

# CHILENIA Y PATAGONIA: ¿UN MISMO CONTINENTE A LA DERIVA?

Renata Nela TOMEZZOLI

Laboratorio de Paleomagnetismo "Daniel A. Valencio", Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGEBA), FCEyN, UBA-CONICET, Ciudad de Buenos Aires. E-mail: renata@gl.fcen.uba.ar

## RESUMEN

La zona de estudio está ubicada a lo largo del margen sudoccidental del Gondwana y abarca desde las Sierras Australes hasta el Bloque de San Rafael y el Macizo Nordpatagónico. A partir de la integración de los datos obtenidos en trabajos de campo, estudios paleomagnéticos, de anisotropía de susceptibilidad magnética, e información obtenida por otros autores, se concluye en este trabajo que la deformación en esta región del Gondwana podría haber comenzado durante el Devónico Medio y se relacionaría con la colisión de Patagonia desde el sur y de Chileña desde el oeste. Siendo que Chileña y Patagonia habrían comenzado a colisionar con Gondwana al mismo tiempo, se plantea la posibilidad de que hayan sido parte de un mismo terreno alóctono a la deriva. Posteriormente, en el Carbonífero, colisionó desde el sur el Macizo del Deseado. La deformación post-colisional asociada a estos procesos habría continuado hasta el Pérmico, produciendo movimientos latitudinales, como parte del ajuste y acople final de los bloques continentales que configuraron la Pangea Triásica en conjunto con el núcleo cratónico principal del Gondwana.

**Palabras clave:** *Gondwana, Paleozoico, paleogeografía.*

## ABSTRACT

*Chilena and Patagonia, the same continent adrift?*

The study area is located along the southwestern margin of Gondwana, ranging from Sierra de la Ventana (Sierras Australes) to the San Rafael Block and the North Patagonian Massif. From the integration of data from field work, paleomagnetic studies, anisotropy of magnetic susceptibility, and information obtained by other authors in this paper is concluded that the deformation in this part of Gondwana may have begun during the Middle Devonian and would relate to the collision of Patagonia from the south and Chileña from the west. Since Chileña and Patagonia have begun to collide with Gondwana at the same time raises the possibility that they were part of the same allochthonous drift terrain. Later in the Carboniferous, from the south collided the Deseado Massif. The post-collisional deformation associated with these processes would have continued until the Permian, producing latitudinal movements as part of the adjustment and coupling of the terrains and plate tectonics that formed the Triassic Pangea.

**Keywords:** *Gondwana, Paleozoic, paleogeography.*

## INTRODUCCIÓN

A partir de la propuesta planteada por Ramos (1984, 2008) de considerar Patagonia como un continente alóctono a la deriva que colisiona durante el Paleozoico tardío contra el borde sudoccidental del Gondwana, surgieron modelos nuevos que se pueden agrupar en modelos de tipo colisionales y modelos de deformación intracontinental (véase Tomezzoli y Cristallini 2004). Sin embargo, aún quedan dudas y controversias acerca del posible origen de la Patagonia y sobre todo del momento en que se habría producido la deformación principal asociada a

esta colisión. Recientemente, se le adjudicó a Patagonia una procedencia Antártica (González *et al.* 2011), y mientras que para algunos investigadores la deformación ocurrió en una sola fase durante el Pérmico Tardío-Triásico, para otros en cambio comenzó en el Devónico Tardío-Carbonífero Temprano y se extendió hasta el Pérmico.

Hasta el momento se han reconocido por lo menos cuatro terrenos acrecionados sobre el núcleo cratónico gondwánico occidental con anterioridad al Devónico Tardío-Carbonífero Temprano (Fig. 1a): Arequipa-Antofalla, Puna Oriental-Famatina, Cuyania-Precordillera y Chileña.

La colisión del Macizo del Deseado contra el Macizo Nordpatagónico se habría producido en el Paleozoico Temprano (Ramos 2004) o durante el Carbonífero Medio (Pankhurst *et al.* 2006). Martínez *et al.* (2011), en base a evidencias de metamorfismo de alta presión, concluyen que Chileña se habría subducido durante el Devónico Medio por debajo del Macizo Nordpatagónico lo cual les permite extender el margen Sur de Chileña hasta los 42° de Latitud Sur actuales.

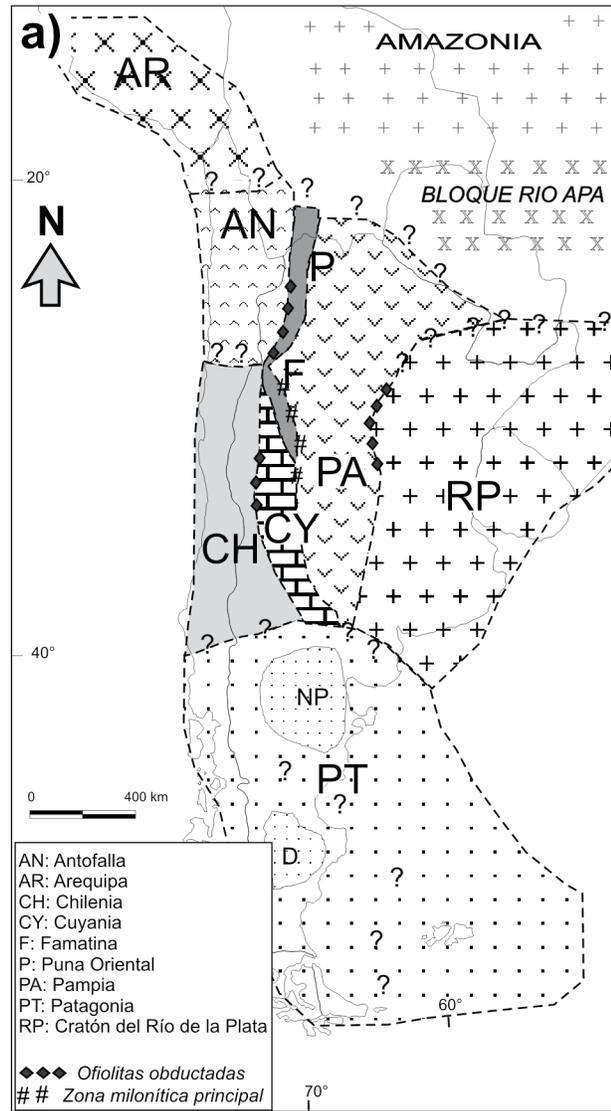
La región analizada en este trabajo se extiende desde el ámbito geológico de las Sierras Australes (sierra de la Ventana o Ventania), bloque de Chadileuvú, hasta

el Bloque de San Rafael y Macizo Nordpatagónico (Fig. 1b) en una faja conocida como “Cordón de los Gondwánides” (Keidel 1916). Sobre la base de estudios paleomagnéticos (ver metodología en Valencio 1980), de anisotropía de susceptibilidad magnética (ASM; el elipsoide de anisotropía de susceptibilidad magnética es coaxial con el elipsoide de deformación; ver metodología en Tarling y Hroudá 1993) y de trabajo de campo en las localidades antes mencionadas, se presenta aquí una hipótesis de evolución alternativa que integra los modelos colisionales y de deformación intracontinental, con una deformación que se habría iniciado en el Devónico y continuado hasta el Pérmico.

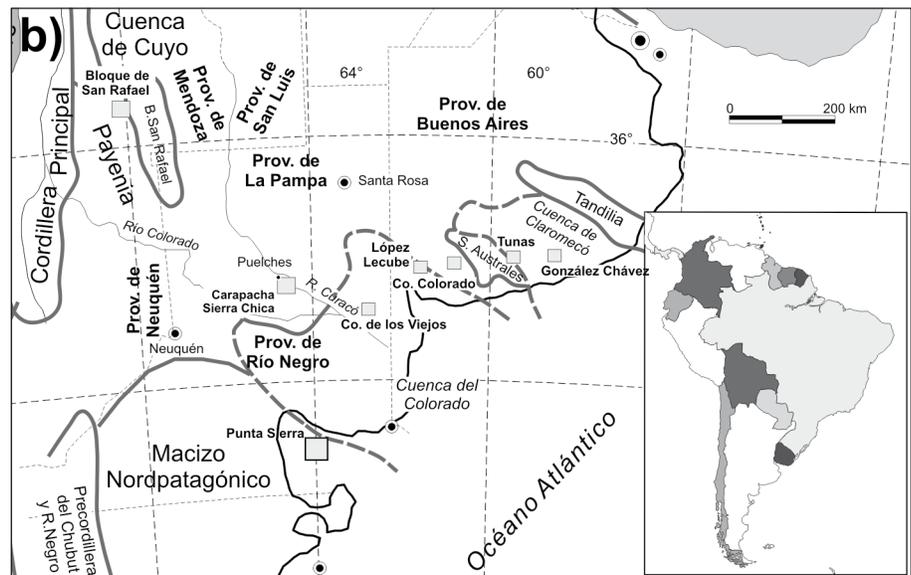
### EVIDENCIAS GEOLÓGICAS Y PALEOMAGNÉTICAS

#### Sierras Australes, provincia de Buenos Aires

Ésta es quizás una de las localidades clave para poder comprender la evolución paleogeográfica del margen sudoccidental de Gondwana (Fig. 1b), porque es aquí donde aflora la columna estratigráfica más completa con rocas que van desde el Cámbrico al Pérmico representadas en los Grupos Curamalal, Ventana y Pillahuincó (Harrington 1947; Suero 1972). Sin embargo, y a pesar de tener buenas exposiciones de sus afloramientos, el entendimiento de su geología es complejo, fundamentalmente porque no todas estas rocas son fácilmente datables ni distinguibles entre sí. Tal vez, el contraste geológico más claro dentro de las Sierras Australes se da entre los Grupos Curamalal y Ventana del Paleozoico Temprano por un lado, y el Grupo Pillahuincó del Paleozoico Tardío por el otro (Harrington 1947; Tomezzoli y Cristallini 2004 y referencias allí citadas), que presentan diferencias estructurales, topográficas y litológicas notables. El contacto entre las Formaciones Lolén, de edad devónica media (Givettiano; Cingolani *et al.* 2002) que es la más joven del Grupo Ventana, y Sauce Grande de edad carbonífera (Di Pasquo *et al.* 2008 y referencias allí citadas) que es la más antigua del Grupo Pi-

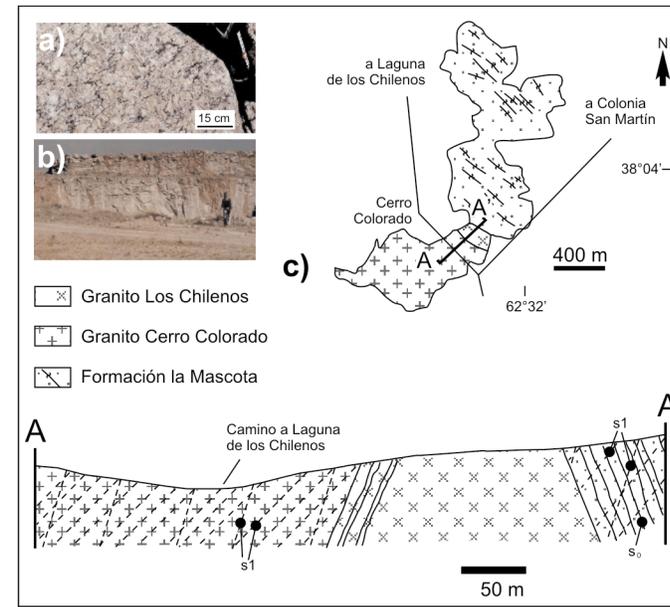


**Figura 1:** a) Terrenos acrecionados al Gondwana Occidental antes del Devónico Tardío-Carbonífero Temprano: Arequipa-Antofalla, Puna Oriental-Famatina, Cuyania-Precordillera y Chilenia (según Rapalini 2005); PT: Patagonia, D. Macizo del Deseado; b) Localidades de muestreo desde Sierras Australes hasta el Bloque de San Rafael y Macizo Nordpatagónico a lo largo del “Cordón de los Gondwánides” donde se realizaron estudios geológicos, paleomagnéticos y de anisotropía de susceptibilidad magnética.



llahuincó, es muy controvertido. Si bien se acepta que entre ambas formaciones hay una discordancia regional (Harrington 1947, Andreis 1964, Kilmurray 1975, Varela 1978) y que media un hiato que abarca parte del Carbonífero, para algunos autores éste es un contacto que se encuentra plegado como consecuencia de una única fase de deformación ocurrida en el Pérmico Tardío (Japas 1987), mientras que para otros esta deformación habría comenzado en el Devónico (Massabie y Rossello 1984, Tomezzoli 1997, Tomezzoli y Cristallini 1998) y continuado hasta el Pérmico (Tomezzoli 1997 y Tomezzoli y Cristallini 2004), produciendo la repetición estructural de los Grupos Curamalal y Ventana, previo a la depositación de la Formación Sauce Grande, que estaría generándose a expensas de la Formación Lolén, trasladándola, e involucrándose paulatinamente en la deformación.

En la misma comarca, afloran el granito Cerro Colorado (Figs. 1b y 2) y la sienita López Lecube (Figs. 1b y 3). El granito Cerro Colorado fue interpretado como parte del basamento de las Sierras Australes (Harrington 1947, Varela *et al.* 1990). Se trata de un cuerpo cuyo afloramiento es de forma elongada en dirección sudoeste, de aproximadamente 1 km de largo por 300 m de ancho, y está compuesto principalmente por rocas graníticas de tendencia leucocrática con textura granosa y tonalidades rojizas y grisáceas (Grecco *et al.* 1984, Grecco y Gregori 1993, Grecco *et al.* 1997). Desde el punto de vista estructural se diferenció al granito Cerro Colorado, que presenta un clivaje penetrativo que da lugar a una estructura gnéisica-milonítica en el cuerpo principal de la cantera donde aflora, del granito Los Chilenos que aflora en otro sector de la misma y presenta una textura granítica con baja presencia de zonas de cizalla y clivaje (Massabie *et al.* 1999; Fig. 2). Las edades calculadas para el granito Cerro Colorado son: Rb/Sr 427-392 Ma (Cingolani y Varela 1973), Rb/Sr 487±15 (Varela *et al.* 1990), Rb/Sr 381±9 Ma (Massabie *et al.* 1999), U/Pb 531±4 Ma (Rapela *et al.* 2003) y U/Pb 523±4 Ma (Tohver *et al.* 2012), y para el granito Los Chilenos, Rb/



**Figura 2:** Consideraciones geológicas de los granitos Cerro Colorado y Los Chilenos aflorantes en el sector occidental de las Sierras Australes, en la Colonia San Martín, partido de Tornquist. a) Fotografía de detalle donde se aprecia la foliación macroscópica del granito Cerro Colorado. b) Fotografía un frente de cantera. c) Mapa geológico y sección estructural (según Massabie *et al.* 1999).

