

La remagnetización sanrafaélica de la Precordillera en el Pérmico: Nuevas evidencias

Augusto E. RAPALINI¹ y Ricardo A. ASTINI²

¹ Instituto de Geofísica Daniel Valencio (INGEODAV), Departamento de Ciencias Geológicas, FCEyN, Universidad de Buenos Aires, Pabellón 2, Ciudad Universitaria, 1428, Buenos Aires, E-mail: rapalini@gl.fcen.uba.ar

² Cátedra de Estratigrafía y Geología Histórica, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 299, 5000, Córdoba. E-mail: raastini@com.uncor.edu

RESUMEN. Un estudio paleomagnético llevado a cabo sobre 9 sitios de la Formación La Flecha (facies Los Sapitos, Cámbrico Superior, Marjuman-Steptoeano), expuesta en la quebrada de la Angostura, Precordillera de La Rioja (29,5°S, 68,7°O), ha permitido la determinación de dos componentes magnéticas. Una componente posttectónica y de bajas coercitvidades y temperaturas de desbloqueo (A, Dec: 7,5°, Inc: -40,3°, a95: 10,1°, N: 6) es interpretada como una remanencia reciente de probable origen viscoso. Una segunda componente, pretectónica, fue aislada en 7 sitios con polaridades opuestas, posiblemente portadora por magnetita (B, Dec: 206,9°, Inc: 63,3°, a95: 12,8°, N: 7). La posición polar correspondiente a esta componente (Lat: 63,8°S, Long: 244,6°E, dp: 15,9°, dm: 20,2°) sugiere que la magnetización fue adquirida a fines del Pérmico y es interpretada como producto de la remagnetización regional asociada a la fase orogénica San Rafael hallada en otras unidades de la Precordillera. Un análisis de las posiciones polares, tipos de magnetización, polaridades y distribución geográfica de las unidades remagnetizadas sugiere un patrón de migración temporo-espacial de la remagnetización de oeste a este, entre el Pérmico temprano y el Permo-Triásico. Se interpreta que este patrón es consistente con un modelo de remagnetización por migración de fluidos expulsados del área orogénica y que habrían afectado rocas no involucradas directamente en la deformación. La posición polar obtenida de la Formación La Flecha también sugiere la inexistencia de rotaciones tectónicas mayores del área de estudio desde el Pérmico.

Palabras clave: *Cámbrico, Precordillera, Paleomagnetismo, San Rafael, Carbonatos.*

ABSTRACT: *The Sanrafaelic remagnetization of Precordillera in the Permian: New evidence.* A paleomagnetic study, carried out on 9 sites of the La Flecha Formation (facies Los Sapitos, Upper Cambrian, Marjuman-Steptoean) exposed along the la Angostura creek, Precordillera of La Rioja (29.5°S, 68.7°W), permitted to determine two magnetic components. One is postectonic and of low coercivities and unblocking temperatures (A, Dec: 7.5°, Inc: -40.3°, a95: 10.1°, N: 6), being interpreted as a recent remanence of probable viscous origin. A second, pretectonic, component was isolated in seven sites with opposite polarities and is likely carried by magnetite (B, Dec: 206.9°, Inc: 63.3°, a95: 12.8°, N: 7). The paleomagnetic pole position for this component (Lat: 63.8°S, Long: 244.6°E, dp: 15.9°, dm: 20.2°) suggests that the remanence was acquired by the end of the Permian and it is interpreted as produced by the regional remagnetization associated with the San Rafael orogenic phase found in other units of the Precordillera. An analysis of pole positions, type of magnetizations, polarities and geographic distribution of the remagnetized units suggests a pattern of time-space migration of the remagnetization from west to east, between the Early Permian and the Permian-Triassic. This pattern is consistent with a model of remagnetization by migration of fluids expelled from the orogenic area that reached rocks not involved directly in the deformation. The pole position obtained for La Flecha Formation also suggests the lack of major tectonic rotations in the study area since the Permian.

Key words: *Cambrian, Precordillera, Paleomagnetism, San Rafael, Carbonates.*

Introducción

El origen y evolución tectónica de la Precordillera Argentina y su extensión en el denominado terreno de Cuyania (Ramos 1995) durante el Paleozoico inferior ha sido fuente de importantes controversias que han promovido a su vez numerosas investigaciones y avances científicos (véanse a modo de ejemplo: Dalla Salda *et al.* 1992, Astini *et al.* 1995, Thomas y Astini 1996, 2003, Pankhurst y Rapela 1998, Ramos y Keppie 1999, etc.). Existe un alto consenso en la actualidad que la Precordillera constituye un terreno alóctono que integraba el SE de Laurentia en el Proterozoico y que fue transferido al margen SO del Gondwana en el Paleozoico Inferior (Dalla Sal-

da *et al.*, 1992, Astini *et al.*, 1995, Thomas y Astini, 1996, entre muchos otros). Las líneas de evidencia positiva en tal sentido incluyen los estudios biogeográficos (véase por ejemplo, Benedetto 1993, 1998), estratigráficos (Astini, 1998, Astini *et al.* 1995, Keller *et al.* 1998), isotópicos (Mahlburgh Kay *et al.* 1996), tectónicos (Thomas y Astini 1996, 1999) y paleomagnéticos (Rapalini y Astini 1998). Si bien algunos autores han preferido modelos de origen autóctono (Gonzalez Bonorino y Gonzalez Bonorino 1991) o para-autóctono (Baldis *et al.* 1989, Aceñolaza *et al.* 2002), Astini y Rapalini (2003) han demostrado recientemente que el volumen de evidencia positiva para el origen lauréntico de la Precordillera es aún incontestable.

A pesar del avance registrado en la última década en este tema, existen controversias aún no saldadas, especialmente respecto al modo de transferencia de la Precordillera desde Laurentia a Gondwana (ej. Dalla Salda *et al.* 1992, Astini *et al.* 1995, Dalziel 1997) así como a la edad de la anexión (Thomas y Astini 2003, Keller *et al.* 1998, Benedetto 1998, etc.). Rapalini y Astini (1998) obtuvieron un polo paleomagnético de alta calidad para el Cámbrico Inferior de la Precordillera que permitió confirmar su origen lauréntico, y resultados recientes en rocas del Ordovícico Superior (Rapalini y Cingolani 2004) permitieron acotar la posición paleolatitudinal del terreno para dicha edad. No obstante, el potencial aporte del paleomagnetismo a resolver la evolución paleogeográfica y tectónica de la Precordillera aún no está completo. La existencia de extensas secciones excelentemente datadas y expuestas del Cámbrico y Ordovícico permiten abrigar dicha esperanza. Sin embargo, varios estudios paleomagnéticos previos en rocas de la plataforma carbonática cambro-ordovícica de la Precordillera han fallado en aislar una magnetización remanente primaria (ej. Rapalini y Tarling 1993, Rapalini *et al.* 2000). Resultados similares se han obtenido en calizas ordovícicas del bloque de San Rafael (Truco y Rapalini 1996). Las características magnéticas de estas unidades fueron interpretadas por Rapalini y Tarling (1993) y Rapalini (1993) como evidencia de un evento de remagnetización regional ocurrido en el Pérmico y que fue asociado a la fase orogénica San Rafael (Azcuy y Caminos 1987; Mpodozis y Kay 1990). Rapalini (1993) y Rapalini y Tarling (1993) interpretaron que la remagnetización podría no haber alcanzado la Precordillera Oriental o regiones septentrionales de este cordón orogénico. Estudios posteriores (Rapalini *et al.* 2000) demostraron que la Precordillera Oriental también fue afectada, mientras que Truco y Rapalini (1996) hallaron evidencia de esta remagnetización en el bloque de San Rafael, sugiriendo una distribución regional mucho mayor que la supuesta originalmente. Sin embargo, el extremo septentrional de la Precordillera podría haber quedado exento de la influencia de la misma (Rapalini y Astini 1998) al no hallarse evidencias de este evento en las rocas clásticas de la Formación Cerro Totorá del Cámbrico Inferior.

