

Evolución estructural y paleogeográfica del sector oriental de la Cuenca de Abanico (Cordillera Principal, entre 33°18' - 33°25'S)

Rodrigo Quiroga¹, Marcelo Farías¹, Reynaldo Charrier^{1,2}, y Andrés Fock³

¹*Departamento de Geología, Universidad de Chile, Plaza Ercilla 803, Santiago, Chile*

²*Facultad de Ingeniería, Universidad Andrés Bello, Campus República, Santiago.*

³*Xterrae Geología, Avenida Hernando de Aguirre 194, Providencia, Santiago*

Contact email: rquirogo@gmail.com

Resumen. En el borde occidental de los Andes, en Chile central, el alzamiento cordillerano se inició con la inversión tectónica de la Cuenca de Abanico, en la que se acumularon sucesiones volcano-sedimentarias asignadas a las formaciones cenozoicas Abanico y Farellones. En base a la integración de datos de terreno, modelamiento estructural e información bibliográfica, se propone un modelo paleogeográfico del sector oriental de la cuenca de Abanico, en la Cordillera Principal, entre 33° y 34° S. Durante su desarrollo extensional, los depósitos occidentales de la Formación Abanico son principalmente volcánicos y fluviales, mientras que en el sector oriental predominaron condiciones lacustres de menor energía. Una segunda etapa, asociada a un ambiente de mayor energía, se relacionaría con el inicio de la inversión y la Formación Farellones. En estas condiciones, en el sector central del compartimiento se habrían acumulado las secuencias inferiores, sintectónicas de la Formación Farellones en discordancia bajo sucesiones subhorizontales, principalmente volcánicas, formadas luego de los eventos de deformación más intensos. La restauración estructural permite estimar un alzamiento relativo de 3.000 y 2.500 m para el borde occidental y oriental, respectivamente, y un acortamiento mínimo de 9,5 km, concentrándose 2/3 de todo el acortamiento en el borde occidental.

Palabras claves: Cuenca de Abanico, inversión tectónica, Formación Farellones, Andes, Chile central.

1 Introducción

La actual Cordillera de los Andes, al sur de 33° S, está configurada, de oeste a este, por la Cordillera de la Costa y la Cordillera Principal, separadas una de la otra por la Depresión Central. La Cordillera Principal es la unidad morfoestructural que presenta el mayor relieve en el sector, alcanzando alturas cercanas a los 6.570 m de altitud. Este elemento del orógeno andino puede ser, a su vez, dividido en Cordillera Principal Occidental y Cordillera Principal Oriental, formadas por rocas cenozoicas y mesozoicas intensamente deformadas, respectivamente.

Numerosos estudios realizados en los depósitos cenozoicos del sector occidental de la Cordillera Principal han puesto en evidencia la existencia de la cuenca de Abanico, los cuales han analizado sus características deposicionales, estructurales, cronológicas y el contenido, caracterizándola como una cuenca continental de intrarco, desarrollada durante el Eoceno Medio y el Oligoceno, e invertida en el Oligoceno más alto - Mioceno inferior (Gana et al., 1997; Godoy et al., 1999; Charrier et al., 2002, 2005; Nyström et al., 2003; Vergara et al., 2004; Fock et al., 2006; Farías et al., 2010; Jara y Charrier, 2014, entre otros). Esta cuenca se extendería entre ~27° y 37°S, continuando hacia el sur en la cuenca de Cura Mallín asociado con la formación homónima en territorio chileno. A lo largo de su extensión presenta cambios importantes, tanto en el tipo de depósito como en su deformación; esto, junto con un aún escaso control cronológico, impide una caracterización precisa de su evolución a lo largo de su extensión. Adicionalmente, los modelos estructurales disponibles muestran fuertes contrastes en las distintas regiones y sugieren que los mecanismos controladores del alzamiento y la deformación del borde occidental de la Cordillera Principal aun no han sido suficientemente clarificados, por lo que la caracterización de la inversión tectónica requiere de un análisis geométrico y conceptual más acotado.