Sr  $140 \pm 14$  Ma (Massabie *et al.* 1999) y U/Pb  $533 \pm 12$  (Tohver *et al.* 2012).

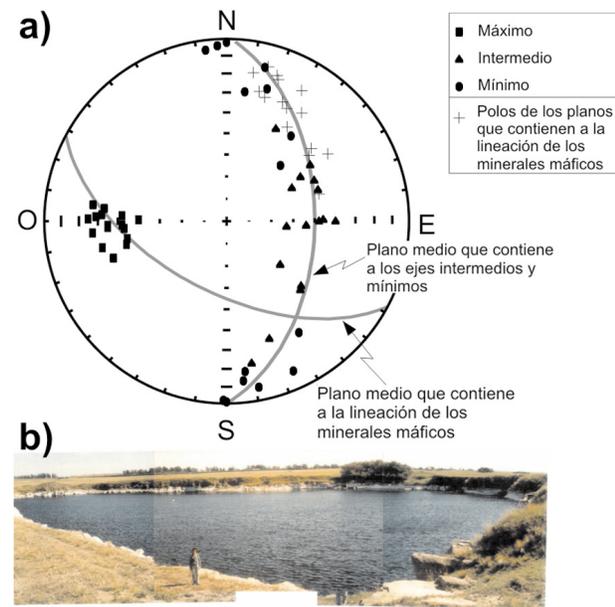
La sienita López Lecube, aflora a 80 km al oeste de las Sierras Australes (Figs. 1b y 3), dentro de la estancia San Rafael. Este cuerpo intrusivo se halla constituido por una serie sienítica de afinidad alcalina y una serie granítica (Gregori *et al.* 2003). Se presenta a grandes rasgos como una roca de aspecto muy uniforme y fresco, en la que no se observan evidencias de alteración (salvo en los sectores más cercanos al agua que inunda la cantera) o deformación tectónica aparente (Tomezzoli y Vilas 1997). En base a las edades Rb/Sr  $227 \pm 32$  Ma y K/Ar  $240 \pm 12$  Ma estas rocas fueron interpretadas como un intrusivo de origen posttectónico relacionado con la evolución estructural de las Sierras Australes (Cingolani y Varela 1973) y se correlacionó con el ciclo magmático Gondwánico que se desarrolló en las provincias de La Pampa y Mendoza, debido a sus similitudes en edad y composición química (Linares *et al.* 1980, Varela *et al.* 1985, Rapela *et al.* 1996). Más recientemente se obtuvieron edades U/Pb de  $258 \pm 2$  Ma (Pankhurst *et al.* 2006) y  $251.5 \pm 3.0$  Ma (Tohver *et al.* 2008). El comportamiento frente al procesamiento paleomagnético fue estable en todos los especímenes analizados y se pudo aislar una magnetización remanente caracterís-

tica de polaridad reversa para el hemisferio sur (Tomezzoli y Vilas 1997). En algunos especímenes se midió la anisotropía de la susceptibilidad magnética, resultando una fábrica magnética prolada, donde el eje  $K_{\max}$  de anisotropía de susceptibilidad magnética (eje mayor del elipsoide de susceptibilidad magnética), es paralelo a la lineación mineral magmática dada por la orientación subparalela de cristales prismáticos de anfíbol (Tomezzoli y Vilas 1997; Fig. 3). La fábrica magnética de la sienita López Lecube, difiere del patrón regional de anisotropía de susceptibilidad magnética medido tanto en las Formaciones Tunas (Arzadún *et al.* 2011) y Carapacha (Tomezzoli *et al.* 2006), como en las rocas graníticas del Cerro de los Viejos (Tomezzoli *et al.* 2003), donde sí hay una impronta tectónica clara, tal como se verá más adelante. El polo geomagnético promedio obtenido para López Lecube (Tomezzoli y Vilas 1997) ocupa una posición equivalente a aquél de la Formación Choique Mahuida (provincia de La Pampa, Fig. 4), de edad K/Ar  $254 \pm 10$  Ma (Linares *et al.* 1980) obtenido a partir de rocas volcánicas riolíticas e ignimbríticas pertenecientes al grupo Choiyoi (Llambías *et al.* 2003), donde se aisló una magnetización con polaridad reversa y normal (Conti y Rapalini 1990), sosteniendo la hipótesis de que estas ro-

cas pertenecen a un mismo evento magnético, coetáneo en ambas localidades para los tiempos pérmicos tardíos.

En las rocas de la Formación Tunas (Harrington 1947) se llevó a cabo un estudio paleomagnético sistemático y de detalle (Figs. 5a, b, c; Tomezzoli 1997, 1999) en las localidades de estancia San Carlos, Golpe de Agua (ex estancia Peñaflo) y arroyo Toro Negro, aflorantes en el ámbito de la Sierra de las Tunas (sector NE de las Sierras Australes; Fig. 1b), y en Las Lomas - La Susana, 2 de Mayo (ex Estancia San Miguel), Arroyo Paretas (ruta provincial N°51) y cantera Las Mostazas en la Sierra de Pillahuincó (sector SE de las Sierras Australes; Fig. 1b). La Formación Tunas está expuesta en el sector oriental de las Sierras Australes, siendo la más joven del Grupo Pillahuincó (Harrington 1947). Se compone de areniscas finas de color verde claro silicificadas, con estratificación entrecruzada, que alternan con fangolitas de colores rojizos. Se destaca la presencia de cantidades importantes de hematita en la composición de estas rocas, que se encuentra en forma de granos detríticos en las areniscas, en forma de nódulos en areniscas finas y como uno de los componentes principales del cemento en las fangolitas rojizas (véanse las descripciones detalladas de Harrington 1947, Andreis *et al.* 1979, Andreis y Japas 1996). Esta hematita es la portadora de la magnetización remanente estable y característica de la Formación Tunas (Tomezzoli 1997). Las asociaciones paleoflorísticas y paleofaunísticas de las Formaciones Bonete y Tunas indican una edad pérmica para estas rocas (Archangelsky y Cúneo 1984, Zavala *et al.* 1993).

En la estancia San Carlos (Fig. 5e) las sedimentitas de la Formación Tunas se depositaron en un ambiente marino de plataforma (Andreis *et al.* 1979) y por su posición geográfica y estratigráfica corresponderían a la base de la misma. En la cantera Las Mostazas (Fig. 5f) Zavala *et al.* (1993) demuestran, en base al estudio de facies y elementos arquitecturales corroborados por la asociación icnofaunística, un ambiente de depositación continental. De manera tal que en términos



**Figura 3:** a) Resultados de anisotropía de susceptibilidad magnética (ASM) en la localidad de López Lecube, provincia de Buenos Aires, según Tomezzoli y Vilas (1997). b) Vista de los afloramientos en la cantera.

estratigráficos, es posible afirmar que la Formación Tunas en la cantera Las Mostazas exhibe niveles más jóvenes que aquellos expuestos en la estancia San Carlos, aún cuando no sea posible confirmar si estos afloramientos corresponden o no al techo de la Formación Tunas, ya que es probable que se continúe en subsuelo para aflorar luego en la localidad de González Chaves (Llambías y Prozzi 1975). Desde un punto de vista estructural, hacia la base de la secuencia los pliegues tienden a ser cilíndricos con longitudes de onda más cortas y flancos más definidos (Fig. 5e), mientras que hacia el techo de la secuencia tienden a ampliar sus longitudes de onda y a suavizarse (Fig. 5f). Según estudios de anisotropía de susceptibilidad magnética hay una variación de la fábrica magnética desde el SO al NE, o sea de base a techo de la secuencia (Fig. 5d). Los ejes  $K_{min}$  de anisotropía de susceptibilidad magnética que se disponen a lo largo de una guirnalda de rumbo NE-SO, lo hacen desde la horizontal en los sitios más occidentales (base), indicando una fábrica de tipo tectónica, hasta la vertical en los sitios más orientales (techo), indicando una fábrica de tipo sedimentaria (Sellés Martínez 2005, Arzadún *et al.* 2011). Esto revela una disminución en la intensidad de la deformación hacia el noroeste interpretada como un empuje proveniente del suroeste. En ninguna de las

localidades estudiadas el grado de anisotropía superó el 10%.

En términos generales, la Formación Tunas presentó una magnetización remanente característica muy estable y con muy buena consistencia interna dentro de cada sitio de muestreo, aunque el tipo de magnetización es distinto en la sierra de las Tunas que en la sierra de Pillahuincó (Figs. 5a, b; Tomezzoli 1997, 1999). En las localidades ubicadas en la sierra de Pillahuincó, donde los estratos son más jóvenes, las magnetizaciones son sintectónicas con un 85% de despliegue (Tomezzoli 2001), mientras que en las localidades ubicadas hacia el noroeste, en la sierra de las Tunas, con registro de la base de la columna estratigráfica y por lo tanto más antiguas, las magnetizaciones son sintectónicas al 35% de despliegue (Tomezzoli y Vilas 1999). Las evidencias tectosedimentarias (López Gamundi *et al.* 1995) y paleomagnéticas indican que la deformación en la Formación Tunas ocurrió contemporáneamente con la depositación y fue relacionada con la fase orogénica San Rafael definida por Azcuy y Caminos (1987). A partir de las direcciones medias finales por sitio corregidas por estructura se calcularon los polos paleomagnéticos (PP) de cada localidad, los que se agruparon en el PP Tunas I (Tomezzoli y Vilas 1999) que representa a las magnetizaciones de la base (Fig. 4), y



**Figura 4:** Polos paleomagnéticos (PP) seleccionados en América del Sur entre el Carbonífero y Triásico de la Curva de Desplazamiento Polar Aparente propuesta por Tomezzoli (2009) y algunos polos recientemente publicados. Los PP correspondientes a las magnetizaciones sintectónicas (Tunas I, Curacó, Cochicó, Ponón Trehue, Alcaparrosa, Hoyada Verde) tienden a ubicarse en el Pérmico inferior, mientras que los PP menos afectados por la deformación (Tunas II, San Roberto, Independencia) tienden a ocupar posiciones más jóvenes. Ver referencias de los PPs en Tomezzoli (2009) y Font *et al.* (2012).

el PP Tunas II (Tomezzoli 2001) que representa a las magnetizaciones del techo (Fig. 4). Ambos PPs son consistentes con la curva de desplazamiento polar aparente de América del Sur propuesta por Tomezzoli (2009), ocupando distintas posiciones. Actualmente se dispone de una edad radiométrica U/Pb para la Formación Tunas en la Localidad de Arroyo Paretas, de  $274 \pm 10$  Ma (Tohver *et al.* 2008), que permite datar al PP Tunas II y ubicarlo en el Pérmico Temprano Tardío. El PP Tunas I es más antiguo, con una edad, asignada con fósiles (Archangelsky y Cúneo 1984), pérmica temprana próxima a los 290 Ma.

En la localidad de González Chaves, ubicada a unos 130 km al este de las Sierras Australes se encuentra un afloramiento aislado, (Fig. 1) de pequeñas dimensiones, circundado por suelos recientes. Este afloramiento, asociado con otros vecinos

