ramos et al., 2015 y basado en edades de Orts et al. 2012 y Bechis et al. 2014).

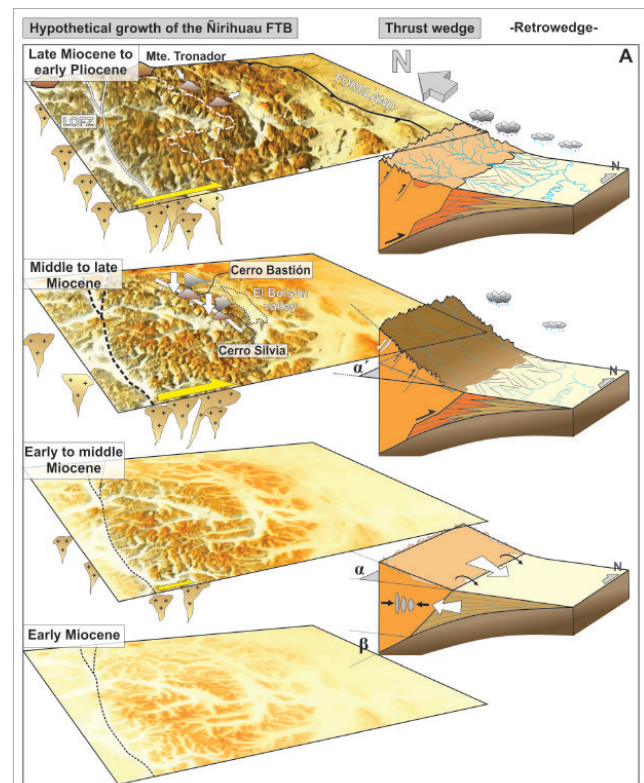
**2.2 Fase de deformación contraccional fuera de secuencia (13.5-11.3 Ma)**

Edades U/Pb de entre 13.5-11.3 Ma en sedimentos que muestran discordancias progresivas en la sección media a superior de la Formación Ñirihuanu al este de la sierra del

Maitén, indican el crecimiento fuera de secuencia de la Precordillera del norte de Chubut (Ramos et al., 2011, 2014, 2015). De esta manera un depocentro de más de 1.600 m de espesor se ha desarrollado como consecuencia de la exhumación de los sectores intermedios de la faja plegada, dejando hacia el este un amplio sector de estructuras emplazadas en las fases inmediatamente previas.

**2.3 Desestabilización extensional de la zona axial andina (14.8-4.6 Ma)**

La zona axial andina muestra indicios de desestabilización extensional a partir de los 14.8 Ma, edad de un depocentro con geometría sinextensional desarrollado al oeste de la localidad del Bolsón en el cerro Silvia, lindante con el cordón de Hielo Azul (Tobal et al., 2015). Allí una secuencia de ignimbritas y lavas describe una cuña que se engrosa hacia un plano de falla normal que afecta unidades mesozoicas de la cordillera Principal. Estas secciones poseen impronta de la cuña astenosférica, mostrando que independientemente de su posición al este del arco magmático activo, sus fuentes son comunes (Tobal et al., 2015).



**Figura 2.** Fases de crecimiento de la cuña orogénica en el Mioceno inferior a medio y desestabilización del sector interno axial de la cordillera a partir de 14.8-7.3 Ma (modificado de Tobal et al., 2015).

Al norte de esta localidad, una secuencia similar desde el punto de vista composicional que corona el cerro Bastión al norte del curso inferior del río Manso, se encuentra

controlada por fallas normales desarrolladas en granitoides del Jurásico inferior a medio en la zona axial andina. Las edades de esta secuencia son levemente más jóvenes que el caso anterior, desde 7.3 Ma (U/Pb) hasta 4.6 Ma (Ar/Ar) (Tobal et al., 2015). Estas dos ocurrencias al este del frente magmático plioceno a cuaternario y el control extensional que muestran, indican una reactivación extensional localizada en ciertos sectores del sector limítrofe cordillerano para el intervalo 14.8-7.3 (4.6) Ma (Figura 2).

