

SOBRE EL VARIABLE MARCO GEOTECTÓNICO DE LAS FORMACIONES ABANICO Y FARELLONES Y SUS EQUIVALENTES AL SUR DE LOS 35°LS

Estanislao GODOY

Tehema Consultores Geológicos / Departamento de Proyectos de Riego, DOH. Chile. E-mail: estanislao.godoy@mop.gov.cl

RESUMEN

En el Cenozoico de la Cordillera Principal andina, en su vertiente pacífica entre los 32° y 35°S predominan rocas volcánicas y volcanoclásticas, las que han sido agrupadas en dos formaciones: Farellones y Abanico. Se presentan aquí nuevas edades Ar-Ar de 15 Ma en rocas del techo de la Formación Abanico, las cuales confirman que el volcanismo mioceno de la sobrepuesta Formación Farellones, concordante sobre edificios volcánicos erosionados de la formación infrayacente, es diacrónico. El volcanismo calcoalcalino de Farellones comenzó al inicio del Mioceno a los 32° y recién a mediados del Mioceno a los 34°. Esta diacronía es compatible con una mayor y más temprana inversión de la “cuenca Abanico” en el sector norte, la cual estaría ligada a un mayor control de basamento, expresado como un fuerte acortamiento de edad miocena. La corteza presenta otro comportamiento al sur de los 36° S. Ocurre allí un evento orogénico cretácico tardío y el volcanismo mioceno primero desaparece para luego pasar a ocupar áreas restringidas, desplazadas hacia el antepaís. Parte importante del magmatismo de esa edad está representado ahora, en Chile, por masas batolíticas que habrían actuado amortiguando el acortamiento. Un proceso semejante habría ocurrido al sur de los 39°S, en Argentina, donde sucesiones de edades equivalentes a Abanico y Farellones se depositaron sobre un rígido basamento paleozoico. Éste habría actuado reduciendo la deformación, incluso del posterior relieve volcánico plio-pleistoceno reconocido en fosas tectónicas de dicha área.

Palabras clave: *Volcanismo mioceno, arco diacrónico, segmentación andina.*

ABSTRACT

The variable geotectonic setting of Abanico and Farellones Formations and their equivalents south of 35°S.

Volcanic and volcanoclastic rocks grouped into the Farellones and Abanico formations make up most of the western Andean Main Range between 32° and 35°SL. New 15 Ma Ar-Ar ages from the top of the latter formations show that the overlying succession, which locally onlaps eroded volcanic edifices, is diachronic. The calcalkaline Farellones volcanic activity started during the earliest Miocene at 32°SL, while only during the middle Miocene at 34°SL. This diachronism could be related to an earlier inversion of the “Abanico basin” in its northern section, linked to a stronger basement involvement in the Miocene shortening. The crust behaved differently south of 36°SL, where a late Cretaceous orogeny is present and Miocene volcanism first disappears and then constitutes isolated outcrops migrated towards the foreland. The large batholiths that now crops out in the Chilean watershed may have locally buffered deformation. A similar control may have acted south of 39°SL, where formations of similar age to Abanico and Farellones were deposited on top of a rigid Paleozoic basement. This rigid block would have absorbed much of the strain, even inside the Plio-Pleistocene troughs with volcanic infilling present in the area.

Keywords: *Miocene volcanism, diachronic volcanic arc, Andean segmentation.*

INTRODUCCIÓN

Extensas mesetas constituidas por lavas andesíticas, que localmente han hecho erupción sobre domos e ignimbritas riolíticas, afloran -con rumbo N-S- en la mitad superior de la Cordillera Principal de Chile Central entre los 32° y 35°LS (Fig. 1). Esta sucesión volcánica, de espesor cercano a los 3 km, fue designada Forma-

ción Farellones y considerada paleógena por Klohn (1956). Cubre a una serie de sucesiones volcanoclásticas a epiclásticas con importantes secciones volcánicas en sus bordes que dicho autor, en un comienzo, llamó Chilense, siguiendo a Groeber (1951). Luego, en 1960, la unidad fue ascendida a Formación Coya-Machalí, asignándole una edad cretácica tardía por considerarla discordante bajo

Farellones, un evento de deformación que asoció a la orogénesis larámica. Para esta unidad más antigua y de espesor cercano al de Farellones, autores posteriores han preferido la denominación Formación Abanico, propuesta para los afloramientos al sur del valle del río Aconcagua por Aguirre (1960), nombre que se usa también en este trabajo. Con posterioridad a estos estudios inicia-