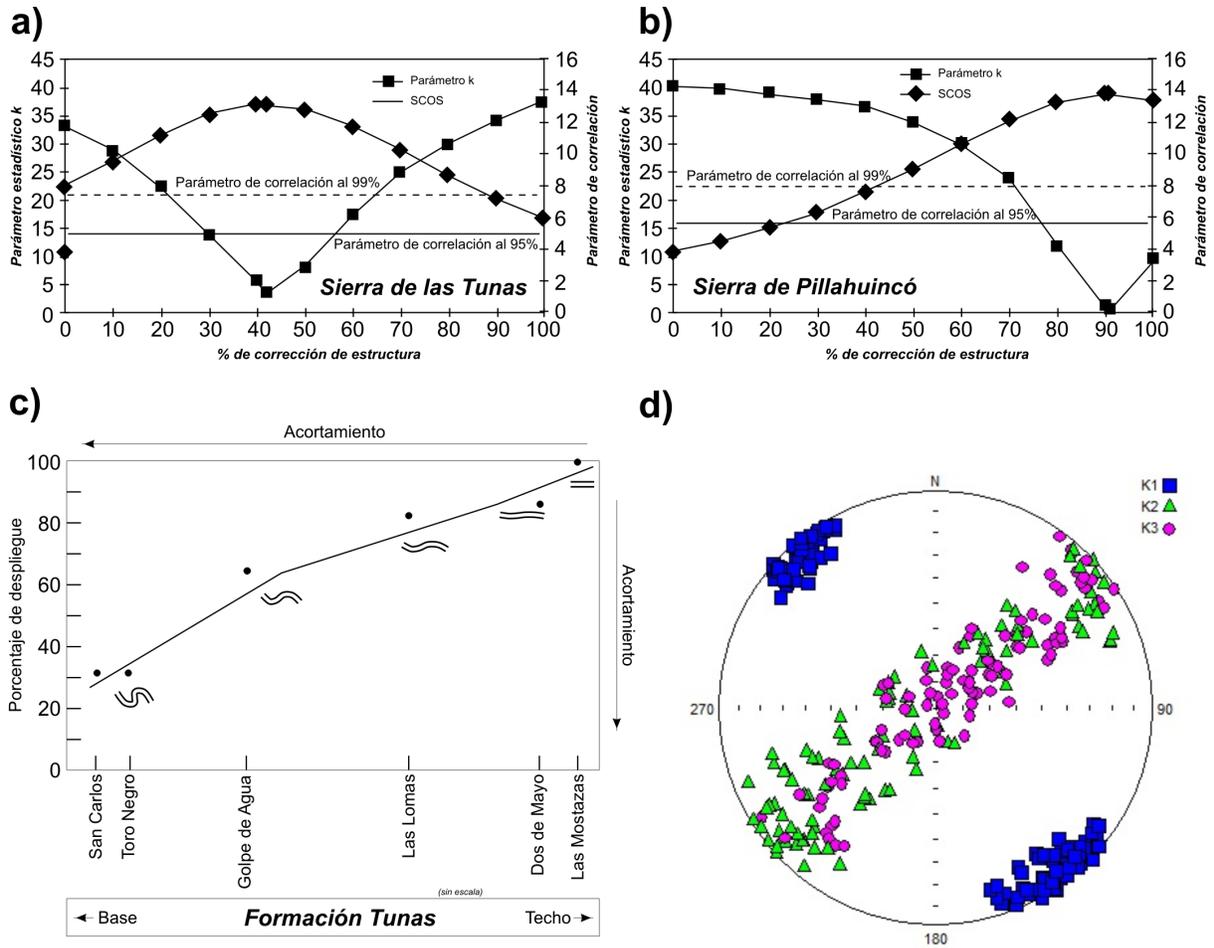
ubicados en las proximidades de Lumb, De La Garma y Mariano Roldán, se disponen en dirección subparalela a las Sierras Australes y se los considera parte del relleno de la Cuenca Interserrana o Cuenca de Claromecó (Kostadinoff y Font de Affolter 1982, Kostadinoff 1993) por encontrarse entre las Sierras Australes y las Sierras de Tandil. Estos depósitos se asocian a la antefosa de Claromecó, definida por Ramos (1984). Los estudios gravimétricos realizados por Introcaso (1982), Kostadinoff y Font de Affolter (1982) y Kostadinoff (1993), pusieron de manifiesto una importante anomalía de Bouguer negativa. López Gamundi y Rossello (1992) y López Gamundi *et al.* (1995) asocian estos afloramientos con una cuenca de antepaís relacionada con la evolución del margen continental sudoccidental gondwánico. Para Lesta y Sylwan (2005) en base a estudios de subsuelo, la cuenca

de Claromecó (Fig. 1b) se inició como una cuenca de rift en el Paleozoico Temprano que evolucionó a una cuenca intracratónica en el Paleozoico Tardío más antiguo y posteriormente a una cuenca de antepaís en el Paleozoico Tardío más joven, dividiendo la cobertura sedimentaria en cuatro ciclos separados por discordancias. Del estudio paleomagnético de estas rocas surge la presencia de magnetizaciones normales y reversas a las que se les asignó una posible edad pérmica tardía-triásica (ver discusión en Tomezzoli y Vilas 1997). Las mediciones de anisotropía de susceptibilidad magnética revelaron la presencia de una fábrica sedimentaria con un grado de anisotropía inferior al 3% (Arzadún *et al.* 2011).

#### Bloque de Chadileuvú, provincia de La Pampa

Esta zona de trabajo resulta de interés geológico porque aquí afloran rocas paleozoicas con una gran diversidad de litologías.

El cerro de los Viejos está localizado al norte del río Colorado (Fig. 1b) y forma parte de una zona de deformación dúctil en condiciones metamórficas de grado medio con vergencia hacia el NE (Tickyj y Llambías 1994, Tickyj *et al.* 1997). Se trata de un cuerpo granítico cuyo afloramiento es de forma elíptica de 1,5 km por 1 km, que se encuentra en contacto con depósitos sedimentarios recientes. En el mismo se reconocen diferentes grados de deformación que van desde un gneis granítico poco foliado a un gneis milonítico (Tickyj *et al.* 1997) (Fig. 6). Los estudios petrográficos pusieron en evidencia la presencia de dos eventos de deformación dúctiles (Tickyj *et al.* 1997). La foliación principal ( $s_1$ ) es la más prominente en el campo y está dada por la orientación subparalela de granos y agregados lenticulares de cuarzo y feldespato. Su orientación es Az.  $146^\circ/27^\circ$  SO (Fig. 6a). En estos planos de foliación está contenida una lineación mineral ( $l_1$ ) que buza  $25^\circ$  hacia el azimut  $222^\circ$ . Las edades preliminares K/Ar en biotita son de  $304 \pm 15$  Ma y  $330 \pm 15$  Ma (Linares *et al.* 1980) y las edades K/Ar en muscovita que cristala-



Estancia San Carlos



Cantera Las Mostazas



**Figura 5:** Estudios paleomagnéticos y de ASM en la Formación Tunas, aflorante en las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. En los gráficos a) y b) se muestran las relaciones entre el porcentaje de corrección de estructura y los parámetros estadísticos según el *test* del plegamiento (k: mayor agrupamiento de las direcciones medias finales por sitio y SCOS: sumatoria de cosenos) de McFadden (1990). c) En la base de la secuencia los pliegues están bien definidos, las magnetizaciones son claramente sintectónicas y ocupan una posición paleopolar en el Pérmico Temprano (ver en la figura 4), mientras que hacia el techo de la secuencia, los estratos tienden a horizontalizarse, las magnetizaciones están menos afectadas por la deformación y la posición paleopolar es más joven en el Pérmico Tardío (ver en la figura 4). d) Resultados preliminares de anisotropía de susceptibilidad magnética (ASM) de toda la secuencia donde se ve claramente la relación de los ejes principales del elipsoide de deformación (según Arzadún *et al.* 2011). e) Base de la secuencia con pliegues bien definidos. f) Techo de la secuencia con estratos subhorizontales.

lizaron durante el evento de deformación principal son de  $359 \pm 3$  Ma,  $280,4 \pm 2.3$  Ma y  $261 \pm 13$  Ma. La edad de 359 Ma fue

considerada por Tickyj (1999) como una mezcla de micas del protolito granítico y de las micas recrystalizadas durante la

deformación. Actualmente se están realizando nuevas dataciones. La foliación  $s_2$  es secundaria y se observa sólo local-

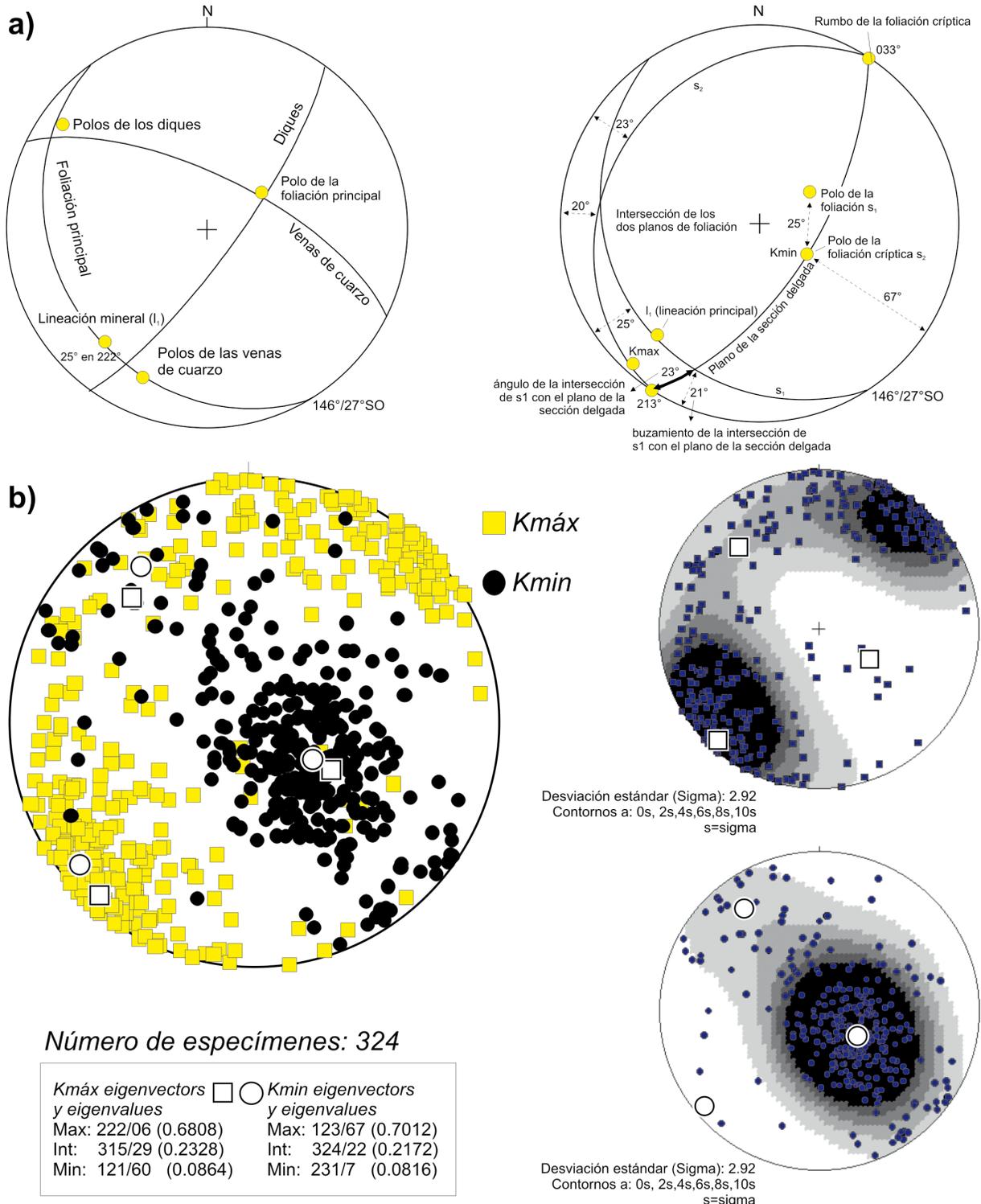
mente; esta foliación  $s_2$  es consistente con una zona de cizalla de rumbo NNE que inclina  $30^\circ$  al ONO. La orientación de la foliación  $s_2$  es Az.  $213^\circ/39^\circ$  SO. Entre  $s_1$  y  $s_2$  hay un ángulo de  $25^\circ$  y la intersección de ambos planos buza  $20^\circ$  al azimut  $276^\circ$  (Fig. 6a). En esta localidad se realizó un muestreo sistemático para anisotropía de susceptibilidad magnética (Fig. 6b) sobre el diseño de una grilla transversal a las estructuras principales del cuerpo (Tomezzoli *et al.* 2003). En términos generales, la localidad de Cerro de los Viejos muestra un buen ajuste entre los ejes  $K_{m\acute{a}x}$  (eje de extensión) y la lineación mineral. Sin embargo  $K_{m\acute{a}x}$  presenta menos inclinación que la lineación e incluso inclina también hacia el NE. El eje  $K_{min}$  (eje de acortamiento) que se espera debería estar cerca del polo de los planos de foliación en el cuadrante NE, yace principalmente en el cuadrante SE (Tomezzoli *et al.* 2003). Esta situación es inusual ya que la lineación mineral controla el eje  $K_{m\acute{a}x}$  de anisotropía y una foliación secundaria más débil que no es visible en el campo controla el eje  $K_{min}$  de anisotropía. La distribución de minerales paramagnéticos y ferromagnéticos en planos de estructuras tipo "S-C" (*slaty and cleavage* de Lister y Snoke 1984) interfieren en el patrón esperado de anisotropía, indicando la presencia de una foliación críptica evidenciada en los cortes delgados orientados. La biotita está preferencialmente pero no exclusivamente orientada paralela a  $s_2$ , mientras que la magnetita queda evidenciada en los cortes delgados preferencialmente alineada según los planos de  $s_2$ . Tanto desde el punto de vista petrográfico (Tickyj *et al.* 1997) como de los estudios de anisotropía de susceptibilidad magnética se puede inferir que toda la zona estuvo sometida a más de un episodio de deformación que queda evidenciado por la presencia de una foliación secundaria  $s_2$  subordinada a la primera.