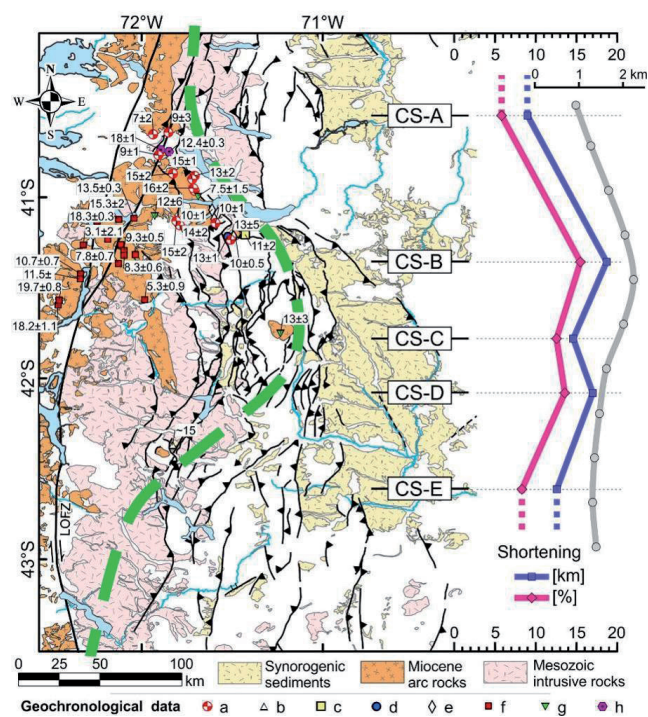
#### 2.4 Atenuamiento cortical y magmatismo de intraplaca en el área de antepaís (últimos 5 Ma)

Magmatismo de intraplaca representado por una serie de centros monogenéticos emplazados en el sector del antepaís en los últimos 5 Ma, al este del frente orogénico del Mioceno (Massaferrero et al., 2006; Pécskay et al., 2007), coincide con una zona de atenuamiento cortical determinada a partir de datos gravimétricos y una zona de flujo calórico anómalamente alta determinada a partir de datos magnéticos (Orts et al., 2015). Esta ocurrencia es interpretada como un proceso extensional que afectó a la zona del antepaís desde el Plioceno inferior, concomitante con las últimas fases de desestabilización de la cuña orogénica al oeste (Orts et al., 2015).

### 3 Breve discusión sobre las fases deformativas en los Andes Nordpatagónicos en los últimos 20 Ma

A través de las secciones precedentes se ha descrito un esquema evolutivo que caracteriza a los Andes Nordpatagónicos que comprende: 1) Una etapa de expansión de la cuña orogénica de unos 200 km que comenzó hacia los 20-19 Ma en la actual zona axial andina, en donde se encontraba el tope de cuña de la faja plegada, hasta los 15 Ma cuando el antepaís se fragmentó en una serie de depocentros intermontanos; 2) un pulso de crecimiento fuera de secuencia asociado a la construcción de la vertiente oriental de la Precordillera de Chubut y Río Negro entre los 13.5 y 11.3 Ma; 3) un pulso de relajamiento extensional que comenzó hacia los 14.8 Ma y afectó la zona axial andina, desarrollándose hasta los 7.3 Ma y quizás hasta los 4.6 Ma en algunos sectores, para luego desplazarse a la zona del antepaís en donde se registra un atenuamiento cortical asociado a volcanismo de intraplaca. Durante este lapso, Rapela et al. (1987) y Rapela y Kay (1988) describen la expansión del magmatismo de arco sobre la vertiente argentina de la cordillera, representado por plutones miocenos que muestran un singular patrón de emplazamiento, coincidente con la zona de máximo acortamiento medido en el retroarco y máximo desarrollo areal de la cuenca de antepaís miocena (Figura 3) (Orts et al., 2015). Edades radimétricas de estos productos indican aproximadamente

una fase de expansión acaecida entre los 19 y 14 Ma desde la zona de la vertiente andina chilena, en donde estos cuerpos están mayormente controlados por el sistema de fallas de Liquiñe-Ofqui (Lavenu y Cembrano, 1999) hacia la pendiente argentina, y luego una fase de retracción en los últimos 13 Ma (Figura 3; Orts et al., 2015). Este esquema coincide con las fases deformacionales descritas: Mientras el magmatismo de arco se desarrolla hacia el este, la cuña orogénica se expande, hasta el momento de retracción del magmatismo cuando se registra una retracción del frente orogénico y el comienzo de la desestabilización de la parte axial de los Andes Nordpatagónicos y luego de la región del antepaís. Este esquema puede ser explicado por cambios leves en la inclinación de la losa subducida y/o condiciones supercríticas de la cuña orogénica asociadas durante los últimos 18 Ma (Orts et al., 2015; Tobal et al., 2015)



**Figura 3.** Principales estructuras contraccionales desarrolladas en el retroarco en el Mioceno entre los 40° y los 43°S y acortamientos medidos. Nótese que los mayores acortamientos que caracterizan la parte central de la faja de Ñirihau coinciden con el máximo desarrollo areal de la cuenca de antepaís correspondiente a las Formaciones Ñirihau y Collón Cura (tomado de Orts et al., 2015). La línea verde denota la máxima expansión oriental de los plutones miocenos sobre la vertiente andina argentina.