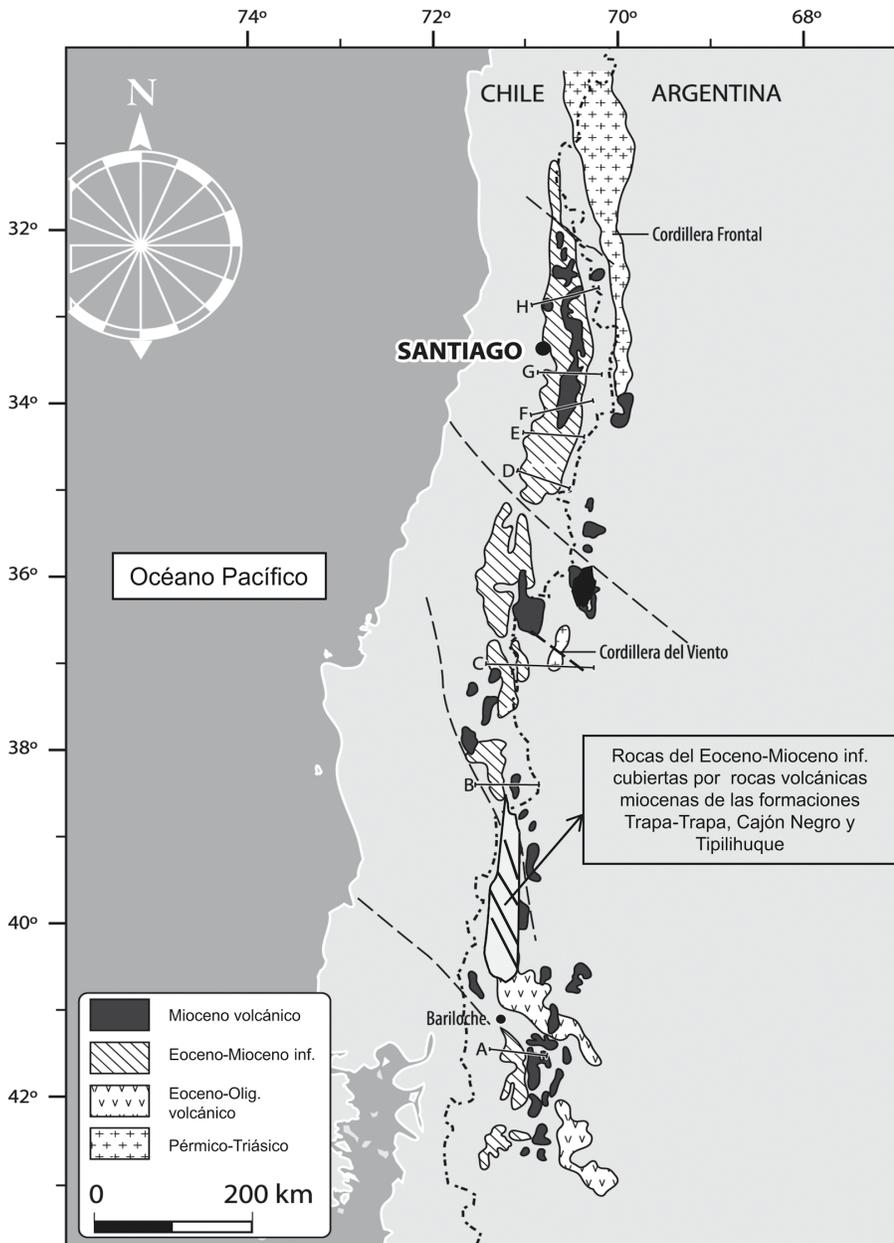


Figura 1: Distribución de las rocas volcánicas eocenas, miocenas y volcanoclasticas eocenas-miocenas tempranas entre los 31° y 43° LS, agrupadas como Formaciones Farellones y Abanico entre los 31° y 35°LS (Godoy 2011a, modificada de Jordan *et al.* 2001, Utgé *et al.* 2009, Franzese *et al.* 2011). Las tres secciones septentrionales son utilizadas en este trabajo. Los lineamientos transversales dentro y al norte de la cordillera del Viento se discuten en el texto.

les, tanto datos paleontológicos (el primero de Wyss *et al.* 1990) como geocronológicos han mostrado que las rocas de la Formación Abanico se depositaron entre el Eoceno y el Mioceno temprano. Estudios posteriores han destacado, por otra parte, que las rocas de la base de la Formación Farellones fueron depositadas, con marcada diacronía, durante casi todo el Mioceno en las secciones septentrionales

del área y a partir del Mioceno medio al sur de los 34°S (Godoy 2011a, b). Por más de cincuenta años se ha discutido sobre la relación de contacto de estas dos formaciones. El desacuerdo ha surgido asociado a observaciones realizadas de preferencia a lo largo o cerca del margen oeste de la Formación Farellones, donde se propuso que una relación de discordancia era más evidente (Charrier 1973,

1981). Publicaciones más recientes (Godoy *et al.* 1996,1999, Charrier *et al.* 2002, Fock 2005) reconocen en dicha área, en cambio, angularidades asociadas a corrimientos de vergencia occidental que interpretan como parte de un proceso de inversión tectónica. En las dos últimas publicaciones se propone que parte de la controversia puede deberse a la existencia de discordancias progresivas.

Desde el punto de vista geoquímico, el volcanismo de Abanico muestra tendencias toleíticas, mientras que el de Farellones es francamente calcoalcalino. El primero se habría originado en condiciones de adelgazamiento mientras el segundo estaría ligado a engrosamiento cortical (ver, p. ej., Vergara *et al.* 1985, Nystrom *et al.* 1993, Kay *et al.* 2005). Las riolitas y andesitas del miembro superior de la Formación Farellones al este de Santiago (*sensu* Rivano *et al.* 1990) tienen una razón La/Yb que dobla el valor de las unidades subyacentes. Esto es interpretado por Nystrom *et al.* (2003) como ligado a un menor porcentaje de fusión parcial, a mayor profundidad, del manto. Es probable que dicha generación de magma en condiciones más profundas se asocie, además, a un engrosamiento acelerado por rampas profundas y ductilización de la corteza inferior.

Este trabajo amplía el resumen presentado al último Congreso Geológico Argentino, celebrado recientemente en Neuquén. Presenta y discute nuevos avances logrados tanto en la cartografía geológica de detalle como en la geocronología de estas unidades. Avanza, además, consideraciones respecto al posible control profundo que explicaría las cambiantes características del volcanismo oligoceno a mioceno en los Andes centrales chileno-argentinos.

LOS INICIOS

La controversia sobre la relación de contacto entre las formaciones Abanico y Farellones se marcó ya en las precursoras y detalladas cartografías de Aguirre (1960) y Herbert Thomas (1953).