La Formación Carapacha constituye el relleno de una cuenca de rift elongada en sentido NO-SE, de aproximadamente 120 km de largo y 40 km de ancho, desarrollada durante el Pérmico, en el centro-sur de la provincia de La Pampa (Melchor

1995; Fig. 1b). El relleno de la cuenca es de naturaleza continental, con predominio de depósitos fluviales efímeros y sedimentos lacustres someros subordinados (Melchor 1995). De acuerdo con las asociaciones megafloísticas de dicha unidad esta cuenca habría recibido sedimentos en el lapso comprendido entre el Pérmico Temprano y el Pérmico Tardío Temprano (Melchor y Césari 1997). Melchor (1995, 1999) reconoció dos miembros en la unidad separados por un hiato: el Miembro Calencó, aflorante en el área de la estancia San Roberto, y el Miembro Urre-Lauquen, aflorante sobre el río Curacó en las inmediaciones de la localidad de Puelches (Figs. 7 y 8). Se realizó un muestreo sistemático en las localidades tipo ubicadas al sudeste y sur del poblado de Puelches para hacer estudios paleomagnéticos y de anisotropía de susceptibilidad magnética (Fig. 7). Se pudo calcular un polo paleomagnético postectónico para cada localidad de muestreo a partir de magnetizaciones características de polaridad reversa en Curacó (Fig. 4) (PP Curacó; Tomezzoli *et al.* 2006), y reversa y normal en San Roberto (Fig. 4) (PP Calencó; Tomezzoli *et al.* 2006). Las posiciones paleopolares que ocupan en la curva de desplazamiento polar aparente planteada por Tomezzoli (2009) son distintas para ambos miembros (Fig. 4). Mientras el polo paleomagnético Curacó ocupa una posición más antigua en el Pérmico Temprano, el de San Roberto (Calencó) ocupa una posición más joven en el Pérmico Tardío (Fig. 4). De los estudios de anisotropía de susceptibilidad magnética realizados en estas rocas (Tomezzoli *et al.* 2006; Fig. 7), se puede concluir que la componente tectónica dentro de la fábrica de anisotropía es distinta para ambos miembros. El Miembro Calencó en la estancia San Roberto (Fig. 7) presenta menos deformación que el Miembro Curacó (Fig. 7). El eje  $K_{m\acute{a}x}$  del elipsoide de anisotropía (eje de extensión) en la estancia San Roberto es más variable y no refleja el rumbo de los ejes del plegamiento excepto localmente. Por lo tanto es posible que en la estancia San Roberto se preserven más las fábricas sedimentarias primarias

que en el caso de la localidad del río Curacó. La relación entre los ejes de anisotropía (Fig. 7) indica un elipsoide de anisotropía triaxial típico. Por el contrario, en todos los especímenes del río Curacó los polos de los ejes  $K_{m\acute{a}x}$  parecen estar tectónicamente controlados dado que reflejan la dirección de los ejes del plegamiento (Fig. 7). En esta localidad el eje  $K_{min}$  (eje de acortamiento) está distribuido bimodalmente; algunos especímenes o sitios muestran buena consistencia entre el  $K_{min}$  y el polo de los planos de estratificación, mientras que otros muestran un  $K_{min}$  consistente con los polos de los planos axiales de los pliegues, o bien el  $K_{min}$  es transicional entre ambos modos. La relación entre los ejes de anisotropía muestra, para esta localidad, un elipsoide de anisotropía típicamente prolado (Fig. 7a) con un esfuerzo principal máximo de dirección dominante SO-NE. Estos resultados (Tomezzoli *et al.* 2006) están en concordancia con la información estructural disponible para el área (Melchor 1995). Las diferentes posiciones paleomagnéticas calculadas para ambos miembros de la Formación Carapacha en el río Curacó y en la estancia San Roberto son consistentes con sus diferencias litológicas, estructurales, bioestratigráficas y de patrones de fábricas magnéticas y fueron vinculados a la fase orogénica San Rafael. Según estos resultados los afloramientos sobre el río Curacó serían más antiguos que aquellos de la estancia San Roberto.

En la misma región donde se ubican las localidades estancia San Roberto y río Curacó, y a menos de tres km hacia el este de la Sierra de Lihué Calel, afloran las rocas volcánicas de Sierra Chica. Este volcanismo forma parte del grupo Choiyoi, cuya extensión en Argentina excede los 500.000 km<sup>2</sup> (Llambías *et al.* 2003). La secuencia está compuesta por tres unidades; la primera y más antigua se encuentra expuesta a unos kilómetros al norte de las sierras y consiste en flujos de traquiandesitas, mientras que las otras dos unidades, expuestas hacia el sur, están compuestas por flujos piroclásticos de composición riolítica, bien estratificados

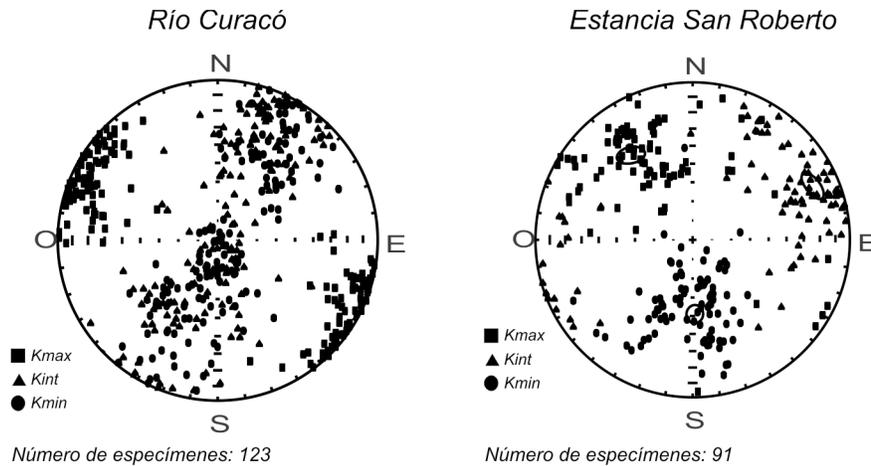


**Figura 6:** a) Principales elementos de la petrofábrica de Cerro de los Viejos. Datos estructurales según Tickyj *et al.* (1997) y b) de fábrica magnética ( $K_{m\acute{a}x}$  y  $K_{m\acute{i}n}$ ) según Tomezzoli *et al.* (2003) donde se muestra el diagrama de disposición de los ejes de ASM de cada uno de los especímenes medidos (izquierda) y sus valores medios (derecha).

en las capas inferiores, y menos en las capas superiores (Quenardelle y Llambías 1997). Las evidencias litológicas sugieren según estos autores que estas rocas están

próximas al centro emisor y representan el remanente de un cono volcánico. Las volcanitas de la Sierra Chica son consistentes (según Quenardelle y Llambías

1997) con una erupción ocurrida en un ambiente tectónico extensional luego de un régimen compresional de subducción. Rapela *et al.* (1996) obtuvieron una edad

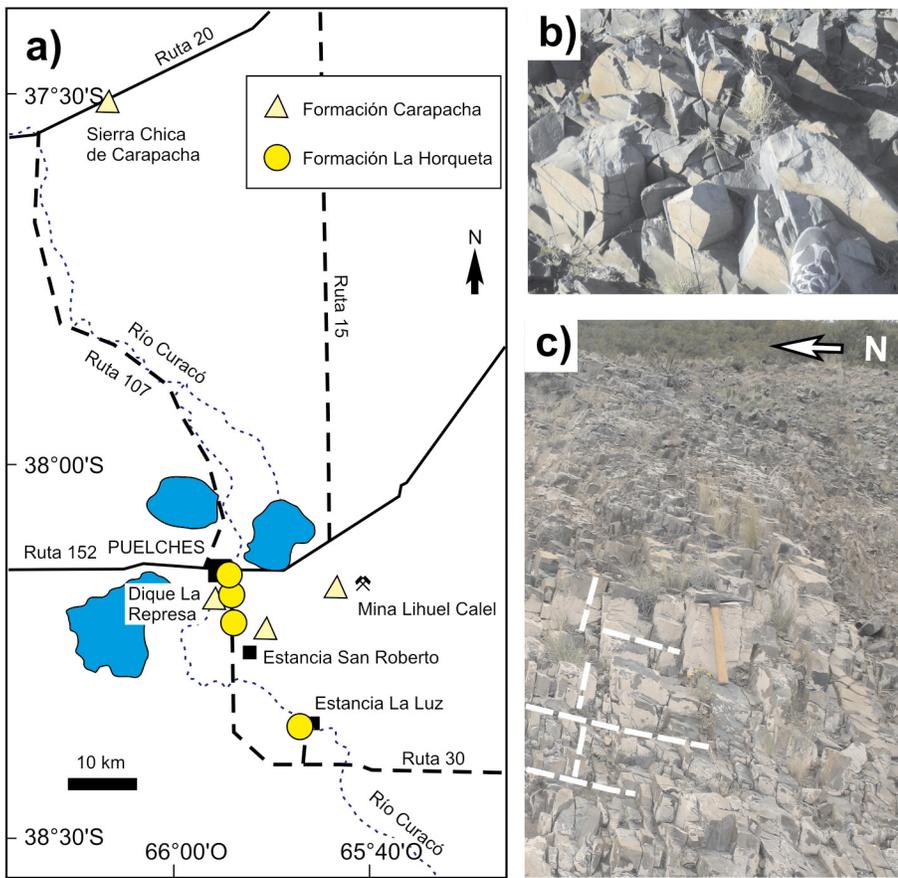


**Figura 7:** Resultados de ASM según Tomezzoli *et al.* (2006) en la cuenca de Carapacha, provincia de La Pampa. Las diferencias entre las fábricas magnéticas encontradas en las localidades de Curacó y San Roberto se pueden correlacionar con las diferencias geológicas encontradas por Melchor (1995).

Rb/Sr sobre roca total de  $240 \pm 2$  Ma en las riolitas de Lihué Calel, en la que incluyeron muestras pertenecientes a las traquiandesitas de Sierra Chica, sugiriendo una fuente cogenética para ambas unidades. Sin embargo, las características geoquímicas de estas rocas indican que pertenecen a un centro eruptivo diferente a aquél de la Sierra de Lihué Calel, muy próximas entre sí y ambas pertenecientes al magmatismo del Choiyoi (Quenardelle y Llambías 1997). Para su estudio paleomagnético se midieron aproximadamente 90 especímenes distribuidos en 11 sitios. En casi todas las muestras fue posible aislar una componente característica ubicada en el cuadrante sudeste y con inclinación positiva (Tomezzoli *et al.* 2009). A partir de las direcciones medias finales aceptadas se calcularon diferentes polos geomagnéticos virtuales consistentes en la curva de desplazamiento polar aparente propuesta por Tomezzoli (2009) con otros polos paleomagnéticos del Pérmico Temprano de áreas vecinas. Sin embargo, en dos sitios de la base de la secuencia, las direcciones características aisladas fueron diferentes del resto de la misma, ocupando otra posición paleopolar (ver discusión en Tomezzoli *et al.* 2009). Si a estas direcciones se le aplica la corrección de estructura, se agrupan con las direcciones de los sitios que se encuentran estratigráficamente por encima (Tomezzoli *et al.* 2009) y de esta forma el PP calculado es

consistente con otros polos del Pérmico Temprano de la curva de desplazamiento polar aparente del Gondwana (Fig. 4) propuesta por Tomezzoli (2009). Esta deformación debió haber ocurrido luego de la depositación de las unidades inferiores pero previamente a las depositación de las unidades superiores y se relacionaría con la fase orogénica San Rafael, registrada en otras áreas vecinas (Tomezzoli y Vilas 1999, Tomezzoli 2001, Tomezzoli *et al.* 2006). Recientemente, Domeier *et al.* (2011) trabajaron en esta misma secuencia. Los resultados paleomagnéticos allí obtenidos muestran dos poblaciones distintas, en concordancia con los resultados obtenidos por Tomezzoli *et al.* 2009. Si bien la posición del polo paleomagnético calculado por Domeier *et al.* (2011), al que le asigna una edad U/Pb en circones de  $263 +1,6/-2$  Ma, es consistente con la posición esperada para esta edad en la curva de desplazamiento polar aparente planteada por Tomezzoli (2009), los valores de corrección de estructura aplicados para llevar las direcciones a la paleohorizontal no son los valores reales que fueron medidos en el campo. Si a ese dato paleomagnético se le hubiese aplicado la corrección con el valor real de campo de la estructura, la posición final del polo paleomagnético sería la misma que la calculada por Tomezzoli *et al.* (2009). En el poblado de Puelches, en las cercanías de las localidades ya mencionadas de

Sierra Chica y Lihué Calel, sobre la ruta provincial 154, debajo del puente que cruza el Río Salado-Chadileuvú, afloran rocas asignadas recientemente a la Formación La Horqueta (Fig. 8a). Esta unidad se depositó en la cuenca marina de Curacó del Ordovícico Tardío-Devónico, en las adyacencias del terreno de Cuyania-Pampia (Chernicoff *et al.* 2008 y referencias allí citadas). Esta cuenca se formó sobre la corteza del terreno de Cuyania, extendiéndose también hacia el este sobre el terreno de Pampia. Está compuesta por areniscas y pelitas de la Formación La Horqueta y cubierta discordantemente por sedimentos pérmicos continentales de la Formación Carapacha. Los datos aeromagnéticos demostraron que el depocentro de la cuenca está alineado según un bajo magnético angosto de rumbo NNO (Chernicoff *et al.* 2008). También se encontraron algunos afloramientos aislados 50 km hacia el este en la localidad de Valle Daza (subcuenca de Valle Daza). La secuencia marina estudiada en La Pampa sobre la ruta 154 (Fig. 8) se distingue claramente de los sedimentos continentales pérmicos de la Formación Carapacha, que yacen en discordancia regional sobre los anteriores. Dataciones U/Pb SHRIMP en circones detríticos obtenidos de las muestras de la subcuenca del Valle Daza indican una edad máxima de depositación de 466 Ma; la edad mínima para estos afloramientos esta dada por la intrusión de granitos de aproximadamente 405 Ma (Devónico Temprano; Chernicoff *et al.* 2008). Los datos geoquímicos indican que la cuenca de Curacó tuvo su origen en un margen continental activo posiblemente del arco ordovícico famatiniano (Chernicoff *et al.* 2008). La deformación de estas rocas, estudiada a partir de observaciones geológicas de campo, está evidenciada por un diaclasamiento muy marcado donde es posible apreciar al menos dos juegos de fracturas distintos (Figs. 8b, c) y un grado metamórfico tal que oblitera completamente las estructuras sedimentarias primarias. Estas rocas presentan un estilo y grado de deformación muy diferentes al de los sedimentos de la Formación Carapacha de edad pérmica, que están su-



**Figura 8:** Formación La Horqueta (Ordovícico tardío - Devónico) ubicados en la localidad de Puelches sobre la ruta provincial 154, debajo del puente que cruza el Río Salado-Chadileuvú donde es posible apreciar el grado alto de diaclasamiento de las mismas. a) Mapa de ubicación de los afloramientos según Chernicoff *et al.* (2008). b y c) Vistas de los afloramientos.

vemente plegados en la localidad de Río Curacó y casi horizontales en la estancia San Roberto y que yacen en discordancia regional sobre los anteriores (Chernicoff *et al.* 2008).