Con la finalidad de obtener un polo paleomagnético del Cámbrico tardío para la Precordillera se realizó un estudio paleomagnético en la Formación La Flecha (facies Los Sapitos) aflorante en la quebrada de la Angostura (29,5°S, 68,7°O, Precordillera de La Rioja). Los resultados obtenidos y presentados en este trabajo han permitido constatar que estas rocas no poseen su magnetización remanente primaria por lo que el objetivo inicial no pudo concretarse. Sin embargo, este estudio ha permitido mejorar la caracterización del evento de remagnetización regional sanrafaélica.

Marco geológico

La región de estudio se encuentra en el sector septentrional de la Precordillera en la provincia de La Rioja ubicándose al oeste-noroeste de la localidad de Guandacol, desde donde se accede por una huella que se dirige al distrito minero la Helvecia a través de la quebrada de la Angostura (Fig. 1). La zona de estudio fue originalmente cartografiada por Furque

(1972) en la Hoja 16b, Cerro La Bolsa, donde el autor consideró a la sucesión carbonática indiferenciada como perteneciente a la Formación San Juan. Cañas (1986) estudió los carbonatos de la región del oeste de Guandacol y diferenció una unidad comparable con la Formación La Flecha (*sensu* Baldis *et al.* 1981), ubicada por debajo de la Formación San Juan en sentido estricto, con un marcado arreglo cíclico y alternancia de tidalitas carbonáticas dolomitizadas. Este autor denominó al paquete como Formación Los Sapitos y le asignó una edad tentativa cámbrica superior-tremadociana. Más tarde, Cañas (1988, 1990) estudió específicamente los afloramientos de la quebrada de La Angostura que asignó también a dicha unidad. En esta localidad la unidad aflora limitada por fallas inversas como parte de una secuencia imbricada con rumbos submeridianos y buzamientos altos al oeste (~50°). Esta unidad forma la totalidad de una escama tectónica que cabalga sobre depósitos terciarios mediante un corrimiento con vergencia al este. A su vez, subyace a otra lámina corrida que contiene a la Formación Cerro Totorá (Cámbrico Inferior) y las dolomitas de la Formación Los Hornos (Astini y Vaccari 1986) que fueron ambas objeto del estudio paleomagnético realizado por Rapalini y Astini (1997, 1998). En un trabajo de revisión posterior, Keller *et al.* (1994) aconsejan abandonar el uso de Formación Los Sapitos considerándola como equivalente de la Formación La Flecha, admitiendo para ésta un marcado diacronismo en sentido norte-sur. Estos autores concluyen que la sección de La Angostura sería un equivalente temporal de la Formación Zonda aflorante en la Precordillera de San Juan.

En base al registro fósil la sección muestreada ha sido incluida entre las biozonas de *Crepicephalus* y de *Aphelaspis* (Vaccari 1994, Keller *et al.* 1994) asignables al intervalo Marjumano alto-Steptoeano bajo pertenecientes al Cámbrico Medio alto y Cámbrico Superior bajo, respectivamente, de la escala actualmente en uso (*Geologic Time Scale* 1999). Esto comprendería aproximadamente el intervalo entre 500 y 497 Ma (Bowring y Erwin 1998). El espesor aflorante de la Formación La Flecha en la quebrada de La Angostura es algo superior a 200 m. Se trata de una sucesión con marcada ritmicidad (Fig. 2) donde se alternan bancos de escala métrica (Fig. 3a) de dolomitas blanquecinas y bancos de calizas parcialmente dolomitizadas de colores grises medios a oscuros. Mientras que dentro de los primeros dominan facies microbialíticas y estromatolíticas laminares con evidencias de exposición subaérea y conglomerados de intraclastos tabulares, en los segundos dominan *grainstones* peloidales y oolíticos-intraclásticos y *wackestones* moteados con algunos restos de trilobites. Dominios transicionales entre ambos están constituidos por facies bandeadas-heterolíticas (*ribbon limestones*). Ocasionalmente se intercalan niveles de microbialitos monticulares (Fig. 3b) con fábricas cripticas o trombolíticas y facies de *mudstones* y calcipelitas negras carentes de bioturbación y portadoras de lingúlidos y trilobites (Cañas 1990). Estudios paleoambientales llevados a cabo por Cañas (1986, 1988, 1995, 1999) han permitido interpretar que las asociaciones de facies caracterizan a secuencias de somerización en ambientes de plataformas pandas. En este contexto, la asociación de *grainstones* correspondería a las barreras propiamente dichas (*shoals*) desarrolladas en el am-