En este trabajo se presentan nuevos antecedentes estratigráficos y análisis geométricos de la deformación en el frente cordillerano occidental aproximadamente a 33°30'S, cuya integración permite proponer un modelo estructural y paleogeográfico que permite entender los mecanismos que podrían haber controlado la evolución de la deformación y la deposición de las secuencias en este sector del orógeno Andino.

2 Estratigrafía

Las rocas más antiguas reconocidas en el sector estudiado pertenecen a la Formación Abanico, la que presenta una amplia distribución en el área (Fig. 1.a). En el sector central y oriental, aflora en los fondos de quebradas bajo la suprayacente Formación Farellones, mientras que en el

sector occidental corresponde a la actual superficie de erosión. Se compone mayoritariamente de depósitos estrato crecientes de tipo volcánico efusivo y piroclástico (tobas líticas), y secuencias sedimentarias, cuyas variaciones laterales y de base a techo permiten separarla en tres unidades litoestratigráficas. En las secuencias basales se observa un predominio de depósitos fluviales que hacia el este, varían a un ambiente predominantemente lacustre, las que han sido denominadas Unidad 1 y 2; mientras que hacia el techo, conglomerados gruesos polimícticos dispuestos en grandes lentes de 100 m de espesor caracterizan a la Unidad 3. Esta formación se relaciona a través de contactos concordantes y discordantes con la Formación Farellones.

Por otro lado, la Formación Farellones (Mioceno temprano a medio) aflora extensamente en los sectores central y oriental, mientras que en el borde occidental se reconoce como una serie de relictos ubicados en las cimas y laderas orientales (Fig. 1a). Las litologías predominantes corresponden a tobas líticas y tobas cristalinas intercaladas con brechas volcanoclásticas. Su base se compone de secuencias estrato-crecientes hacia el centro del depocentro, mientras que los niveles superiores están dispuestos subhorizontalmente, generándose discordancias internas que permite separar 2 miembros, uno inferior y otro superior.

De esta manera, se presenta en este trabajo una nueva subdivisión para las formaciones Abanico y Farellones que facilita las correlaciones con unidades definidas en otros estudios realizados al sur del área de estudio, como los de Fock (2005) y Villela (2015) y otros citados por estos autores.

3 Geología Estructural

El sistema estructural analizado se definió como Dominio Cuenca Abanico (DCA) y corresponde al compartimiento oriental delimitado por el sistema de falla San Ramón y la falla El Coironal (Fock, 2005; Fock et al., 2006; Charrier et al., 2009). La integración de datos estructurales disponibles en la bibliografía (Thiele, 1980, Fock et al., 2006 y Castro, 2012) con los obtenidos con este estudio, y el análisis geométrico de las estructuras expuestas permitió la construcción de la sección estructural mostrada en la Fig. 1b. En ésta se representan los rasgos estructurales más representativos del área de estudio, los cuales varían considerablemente de este a oeste, y permiten reconocer 3 grandes bloques estructurales: occidental, central y oriental (Fig. 1.b).

La retrodeformación de las secuencias fue desarrollada usando el algoritmo *move on fault* y *unfold* del software MOVE 2D (©Midland Valley). El algoritmo utilizado fue *inclined shear*, característico de dominios estructurales asociados a extensión e inversión tectónica. La

restauración del modelo estructural permitió estimar un acortamiento mínimo de 9,5 km, equivalente a un 17% de la sección restaurada. La retrodeformación muestra una geometría de los depósitos asociada a una depositación sin extensional y una deformación por un proceso de inversión leve, configuraciones que son compatibles con lo observado en terreno.

4 Discusión y conclusiones

Los datos presentados muestran que las formaciones reconocidas en el área de estudio presentan rasgos sedimentarios característicos que permiten subdividirla en unidades que son correlacionables con otras subdivisiones propuestas al sur del área de estudio (Fock, 2005, y Villela, 2015, entre otros), sugiriendo condiciones depositacionales similares y dominantes en el área de la cuenca de Abanico comprendida entre 33° y 34°S.