### Bloque de San Rafael, provincia de Mendoza

En esta región que ocupa el extremo más occidental del “Cordón de los Gondwánides” (Fig. 1b) la deformación devónica se manifiesta en la discordancia angular que media entre las Formaciones La Horqueta (ordovícica tardía a devónica) y El Imperial (carbonífera) (Criado Roque 1972). En discordancia se apoya el Grupo Cochicó, perteneciente a la sección inferior del vulcanismo del Choiyoi emplazado sintectónicamente en un régimen transpresional atribuido a la fase orogénica San Rafael (Japas y Kleiman 2004, Kleiman y Japas 2009). El Grupo

Cochicó está compuesto por conglomerados, brechas andesíticas e ignimbritas, y areniscas eólicas redepositadas. Recientemente se obtuvieron edades SHRIMP U/Pb en circones de  $281,4 \pm 2,5$  Ma (Rocha Campos *et al.* 2011). Resultados preliminares de los estudios paleomagnéticos y de anisotropía de susceptibilidad magnética que se están llevando a cabo en la localidad de La Pintada permitieron aislar una magnetización estable y característica de polaridad reversa portada por titanohematitas y hematitas (Tomezzoli *et al.* 2002, 2005 a y b). El polo paleomagnético calculado Cochicó es preliminar y es consistente con otros polos paleomagnéticos sintectónicos del Pérmico temprano de América del Sur (Fig. 4).

Al norte del bloque de San Rafael, en el sector austral de la Precordillera, la estructura estudiada en detalle por Giambiagi *et al.* (2010) y otros autores allí ci-

tados, demuestra ser el resultado de una serie compleja de eventos de deformación superpuestos: eopaleozoicos, neopaleozoicos, permo-triásicos y cenozoicos, cada uno caracterizado por estructuras con rumbos, vergencia y estilos propios. El análisis cinemático de las estructuras eopaleozoicas le permitió a estos autores, distinguir dos eventos de deformación con características cinemáticas distintas. El primer evento, D1, posee una dirección de acortamiento máximo E-O y vergencia occidental. El segundo evento, D2, una dirección de acortamiento máximo NO a ONO y doble vergencia. Uno de los modelos propuestos por estos autores para explicar estas variaciones cinemáticas implica la existencia de dos eventos de deformación separados en el tiempo. En cuanto a la deformación pérmica, se caracteriza por la generación de una faja plegada y corrida de piel fina en el sector oriental y de piel gruesa en el sector occidental, producto de la reactivación de estructuras eopaleozoicas. El análisis cinemático de las estructuras pérmicas indica una dirección de acortamiento NO-SE y doble vergencia.

### Macizo Nordpatagónico, provincia de Río Negro

Del estudio paleomagnético de los depósitos siluro-devónicos de la Formación Sierra Grande expuesta en el extremo NE del Macizo Nordpatagónico (Fig. 1b) surge que estas rocas fueron sintectónicamente remagnetizadas durante el Pérmico Tardío (Rapalini y Vilas 1991, Rapalini 1998) (Fig. 4). Tomezzoli *et al.* (2010) realizaron estudios paleomagnéticos en el granito Punta Sierra aflorante en el Macizo Nordpatagónico (Fig. 1b) que se encuentra prácticamente indeformado. A partir de la desmagnetización por altas temperaturas se pudo aislar una magnetización remanente reversa y característica que por su posición paleopolar, y en concordancia con otros polos de la curva de desplazamiento para América del Sur, habría sido adquirida durante el Pérmico Temprano (Tomezzoli *et al.* 2010) (Fig. 4). De los estudios de anisotropía de susceptibilidad magnética surge

que los granitoides del Paleozoico Tardío se emplazaron bajo regímenes compresivos complejos con direcciones de acortamiento NNE que posteriormente rotan hacia una dirección ONO (López de Luchi *et al.* 2010).

## DISCUSIÓN

La deformación que habría comenzado entre el Devónico Temprano a Medio se conoce en este sector del Gondwana como fase orogénica Chánica (Turner y Méndez 1975). Este evento orogénico fue relacionado con la colisión de Chileña con Gondwana (Ramos *et al.* 1984) y fue explicado a partir de una zona de subducción con inclinación hacia el este (Haller y Ramos 1984, Ramos *et al.* 1984) y hacia el oeste (Astini *et al.* 1995, Davis *et al.* 1999, Gerbi *et al.* 2002) y también por la colisión de Precordillera (von Gosen y Prozzi 1998, Keller *et al.* 1998, Rapela *et al.* 1998, Pankhurst y Rapela 1998, Keller 1999). Para Rapela *et al.* (1998) Chileña sería parte del terreno de Cuyania y no un terreno independiente. Von Gosen (1997) propuso la colisión de Cuyania y luego de Chileña en el lapso de tiempo comprendido entre el Silúrico Tardío y el límite Devónico-Carbonífero. Hasta el presente, la posición y la polaridad de la zona de subducción relacionada con el proceso de acreción de Chileña siguen siendo motivo de controversia, dado que no se encontraron evidencias de un arco magmático Ordovícico Tardío - Devónico Temprano relacionado con esta zona de subducción (Alvarez *et al.* 2011 y referencias allí citadas).

En el Paleozoico Tardío, más precisamente en el Pérmico Temprano se registró la fase orogénica San Rafael (Azcuy y Caminos 1987) relacionada con la provincia magmática del Choiyoi. El Choiyoi en el Bloque de San Rafael puede ser dividido en una sección inferior, emplazada en un ambiente transpresional con dirección de convergencia NNE que fue relacionado por Kleiman y Japas (2009) con un arco magmático activo en una zona de subducción subhorizontal, y una sección superior coetánea con un período postorogénico

extensional (Kleiman 1999, Japas y Kleiman 2004, Kleiman y Japas 2009). Otros escenarios geodinámicos han sido delineados para dar explicación a esta deformación neopaleozoica (véase Japas y Tomezzoli 2010): desplazamiento de rumbo paralelo al margen (Martínez 1980, Dalmayrac *et al.* 1980), subducción paleopacífica oblicua (Lock 1980, Cobbold *et al.* 1992), colisión de una Patagonia alóctona (Ramos 1984, von Gosen 2003), somerización de la losa debido a subplacado de los productos de una pluma mantélica (Dalziel *et al.* 2000), colisión de un terreno para-autóctono (Pankhurst *et al.* 2006, Rapalini 2005). Algunos datos paleomagnéticos obtenidos en el área cordillerana se explicaron para estos tiempos geológicos a partir de la existencia de un bloque alóctono en el área de Yalguaraz (Valencio y Vilas 1985) incluyendo posiblemente Patagonia (Vilas y Valencio 1982) y otros datos paleomagnéticos como rotaciones horarias según ejes verticales (Vilas y Valencio 1982, Valencio y Vilas 1985, Rapalini y Vilas 1991) aunque, con el correr de los años, estas posiciones paleomagnéticas fueron reinterpretadas como remagnetizaciones pérmicas relacionadas con la fase orogénica San Rafael (Rapalini y Astini 2005, Tomezzoli 2009, Font *et al.* 2012). Para Tomezzoli (1997 y 2009 y referencias allí citadas) esta deformación pérmica es la consecuencia del ensamble final de varias microplacas continentales al Gondwana.

La evolución del margen sur del Gondwana también fue explicada con varios modelos basados fundamentalmente en la evolución geológica de las Sierras Australes. Inicialmente fueron consideradas como una cadena montañosa aulacogénica intracratónica (Harrington 1970, Kilmurray 1975, Varela 1978). En base a estudios microestructurales Cobbold *et al.* (1986), Rossello *et al.* (1997) y Japas (1989) propusieron deformación transpresiva dextral mientras que Sellés Martínez (1989) propuso deformación por cizalla en un régimen transpresivo senestral. Esta última propuesta es coincidente con aquéllas de Martínez (1980), Dalmayrac *et al.* (1980) y Lock (1980). Posterior-

mente Cobbold *et al.* (1991), postularon la existencia de zonas de deformación intracontinental en el sudoeste del Gondwana durante tiempos permo-triásicos, a partir de un margen compresivo oblicuo de tipo Andino. Cobbold *et al.* (1986), Buggisch (1987) y von Gosen *et al.* (1991) propusieron una fase de metamorfismo principal y deformación dúctil en el Permo - Triásico. Varela *et al.* (1985) sugirieron que la deformación es principalmente pérmica en base a estudios petroprotectónicos. López Gamundi *et al.* (1995) restringieron la edad de la deformación de las Sierras Australes entre el Pérmico Temprano Tardío y el Pérmico Tardío basados en la sedimentación sinorogénica de la Formación Tunas (Grupo Pillahuinco). Magnetizaciones sintectónicas en la Formación Tunas (Tomezzoli 1999; Tomezzoli y Vilas 1999; Tomezzoli 2001) indican que hubo deformación durante el Pérmico Temprano tardío - Pérmico Tardío temprano, con un climax de la deformación en el Pérmico Temprano, pero esta deformación tiende a atenuarse hacia las postmerías del Pérmico. Algunos investigadores explican la deformación en las Sierras Australes con una sola fase, ocurrida durante el Pérmico Tardío hasta el Triásico, con posterioridad a la depositación de la Formación Tunas (Harrington 1947, Buggisch 1987, Japas 1989). Para otros en cambio, habría comenzado durante el Devónico Tardío - Carbonífero Temprano (Andreis 1964, Kilmurray 1975, Varela 1978, Massabie y Rossello 1984, Tomezzoli 1997, Tomezzoli y Cristallini 1998) producto de la fase orogénica Chánica (Turner y Méndez 1975) que dejó su impronta en la discordancia erosiva entre las Formaciones Sauce Grande y Lolén y continuó hasta el Pérmico (Tomezzoli 1997). Los estudios aeromagnéticos realizados por Chernicoff y Zappettini (2004) muestran una discontinuidad litológica al norte y sur del río Colorado; por otro lado, en base a la ausencia de evidencias geofísicas que indiquen una discontinuidad litológica entre el norte de la Patagonia y las Sierras Australes, Gregori *et al.* (2008) proponen para el área una deformación transtensiva-transpresiva.

Para explicar la evolución del margen sudoccidental del Gondwana, aquí se integraron resultados de estudios paleomagnéticos, de anisotropía de susceptibilidad magnética, observaciones de campo propias y datos obtenidos por otros autores. Por ejemplo, dado que la Formación Tunas es de edad pérmica, los resultados paleomagnéticos allí obtenidos (Tomezzoli y Vilas 1999, Tomezzoli 2001) no dan cuenta de la historia geológica pre-pérmica de la región, por lo tanto es necesario recurrir a otros argumentos para poder comprender la evolución geológica y el inicio de la deformación en la región. Se discutirán a continuación las principales evidencias que indicarían que a lo largo de todo el margen Sudoccidental del Gondwana la deformación habría comenzado en el Devónico Temprano a Medio con la fase orogénica Chánica y continuado hasta el Pérmico con la fase orogénica San Rafael.

La deformación devónica es la más discutida a lo largo del margen sur del Gondwana. Esto probablemente se deba a que si bien en el margen oeste (Chilena) las zonas de sutura están cubiertas por sedimentos y rocas volcánicas más jóvenes (Álvarez *et al.* 2011), allí la deformación andina desventró algunos afloramientos claves para su entendimiento. El margen sur, en cambio, menos influido por una tectónica reciente, no muestra evidencias tan claras de la deformación devónica.

Una de las localidades clave para entender el modelo aquí propuesto es el área de afloramiento del contacto entre las Formaciones Lolén y Sauce Grande, sobre el cual hay distintas interpretaciones. Sin embargo, lo que allí no se discute es que entre ambas formaciones media un hiato que abarca gran parte del Carbonífero, y que las diferencias estructurales, topográficas y litológicas que presentan los grupos Curamalal y Ventana del Paleozoico Temprano, con el Grupo Pillahuincó del Paleozoico Tardío, son claras (Harrington 1947, Suero 1972).

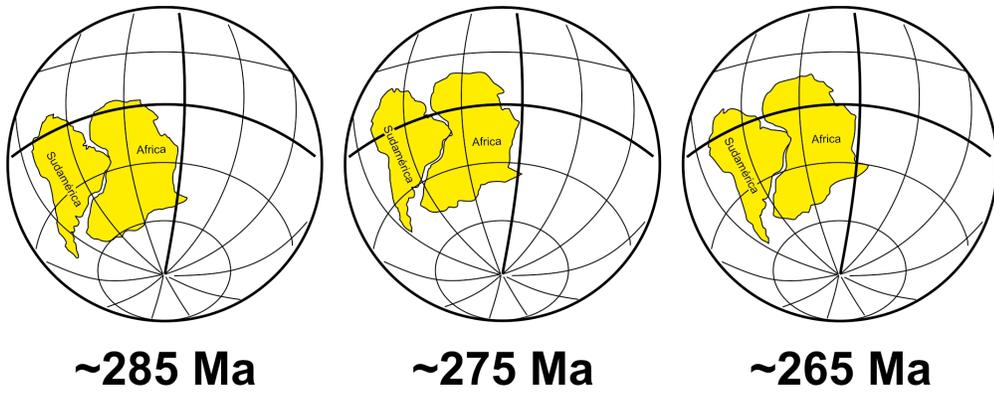
Los resultados paleomagnéticos obtenidos en la Formación Tunas (Tomezzoli 1997) sustentados con las evidencias geológicas antes analizadas, indican clara-

mente que hubo deformación durante el Pérmico Temprano Tardío. La presencia de distintos tipos de magnetizaciones y grados de anisotropía (Arzadún *et al.* 2011) dependiendo de la posición estratigráfica y geográfica en la cuenca, incluyendo los resultados obtenidos en González Chaves, a la vez que la continentalización de la misma (Andreis y Cladera 1992, López Gamundi 1996), son consistentes con un modelo de cuenca de antepaís con una atenuación gradual de la deformación en el espacio y en el tiempo: hacia el este-nordeste y hacia el Pérmico Tardío (Tomezzoli 1997, 1999, 2001).