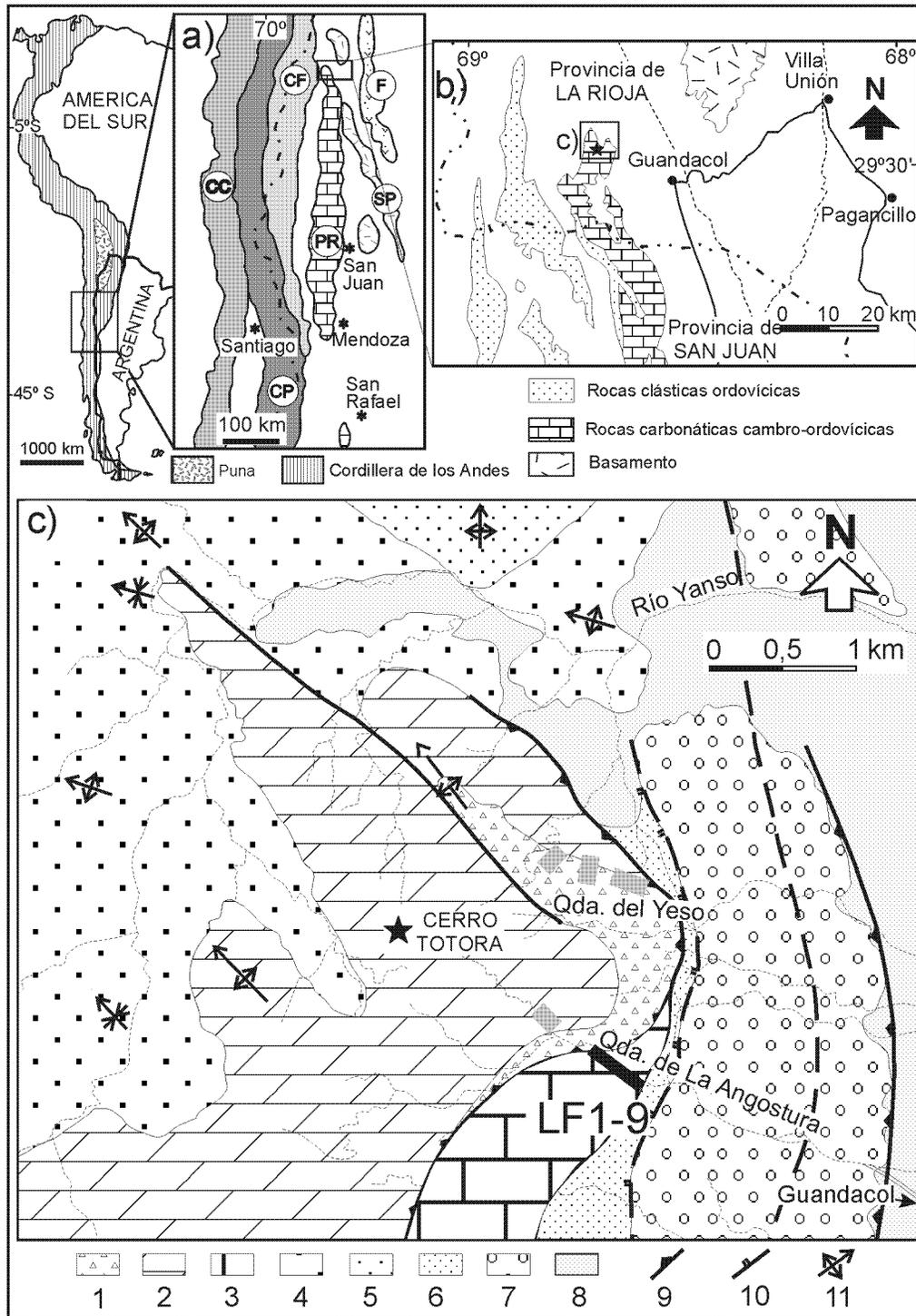


Figura 1: (a) Mapa de ubicación de la Precordillera Argentina con detalles de la geología del sector norte de la misma (b) y de la localidad de muestreo (c). CC = Cordillera de la Costa, CP = Cordillera Principal, CF = Cordillera Frontal, PR = Precordillera, F = Famatina, SP = Sierras Pampeanas. 1 = F. Cerro Totorá, 2 = F. Los Hornos, 3 = F. La Flecha, La Silla y San Juan, 4 = arcosas continentales del Carbonífero y Pérmico, 5 = conglomerados y areniscas gruesas del Pérmico tardío – Triásico temprano, 6 = bancos rojos de grano fino del Terciario, 7 = conglomerados sinorogénicos del Plio-Pleistoceno, 8 = aluvio cuaternario, 9 = fallas inversas, 10 = fallas directas, 11 = pliegues. Rectángulo negro: área de muestreo paleomagnético de la F. La Flecha. Rectángulos grises = áreas de muestreo paleomagnético de la F. Cerro Totorá (Rapalini y Astini 1998).

biente subtidal energético, mientras que las facies de *mudstones*, calcipelitas y *wackestones* moteados representarían variedades de depósitos albuféricos con distinto grado de

restricción. Dentro de este marco subtidal se habrían desarrollado los biohermos monticulares microbialíticos (Cañas 1990) en etapas de marcada acomodación. La asociación bandeaada,

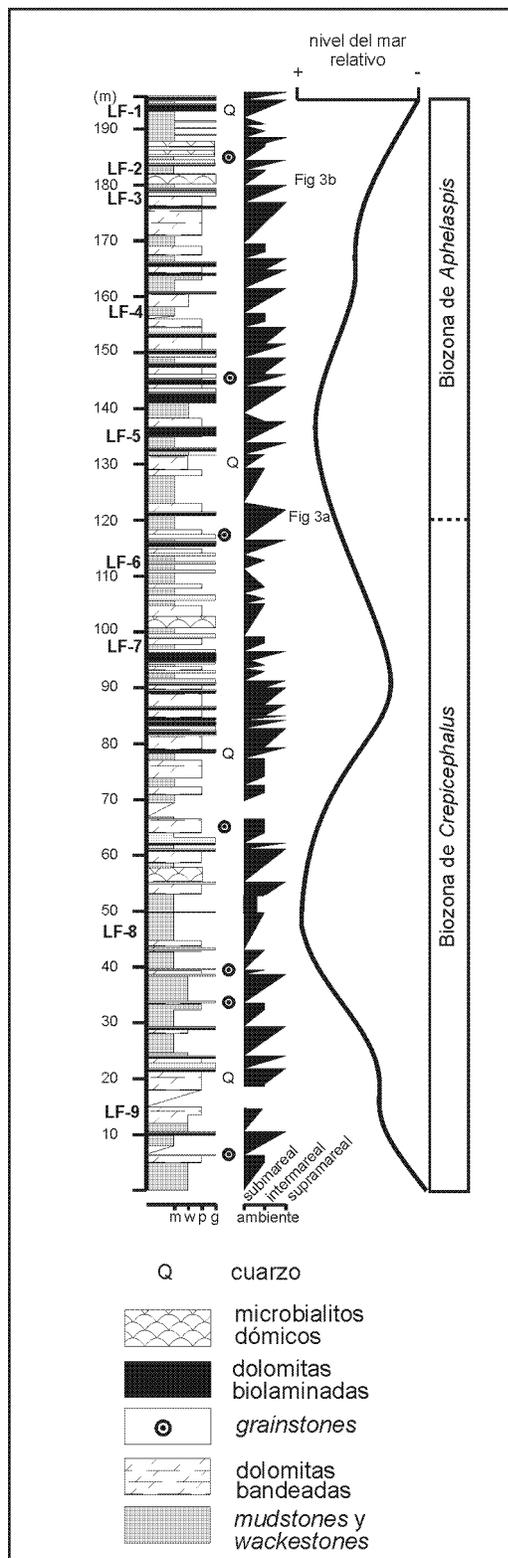


Figura 2: Columna de la sección estratigráfica muestreada en la quebrada de La Angostura con localización de sitios de muestreo y fotografías de la figura 3. Nótese la distribución de asociaciones sub, inter y supramareales inferidas desde el análisis de facies volcadas en el diagrama de la derecha y la curva suavizada de fluctuaciones relativas del nivel del mar también inferida por Cañas (1999) a partir de diagramas de acomodación acumulativa (modificado de Cañas 1999).

en tanto, representaría los términos inter y supramareales coincidentes con la presencia de cuarzo redondeado disperso, de probable origen eólico.

Los análisis de ciclicidad (Cañas 1999) indican una marcada recurrencia (Fig. 2) de episodios de alta frecuencia responsables de la acomodación alternante de los semiciclos claros y oscuros. Su arreglo y cambio gradual de espesores permitió inferir una curva envolvente indicativa de ciclos transgresivos-regresivos comparables con aquellos desarrollados en la misma época en los sistemas de plataformas muy tendidas periféricas a Laurentia. Estas sucesiones cíclicas que marcan una estabilidad notable de la plataforma con tasas de subsidencia relativamente bajas y constantes permiten explicar que pequeñas fluctuaciones eustáticas produzcan profundos corrimientos del cinturón de facies dominante. Esto también explicaría la presencia de algunos niveles con mayor concentración de cuarzo (Q en Fig. 2) producto de etapas de pasaje (*by pass stages*) desde la región cratónica.

Muestreo y resultados paleomagnéticos

Un total de 59 muestras orientadas fueron recolectadas mediante una perforadora portátil en nueve sitios distribuidos a lo largo de la sucesión de calizas y dolomías de la Formación La Flecha aflorante en la quebrada de la Angostura (Figs. 1 y 2). La orientación de las muestras fue medida con brújulas solar y magnética siempre que fue posible, comprobándose que la diferencia entre ambas mediciones generalmente no superó 2°. La actitud estructural fue medida en cada sitio de muestreo independientemente (Cuadro 1). Los sitios están distribuidos a lo largo de una sucesión aproximadamente homoclinal buzante al ONO entre 48° y 56°, producto de la estructuración andina. La única excepción consiste en el sitio LF-1 ubicado cercano al límite superior aflorante de la unidad (Fig.2) y que se encuentra sobre un pliegue de arrastre decamétrico producto del corrimiento que monta la formación La Flecha sobre sedimentitas clásticas finas del Terciario. Las muestras fueron rebanadas en laboratorio en 1 a 3 especímenes cilíndricos estándar de 2,2 cm de alto y 2,54 cm de diámetro. El procesamiento paleomagnético fue realizado según los métodos habituales de desmagnetización por campos alternos linealmente decrecientes y altas temperaturas (ej. Valencio 1980, Butler 1992). El instrumental utilizado fue un magnetómetro criogénico 2G 750 R con DC squids, un desmagnetizador por campos alternos estático anexo al magnetómetro y un equipo de desmagnetización térmica Schonstedt TSD-10. Todas las muestras fueron sometidas a desmagnetización detallada en etapas de 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550 y 600°C o 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100 y 120 mT, según el tipo de lavado magnético elegido. En general se observó comportamientos magnéticos similares con ambas técnicas (Fig.4), por lo que la mayoría de las muestras fue desmagnetizada mediante campos alternos.