#### Agradecimientos

Este resumen nuclea los resultados de una serie de trabajos individuales que han sido financiados por los proyectos PIP 11220110100506, UBACYT 20020110100019 y PICT-2012-1490, cuyo titular es el primer autor.

## Referencias

- Bechis, F.; Encinas, A.; Concheyro, A.; Litvak, V.; Aguirre-Urreta, B.; Ramos, V.A. 2014. New age constraints for the Cenozoic marine transgressions of northwestern Patagonia, Argentina (41°–43° S): Paleogeographic and tectonic implications. *Journal of South American Earth Sciences* 52: 72-93.
- Bilmes, A.; D'Elia, L.; Franzese, J.; Veiga, G.; Hernández, M. 2013. Miocene block uplift and basin formation in the Patagonian foreland: The Gastre Basin, Argentina. *Tectonophysics* 601: 98-111.
- Cembrano, J.; Hervé, F.; Lavenu, A. 1996. The Liquiñe Ofqui fault zone: a long-lived intra-arc fault system in southern Chile. *Tectonophysics* 259: 55-66.
- Giacosa, R.; Heredia, N. 2004. Structure of the North Patagonian thick-skinned fold-and-thrust belt, southern central Andes, Argentina (41°–42°S). *Journal of South American Earth Sciences* 18: 61-72.
- Lavenu, A.; Cembrano, J. 1999. Compressional- and transpressional-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.
- Massaferro, G.; Haller, M.; D'Orazio, M.; Alric, V. 2006. Sub-recent volcanism in Northern Patagonia: A tectonomagmatic approach. *Journal of Volcanological and Geothermal Research* 155: 227-243.
- Mazzoni, M.; Benvenuto, A. 1990. Radiometric ages of Tertiary ignimbrites and the Collón Curá Formation northwestern Patagonia. In *Congreso Geológico Argentino*, No. 11, Actas 1: 87-90. San Juan.
- Orts, D.; Folguera, A.; Encinas, A.; Ramos, M.; Tobal, J.; Ramos, V.A. 2012. Tectonic development of the North Patagonian Andes and their related Miocene foreland basin (41°30'–43°S). *Tectonics*. 31: TC3012. doi: 10.1029/2011TC003084.
- Orts, D.; Folguera, A.; Gimenez, M.; Ruiz, F.; Rojas Vera, E.; Lince Klinger, F. 2015. Cenozoic building and deformational processes in the North Patagonian Andes. *Journal of Geodynamics* 86: 26-41.
- Pécskay, Z.; Haller, M.; Németh, K. 2007. Preliminary K/Ar geochronology of the Crater Basalt volcanic field (CBVF), northern Patagonia. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62: 25-29.
- Ramos, M.; Orts, D.; Calatayud, F.; Pazos, P.; Folguera, A.; Ramos, V.A. 2011. Estructura, estratigrafía y evolución tectónica de la cuenca de Ñirihuao en las nacientes del río Cuyamen (Chubut, Argentina). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 68 (2): 210-224.
- Ramos, M.; Forestier, J.; Folguera, A.; Gimenez, M.; Ramos, V. 2014. Evolución de los Andes nordpatagónicos a la altura del río Cushamen a partir del estudio de las Formaciones Ñirihuau y Collón Cura. In *Congreso Geológico Argentino*, No. 19, Actas Electrónicas.
- Ramos, M.; Tobal, J.; Sagripanti, L.; Folguera, A.; Orts, D.; Giménez, M.; Ramos, V. The North Patagonian orogenic front and foreland evolution: Ñirihuau-Ñorquinco Depocenter (~42°S). *Journal of South American Earth Sciences*.
- Rapela, C.; Kay, S. 1988. Late Paleozoic to Recent magmatic evolution of northern Patagonia. *Episodes* 11:175-182.
- Rapela, C.; Munizaga, F.; Dalla Salda, L.; Hervé, F.; Parada, M.; Cingolani, C. 1987. Nuevas edades potasio-argón de los granitoides del sector nororiental de los Andes Patagónicos. In *Congreso Geológico Argentino*, No. 10, Actas 1: 18-20. Tucumán.
- Tobal, J.; Folguera, A.; Naipauer, M.; Sellés, D.; Likerman, J.; Boedo, F.; Gimenez, M.; Ramos, V.A. 2015. Late Miocene extensional relaxation of the North Patagonian Andes (41°30' - 42°S). *Tectonophysics*.