El granito Cerro Colorado también es una localidad clave para entender la evolución de este sector del Gondwana dado que allí hay registro de dos deformaciones: una de alta temperatura, dúctil y penetrativa, y otra de baja temperatura, frágil y espaciada. En este trabajo se interpreta que las edades U/Pb (Rapela *et al.* 2003, Tohver *et al.* 2012) están registrando la edad del emplazamiento, mientras que las edades Rb/Sr (Cingolani y Varela 1973, Varela *et al.* 1990, Massabie *et al.* 1999) posiblemente estén reseteadas como producto de la deformación, que fue correlacionada por Massabie *et al.* (1999) con la fase orogénica Chánica, contemporánea con la discordancia Lolén-Sauce Grande de las Sierras Australes. El granito Cerro Colorado merece sin duda aún más trabajo de campo. En la misma región, durante el Paleozoico Tardío se registró un magmatismo postorogénico en López Lecube (Tomezzoli y Vilas 1997). Si bien tanto las diferencias entre las edades disponibles hasta el momento en los sectores de las canteras de Cerro Colorado y de López Lecube como las estas interpretaciones podrían dar lugar a nuevas críticas y controversias, el dato geológico indica que en la misma comarca las manifestaciones magmáticas en Cerro Colorado y López Lecube presentan diferencias litológicas y estructurales que indican que los cuerpos intrusivos más antiguos están deformados, mientras que los más jóvenes, o no están deformados o la deformación es menos evidente, permitiendo concluir que para los tiempos geoló-

gicos de la intrusión de la sienita López Lecube la deformación en la región se fue atenuando, en sintonía con los resultados obtenidos en la Formación Tunas.

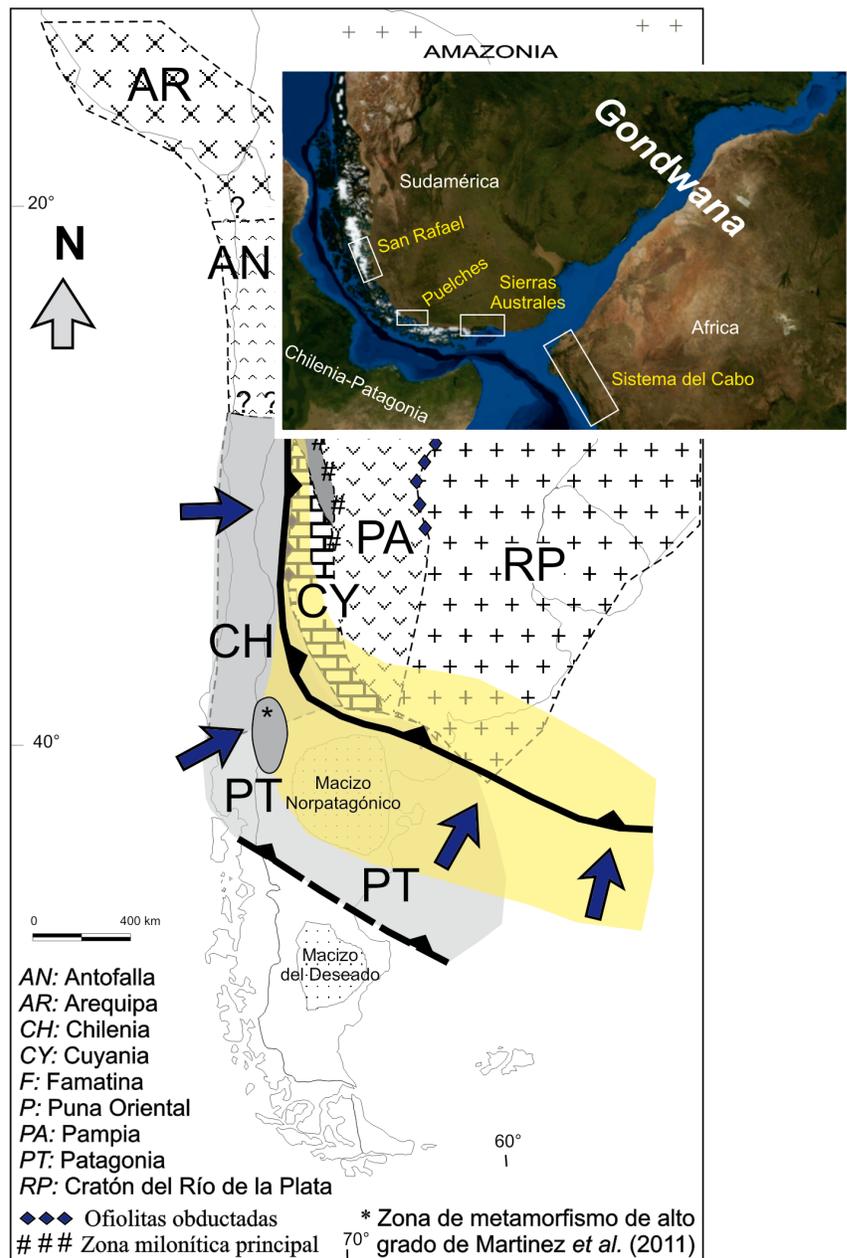
En la provincia de La Pampa, estudios geológicos y de anisotropía de susceptibilidad magnética en el sector del Cerro de los Viejos (Tickyj *et al.* 1997 y Tomezzoli *et al.* 2003, respectivamente), ponen de manifiesto la existencia de dos deformaciones superpuestas. En la misma región en la localidad de Puelches, al igual que en el ámbito de las Sierras Australes, también hay un hiato entre el Devónico y el Carbonífero-Pérmico y diferencias litológicas y estructurales entre las rocas de la Formación La Horqueta (Ordovício Tardío - Devónico) que presentan un grado de deformación mayor y un estilo y distinto, que las rocas suprayacentes de la Formación Carapacha (pérmica). En esta misma zona, la deformación San Rafaélica quedó registrada en el magmatismo de Sierra Chica (Tomezzoli *et al.* 2009). La presencia de magnetizaciones postectónicas en la cuenca de Carapacha permite especular que el frente de deformación habría estado a la latitud de La Pampa previo al Pérmico Temprano y luego habría seguido avanzando hacia el antepaís. Por esta razón las magnetizaciones son postectónicas en Carapacha y sintectónicas en la Formación Tunas. La sedimentación en la Formación Carapacha sería anterior a aquella en la Formación Tunas, aunque la deformación habría continuado hasta el Pérmico afectando ambas cuencas, dado que los patrones regionales de anisotropía de susceptibilidad magnética son consistentes en ambas regiones. Queda claro que el tiempo de adquisición de la remanencia magnética no tiene por qué ser el mismo que aquél de la adquisición de la fábrica magnética. En el Bloque de San Rafael las manifestaciones geológicas acerca de la existencia de las fases orogénicas Chánica y San Rafaélica son claras y no son motivo de discusión. Los resultados paleomagnéticos disponibles para Patagonia (Rapalini y Vilas 1991, Rapalini *et al.* 1994, Rapalini 1998, Tomezzoli *et al.* 2010, Fig. 4) que fueron interpretados como remagnetizaciones pérmicas,



**Figura 9:** Reconstrucciones paleogeográficas de América del Sur con los PPs paleomagnéticos promedios calculados por Tomezzoli (2009) para el Pérmico Temprano - Triásico donde es posible apreciar el cambio de la posición latitudinal del paleocontinente.

son consistentes con las paleolatitudes esperadas para Sudamérica en la curva de desplazamiento polar aparente planteada por Tomezzoli (2009). Esto indica que durante el Pérmico no hubo entre Gondwana y Patagonia desplazamientos latitudinales significativos e independientes entre ambos bloques continentales, permitiendo inferir que ambos bloques en el Pérmico ya estaban amalgamados.

De los estudios paleomagnéticos llevados a cabo en rocas pérmicas a lo largo de todo el margen sudoccidental del Gondwana (Fig. 4), en concordancia con otros PP calculados en regiones vecinas (Fig. 4), se determinó que existen dos posiciones paleopolares distintas (Tomezzoli 2009) durante el Pérmico. Una posición paleopolar para el Pérmico Temprano, donde las magnetizaciones y/o remagnetizaciones son claramente sintectónicas: Tunas I, Curacó, Cochicó, Sierra Chica, Hoyada Verde, Alcaparrosa y Ponón Trehue (Tomezzoli 2009, Font *et al.* 2012 y referencias allí citadas) y otra para el Pérmico Tardío Temprano, donde las magnetizaciones y/o remagnetizaciones están menos afectadas por la deformación: Tunas II, San Roberto (Tomezzoli 2009), Independencia en Paraguay (Rapalini 2006). La presencia de tres posiciones paleopolares diferentes para Gondwana: una para el Pérmico Temprano, otra para el Pérmico Tardío, y otra para el Triásico (Tomezzoli 2009) pone en evidencia que en este lapso corto de tiempo, en términos geológicos, hubo movimientos latitudinales (Fig. 9) con diferencias de aproximadamente 28° que corresponderían a un desplazamiento de aproximadamente 3200 km en 40 Ma con una velo-



**Figura 10:** Esquema tectónico con la propuesta de este trabajo (base modificada de Rapalini 2005).

cidad de desplazamiento de ~9 cm/año (Tomezzoli 2009). Cabe aclarar que este movimiento sólo contempla la componente latitudinal registrada paleomagnéticamente, pudiendo ser las velocidades aún mayores; estos valores no son absolutos dado que dependen de las edades utilizadas en los cálculos.

Numerosos trabajos basados en distintas disciplinas dieron lugar a diferentes modelos para intentar explicar la evolución del margen occidental y sur del Gondwana. Entre muchos de los modelos hay puntos en común pero también hay contradicciones aparentes. Por ejemplo, recientemente Martínez *et al.* (2011), con estudios de detalle demuestran que es posible extender el margen Sur de Chilenia hasta los 42° actuales de Latitud Sur, concluyendo que Chilenia se subduce durante el Devónico Medio por debajo del Macizo Nordpatagónico.

La posición del metamorfismo de alta presión estudiado por Martínez *et al.* (2011), es consistente con el modelo de evolución geológica aquí planteado, que propone que Chilenia y Patagonia habrían sido una misma placa continental subduciendo en forma oblicua por debajo de Gondwana (Fig. 10) en lugar de dos placas distintas que subducen una debajo de la otra.

Este margen continental es complejo, con una deformación que perdura durante muchos millones de años con direcciones de esfuerzos que pueden provenir tanto desde el oeste, desde el sur o desde el sudoeste y seguramente durante el lapso de tiempo en el que perduró la deformación la magnitud del esfuerzo fue cambiando. Es por esta razón que, en algunas regiones y tal como fue planteado en este trabajo, se encuentran distintas fábricas deformacionales que pueden ser o no coaxiales dependiendo del momento geológico analizado y que en algunos sectores se manifiestan como regímenes transpresivos dextrales, en otras senestrosos y en otras transtensivos. El modelo que aquí se presenta (Fig. 10) permite la integración de gran parte de los estudios realizados en el área y resulta de la sumatoria de todos ellos a partir de la combinación de esfuerzos compresivos de primer orden que se

generan como producto de las colisiones acaecidas durante el Devónico (Chilenia-Patagonia con Gondwana), y el Carbonífero Medio (Macizo del Deseado con Chilenia-Patagonia-Gondwana); luego la deformación postcolisional que perdura hasta el Pérmico, resulta en esfuerzos intracontinentales como procesos secundarios del producto del ajuste y acople de las microplacas involucradas. Por esta razón, la deformación pérmica no puede ser adjudicada únicamente a un proceso local. Es sabido que, en el límite Permo-Triásico se produjo una de las extinciones de vida más importante en la historia terrestre. Este fenómeno debió haber respondido necesariamente a un proceso global, posiblemente relacionado con los cambios paleogeográficos bruscos ocurridos durante estos tiempos. Otra evidencia de que durante el Pérmico los fenómenos geológicos tuvieron extensión regional son los procesos de remagnetizaciones registradas en gran parte del territorio de Argentina y de Sudamérica. Esta deformación se fue atenuando en el espacio y en el tiempo hacia las postrimerías del Pérmico. La presencia de tres posiciones paleopoles diferentes para Gondwana: una para el Pérmico Temprano - otra para el Pérmico Tardío - y otra para el Triásico pone en evidencia que en este lapso corto de tiempo, hubo movimientos latitudinales significativos.

## CONCLUSIONES

La integración regional de la información paleomagnética, de anisotropía de susceptibilidad magnética, observaciones de campo propias y datos obtenidos por otros autores, constituyen evidencias para proponer que la deformación a lo largo del margen sur - suroccidental del Gondwana, desde las Sierras Australes hasta el Bloque de San Rafael, habría comenzado por lo menos a partir del Devónico. Esta deformación se habría relacionado con la colisión de Chilenia-Patagonia desde el oeste-suroeste contra Gondwana, para luego incorporar durante el Carbonífero Medio al Macizo del Deseado desde el sur. La deformación postcolisional habría

continuado hasta el Pérmico con la fase orogénica San Rafael, que sería entonces la consecuencia de las últimas etapas de ensamble de las distintas placas continentales acrecionadas a lo largo de todo el margen del Gondwana, no sólo desde el sur-suroeste de este supercontinente sino también desde el norte con Laurentia y Laurasia, produciendo movimientos latitudinales de traslación, para lograr configurar durante el Triásico a la Pangea de Wegener. De manera tal que es posible visualizar al supercontinente de Gondwana como un núcleo cratónico principal sobre el cual se fueron amalgamando distintas placas menores que luego se siguieron acomodando unas contra otras. Seguramente las investigaciones futuras seguirán aportando nuevos datos y evidencias que permitirán responder si Chilenia y Patagonia fueron ambas microplacas el mismo continente a la deriva.

## AGRADECIMIENTOS

Cada zona de estudio aquí presentada es el fruto del trabajo conjunto con muchos colegas a lo que se quiere agradecer sinceramente: E. O. Cristallini, H. Tickyj, M.E. Woroszylo, L. Kleiman, S. Japas, W.D. MacDonald, J. Salvarredi, R. Melchor, H. Vizán, A.E. Rapalini, J. Chernicoff, E. Llambías, C. Cingolani, entre otros. Esta investigación fue financiada en los últimos años por los siguientes subsidios: PIP-CONICET-2828, UBACYT X220, UBACYT - 894; ANPCyT- PICT-2272. Se agradece también a los árbitros del trabajo: V.A. Ramos y S.E. Geuna y a los organizadores del Simposio de Tectónica Preandina en el Marco del 18° Congreso Geológico Argentino por la invitación a esta contribución.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Alvarez, J., Mpodozis, C., Arriagada, C., Astini, R., Morata, D., Salazar, E., Valencia, V.A. y Vervoort, J.D. 2011. Detrital zircons from late Paleozoic accretionary complexes in north-central Chile (28°-32°S): Possible fingerprints of the Chilenia terrane. *Journal of South American Earth Sciences* 32: 460-476.