Generalmente, las muestras presentaron dos componentes magnéticas. Una componente de inclinación negativa moderada y una dirección aproximada hacia el Norte que presentó bajas temperaturas de desbloqueo (250°-400°C) y fuerzas

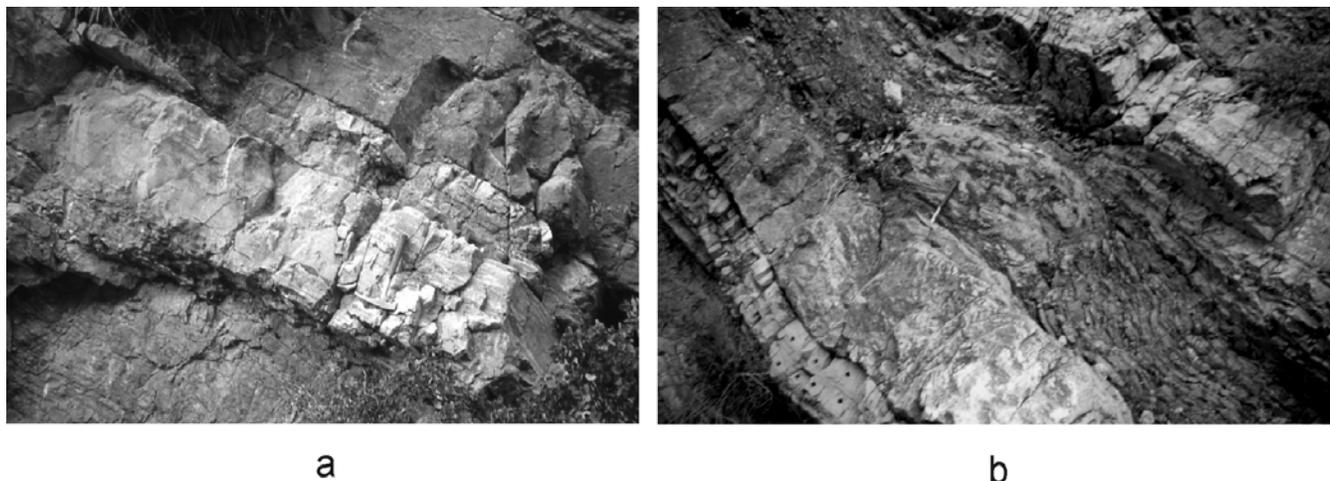


Figura 3: Detalles del ordenamiento estratigráfico recurrente (a) y del sitio de muestreo LF-3 (b). Nótese en este último el biohermo dómico solapado por facies de mudstones con particiones calcipelíticas ubicado un metro por encima del sitio de muestreo.

coercitivas (10-15 mT). Esta componente fue denominada A, siendo aislada en 6 de los sitios estudiados (Cuadro 1). La intensidad relativa de esta componente es variable en las diferentes muestras (véase Fig.4). En 7 sitios pudo definirse una segunda componente (B) con mayores temperaturas de desbloqueo (alrededor de 500°C) y fuerzas coercitivas (generalmente entre 15 y 60 mT), con inclinaciones moderadas tanto positivas como negativas y que tendió hacia el origen de coordenadas. Las componentes magnéticas fueron seleccionadas mediante inspección visual de gráficos ortogonales de desmagnetización y determinadas mediante análisis de componente principal (Kirschvink 1980) con al menos cuatro etapas de desmagnetización. Solo se aceptaron componentes definidas con un ángulo de desviación máxima (MAD) < 15°, aunque el 80% de las componentes seleccionadas presentaron valores de MAD que no superaron los 10°.

En el Cuadro 1 se presentan las direcciones medias por sitio de las componentes A y B y sus parámetros estadísticos, antes y luego de realizada la corrección estructural. Estas direcciones pueden observarse en la figura 5. De esta figura se desprende claramente que la componente A es posttectónica. Teniendo en cuenta que la estructuración de estas rocas es andina, la edad de la remanencia magnética A es probablemente post-pliocena. Considerando la exclusiva polaridad normal y su cercanía a la dirección actual del campo dipolar geocéntrico y geoaxial para la localidad de estudio, se puede inferir una adquisición reciente de la componente magnética A y un probable origen viscoso.

Por su parte la componente B está representada por sitios con polaridades opuestas, dominando aquellos de inclinación positiva (polaridad reversa). Su distribución antes y después de realizada la corrección estructural indica un origen pre-tectónico (pre-Plioceno?) para la magnetización. Esto puede comprobarse estadísticamente aplicando el test de McElhinny (1964) que indica un origen pre-tectónico para la componente B con un 99% de confianza.

Sobre la base de la dirección media de la componente B (Cuadro 1) se calculó el polo paleomagnético correspondiente a dicha componente. El mismo (LF) se ubica en 63,8°S,

244,6°E, N=7, dp = 15,9°, dm= 20,2°.

Interpretación

En la figura 6 se representa la posición del polo paleomagnético obtenido (LF). Como se puede observar, el mismo es consistente con polos de edad permo-triásica de América del Sur. Esto sugiere dicha edad para la adquisición de la remanencia pre-tectónica portada por las rocas de la Formación La Flecha. Considerando que la misma Formación La Flecha (Rapalini *et al.* 2000) y otras unidades calcáreas cambro-ordovícicas de la Precordillera presentan evidencia de una remagnetización del Paleozoico tardío, se interpreta que los resultados obtenidos indican que el mismo proceso de remagnetización afectó a todas estas unidades.

Las características magnéticas de las muestras de la Formación La Flecha reportadas en este estudio se asemejan bastante a las de otras unidades calcáreas cambro-ordovícicas (incluidas la propia Formación La Flecha) en otras áreas de la Precordillera (Rapalini y Tarling 1993, Rapalini *et al.* 2000). En estos estudios previos se interpretó que la remagnetización está portada principalmente por magnetita (tamaño de grano PSD) de posible origen autigénico. Rapalini (1993) sugirió para esta región un proceso semejante al postulado para explicar la remagnetización regional allegheniana de América del Norte (Miller y Kent 1988, McCabe y Elmore 1989). El modelo más aceptado ha sido el de Oliver (1986, 1992) que propone la expulsión de fluidos térmicamente activos de la zona orogénica hacia el antepaís producto de la colisión allegheniana entre Laurentia y Gondwana en el Paleozoico tardío. Este modelo, sin embargo, ha sido discutido por varios autores y modelos alternativos han sido propuestos (véase por ejemplo: Katz *et al.* 1998, Henry *et al.* 2001). Rapalini (1993) adaptó el modelo de Oliver al cierre e inversión de las cuencas de retroarco de Calingasta-Uspallata y Río Blanco (Lopez Gamundi *et al.* 1987, 1994) durante la fase orogénica San Rafael en el Pérmico (Azcuy y Caminos 1987, Hervé *et al.* 1987, Mpodozis y Kay 1992), para explicar la remagnetización regional observada en

Cuadro 1: Direcciones medias por sitio para las componentes magnéticas A y B aisladas en la Formación La Flecha.