Las variaciones observadas en las facies y estructuras sedimentarias indican un cambio en las condiciones de deposición de las Unidades 1 y 2 de la Formación Abanico a un ambiente de mayor energía de transporte a medida que se fue depositando la Unidad 3. Esto podría estar asociado con un cambio acelerado en el alzamiento y a un consecuente alzamiento de superficie, proporcionando las condiciones para una erosión más intensa en las áreas de generación de depósitos, ahora predominantemente fluviales y aluviales. Los rasgos presentes en los niveles sedimentarios cercanos al techo de la Unidad 3 sugieren que estos depósitos tuvieron una dirección de transporte cercana a un eje E-W, sin poderse determinar el sentido que estos habrían tenido.

Las características litológicas y depositacionales en el Miembro Inferior de la Formación Farellones representan una primera etapa sinorogénica durante los primeros pulsos de deformación por inversión de la cuenca de Abanico. En este sector, el compartimiento central habría actuado como una depresión viable para la acumulación de estos depósitos sinorogénicos. Por su parte, el Miembro Superior se deposita prácticamente sin mostrar deformación, rellenando los espacios producidos durante la etapa previa, hasta incluso colmatar el depocentro dado que dichos depósitos cubren algunas de las zonas más elevadas. Considerando la evidencia de actividad estructural post-depositación de este Miembro, su carácter puede considerarse como inter-orogénico (Charrier et al., 2005; Armijo et al., 2010; Rauld, 2001, 2011).

Lo anterior explica que el contacto entre las formaciones cenozoicas estudiadas se presenta tanto pseudo concordante como discordante, siendo esta última situación la predominante en las áreas de mayor deformación, correspondientes a los bordes del dominio estructural en estudio (DCA), mientras que las zonas de menor deformación se concentran en el sector central (Figura 1.c). Adicionalmente, estos contactos varían a lo

largo de los ejes de las principales estructuras observadas, lo que sugiere que el tipo de contacto entre las dos formaciones varía de acuerdo a la intensidad de la deformación durante la inversión de las estructuras que habían controlado la apertura de los depocentros, siendo esto un proceso heterogéneo y diacrónico a lo largo de la cuenca, como algunos autores lo sugieren (Godoy et al., 1999; Charrier et al., 2002, 2005).

De esta manera, en base a los datos estructurales, y estratigráficos, así como considerando la restauración estructural y los estudios previamente realizados, se propone un modelo evolutivo representado en Fig. 1c. Este modelo muestra la relación entre el aumento de relieve y las variaciones en la depositación de las secuencias cenozoicas basado en un control estructural en profundidad determinado por las fallas reconocidas en el área de estudio. Este modelo explicaría, además, la gran extensión espacial de las formaciones Abanico y Farellones en este sector.

El modelo paleogeográfico reconstruido muestra un alzamiento relativo de, por lo menos, 3000 m y 2500 m en lado oeste y este, respectivamente, y un acortamiento mínimo de 9,5 km, concentrándose más del 60% de éste en el dominio occidental. La deformación fue acomodada por estructuras vergentes al oeste en el borde occidental y hacia el este en el sector oriental. En la parte central, la vergencia cambia a lo largo del rumbo. La etapa restaurada antes de la compresión presenta características típicas de un modo extensional tipo Wernicke y sugiere, además, que el dominio de la cuenca de Abanico habría actuado como *backstop* sobre las rocas mesozoicas que forman la faja plegada y corrida del Aconcagua hacia el este en la Cordillera Principal, al mismo tiempo que correspondería a una cuenca transportada y montada sobre las secuencias mesozoicas orientales.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con el financiamiento otorgado por el proyecto Fondecyt # 1120272, a cargo del profesor Marcelo Farías, y con el apoyo de Midland Valley por la licencia académica del software MOVE entregado al Departamento de Geología de la Universidad de Chile.