- Andreis, R.R. 1964. Petrología del Grupo eodévónico de Lolén. Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. Comisión de Investigaciones Científicas, Anales 5: 79-124, La Plata.
- Andreis, R.R. y Cladera, G. 1992. Las epicastitas pérmicas de la Cuenca Sauce Grande (Sierras Australes, Buenos Aires, Argentina). Parte 2: Emplazamiento geotectónico de las áreas de aporte. Cuarta Reunión de Sedimentología, Actas 1: 135-142, La Plata.
- Andreis, R.R. y Japas, M.S. 1996. Cuenca de Sauce Grande y Colorado. En Archangelsky, S. (ed) El Sistema Pérmico en la República Argentina y en la República Oriental del Uruguay. 12° International Congress on Carboniferous and Permian Stratigraphy and Geology, Academia Nacional de Ciencias 1: 45-64, Córdoba.
- Andreis, R.R., Lluch, J.J. e Iñiguez Rodríguez, A.M. 1979. Paleocorrientes y Paleoambientes de las Formaciones Bonete y Tunas, Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires, Argentina. 6° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 207-224, Bahía Blanca.
- Archangelsky, S. y Cúneo, R. 1984. Zonación del Pérmico continental de Argentina sobre la base de sus plantas fósiles. 3° Congreso Latinoamericano Paleontológico, Memoria: 143-153, México.
- Arzadún, G., Tomezzoli, R.N. y Cesaretti, N.N. 2011. Análisis de anisotropía de susceptibilidad magnética (ASM) en la Formación Tunas, Sierras Australes de provincia de Buenos Aires, Argentina. *Latinmag Letters* 1, Volumen Especial, D15: 1-6, Tandil.
- Astini, R.A., Benedetto, J.L. y Vaccari, N.E. 1995. The early Paleozoic evolution of the Argentina Precordillera as a Laurentian rifted, drifted and collided terrane: A geodynamic model. *Geological Society of America Bulletin* 107: 253-273.
- Azcuy, C.L. y Caminos, R. 1987. Diastrofismo. En Archangelsky, S., (ed) El Sistema Carbonífero en la República Argentina, Academia Nacional de Ciencias: 239-251, Córdoba.
- Buggisch, W. 1987. Stratigraphy and very low grade metamorphism of the Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires (Argentina) and implications in Gondwana correlation. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie* 5: 819-837.
- Cingolani, C.A. y Varela, R. 1973. Examen geocronológico por el método Rubidio – Estroncio de las rocas ígneas de las Sierras Australes Bonaerenses. 5° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 349-371, Villa Carlos Paz.
- Cingolani, C.A., Berry, C.M., Morel, E. y Tomezzoli, R.N. 2002. Middle Devonian Lycopoids from high southern palaeolatitudes of Gondwana (Argentina). *Geological Magazine* 139: 641-649.
- Cobbold, P.R., Massabie, A.C. y Rossello, E.A. 1986. Hercynian wrenching and thrusting in the Sierras Australes Foldbelt, Argentina. *Hercynica* 2: 135-148.
- Cobbold, P.R., Gapais, D. y Rossello, E.A. 1991. Partitioning of transpressive motions within a sigmoidal foldbelt: the Variscan Sierras Australes, Argentina. *Journal of Structural Geology* 13: 743-758.
- Cobbold, P.R., Gapais, D., Rossello, E.A., Milani, E. y Szatmari, P. 1992. Permo-Triassic intracontinental deformation in SW Gondwana. En Wit, J. y Ransome, N. (eds.) *Inversion Tectonics of the Cape Fold Belt, Karoo and Cretaceous Basins of Southern Africa*, Balkema: 23-26, Rotterdam.
- Conti, C.M. y Rapalini, A.E. 1990. Paleomagnetismo de la Formación Choique-Mahuida, aflorante en la sierra homónima, provincia de la Pampa, República Argentina. 11° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 235-238. San Juan.
- Criado Roque, P. 1972. Bloque de San Rafael. En Leanza, A.F. (ed.) *Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias: 283-295, Córdoba.
- Chernicoff, C.J. y Zappettini, E.O. 2004. Geophysical evidence for terrane boundaries in south-central Argentina. *Gondwana Research* 7: 1105-1116.
- Chernicoff, C.J., Zappettini, E.O., Santos, J.O.S., Beyer, E. y McNaughton, N.J. 2008. Foreland basin deposits associated with Cuyania accretion in La Pampa Province, Argentina. *Gondwana Research* 13: 189-203.
- Dalmayrac, B., Laubacher, G., Marocco, R., Martinez, C. y Tomasi, P. 1980. La chaîne hercynienne d'Amérique du Sud. Structure et évolution d'un orogène intracratonique. *Sonderdruck a.d. Geologische Rundschau* 69: 1-21.
- Dalziel, I.W.D., Lawver, L.A. y Murphy, J.B. 2000. Plumes, orogenesis, and supercontinental fragmentation. *Earth Planet Science Letters* 178: 1-11.
- Davis, J.S., Roeske, S.M., McClelland, W.C. y Snee, L.W. 1999. Closing the ocean between the Precordillera terrane and Chilenia: Early Devonian ophiolite emplacement and deformation in the SW Precordillera. En Ramos, V.A. y Keppie, J.D. (eds.) *Laurentia-Gondwana Connections before Pangea*. Geological Society of America, Special Paper 336: 115-138.
- Di Pasquo, M., Martínez, M.A. y Freije, H. 2008. Primer registro palinológico de la Formación Sauce Grande (Pennsylvaniano-Cisuraliano) en las Sierras Australes, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana* 45: 69-81.
- Domeier, M., Van der Voo, R., Tohver, E., Tomezzoli, R.N., Vizán, H., Torsvik, T.H. y Kirshner, J. 2011. A New Late Permian Constraint on the Apparent Polar Wander Path of Gondwana. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 12: Q07002.
- Font, E., Rapalini, A.E., Tomezzoli, R.N., Trindade, R.I.F., y Tohver, E. 2012. Episodic remagnetizations related to tectonic events and their consequences for the South America Polar Wander Path. En Elmore, R. D., Muxworthy, A. R., Aldana, M.M. y Mena, M. (eds.) *Remagnetization and chemical alteration of sedimentary rocks*, Geological Society, Special Publication, 371 <http://dx.doi.org/10.1144/SP371.7>, London.
- Gerbi, C., Roeske, S.M. y Davis, J.S. 2002. Geology and structural history of the southwest Precordillera margin, northern Mendoza Province, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 14: 821-835.
- Giambiagi, L., Mescua, J., Folguera, A. y Martínez, A. 2010. Estructuras y cinemática de las deformaciones pre-andinas del sector sur de la Precordillera, Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 66: 5 - 20.
- González, P.D., Sato, A.M., Naipauer, M., Varela, R., Llambías, E., Greco, G., González, S.N. y García, V. 2011. Conexión Macizo Norpatagónico - Antártida oriental: fósiles arqueociáticos, comparación geológica y circones detriticos. 18° Congreso Geológico Argentino, Resumen expandido CD-ROM, Neuquén.
- Grecco, L.E. y Gregori, D.A. 1993. Estudios geoquímicos de los intrusivos graníticos Cerros Colorados y Aguas Blancas, Sierras Australes, provincia de Buenos Aires, Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos 4: 81-89. Mendoza.
- Grecco, L.E., Gregori, D.A. y Maiza, P.J. 1984.

- Relación del contenido de flúor y de (OH) en las biotitas de las rocas graníticas de la cantera Cerros Colorados, provincia de Buenos Aires, Argentina. 9º Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 368-375. San Carlos de Bariloche.
- Grecco, L.E., Gregori, D.A. y Ruvimos, M.A. 1997. Characteristics of neoproterozoic magmatism in Sierras Australes, southeast Argentina. *Zentralblatt Geologische Paläontologie Teil 1*: 609-619.
- Gregori, D.A., Grecco, L.E. y Llambías, E.J. 2003. El intrusivo López Lecube: Evidencias de magmatismo alcalino Gondwánico en el sector sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58: 167-175.
- Gregori, D.A., Kostadinoff, J., Strazzere, L. y Raniolo, A. 2008. Tectonic significance and consequences of the Gondwanide orogeny in northern Patagonia, Argentina. *Gondwana Research* 14: 429-450.
- Haller, M.J. y Ramos, V.A. 1984. Las ofiolitas famatinianas (Eopaleozoico) de las provincias de San Juan y Mendoza. 9º Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 66-83, San Carlos de Bariloche.
- Harrington, H.J. 1947. Explicación de las Hojas Geológicas 33m y 34m, Sierras de Curamalal y de la Ventana, provincia de Buenos Aires. Servicio Nacional de Minería y Geología, Boletín 61: 43 p., Buenos Aires.
- Harrington, H.J. 1970. Las Sierras Australes de Buenos Aires, República Argentina: Cadena Aulacogénica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 25: 151-181.
- Introcaso, A. 1982. Características de la corteza en el positivo bonaerense: Tandilia - Cuenca Interserrana - Ventania, a través de los datos de la gravedad. *Instituto de Física de Rosario* 8: 1-26.
- Japas, M.S. 1987. Caracterización geométrico-estructural del Grupo Pillahuincó. II. Formación Sauce Grande. Perfil del Cordón Mambacher y Sierra de las Tunas occidental, Sierras Australes de Buenos Aires. *Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Anales* 39: 125-144. Buenos Aires.
- Japas, M.S. 1989. La deformación de la cadena plegada de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. *Academia Nacional de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Anales* 40: 193-215, Buenos Aires.
- Japas, M.S. y Kleiman, L.E. 2004. El ciclo Choiyoi en el bloque de San Rafael (Mendoza): de la orogénesis tardía a la relajación mecánica. *Asociación Geológica Argentina, Serie D: Publicación Especial* 7: 89-100.
- Japas, M.S. y Tomezzoli R.N. 2010. Ventania: Field trip guidebook. *Geosur*: 33-61, Buenos Aires.
- Keidel, J. 1916. La geología de las sierras de la provincia de Buenos Aires y sus relaciones con las montañas del Cabo y los Andes. *Ministerio de Agricultura de la Nación, Dirección de Geología, Mineralogía y Minería, Anales* 9: 5-77, Buenos Aires.
- Keller, M. 1999. Argentine Precordillera: sedimentary and plate tectonic history of a Laurentian crustal fragment in South America. *Geological Society of America, Special Paper* 341, 131 p., Boulder.
- Keller, M., Buggish, W. y Lehnert, O. 1998. The stratigraphic record of the Argentine Precordillera and its plate tectonic background. *Geological Society, Special Publication* 142: 35-56, London.
- Kilmurray, J.O. 1975. Las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires, las facies de deformación y nueva interpretación estratigráfica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 30: 331-348.
- Kleiman, L.E. 1999. Mineralogía y Petrología del volcanismo permo-triásico del Bloque de San Rafael en el área de Sierra Pintada, provincia de Mendoza, y su relación con las mineralizaciones de uranio. Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires (inédita), 286 p., Buenos Aires.
- Kleiman, L.E. y Japas, M.S. 2009. The Choiyoi volcanic province at 34°S-36° S (San Rafael, Mendoza, Argentina): implications for the late Palaeozoic evolution of the southwestern margin of Gondwana. *Tectonophysics* 473: 283-299.
- Kostadinoff, J. 1993. Geophysical evidence of a Paleozoic basin in the interhilly area of Buenos Aires province, Argentine. 12º Congrès International de la Stratigraphie et Géologie du Carbonifère et Permien (ICC-P), *Comptes Rendus* 1: 397-404, Buenos Aires.
- Kostadinoff, J. y Font de Affotter, G. 1982. Cuenca interserrana bonaerense, Argentina. 5º Congreso Latinoamericano de Geología, Actas 4: 105-121, Buenos Aires.
- Lesta, P. y Sylwan, C. 2005. Cuenca de Claromecó. En Chebli, G.A., Cortiñas, J.S., Spalletti, L.A., Legarreta, L. y Vallejo, E.L. (eds.) 6º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos: 217-231, Mar del Plata.
- Linares, E., Llambías, E.J. y La Torre, C.A. 1980. Geología de la provincia de La Pampa, República Argentina y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 35: 87-146.
- Lister, G.S. y Snoke, A.W. 1984. S-C Mylonites. *Journal of Structural Geology* 6: 617-638.
- Lock, B.E. 1980. Flat-plate subduction and the Cape Fold Belt of South Africa. *Geology* 8: 35-39.
- López de Luchi, M.G., Rapalini, A.E. y Tomezzoli, R.N. 2010. Magnetic Fabric and Microstructures of Late Paleozoic granitoids from the North Patagonian Massif: Evidence of a collision between Patagonia and Gondwana? *Tectonophysics* 494: 118-137.
- López Gamundi, O.R. 1996. Modas detríticas del Grupo Pillahuincó (Carbonífero tardío-Permiano), Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires: su significado geotectónico. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 3: 1-10.
- López Gamundi, O.R. y Rossello, E.A. 1992. La cuenca interserrana de Claromecó, Argentina: un ejemplo de cuenca de antepaís hercínica. 3º Congreso Geológico de España y 8º Congreso Latinoamericano de Geología, Actas 4: 55-59. Salamanca.
- López Gamundi, O.R., Conaghan, P.J., Rossello, E.A. y Cobbold, P.R. 1995. The Tunas Formation (Permian) in the Sierras Australes foldbelt, east central Argentina: evidence for syntectonic sedimentation in a foreland basin. *Journal of South American Earth Science* 8: 129-142.
- Llambías, E.J. y Prozzi, C.R. 1975. Ventania. En *Geología de la provincia de Buenos Aires*. 6º Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 79-102, Buenos Aires.
- Llambías, E.J., Quenardelle, S. y Montenegro, T. 2003. The Choiyoi Group from Central Argentina: a subalkaline transitional to alkaline association in the craton adjacent to the active margin of Gondwana continent. *Journal of South American Earth Sciences* 16: 243-257.
- Martínez, C. 1980. Geologie des Andes boliviennes. *Travaux et documents de l'Ostrom*, 119 pp., París.
- Martínez, J.C., Dristas, J.A. y Massonne, H.J. 2011. Palaeozoic accretion of the microcon-