Componente Magnética	Sitio	N	Dec (°)	Inc (°)	α_{95} (°)	Az. (°)	Buz. (°)	Dec* (°)	Inc* (°)	α_{95} (°)
A	LF-1	8	352,6	-39,2	14,1	11,0	12,0	344,2	-34,6	14,1
	LF-4	4	2,6	-37,8	16,3	216,0	51,5	53,6	-46,2	16,3
	LF-5	2	0,0	-49,1	28,3	201,0	49,0	55,3	-42,3	28,3
	LF-7	6	11,3	-32,8	22,6	211,5	51,5	48,6	-34,4	22,6
	LF-8	4	29,3	-32,7	24,0	195,0	48,5	48,6	-11,7	24,0
	LF-9	5	5,9	-46,8	19,0	219,0	44,0	61,5	-51,6	19,0
Total A	6	7,5	-40,3	10,1				42,4	-39,8	22,6
B	LF-1	3	75,3	-56,0	14,7	11,0	12,0	63,9	-66,3	14,7
	LF-2	6	137,8	20,5	6,3	218,0	50,0	154,1	68,8	6,3
	LF-3	7	148,8	34,3	5,1	211,0	54,5	216,1	67,2	5,1
	LF-5	2	140,3	30,9	-	201,0	49,0	187,2	64,4	-
	LF-6	2	159,4	33,6	-	198,7	55,5	212,2	48,5	-
	LF-7	5	141,8	27,0	23,5	211,5	51,5	183,4	69,5	23,5
	LF-8	5	352,8	-44,8	8,2	195,0	48,5	43,1	-41,9	8,2
	Total B	7	155,5	39,5	22,9				206,9	63,3

PP (LF): Lat: -63,8°, Long: 244,6°, dp: 15,9°, dm: 20,2°

Az y Buz: azimut y buzamiento de la estratificación, utilizado para restituir las direcciones de remanencia a la paleohorizontal. La dirección de buzamiento es a 90° en sentido horario del azimut. Dec*, Inc*: valores de declinación e inclinación luego de ser restituidos los bancos a la paleohorizontal. 95: radio del círculo de confianza del 95% (Fisher, 1953). El polo paleomagnético ha sido calculado sobre el promedio de las direcciones de la componente B restituido a la paleohorizontal. dp, dm: semiejes de la elipse de 95% de confianza.

Precordillera. Esta fase orogénica afectó profundamente el sector chileno y del centro-oeste de Argentina entre los 28° y 35° S, aproximadamente. Mientras que en Chile los depósitos de antearco fueron dislocados y metamorizados (Caminos y Azcuy 1996), los depósitos glaci-marinos de las cuencas de retroarco en el territorio argentino fueron plegados y corridos (Cordillera Frontal, bloque de San Rafael). Así, se han reportado acortamientos tectónicos del 60 a 70 % en áreas de la Cordillera Frontal (Heredia *et al.* 2002) y una conspicua discor-

dancia angular se observa en estas regiones entre los depósitos marinos del Carbonífero tardío – Pérmico temprano y las volcanitas de la Formación Choiyoi. La intensidad del plegamiento decrece hacia el este (Caminos y Azcuy 1996), expresándose mayormente como fallamiento inverso y transcurrente en la Precordillera. En el antepaís (cuenca Pagnazo), por su parte, sólo se registran plegamientos suaves producto de la fracturación en bloques del basamento. Sin embargo, la distribución de la deformación sanrafaélica

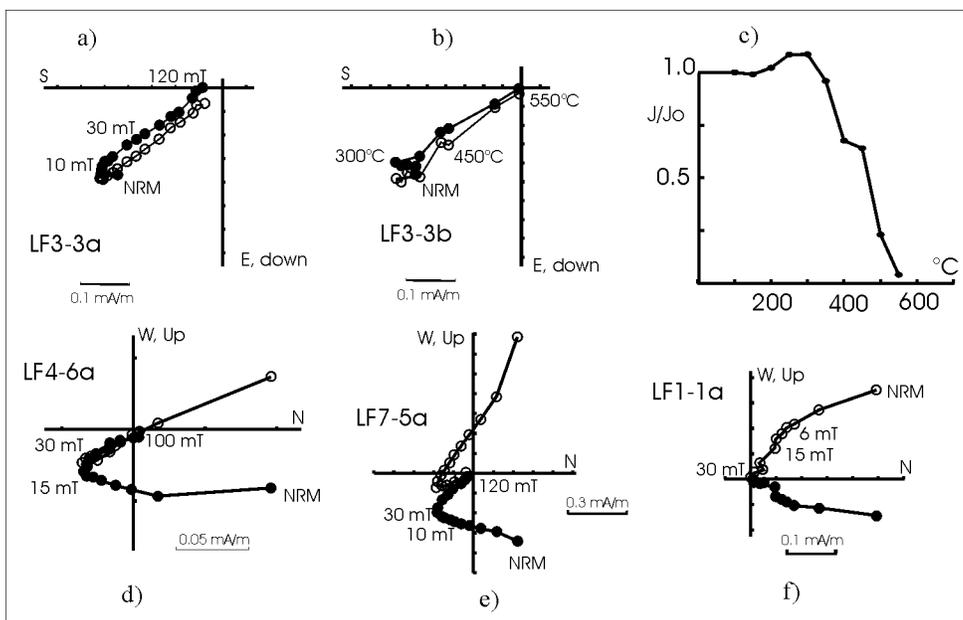


Figura 4: Ejemplos de comportamiento magnético típico de las muestras estudiadas de la Formación La Flecha. En las proyecciones ortogonales (a,b,d,e,f), los símbolos abiertos (cerrados) corresponden a la proyección de los vectores de remanencia magnética en el plano vertical (horizontal). c) gráfico de intensidad de desmagnetización normalizado.

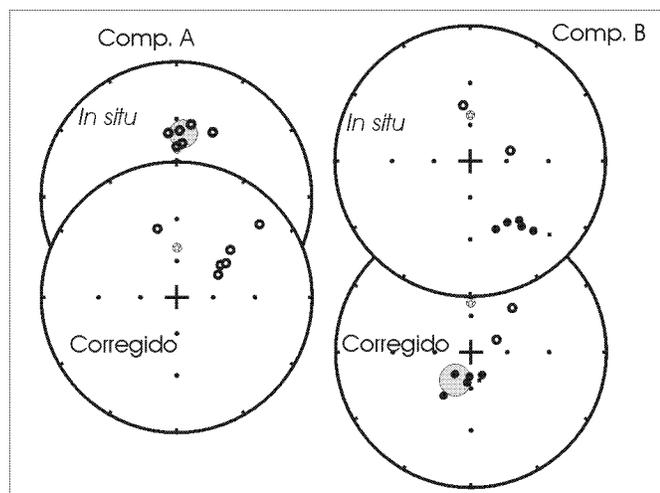


Figura 5: Direcciones medias por sitio para las componentes A y B, *in situ* y corregidas a la paleohorizontal (véase Cuadro 1). Círculos grises indican el círculo de 95% de confianza de la dirección media general. Símbolos cerrados (abiertos) corresponden a vectores con inclinación positiva (negativa). Para el cálculo de la dirección media de la componente B dos sitios de inclinación negativa han sido referidos a su dirección antípoda. Nótese el mejor agrupamiento *in situ* de la componente A y el mejor agrupamiento referida a la paleohorizontal de la componente B. La estrella indica la dirección del campo dipolar geocéntrico y geoaxial para la localidad de estudio. Más referencias en el Cuadro 1 y el texto.

disto de ser homogénea. Así, al este de La Precordillera, en la Sierra de Famatina, Dávila *et al.* (2003) han hallado evidencias de una fase deformacional compresiva muy intensa (U3) coetánea aproximadamente con la orogenia San Rafael del Pérmico temprano. Cortés y Kleinman (1999) han propuesto que la fase San Rafael abarcaría un período de deformación extenso durante el Pérmico temprano, alcanzando una etapa de máximo acortamiento antes de los 280 Ma y componiéndose de un evento inicial de deformación contraccional, seguido de un segundo evento donde dominó la deformación transcurrente. El grado de deformación y acortamiento alcanzado por la fase San Rafael permite especular sobre la generación de un importante orógeno en el margen continental de esta región del Gondwana durante el Pérmico.