El primero describe un contacto discor-

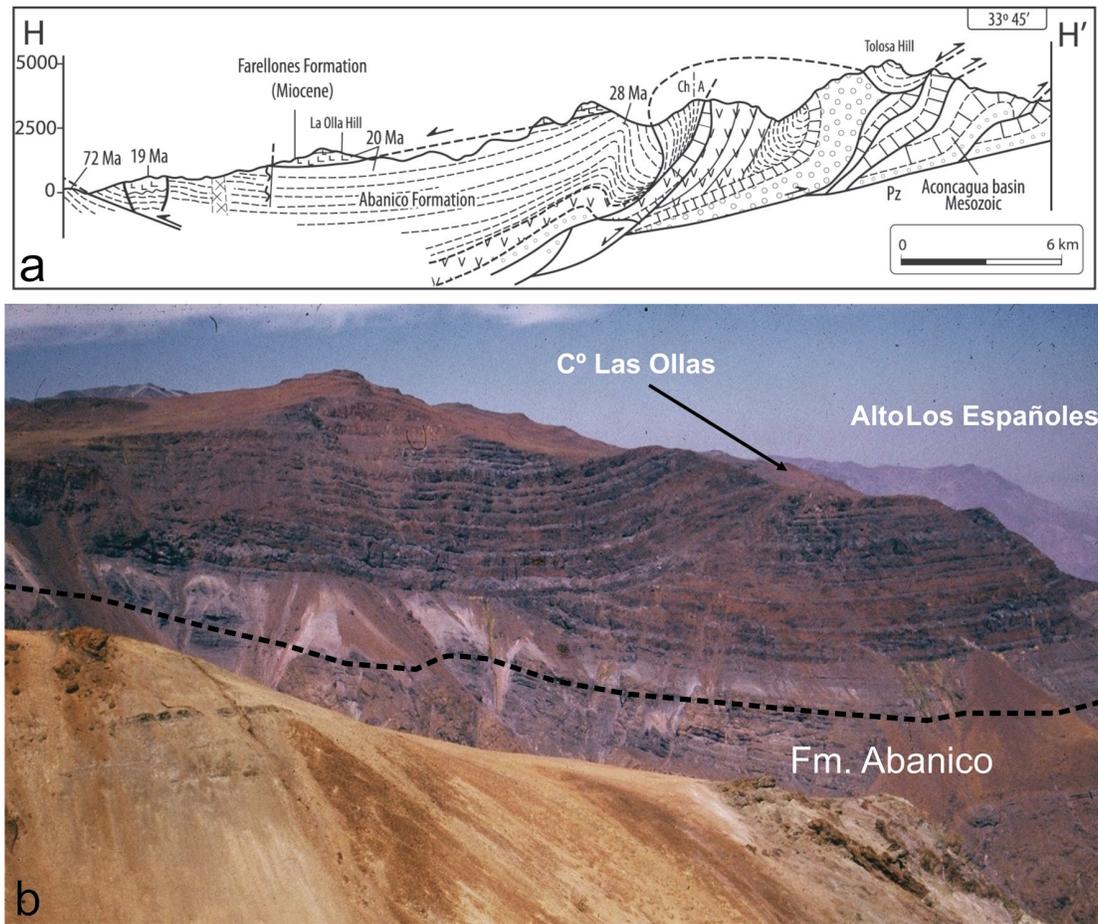


Figura 2: a) Sección al sur del valle del Aconcagua (sección H en la figura 1). b) Vista al sur de dicho valle, en sector del cerro Las Ollas.

dante entre ambas formaciones en las cumbres al sur del valle del río Aconcagua (33°LS), observación que Ruiz *et al.* (1965) extienden a toda la cordillera de los Andes de Chile Central, al considerar que ella fue plegada y peneplanizada antes de las voluminosas efusiones de fines del Cenozoico.

H. Thomas, en cambio, interpreta a estas formaciones, en los afloramientos del cordón Ramón/Damas al este de Santiago, como facies volcánicas interdigitadas. Este punto de vista, sin embargo, no fue apoyado en las publicaciones de la época.

LOS AVANCES

La cartografía de Aguirre fue retomada por Jaros y Zelman (1967), quienes describen una “angularidad” bajo la ignimbrita basal de Farellones en el cerro Las Ollas. Ésta fue interpretada, treinta años después, como un despegue por Godoy *et al.* (1996) y ligada en Godoy (2011a) a

un deslizamiento gravitacional a lo largo del techo de dicha ignimbrita, durante el climax de alzamiento en esa sección del orógeno (Fig. 2a y b).

Las dataciones Ar-Ar de Fuentes *et al.* (2002) muestran, por lo demás, que la ignimbrita basal de Farellones y las piroclastitas del techo de Abanico comparten en esa localidad (cerro Las Ollas) la misma edad: 20,1 Ma. En el extremo oeste de la figura 2a, en rocas que Godoy (2011a) interpreta como brechas de colapso de una caldera, dichos autores obtienen, en cambio, 19 Ma. Estos bloques angulosos de andesita sobreyacen, en prolongado hiatus a una unidad volcanoclástica que dichos autores datan en 29 Ma. Una edad semejante (28 Ma en figura 2a) se ha obtenido por U-Pb en circones en un filón capa dacítico que aflora en el área del gran anticlinal del Juncal (Montecinos, 2008). Al este de la caldera, por otra parte, Gana y Wall (1997) datan mediante Ar-Ar en plagioclasa un filón andesítico en 34,3 Ma.

Al este de Santiago, en el cordón Ramón-Damas, Fock (2005) y Fock *et al.* (2006) confirman las proposiciones de Thomas (1953) y Godoy *et al.* (1996) respecto a una concordancia entre ambas formaciones para la zona. Sus edades U-Pb y Ar-Ar entre 21 y 22 Ma (Fig. 3) atestiguan un leve diacronismo para el comienzo del “volcanismo Farellones”, si se las compara con las recién mencionadas al sur del valle del Aconcagua.

En una reciente publicación Armijo *et al.* (2009) reactivan la polémica sobre la relación de contacto entre ambas formaciones al representar pliegues en estratos que aquí se consideran con el manteo primario de la Formación Abanico (ver Fig. 3). Consideran que estos pliegues son anteriores a la efusión de las lavas de Farellones, sin embargo, el amplio anticlinal que aflora a lo largo del traslado de la sección presentada por dichos autores afecta por igual a ambas formaciones.