6 Referencias

- Armijo R., Rauld R., Thiele R., Vargas G., Campos J., Lacassin R. y Kausel E., 2009. The West Andean Thrust (WAT), the San Ramón Fault and the seismic hazard for Santiago (Chile). *Tectonics*, 29(2): 34.TC2007.
- Castro, J., 2012. Estilo Estructural en los depósitos mesozoicos y cenozoicos en el valle del río Colorado-maipo, región metropolitana, Chile (~33°30'S). Memoria, Depto. Geología, Univ.de Chile, Santiago 70 p.
- Charrier, R., Baeza, O., Elgueta, S., Flynn, J.J., Gans, P., Kay, S.M., Muñoz, N., Wyss, A.R., y Zurita, E., 2002. Evidence for Cenozoic extensional basin development and tectonic inversion south of the flat-slab segment, southern Central Andes, Chile, (33°-36° S.L.). *Jour. South Am. Earth Sciences* 15, 117-139.
- Charrier, R., Bustamante, M., Comte, D., Elgueta, E., Flynn, J., Iturra, I., Muñoz, N., Pardo, M., Thiele, R. y Wyss, A., 2005. The Abanico extensional basin: Regional extension, chronology of tectonic inversion and relation to shallow seismic activity and Andean uplift. *N. Jb. Geol. Paläont.-Abh.* (1-2): 43-77.
- Farías, M., Comte, D., Charrier, R., Martinod, J., David, C., Tassara, A., Tapia, F. y Fock, A., 2010. Crustal scale structural architecture in central Chile based on seismicity and surface geology: Implications for Andean mountain building. *Tectonics*, Vol. 29, TC3006.
- Fock, A., 2005. Cronología y tectónica de la exhumación en el Neógeno de los Andes de Chile central entre los 33° y los 34°S. Tesis, Depto. Geología, Univ. de Chile, 235p.
- Fock, A., Charrier, R., Farías, M. y Muñoz, M., 2006. Fallas de vergencia oeste en la Cordillera Principal de Chile Central: Inversión de la cuenca de Abanico (33°-34°S). *Revista de la Asociación Geológica Argentina, Publicación Especial* 6, 48-55.
- Gana, P. and Wall, R., 1997. Evidencias geocronológicas ⁴⁰Ar/³⁹Ar y K-Ar de un hiatus Cretácico Superior-Eoceno en Chile Central (33°-33° 30' S). *Revista Geológica de Chile*, 24(2), 145-163.
- Godoy, E., Yáñez, G. y Vera, E., 1999. Inversion of an Oligocene volcano-tectonic basin and uplifting of its superimposed Miocene magmatic arc in the Chilean Central Andes: first seismic and gravity evidences. *Tectonophysics*, 306, 217-236.
- Godoy, E., 2012. Sobre el variable marco geotectónico de las formaciones Abanico y Farellones y sus equivalentes al sur de los 35°S. *Revista Asoc. Geol. Argentina* 69(4): 570- 577.
- Jara, P. and Charrier, R., 2014. Nuevos antecedentes geocronológicos y estratigráficos para la Alta Cordillera de Chile central a ~32°10'S. Implicancias paleogeográficas y estructurales. *AndeanGeology*, 41 (1): 174-209. doi: 10.5027/andgeoV41n1-a07
- Nyström, J., Vergara, M., Morata, D., Levi, B., 2003. Tertiary volcanism during extension in the Andean foothills of central Chile (33°15'-33°45'S). *Geol. Soc. America Bull.* 115(12):1523-1537.
- Rauld, R., 2002. Análisis morfoestructural del frente cordillerano de Santiago oriente, entre el río Mapocho y la quebrada de Macul. Memoria, Depto. Geología, Univ.de Chile, 57 p.
- Rauld, R., 2011. Deformación cortical y peligro sísmico asociado a la falla San Ramón en el frente cordillerano de Santiago, Chile central (33°S), Región Metropolitana. Tesis, Depto. Geología, Univ. de Chile, 311p.
- Thiele, R., 1980. Hoja Santiago, Región Metropolitana. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile (29), 21p.
- Vergara, M., López-Escobar, L., Palma, J.L., Hickey-Vargas, R., Roeschmann, C., 2004. Late tertiary volcanic episodes in the area of the city of Santiago de Chile: new geochronological and geochemical data. *Jour. South Am. Earth Sciences*, Vol. 17, N° 3, p. 227-238.
- Villela, D., 2015. Desarrollo estructural de la Cordillera Principal Al suroeste del río Maipo, sector de El Ingenio, región Metropolitana, Chile (33°40'-33°50'S). Memoria, Depto. Geología, Univ.de Chile, 92 p.