La remagnetización regional sanrafaélica no habría afectado solamente a las rocas calcáreas cambro-ordovícicas, sino también a unidades clásticas y aún volcánicas de la Precordillera. En el Cuadro 2 se resumen las unidades en las cuales se ha determinado la presencia de este evento remagnetizante. Los polos paleomagnéticos correspondientes se presentan en la figura 6. Asimismo, en la figura 7, se presenta la distribución regional de las localidades donde se ha detectado este evento, así como aquellas en las que afloran rocas no afectadas. Estas últimas se detallan también en el Cuadro 2. Del análisis del carácter de la magnetización, posición polar, polaridad y distribución geográfica, pueden obtenerse algunas conclusiones. En primer lugar se puede observar que la mayoría de las unidades remagnetizadas presentan exclusiva polaridad reversa consistente con que la misma hubiese sido adquirida durante el supercron reverso del Paleozoico superior o

Kiaman (Irving 1971) y que se extendería aproximadamente entre los 315 y 262 Ma (Opdyke y Channell 1996). Las únicas excepciones la constituyen un sitio de polaridad normal observado en la Formación San Juan en Loma Redonda (Precordillera Oriental, Rapalini *et al.* 2000) y el presente estudio. Las posiciones polares correspondientes a las diversas unidades remagnetizadas son consistentes con las polaridades halladas y con la curva de deriva polar aparente para América del Sur (Fig. 6). Así puede observarse que los polos que corresponden a una edad mayor son los de las Formaciones Hoyada Verde (HV), Alcaparrosa (AL) y Ponón Trehué (PT), que se ubican entre los 300 y los 285 Ma en la curva. Estos tres polos presentan exclusiva polaridad reversa y su magnetización es sintectónica. Por su parte, el polo paleomagnético de la Formación San Juan en la Precordillera Central (SJ, Rapalini y Tarling 1993) se ubica en una posición más joven, si bien su posición puede estar afectada ligeramente por los movimientos andinos. El polo paleomagnético obtenido en este estudio para la Formación La Flecha cae en una posición sensiblemente más joven (circa 260 Ma?), lo

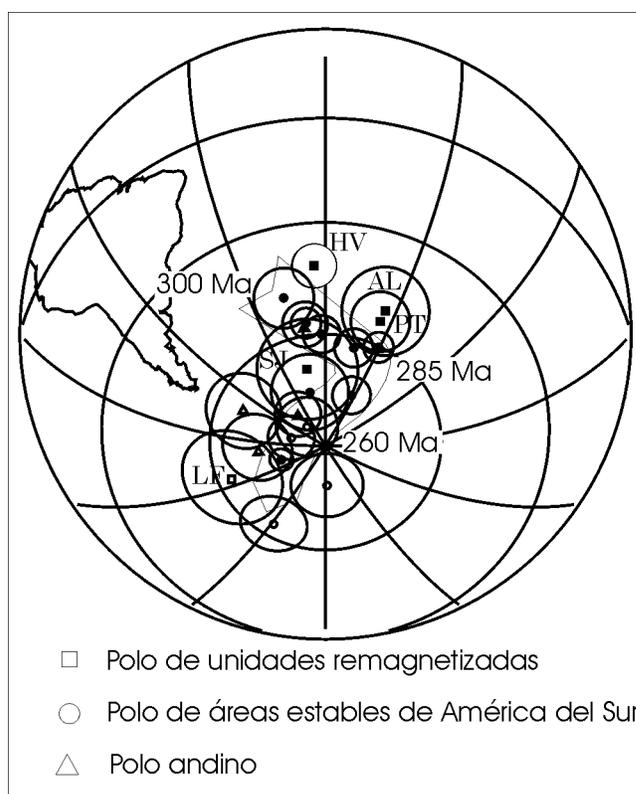


Figura 6: Curva de deriva polar aparente de América del Sur para el Carbonífero tardío – Triásico medio y posición de los polos correspondientes a unidades remagnetizadas durante el evento de remagnetización regional San Rafael. Estos polos se representan con sus círculos u óvalos de 95 % de confianza y son presentados en el Cuadro 2. Los polos que definen la curva son: F. La Colina, F. Choique Mahuida, F. Itararé1, F. Itararé2, F. Las Tunas, F. Paganzo, F. Pillahunicó, F. Los Colorados Inf., F. Amaná, F. Talampaya, Lavas El Nihuil y diques Guayana. Los polos de la región andina son: F. Tambillos, F. Vega de los Machos, F. Horcajo, F. Pular (para referencias sobre estos polos consultar: Prezzi *et al.* 2002, Tomezzoli 2001, Rapalini y Vilas 1991)

Cuadro 2: Resumen de la información referente a unidades paleozoicas estudiadas paleomagnéticamente en la Precordillera y el Bloque de San Rafael.

Unidades remagnetizadas						
Unidad Geológica	Edad Geológica	Ubicación geográfica	Tipo y edad de remagnetización	Polaridad	Posición Polar	Referencia
F. San Juan	Ord. Inf.	Precordillera Central	Postectónica* Pérmico Inf. tardío	Reversa	SJ	Rapalini y Tarling (1993)
Fs. La Flecha, La Silla y San Juan	Cámbrico Sup – Ord. Inf.	Precordillera Oriental	Postectónica* Pérmico Sup?	Mixta	#	Rapalini et al. (2000)
F. La Flecha	Cámbrico Sup.	Precordillera de La Rioja	Pretectónica** Pérmico Sup	Mixta	LF	Este trabajo
F. Ponón Trehue	Ordovícico Medio	Bloque de San Rafael	Sintectónica Pérmico Inferior	Reversa	PT	Truco y Rapalini (1996)
F. Alcaparrosa	Ordovícico Superior	Precordillera Occidental	Sintectónica Pérmico Inferior	Reversa	AL	Rapalini y Tarling (1993)
F. Hoyada Verde	Carbonífero Superior	Precordillera Occidental	Sintectónica Pérmico Inferior	Reversa	HV	Bobbio et al. (1990)

Unidades no remagnetizadas						
Unidad Geológica	Edad Geológica	Ubicación geográfica	Tipo, edad de magnetización	Polaridad	Posición Polar	Referencia
F. Cerro Totorá	Cámbrico Inferior	Precordillera de La Rioja	Pretectónica Cámbrico Inf.	Reversa	-	Rapalini y Astini (1998)
F. Pavón	Ordovícico Medio	Bloque de San Rafael	Pretectónica Ord. Superior	Mixta	-	Rapalini y Cingolani (2004)
F. Del Salto	Pérmico Inferior	Precordillera Occidental	Pretectónica Pérmico Inf. tardío	Reversa	-	Rapalini y Mena (2001)
Fs. Tupe y Patquía	Carbonífero Superior – Pérmico Inf.	Precordillera Central	Pretectónica Carbonif. Sup- Pérmico Inf.	Reversa	-	Buggisch et al. (1993)
F. Patquía	Pérmico Inf.	Precordillera Central	Pretectónica Pérmico Inf.	Reversa	-	Buggisch et al. (1993)

Se han discriminado las unidades afectadas por procesos de remagnetización asociados a la Fase San Rafael de aquellas no remagnetizadas. Las posiciones polares de éstas últimas no son graficadas en la figura 6. * test de plegamiento negativo respecto a la deformación sanrafaélica pero afectado por tectónica terciaria. ** test de plegamiento positivo respecto a la deformación terciaria. # posición polar no representada en la figura 6.

que es consistente con el registro de ambas polaridades del campo magnético terrestre. La relación entre la magnetización y la deformación tectónica del Paleozoico tardío es diferente y menos clara en los casos de las unidades calcáreas de la Precordillera Central (Rapalini y Tarling 1993) y Oriental (Rapalini *et al.* 2000). En ellas se ha interpretado como posterior a pliegues preterciarios que se produjeron probablemente durante la deformación chañica del Devónico tardío – Carbonífero temprano, pero previas a la estructuración andina. En estos casos como en el presente estudio, es probable que estas rocas no hayan sido afectadas significativamente por la fase orogénica San Rafael, constituyéndose como unidades en el subsuelo del antepaís para esa época.

De lo expuesto surge un patrón preliminar de progresión hacia el este en la edad de la remagnetización abarcando posiblemente todo el período Pérmico. De este modo, las unidades directamente afectadas por el plegamiento sanrafaélico fueron remagnetizadas en el Pérmico temprano, durante la progresión de dicho evento, mientras que aquellas ubicadas más al este,

y posiblemente no afectadas por la deformación fueron adquiriendo su magnetización progresivamente más tarde. Debe tenerse en cuenta que los numerosos corrimientos andinos han producido un acortamiento sustancial de la extensión de la Precordillera en dirección este-oeste (ej., von Gosen, 1992; Cristallini y Ramos, 2000), por lo que la separación espacial entre estas regiones en el Pérmico debe haber sido sensiblemente superior a la actual. Esta distribución temporo-espacial es consistente con la hipótesis propuesta por Rapalini (1993) de un origen del evento remagnetizante por migración de fluidos expulsados del orógeno, según el modelo de Oliver (1992).