Capas inclinadas en la Formación Abanico

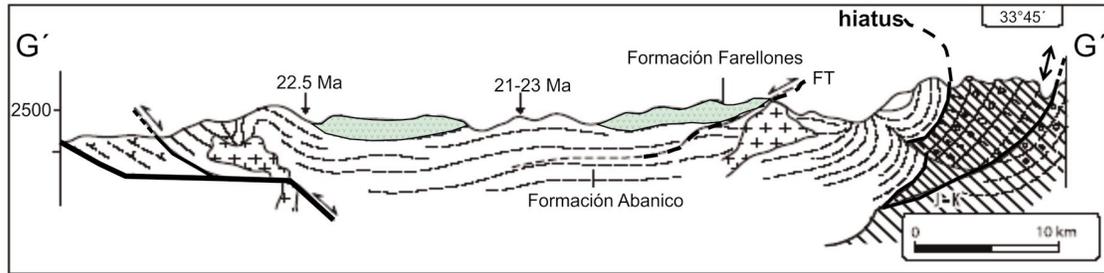


Figura 3: Sección al este de Santiago. En achurado, formaciones mesozoicas. El stock de San Gabriel (10 Ma) queda bajo FT= corrimiento del Fierro (modificado de Godoy, 2011a).

nico, semejantes a las aquí consideradas como manteos primarios, son claramente observables (Fig. 4) en los valles al norte y oriente del yacimiento el Teniente (34° l.s.). El traslape primario de dichas capas piroclásticas de Abanico ha sido comprobado en varios laderas de valles al norte y este del mencionado yacimiento (Godoy y Lara, 1994).

NUEVOS DATOS

Dataciones Ar-Ar realizadas en el área al sur del río Cachapoal (34° LS) y del yacimiento El Teniente (Godoy *et al.*, 2009) permiten confirmar y afinar el diacronismo entre las formaciones Abanico (aquí Coya-Machalí) y Farellones en esta latitud. Ellas complementan los antecedentes presentados anteriormente en dicho sector por Navarro (2001) y Jara (2007). Tal como se muestra en la figura 6, en dicho sector rocas piroclásticas de la Formación Abanico que dan edades Ar-Ar cercanas a 15 Ma (figura 5, modificada de sección F en Godoy 2011a) subyacen estructuralmente a lavas de la Formación Farellones (Godoy *et al.*, 2009). Cruzando hacia el oeste de una falla subvertical invertida (falla Tierras Fofas de Jara 2007), las edades Ar-Ar obtenidas (Godoy *et al.* 2009) aumentan a 23-21 Ma y son idénticas a las edades K-Ar ya reportadas en dicho sector (Charrier y Munizaga 1979, Charrier 1981). Esta situación puede asociarse a una mayor inversión del sector occidental de la Formación Abanico. Las lavas andesíticas basales de Farellones en la figura 4 tienen una edad K-Ar cercana a 14 Ma (Godoy, 1993), mientras que ignimbritas al oeste de El Tenien-



Figura 4: Vista al SE de lavas monótonas de la base de la Formación Farellones. Ellas cubren, sin trun-car, a niveles piroclásticos cercanos al techo de Abanico en las nacientes del cajón Godoy, los cuales aquí muestran manteos primarios hacia el sur-oeste.

te dan edades SHRIMP en circones que confirman las edades K-Ar pre-existentes de 9 Ma (Godoy *et al.* 2009). Una edad semejante tiene la base de Farellones que cabalga sobre Abanico al E de El Teniente como parte de la somerización hacia el norte y oriente del corrimiento del Fierro. Este comienzo más tardío hacia el sur del volcanismo de Farellones, ilustrado en la figura 7, asociado en parte a que sus lavas presentan un manteo suave al sur en el área de El Teniente, es compatible con una mayor y más temprana inversión en el sector norte de cuencas volcano-tectónicas rellena por rocas de ambas formaciones. Charrier *et al.* (2005) proponen un tipo de diacronismo semejante para este volcanismo mioceno a medida que se avanza hacia el sur.

CONSIDERACIONES GEOTECTÓNICAS

Asociado a inciertos controles estructurales profundos, el volcanismo mioceno presenta saltos hacia el antepaís (Fig. 7). Así, tanto el volcán mioceno del Aconcagua (15-9,6 Ma, Godoy *et al.* 1988b) como el complejo volcánico Cordón del Burre-ro (18-14 Ma, Sruoga *et al.* 2008) cubren al frente de la faja plegada y corrida neuquina-aconcagüina a los 33° y 35° LS, respectivamente. Alrededor de los 34° LS, por otra parte, las volcanitas de Las Lletas (13,5 Ma, Pérez 2001) se emplazan sobre rocas de la Cordillera Frontal, cubiertas éstas por la maastrichtiana-daniana Formación Saldeño. En estos tres casos el volcanismo es descrito co-

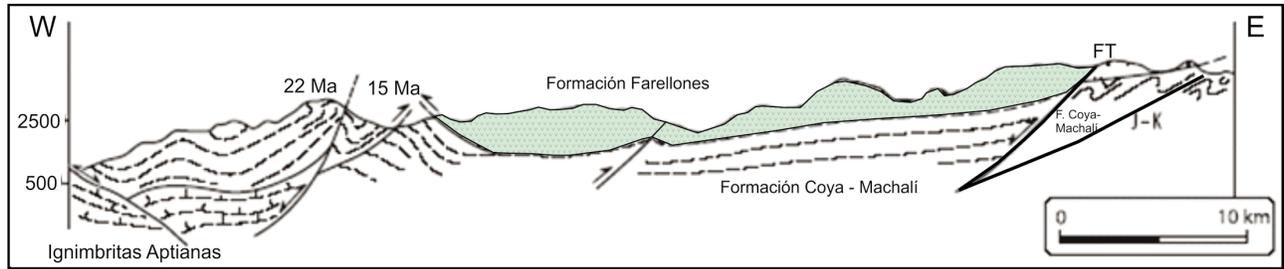


Figura 5: Sección adyacente a los valles del Cachapoal y Paredones. Las edades más antiguas en la sub-cuenca occidental de Abanico atestiguan un mayor grado de inversión en dicho sector. (Sección F de Figura 1). FT = corrimiento del Fierro. Las rocas de la pared colgante muestran apretado plegamiento al sur de esta sección. Las edades aptianas para las ignimbritas del borde oeste provienen de Godoy *et al.* (2006).