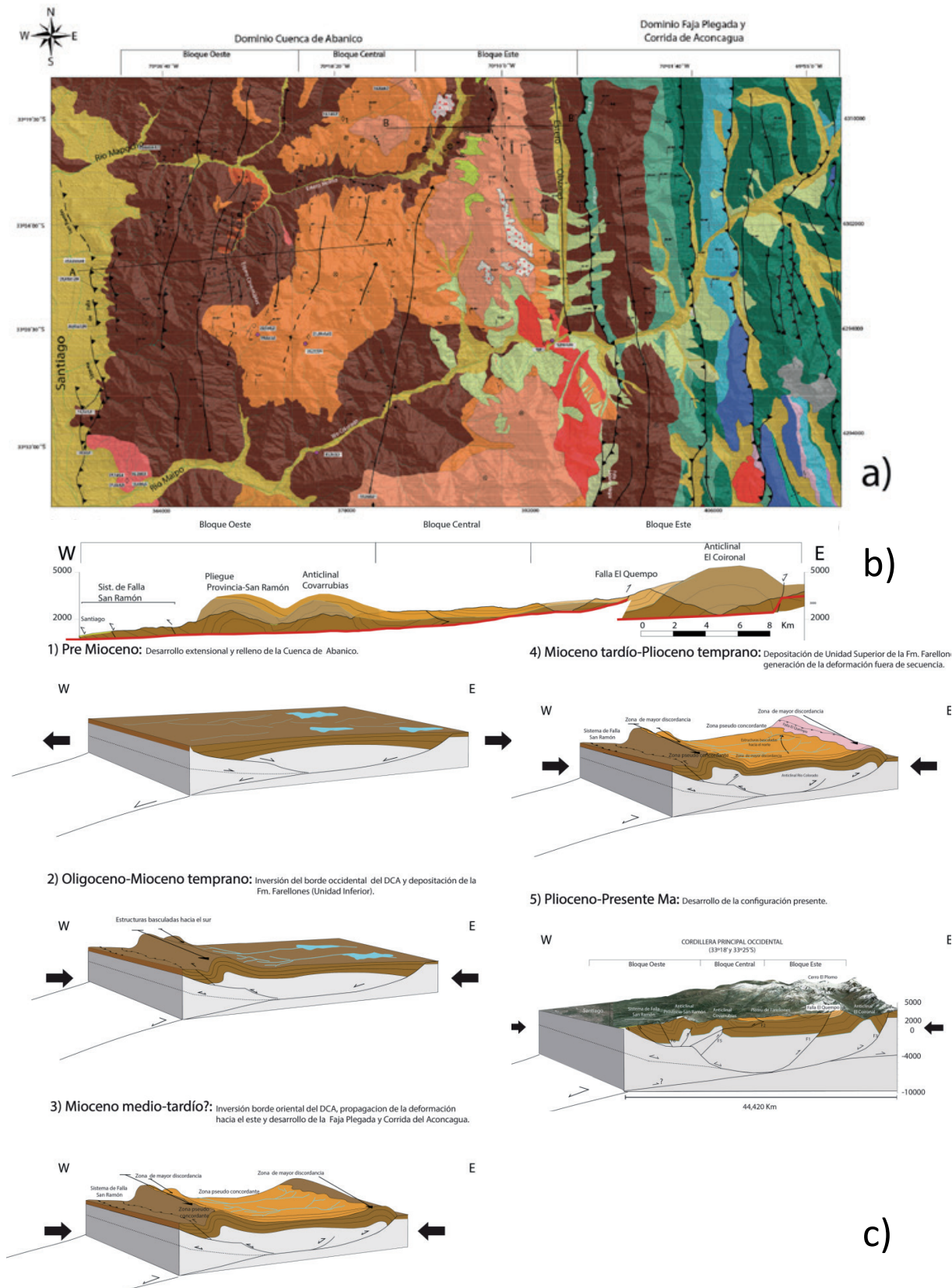


Figura1. A) Mapa geológico del área de estudio, b) Sección estructural y c) Modelo paleogeográfico y estructural del compartimiento oriental de la cuenca de Abanico entre los 33°18' y 33°25'S.