- inent Chilenia, North Patagonian Andes: high-pressure metamorphism and subsequent thermal relaxation. *International Geology Review*: 1-19.
- Massabie, A. y Rossello, E. 1984. La discordancia pre-Formación Sauce Grande y su entorno estratigráfico Sierras Australes de Buenos Aires, Argentina. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 337-352, San Carlos de Bariloche, Argentina.
- Massabie, A., Rossello, E.A., Linares, E., Párica, C. y Powell, C.A. 1999. Granito Los Chilenos: una nueva unidad granítica jurásica en Cerro Colorado, Sierras Australes de Buenos Aires. Implicancias tectónicas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54: 281-289.
- McFadden, P.L. 1990. A new fold test for palaeomagnetic studies. *Geophysical Journal International* 103: 163-169.
- Melchor, R.N. 1995. Sedimentología de las unidades paleozoicas aflorantes del centro-oeste de la provincia de La Pampa, Argentina. Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata (inédita), 272 p., La Plata.
- Melchor, R.N. 1999. Redefinición estratigráfica de la Formación Carapacha (Pérmico), provincia de La Pampa, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54: 99-108.
- Melchor, R.N. y Césari, S.N. 1997. Permian floras from Carapacha Basin, La Pampa Province, central Argentina. Description and importance. *Geobios* 30: 607-633.
- Pankhurst, R.J. y Rapela, C.W. 1998. The proto-Andean margin of Gondwana: an introduction. En Pankhurst, R.J. y Rapela, C.W. (eds.) *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geological Society, Special Publication 142: 1-9, London.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W. Fanning, C.M. y Márquez, M. 2006. Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia. *Earth-Science Reviews* 76: 235-257.
- Quenardelle, S.M. y Llambías, E.J. 1997. Las riolitas de Sierra Chica (37°S, 65°O): un centro eruptivo gondwánico en el bloque del Chadileuvú, provincia de La Pampa, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 52: 549-558.
- Ramos, V.A. 1984. Patagonia: ¿Un continente paleozoico a la deriva? 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 311-325, San Carlos de Bariloche.
- Ramos, V.A. 2004. La plataforma Patagónica y sus relaciones con la plataforma Brasileña. Em Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R. y Brito-Neves, B.B. (eds.) *Geologia do Continente Sul-Americano, Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, Beca: 371-381, São Paulo.
- Ramos, V.A. 2008. Patagonia: a Paleozoic continent adrift? *Journal of South American Earth Sciences* 26: 235-251.
- Ramos, V., Jordan, T., Allmendinger, R., Kay, S., Cortés, J. y Palma, M. 1984. Chilenia: un terreno alóctono en la evolución paleozoica de los Andes Centrales. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 84-106, San Carlos de Bariloche.
- Rapalini, A.E. 1998. Syntectonic magnetization of mid-Palaeozoic Sierra Grande Formation: further constraints on the tectonic evolution of Patagonia. *Journal of the Geological Society* 155: 105-114, London.
- Rapalini, A.E. 2005. The accretionary history of southern South America from the latest Proterozoic to the Late Palaeozoic: some palaeomagnetic constraints. En Vaughan, A.E.M., Leat, P.T. y Pankhurst, R.J. (eds.) *Terrane processes at the Margins of Gondwana*. Geological Society, Special Publications 246: 305-328, London.
- Rapalini, A.E. y Astini, R.A. 2005. La remagnetización sanrafaélica de la Precordillera en el Pérmico: Nuevas evidencias. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60: 290-300.
- Rapalini, A.E. y Vilas, J.F. 1991. Preliminary paleomagnetic data from the Sierra Grande Formation: Tectonic consequences of the first mid-Paleozoic paleopoles from Patagonia. *Journal of South American Earth Sciences* 4: 25-41.
- Rapalini, A.E., Tarling, D.H., Turner, P., Flint, S. y Vilas, J.F. 1994. Paleomagnetism of the Carboniferous Tepuel Group, central Patagonia, Argentina. *Tectonics* 13: 1277-1294.
- Rapalini, A.E., Fazzito, S. y Orué, D. 2006. A new Late Permian paleomagnetic pole for stable South America: the Independencia Group, eastern Paraguay. *Earth and Planets Space Special*, 58: 1247-1253.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Llambías, E.J., Labudía, C. y Artabe, A. 1996. Gondwana magmatism of Patagonia: inner Cordilleran calc-alkaline batholiths and bimodal volcanic provinces. 3° International Symposium on Andean Geodynamics: 791-794. Saint-Malo.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Casquet, C., Baldo, E., Saavedra, J. y Galindo, C. 1998. Early evolution of the proto-Andean margin of South America. *Geology* 26: 707-710.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Fanning, C.M. y Grecco, L.E. 2003. Basement evolution of the Sierra de la Ventana Fold Belt: new evidence for Cambrian continental rifting along the southern margin of Gondwana. *Journal of the Geological Society* 160: 613-628, London.
- Rocha-Campos, A.C., Basei, M.A., Nutran, A.P., Kleiman, L.E., Varela, R., Llambías, E., Canile, F.M. y da Rosa, O. de C.R. 2011. 30 million years of Permian volcanism recorded in the Choiyoi igneous province (W Argentina) and their source for younger ash fall deposits in the Paraná Basin. *Gondwana Research* 19: 509-523.
- Rossello, E., Massabie, A.C., López Gamundi, O.R., Cobbold, P.R. y Gapais, D. 1997. Late paleozoic transpression in Buenos Aires and Northeast Patagonia ranges, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 10: 389-402.
- Sellés Martínez, J. 1989. The structure of Sierras Australes (Buenos Aires, Argentina). An example of folding in a transpressive environment. *Journal of South America Earth Sciences* 2: 317- 329.
- Sellés Martínez, J. 2005. Fábrica magnética en las Formaciones Tunas y Lolén (Sierras Australes de provincia de Buenos Aires, Argentina). 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 453-456, La Plata.
- Suero, T. 1972. *Compilación geológica de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires*. Ministerio de Obras Públicas, LEMIT, División Geología, Anales 3: 135-147. La Plata.
- Tarling, D.H. y Hrouda, F. 1993. The magnetic anisotropy of rocks. Chapman and Hall, 217 p., London.
- Tickyj, H. 1999. Estructura y petrología del basamento cristalino de la región centro - sur de la provincia de La Pampa, Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata (inédita), 228 p., La Plata.
- Tickyj, H. y Llambías, E.J. 1994. El gneis milonítico del Cerro de los Viejos (38°28'S - 64°26'O), provincia de La Pampa, Argentina. Evidencia de un corrimiento en el Carbonífero Inferior? 7° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 1239-1243, Concepción.
- Tickyj, H., Dimieri, L.V., Llambías, E.J. y Sato, A.M. 1997. Cerro de los Viejos (38° 28' S - 64°

- 26'O): cizallamiento dúctil en el sudeste de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 52: 311-321.
- Tohver, E., Cawood, P.A., Rossello, E., López de Luchi, M.G., Rapalini, A. y Jourdan, F. 2008. New SHRIMP U-Pb and <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar constraints on the crustal stabilization of southern South America, from the margin of the Rio de Plata (Sierra de Ventana) craton to northern Patagonia. *American Geophysical Union, Fall Meeting, Abstract T23C-2052*, San Francisco.
- Tohver, E., Cawood, P.A., Rossello, E.A. y Jourdan, F. 2012. Closure of the Clymene Ocean and formation of West Gondwana in the Cambrian: Evidence from the Sierras Australes of the southernmost Rio de la Plata craton, Argentina. *Gondwana Research* 21: 394-405.
- Tomezzoli, R.N. 1997. Geología y Paleomagnetismo en el ámbito de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires (inédita), 327 p., Buenos Aires.
- Tomezzoli, R.N. 1999. Edad de la sedimentación y deformación de la Formación Tunas en las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires (37°-39°S-61°-63°W). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54: 220-228.
- Tomezzoli, R.N. 2001. Further palaeomagnetic results from the Sierras Australes fold and thrust belt, Argentina. *Geophysical Journal International* 147, 356-366.
- Tomezzoli, R.N. 2009. The Apparent Polar Wander Path for South America during the Permian-Triassic. *Gondwana Research* 15: 209-215.
- Tomezzoli, R.N. y Cristallini, E.O. 1998. Nuevas evidencias sobre la importancia del fallamiento en la estructura de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 53: 117-129.
- Tomezzoli, R.N. y Cristallini, E.O. 2004. Secciones estructurales de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires: repetición de la secuencia estratigráfica a partir de fallas inversas? *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59: 330-340.
- Tomezzoli, R.N. y Vilas, J.F. 1997. Paleomagnetismo y fábrica magnética en afloramientos cercanos a las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires (López Lecube y González Chaves). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 52: 419-432.
- Tomezzoli, R.N. y Vilas, J.F. 1999. Paleomagnetic constraints on age of deformation of the Sierras Australes thrust and fold belt, Argentina. *Geophysical Journal International* 138: 857-870.
- Tomezzoli, R.N., Kleiman, L.E., Salvarredi, J.A., Terrizzano, C. y Cristallini, E.O. 2002. Paleogeographic evolution of the Southwest Gondwana boundary during the Late Paleozoic. *News studies in the Pre-Andean volcanism of the San Rafael Block, Mendoza Province, Argentina*. 5° International Symposium on Andean Geodynamics: 645-648. Toulouse.
- Tomezzoli, R.N., MacDonald, W.D. y Tickyj, H. 2003. Composite magnetic fabrics from S-C granitic gneiss of Cerro de los Viejos, La Pampa province, Argentina. *Journal of Structural Geology* 25: 159-169.
- Tomezzoli, R.N., Kleiman, L.E., Salvarredi, J.A., Terrizzano, C. y Cristallini, E.O. 2005 a. Relaciones estratigráficas de volcanitas del Choiyoi Inferior sobre la base de estudios paleomagnéticos, Bloque de San Rafael, Mendoza, Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 227-232, La Plata.
- Tomezzoli, R.N., Kleiman, L.E., Salvarredi, J.A., Terrizzano, C. y Cristallini, E.O. 2005 b. Paleogeographic evolution of the Southwest Gondwana boundary during the late Paleozoic. Paleomagnetism of the lower Choiyoi volcanics in the San Rafael block, Mendoza, Argentina. 6° International Symposium on Andean Geodynamics: 730-733. Barcelona.
- Tomezzoli, R.N., Melchor, R. y MacDonald, W.D. 2006. Tectonic implications of post-folding Permian magnetizations, Carapacha basin, Argentina. *Paleomagnetism in Latinamerica*. *Earth and Planets Space* 58: 1235-1246.
- Tomezzoli, R.N., Saint Pierre, T. y Valenzuela, C. 2009. New Palaeomagnetic results from Late Paleozoic volcanic units along the western Gondwana in La Pampa, Argentina. *Earth and Planets Space* 60: 1-7.
- Tomezzoli, R.N., Rapalini, A.E. y López de Luchi, M.G. 2010. Further evidence of Lower Permian remagnetization in the North Patagonian Massif, Argentina. *Bolletino di Geofisica* 51: 163-164.
- Turner, J.C. y Méndez, V. 1975. Geología del sector oriental de los departamentos de Santa Victoria e Irurayá, provincia de Salta, Argentina. *Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, Boletín* 51: 11-24, Córdoba.
- Valencio, D.A. 1980. El magnetismo de las rocas. EUDEBA, 351 p., Buenos Aires.
- Valencio, D.A. y Vilas, J.F. 1985. Evidence of a microplate in the Southern Andes? *Journal of Geodynamics* 2: 183-192.
- Varela, R. 1978. Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires: Hipótesis de trabajo sobre su composición geológica y rasgos geotectónicos salientes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 33: 52-62.
- Varela, R., Dalla Salda, L. y Cingolani, C.A. 1985. Estructura y composición geológica de las sierras Colorada, Chasicó y Cortapié, Sierras Australes de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 40: 254-261.
- Varela, R., Cingolani, C.A. y Dalla Salda, L.H. 1990. Edad del granito del Cerro Colorado y su implicancia geotectónica. Sierras Australes de Buenos Aires. 11° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 279-282. San Juan.
- Vilas, J.F. y Valencio, D.A. 1982. Implicancias geodinámicas de los resultados paleomagnéticos de formaciones asignadas al Paleozoico Tardío-Mesozoico Temprano del Centro-Oeste Argentino. 5° Congreso Latinoamericano de Geología Argentina, Actas 3: 743-758. Buenos Aires.
- von Gosen, W. 1997. Early Paleozoic and Andean structural evolution in the Río Jáchal section of the Argentine Precordillera. *Journal of South American Earth Sciences* 10: 361-388.
- von Gosen, W. 2003. Thrust tectonics in the North Patagonian massif (Argentina): implications for a Patagonian plate. *Tectonics* 22: 5-33.
- von Gosen, W. y Prozzi, C. 1998. Structural evolution of the Sierra de San Luis (Eastern Sierras Pampeanas, Argentina): implications for the Proto-Andean margin of Gondwana. En Pankhurst, R.J. y Rapela, C.W. (eds.) *The Proto-Andean Margin of Gondwana*, Geological Society 142: 235-258, London.
- von Gosen, W., Buggisch, W. y Krumm, S. 1991. Metamorphic and deformation mechanisms in the Sierras Australes fold thrust belt (Buenos Aires, Province, Argentina). *Tectonophysics* 185: 335-356.
- Zavala, C.A., Santiago, M.F. y Amaolo, G.E. 1993. Depósitos fluviales en la Formación Tunas (Pérmico), Cuenca Paleozoica de Ventana. Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 48: 307-316.

Recibido: 20 de octubre, 2011

Aceptado: 06 de abril, 2012