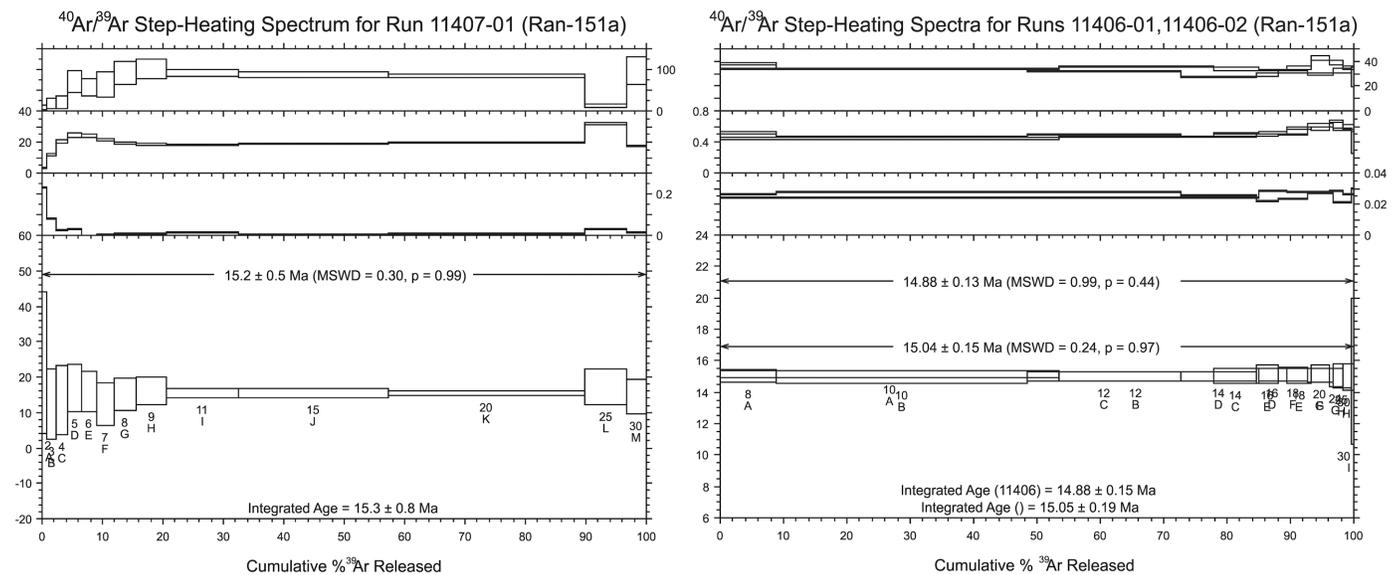


Figura 6: Espectros de calentamiento escalonado para toba brechosa de Abanico, cerca de su techo (cuña al este de los 22 Ma en figura 5a). Plagioclasa (izq.) / vidrio y microlitos (der.)

mo calcoalcalino de tendencia alcalina y transicional a retroarco.

El segmento al norte de los 32°15'LS

Tal como han hecho notar Mpodozis *et al.* (2009), la cadena andina principal al norte de esta latitud presenta otra evolución, la cual incluye eventos de acortamiento más antiguos y, restringida a lo que estos autores denominaron “panel 3”, una escama con plegamiento muy intenso de volcanitas oligocenas. En la lámina adyacente oriental, solo unos mil metros de lavas e ignimbritas de la Formación Farellones se depositaron, con suave discordancia, sobre su sustrato meso-cenozoico (Rivano *et al.* 1993).

Mpodozis *et al.* (2009) proponen que la ductilización observada en las lavas del panel intermedio se debería a la colisión

de un desacoplado núcleo rígido de la Cordillera de la Costa contra el bloque de la Cordillera Frontal (ver figura 1), la cual cruza en ese sector a la divisoria de aguas con rumbo NNO. El acortamiento sería siempre previo a la edad de volcanitas de Farellones, en cuyos niveles basales reportan edades entre 22 y 18,5 Ma.

La proposición de Godoy (2011a), en cambio, combina diversos factores ya propuestos por autores alemanes, tales como bajo-escurrimiento de las rocas de la Frontal, somerización de la subducción e interacción con mesetas oceánicas a fines del Oligoceno.

El segmento al sur de los 35°LS

Tal como se indica en la figura 1, a la altura de esta latitud se reconoce un lineamiento de rumbo NO-SE, interpretado como

dextral por la deflexión que origina en las capas de la Formación Abanico (Hurtaido 2003). Al sur de los 35° se observa, además, un fuerte descenso en la altura de la Cordillera Principal. Fallas transcurrentes neógenas de este rumbo han sido propuestas en este segmento por Radic *et al.* (2002) en rifts de la Formación Cura Mallín. Fabiano *et al.* (2012), por otra parte, reconocen el mismo rumbo en otra estructura también interpretada como de transferencia, pero esta vez activa entre el Triásico y Jurásico, en el basamento de la Cordillera del Viento (ver figura 1).

En este segmento las rocas de edad comprendida entre el Eoceno y el Mioceno inferior tienen ahora un carácter más epiclástico y son agrupadas en la Formación Cura Mallín, unidad en la cual Radic *et al.* (2002) reconocen sub-cuenas trans-