Otra característica que puede observarse en el mapa de la figura 7 es la coexistencia a distancias muy cortas de unidades remagnetizadas con otras que no lo han sido. Si bien la explicación para los casos de la Formación Del Salto (Rapalini y Mena 2001) y Tupe y Patquía (Buggisch *et al.* 1993) puede estribar en que al tratarse de unidades con edades muy cercanas a la de la fase San Rafael ocupaban posiciones corticales muy superficiales en el Pérmico. Esto no puede aplicarse para

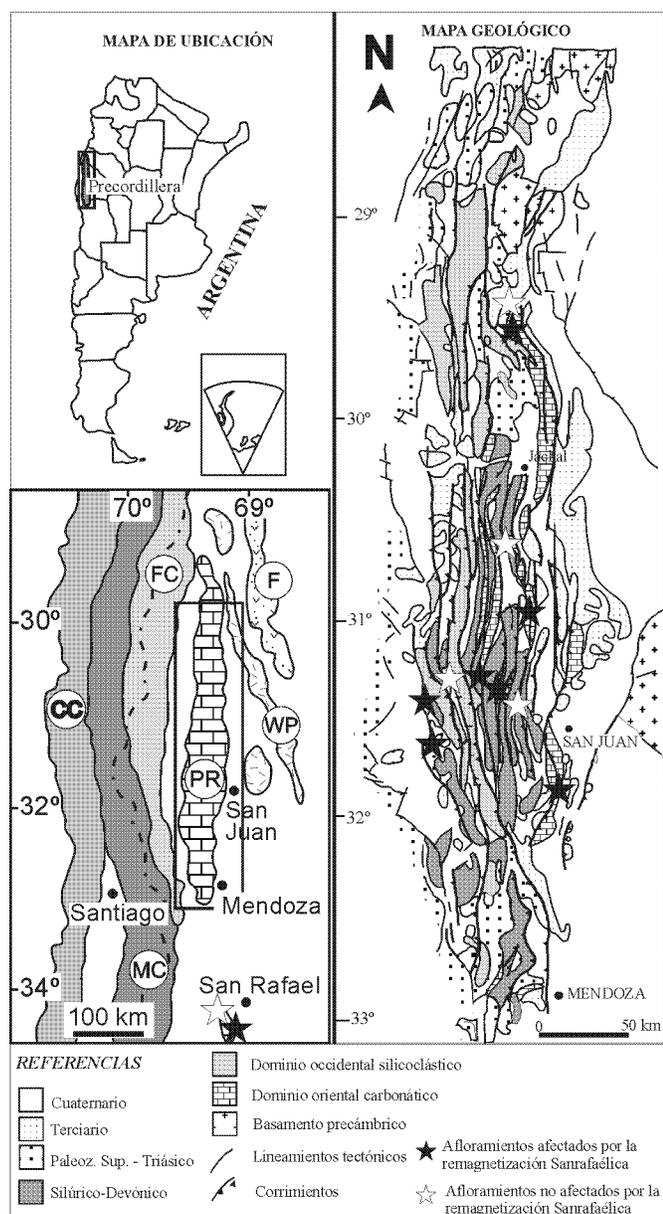


Figura 7: Distribución de las localidades donde se han observado unidades afectadas (estrellas negras) y no afectadas (estrellas blancas) por la remagnetización regional sanrafaélica.

los casos del Cerro Totorá y el bloque de San Rafael. En estas localidades unidades del Paleozoico inferior no remagnetizadas se encuentran a cortas distancias de otras que sí lo están. Es casi inescapable la conclusión de que el control de ocurrencia de la remagnetización ha sido principalmente litológico. La carencia de estudios detallados de la mineralogía magnética de estas unidades no permite mayor precisión al respecto.

La posición de LF (Fig.6) no permite descartar por completo la existencia de rotaciones tectónicas según ejes verticales afectándolo. Sin embargo, la consistencia entre posición polar y presencia de polaridades mixtas sugiere que de existir alguna rotación su magnitud es pequeña. La cercanía de la lo-

calidad de muestreo de este estudio con las correspondientes a la Formación Cerro Totorá permite descartar entonces rotaciones significativas post-pérmicas para el área en su conjunto. Esto refuerza aún más la validez del polo paleomagnético del Cámbrico temprano obtenido de esta última unidad (Rapalini y Astini 1998).

Aceñolaza *et al.* (2002) postularon recientemente que la Precordillera se habría originado en un sector del margen continental del Gondwana en el Proterozoico al que denominaron SAFRAN. Astini y Rapalini (2003), sin embargo, han indicado la carencia de evidencias a favor de dicha sugerencia. En particular, la propuesta es incompatible con la paleolatitud inferida del polo paleomagnético de la Formación Cerro Totorá, pero además implicaría una rotación horaria de gran magnitud que no se evidencia en dicho polo paleomagnético y que sólo podría ser compatibilizado por una rotación antihoraria posterior de similar o aún mayor magnitud. La ausencia de rotaciones tectónicas de importancia en las áreas de estudio desde el Pérmico torna aún más improbable dicha posibilidad.

Conclusiones

Un estudio paleomagnético llevado a cabo sobre 9 sitios de la Formación La Flecha (Facies Los Sapitos; Cámbrico Superior, Marjumano-Steptoeano), expuesta en la quebrada de la Angostura, Precordillera de La Rioja, ha determinado la presencia de dos componentes magnéticas. Una componente magnética posttectónica, de bajas fuerzas coercitivas y temperaturas de desbloqueo, es interpretada como una magnetización reciente de probable origen viscoso. Una segunda componente pretectónica fue aislada en 7 sitios con polaridades opuestas, posiblemente portada por magnetita. La posición polar correspondiente a esta componente sugiere que la magnetización fue adquirida a fines del Pérmico y es interpretada como producto de la remagnetización regional asociada a la fase orogénica San Rafael hallada en otras unidades de la Precordillera. Un análisis de las posiciones polares, tipos de magnetización, polaridades y distribución geográfica de las unidades remagnetizadas sugiere un patrón de migración temporo-espacial de la remagnetización de oeste a este, de modo que las unidades localizadas en la Precordillera Occidental fueron remagnetizadas contemporáneamente con la deformación en el Pérmico temprano, mientras que aquellas ubicadas más al este lo fueron más tardíamente durante el Pérmico. Se interpreta que este patrón es consistente con un modelo de remagnetización por migración de fluidos expulsados del área orogénica. La posición polar obtenida de la Formación La Flecha también descarta la posibilidad de rotaciones tectónicas mayores del área de estudio desde el Pérmico.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado con subsidios UBACyT (AX002 y X045) de la Universidad de Buenos Aires y PIP-CONICET (02537) a AER y FONCYT (PICT 2002/07-11741) de R.A.A. A. Krittian colaboró durante el trabajo de campo. D. Slaiman realizó parte del procesamiento de laboratorio Agradecemos la