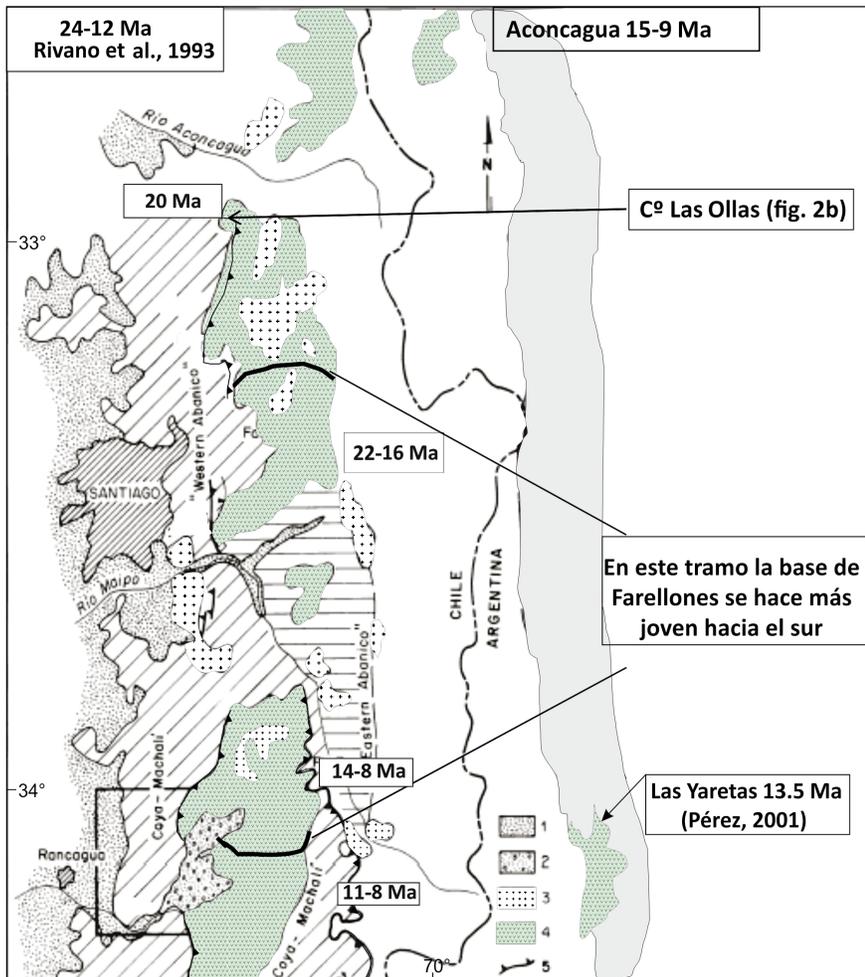


Figura 7: Edades de la base de la Formación Farellones y del volcanismo mioceno tras-arco entre los 32°30' y 34°30' S (modificado de Godoy *et al.* 1999)

tensionales de polaridad opuesta. Al sur de los 36° las rocas de este rango de edad afloran más al oriente, en las fajas plegadas y corridas de Guañacos y del Agrio, restringidas a sinclinales (Rojas Vera *et al.* 2012). Entre los 36°40' y los 37° S han sido afectadas por dos eventos compresionales de piel fina asociados a la actividad de fallas inversas de vergencia al oriente (Utgé *et al.* 2009).

Entre los 34°40' y los 36°LS no afloran rocas asignables a la Formación Farellones y, en su lugar, aparece la Formación Cola de Zorro, erosionados edificios volcánicos de edad pliocena-pleistocena que alcanzan espesores de hasta 2 km y local tendencia alcalina. Las rocas asignadas a esta formación afloran discordantes sobre su sustrato, rellenando en la vertiente argentina fosas tectónicas tales como las

de Andacollo y Loncopué (Vergara y Muñoz 1982, García *et al.* 2003).

Al sur de los 36°LS, importantes afloramientos de volcanitas oligocenas a miocenas se depositaron en suave discordancia sobre un sustrato mesozoico y han sido estudiadas desde mediados del siglo pasado. Su variable extensión hacia el oriente ha sido ligada a distintos grados de somerización de la placa de Nazca en este sector (Kay *et al.* 2006, Roja Vera *et al.* 2012). En las secciones que hicieron efusión entre los 18 y 14 Ma (Formación Charilehue) Spagnuolo *et al.* (2012) reconocen un quimismo de características transicionales entre el ligado a la extensión oligocena y el controlado por contracción miocena tardía. Este magmatismo híbrido es asociado al desarrollo de un punto caliente heredado de la inyec-

ción de astenosfera durante el roll-back oligoceno.

Las lavas de edades semejantes a las de la Formación Farellones se presentan con una distribución saltuaria y reciben nombres, de norte a sur, tales como Trapa-Trapa y Cajón Negro. En esta última, compuesta por 150 m de tobas y lavas andesíticas, se ha reconocido una última etapa de inversión tectónica durante el Mioceno tardío de la cuenca extensional subyacente (Utgé *et al.* 2009). Esta fase tardía puede haber sido favorecida por la intrusión sintectónica de un alargado cuerpo granítico.

Al sur de los 39°LS, finalmente, ocurre un nuevo cambio y la actividad tectónica disminuye drásticamente. Solo diez metros de basaltos olivínicos del Mioceno tardío (Formación Tipilihuque) cubren ahora a sucesiones aluviales de menos de 200 m depositadas al este de una fosa portadora de basaltos del Oligoceno tardío. Esta fosa, formada sobre basamento rígido paleozoico, fue invertida a fines del Mioceno, (Franzese *et al.* 2011).

CONCLUSIONES

Las potentes sucesiones volcano-clásticas cenozoicas aflorantes en la vertiente pacífica andina entre los 32° y 35° S (Formaciones Abanico y Farellones) presentan características que las distinguen de las unidades equivalentes reconocidas más allá de ambos extremos.

Hacia el norte de los 32°15'LS, y mediante una zona de transición aun no estudiada, se pasa a una lámina tectónica de rocas en el rango de edad de Abanico donde se ha concentrado un fuerte acortamiento. Las volcanitas miocenas se restringen aquí a un espesor de 1.000 m y afloran, en forma de amplios pliegues, al oriente de dicha lámina (Jara *et al.* 2009). Se propone que este escenario esté controlado por tanto un desacople de las rocas de la Cordillera Frontal y una somerización de la subducción.

En el rango de latitudes dentro del cual fueron definidas ambas formaciones, Abanico y Farellones presentan su mayor espesor, cercano a los 3 km, y el techo de

la segunda alcanza los 5.000 m de altura. En este tramo su contacto es concordante, modificado por fallamiento inverso, de preferencia en el invertido borde occidental de una cuenca extensional oligocena. La inversión fue diacrónica, más tardía hacia el sur, tal como indican las edades aquí presentadas para ambas formaciones. Estas características son compatibles con el emplazamiento de grandes cámaras magmáticas bajo una corteza extendida durante el Mioceno temprano y medio, las que favorecieron el gran alzamiento que presenta este borde oeste de la Cordillera Principal durante una compresión a fines del Mioceno.

Al sur de los 35°LS primero desaparece el volcanismo Mioceno y luego pasa a ocupar, con reducido espesor, algunas áreas restringidas. El magmatismo de esa edad está representado por rígidas masas batolíticas que habrían amortiguado localmente el acortamiento. Un proceso semejante habría ocurrido al sur de los 39°LS, donde sucesiones de edades equivalentes a Abanico y Farellones se depositaron sobre un rígido basamento Paleozoico, lo cual incluso habría amortiguado la deformación del relleno volcánico plio-pleistoceno reconocido en fosas tectónicas de dicha área.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los Dres. R. Charrier y V. Ramos por su exhaustiva revisión y a las Dras. P. Alvarez y V. Litvak por su paciente ayuda para lograr la versión final.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aguirre, L. 1960. Geología de los Andes de Chile Central, provincia de Aconcagua. Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín 9, 70 p., Santiago.
- Charrier, R. 1973. Geología de las Provincias O'Higgins y Colchagua. Instituto de Investigación de Recursos Naturales (IREN), Publicación 7, 69 p., Santiago.
- Charrier, R. 1981. Geologie der chilenischen Hauptkordillere zwischen 34°30' südlicher Breite und ihre tektonische, magmatische und paleogeographische Entwicklung. *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen (A)* 36.
- Charrier, R. y Munizaga, F. 1979. Edades K-Ar de volcanitas Cenozoicas del sector Cordillerano del Río Cachapoal (34° 15' Lat. Sur). *Revista Geológica de Chile* 7: 41-51.
- 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.). *Journal of South American Earth Sciences* 15: 117-139.
- Charrier, R., Bustamante, M., Comte, D., Elgueta, S., Flynn, J.J., Iturra, N., Muñoz, N., Pardo, M., Thiele, R. y Wyss, A.R. 2005. The Abanico Extensional Basin: regional extension, chronology of tectonic inversion, and relation to shallow seismic activity and Andean uplift. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abh.* 236: 43-77.
- Fabiano, J., Molnar, N., Sagripanti, L., Fennell, L., Rojas Vera, E., Ruiz, F., Giménez, M., Folguera, A. 2012. El rol de la inversión tectónica en la formación de la faja de Chos Malal: el levantamiento de la Cordillera del Viento sobre la vertiente andina argentina 13° Congreso Geológico Chileno, Actas: T2 135-137, Antofagasta.
- 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 magister, Universidad de Chile, (inédito), 179 p., Santiago.
- Fock, A., Charrier, R., Farias, M. y Muñoz, M. 2006. Fallas de vergencia oeste en la Cordillera principal de Chile: inversión de la cuenca Abanico (33°-34°S). *Asociación Geológica Argentina, Serie Publicación Especial* 6: 48-55.
- Franzese, J., D'Elia, L., Bilmes, A., Muravchik, M. y Hernández, M. 2011. Superposición de cuencas extensionales y contraccionales oligo-miocenas en el retroarco andino norpatagónico: la Cuenca de Aluminé, Neuquén, Argentina. *Andean Geology* 38: 319-334.
- Fuentes, F., Vergara, M., Aguirre, L. y Feraud, G. 2002. Relaciones de contacto de unidades volcánicas terciarias de los Andes de Chile central (33°S): una reinterpretación sobre la base de dataciones ⁴⁰Ar/³⁹Ar. *Revista Geológica de Chile* 29: 207-225.
- Gana, P. y 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: 145-163.
- García, E., Folguera, A., Melnick, D. y Ramos, V. 2003. Variabilidad en la actividad del retroarco andino entre 37° y 39°S. 10° Congreso Geológico Chileno, Actas electrónicas ST1, Concepción.
- Godoy, E. 1993. Geología del área entre los ríos Claro del Maipo y Cachapoal. Informe convenio Sernageomin-Codelco, (inédito), 68 p., Santiago.
- Godoy, E. 2011a. Structural setting and diachronism in the Central Andean Eocene to Miocene volcano-tectonic basins. En Salfity, J.A. y Marquillas, R.A. (eds.) *Cenozoic geology of the Central Andes of Argentina*: Salta, Instituto del Cenozoico, Universidad Nacional de Salta: 155-167.
- Godoy, E. 2011b. Abanico y Farellones: ¿terminan 50 años de interpretaciones divergentes? 18° Congreso Geológico Argentino. Actas electrónicas, Neuquén.
- Godoy, E. y Lara, L. 1994. El Teniente 2ª Fase. Informe Sernageomin-Codelco, (inédito) 40 p., 4 mapas., Santiago.
- Godoy, E., Harrington, R. Fierstein, J. y Drake, R. 1988. El Aconcagua, parte de un volcán mioceno? *Revista Geológica de Chile* 15: 167-172.
- Godoy, E., Navarro, M. y Rivera, O. 1996. Zonas triangulares en el borde occidental de la Cordillera Principal (32°30'- 34°30' L.S.), Chile: Una solución a la paradoja Abanico - Farellones 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 2: 373-381, Buenos Aires.
- 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., Rayner, N. y Davis, B. 2006. Edad U-Pb Cretácica Temprana de ignimbritas y andesitas en la Depresión Central, VI Región, Chile: implicancias geotectónicas. 11° Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 229-232, Antofagasta.
- Godoy, E., Schilling, M., Solari, M. y Fock, A. 2009. Carta Rancagua Servicio Nacional de Geología y Minería. Serie Geología Básica

- 118 (1:100.000) 50 p., Santiago.
- Groeber, P. 1951. La Alta Cordillera entre las latitudes 34° y 29°30'. Instituto de Investigaciones de las Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Buenos Aires, Revista Ciencias Geológicas I:1-352.
- Hurtado, A. 2003. Geología de la Cordillera de los Andes entre los ríos Teno y Colorado, provincia de Curicó: una contribución a la estratigrafía del Cenozoico [memoria de título] Departamento de Geología Universidad de Chile, 211 p., Santiago.
- Jara, P. 2007. Geometría y cinemática de la deformación en compresión del Neógeno en la hoya del río Claro de Cauquenes (34°15'S-34°30'S), Cordillera Principal, Chile Central. Tesis doctoral, Universidad de Chile, (inédito), 111 p., Santiago.
- Jara, P., Piquer, J., Pinto, L., Arriagada, C., Charrier, R., Rivera, O. 2009. Perfiles estructurales de la Cordillera Principal de Chile Central: resultados preliminares 12° Congreso Geológico Chileno, Actas: S9-038, Santiago.
- Jaros, J. y Zelman, J. 1967. La relación estructural entre las formaciones Abanico y Farellones en la Cordillera del Mesón, Provincia de Aconcagua, Chile. Departamento de Geología, Universidad de Chile, Publicación 34, Santiago.
- Jordan, T., Burns, W., Veiga, R., Pangaro, F., Copeland, P., Kelley, S. y Mpodozis, C. 2001. Extension and basin formation in the southern Andes caused by increases convergence rate: a Mid-Cenozoic trigger for the Andes. *Tectonics* 20: 308-324.
- Kay, S., Godoy, E. y Kurtz, A. 2005. Episodic arc migration, crustal thickening, subduction erosion, and magmatism in the south-central Andes. *Geological Society of America Bulletin* 117: 67-88.
- Kay, S.M., Burns, M., Copeland, P. y Mancilla, O. 2006. Upper Cretaceous to Holocene magmatism and evidence for transient Miocene shallowing of the Andean subduction zone under the northern Neuquén Basin. En Kay, S.M. y Ramos, V.A. (eds.) *Evolution of an Andean Margin: A Tectonic and Magmatic View from the Andes to the Neuquén Basin (35-39°S)*. Geological Society of America, Special Paper 407: 19-60.
- Klohn, C. 1956. Estado actual del estudio geológico de la "Formación Porfirítica". *Revista Minerale* 55: 49-60.
- Klohn, C. 1960. Geología de la cordillera de los Andes de Chile Central, Provincia de Santiago, Colchagua y Curicó. Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín N° 8, 95 p., Santiago.
- Montecinos, P. 2008. Edad y petrogénesis del magmatismo Oligoceno-Mioceno de los Andes de Chile central a los 33°S: su implicación geodinámica para el margen de América del Sur [Memoria de título] Departamento de Geología, Universidad de Chile, 159 p., Santiago.
- Mpodozis, C., Brockway, H., Marquardt, C. y Perelló J. 2009. Geocronología U/Pb y Tectónica de la región de Los Pelambres-cerro Mercedario: Implicancias para la evolución Cenozoica de los Andes del Centro de Chile y Argentina 12° Congreso Geológico Chileno. Actas: S9-059, Santiago.
- Navarro, M. 2001. Estratigrafía y estilo estructural de las formaciones del margen occidental de la Cordillera Principal, en el norte de la VI Región. [Memoria de título], Departamento de Geología, Universidad de Chile, 77 p., Santiago.
- Nystrom, J., Parada, M. A. y Vergara, M. 1993. Sr-Nd isotope compositions of Cretaceous to Miocene volcanic rocks in central Chile. A trend towards a MORB signature and a reversal with time. *Proceedings of Second International Symposium on Andean Geodynamics*, 21-23, Oxford.
- Nystrom, J.O., Vergara, M., Morata, D. y Levi, B. 2003. Tertiary volcanism during extension in the Andean foothills of central Chile (33°15'-33°45'S). *Geological Society of America Bulletin* 115: 1523-1537.
- Pérez, D. 2001. El volcanismo neógeno de la cordillera de las Yaretas, Cordillera Frontal (34°S), Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56: 221-239.
- Radic, J.P., Rojas, L., Carpinelli, A. y Zurita, E. 2002. Evolución tectónica de la Cuenca de Cura-Mallín, región cordillerana chileno argentina (36°30p-39°00°S). 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 233-237, El Calafate.
- Rivano, S., Godoy, E., Vergara, M. y Villarroel, R. 1990. Redefinición de la Formación Farellones en la Cordillera de los Andes de Chile Central (32-34°S). *Revista Geológica de Chile* 17: 205-214.
- Rivano, S., Sepúlveda, P., Boric, R. y Espiñeira, D. 1993. Hojas Quillota y Portillo. Servicio Nacional de Geología y Minería Carta Geológica de Chile 73 (1:250.000) Santiago.
- Rojas Vera, E., Orts, D., Spagnuolo, M., Sagripanti, L., Giménez, M., Ruiz, F., Martínez, P., Zamora Valcarce, G., Bottesi, G., Folguera, A. y Ramos, V. 2012. Structure of the Southern Andes between 36-39°S. 13° Congreso Geológico Chileno, Actas: 156-158, Antofagasta.
- Ruiz, C., Aguirre, L., Corvalán, J., Klohn, C., Klohn, E. y Levi, B. 1965. Geología y yacimientos metalíferos de Chile. Instituto de Investigaciones Geológicas, 305 p., Santiago
- Spagnuolo, M., Litvak, V., Folguera, A., Bottesi, G. y Ramos, V. 2012. Neogene magmatic expansion and mountain building processes in the southern Central Andes, 36-37°S, Argentina. *Journal of Geodynamics* 53: 81-94
- Sruoga, P., Rubinstein, N., Etcheverría, M., Cegarra, M., Kay, K., Singer, B y Lee, L. 2008. Estadio inicial del arco volcánico neógeno en la Cordillera Principal de Mendoza (35° S). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63: 454-469.
- Thomas, H. 1953. Informe de la Comisión Geológica Thomas - Yunge sobre la Alta Cordillera entre el río Aconcagua y el río Colorado. 76 p., 4 láminas, 2 mapas. SERNAGEOMIN, Santiago.
- 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. *Revista Geológica de Chile* 17: 31-46.
- Vergara, M., Charrier, R., Munizaga, F., Rivano, S., Sepúlveda, P., Thiele, R. y Drake, R. 1985. Volcanismo mioceno en los Andes Centrales de Chile, Cordillera Principal (31° 30'-34°30'S). *Comunicaciones, Departamento de Geología, Universidad de Chile* 35: 249-251, Santiago.
- Utgé, S., Folguera, A., Litvak, V. y Ramos, V. 2009. Geología del sector norte de la Cuenca de Cura Mallín en las Lagunas de Epulauquen, Neuquén. *Revista Asociación Geológica Argentina* 64: 231-248.
- Wyss, A. R., Norell, M. A., Flynn, J. J. *et al.* 1990. A new early Tertiary mammal fauna from central Chile: implications for stratigraphy and tectonics. *Journal of Vertebrate Paleontology* 10: 518-522.

Recibido: 15 de septiembre, 2011.

Aceptado: 29 de octubre, 2012.