gentileza del Dr. Fernando Cañas quien nos facilitó una columna detallada de la sección muestreada. Las revisiones cuidadosas de los árbitros V. Ramos y R. Tomezzoli permitieron mejorar la versión final del artículo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aceñolaza, F.G., Miller, H. y Toselli, A.J., 2002. Proterozoic-Early Paleozoic evolution in western South America—a discussion. *Tectonophysics*, 354: 121-137.
- Astini, R.A., 1998. Stratigraphic evidence supporting the rifting, drifting and collision of the Laurentian Precordillera terrane of western Argentina. En: Pankhurst, R.J. and Rapela, C.W. (eds.) *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geological Society of London Special Publication, 142: 11-33.
- Astini, R.A. y Vaccari, N.E. 1996. Sucesión evaporítica del Cámbrico Inferior de la Precordillera: Significado geológico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 51: 97-106.
- Astini, R.A. y Rapalini, A.E., 2003. Discussion to "Proterozoic – Early Paleozoic evolution in western South America – a discussion". *Tectonophysics*, 366: 143-148.
- Astini, R.A., Benedetto, J.L. y Vaccari, N.E., 1995. The early Paleozoic evolution of the Argentine 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 *El Sistema Carbonífero en la República Argentina*, Ed. S. Archangelsky, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, 239-252.
- Baldís, B., Peralta, S. y Villegas, C., 1989. Esquematisaciones de una posible transcurrencia del Terrane Precordillera. *Proyecto ICGP 270, Correlación Geológica 5*: 81-100, Tucumán.
- Baldís, B., A., Bordonaro, O., Beresi, M. y Uliarte, E., 1981. Zona de dispersión estromatolítica en la secuencia calcáreo dolomítica del Paleozoico Inferior de San Juan. *Actas 8° Congreso Geológico Argentino*, 2: 419-434.
- Benedetto, J.L., 1993. La hipótesis de la aloconía de la Precordillera Argentina: un test estratigráfico y biogeográfico. *Actas 12° Congreso Geológico Argentino*, 3 : 375-384.
- Benedetto, J.L., 1998. Early Palaeozoic brachiopods and associated shelly faunas from western Gondwana: their bearing on the geodynamic history of the pre-Andean margin. En: Pankhurst, R.J. y Rapela, C.W. (eds.) *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geological Society of London Special Publication 142: 57-83.
- Bobbio, M.L., Rapalini, A.E. y Vilas, J.F., 1990. Estudio paleomagnético preliminar de la Formación Hoyada Verde, Precordillera de San Juan: un ejemplo de remagnetización sintectónica. *Revista Geológica de Chile*, 17 (2) : 191-200.
- Bowring, S.A. y Erwin, D.H., 1998. A new look at evolutionary rates in deep time: Uniting paleontology and high-precision geochronology: *GSA Today* 8(9): 1-8.
- Buggisch, W., Bachtadse, V. y Von Gosen, W., 1993. The Middle Carboniferous glaciation of the Argentine Precordillera (San Juan – Mendoza) – new data to basin evolution and palaeomagnetism. *Zbl. Geol. Palaont. Teil I, H 1/2*: 287-307.
- Butler, R.F. 1992. *Paleomagnetism: magnetic domains to geologic terranes*. Blackwell Scientific Publications, Boston, 319 p.
- Caminos, R. y Azcuy, C.L., 1996. Tectonismo y diastrofismo. 3. Fases diastróficas neopaleozoicas. En Archangelsky, S. (Ed.), *El sistema Pérmico en la Rep. Argentina y en la Rep. Oriental del Uruguay*. Academia Nacional de Ciencias, 265-274, Córdoba.
- Cañas, F.L., 1986. Análisis de las facies carbonáticas de la Formación Los Sapos (Cámbrico?-Tremadociano) en la quebrada del Río Guancaol, La Rioja. *Actas Primeras Jornadas sobre Geología de la Precordillera*, 271-276, San Juan.
- Cañas, F.L., 1988. Facies perimareales del Cámbrico inferior en el área de Guancaol (La Rioja). *Actas 2° Reunión Argentina de Sedimentología*, 46-50.
- Cañas, F.L., 1990. Biolititos microbianos (microbialitos) del Cámbrico tardío, Formación Los Sapos, Precordillera de La Rioja. *Actas de la 3° Reunión Argentina de Sedimentología*, 81-86, San Juan.
- Cañas, F.L., 1995. Early Ordovician carbonate platform facies of the Argentine Precordillera: restricted shelf to open platform evolution. En: Cooper, J.D., Droser, M.L. y Finney, S.C. (eds.), *Ordovician Odyssey*. The Pacific Section Society for Sedimentary Geology, Book 77: 221-224.
- Cañas, F.L., 1999. Facies and sequences of the Late Cambrian-Early Ordovician carbonates of the Argentine Precordillera: a stratigraphic comparison with Laurentian platforms. En: Ramos, V.A. y Keppie, D. (eds.), *Laurentia-Gondwana connections before Pangea*. Geological Society of America Special Paper 336 : 43-62.
- Cortés, J.M. y Kleiman, L.E., 1999. La orogenia sanrafaélica en los Andes de Mendoza. *Actas 14° Congreso Geológico Argentino*, 1 : 31.
- Cristallini, E.O. y Ramos, V.A., 2000. Thick-skinned and thin-skinned thrusting in La Ramada fold and thrust belt : Crustal evolution of the High Andes of San Juan, Argentina (32° SL). *Tectonophysics*, 317: 205-235.
- Dalla Salda, L., Cingolani, C. y Varela, R., 1992. Early Paleozoic orogenic belt of the Andes in southwestern South America: Result of Laurentia-Gondwana collision?. *Geology*, 20: 617-620.
- Dalziel, I.W.D., 1997. Neoproterozoic-Paleozoic geography and tectonics: Review, hypothesis, environmental speculation. *Geological Society of America Bulletin*, 109: 16-42.
- Dávila, F.M., R.A. Astini y C.J. Schmidt, 2003. Unraveling 470 m.y. of shortening in the Central Andes and documentation of Type 0 superposed folding. *Geology*, 3: 275-278.
- Furque, G., 1972. Descripción geológica de la Hoja 16b, Cerro La Bolsa. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 125, 69 p.
- Geological Time Scale, 1999. Geological Society of America, <http://www.geosociety.org/science/timescale/timescl.htm>
- González Bonorino, F. y González Bonorino, G., 1991. Precordillera de Cuyo y Cordillera Frontal en el Paleozoico temprano: terrenos bajo sospecha de ser autóctonos. *Revista Geológica de Chile*, 18: 97-107.
- Henry, B., Rouvier, H., Goff, M., Leach, D., Macquar, J.C., Thibieroz, J. y Lewchuk, M.T., 2001. Palaeomagnetic dating of widespread remagnetization on the southeastern border of the French Massif Central and implications for fluid flow and Mississippi Valley-type mineralization. *Geophysical Journal International*, 145 : 368-380.
- Hervé, F., E. Godoy, M. A. Parada, V. Ramos, C. Rapela, C. Mpodozis y J. Davidson; 1987. A general view on the Chilean-Argentine Andes, with emphasis on their early history. En Monger, J. y Francheteau, J. (Eds.): *Circum-Pacific Orogenic Belts and Evolution of the Pacific Basin*, Geodynamics Series, American Geophysical Union, Geological Society of America, 18 : 97-113.
- Irving, E., 1971. Nomenclature in magnetic stratigraphy. *Geophysical Journal of the Royal astronomical Society*, 24: 529-531.
- Katz, B., Elmore, R.D., Cogoini, M y Ferry, S., 1998. Widespread chemical remagnetization : orogenic fluids or burial diagenesis of clays?. *Geology*, 26 : 603-606.
- Keller, M., Buggisch, W. y Lehnert, O., 1998. The stratigraphical record of the Argentine Precordillera and its plate-tectonic background. En: Pankhurst, R.J. y Rapela, C.W. (eds.) *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geological Society of London Special Publication, 142: 35-56.
- Keller, M., Cañas, F.L., Lehnert, O. y Vaccari, N.E. 1994. The Upper Cambrian and Lower Ordovician of the Precordillera (western Argentina): some stratigraphic reconsiderations. *Newsletters on Stratigraphy*, 31: 115-132.
- Kirschvink, J. L. 1980. The least-squares and plane and the analysis of paleomagnetic data. *Geophysical Journal of the Royal astronomical Society*, 67: 699-718
- Lopez Gamundi, O., Espejo, I., Conaghan, P. y Powell, C. Mc. A., 1994. Southern South America. En Veevers, J. y Powell, C. Mc.A. (Eds.). *Permian-Triassic Pangean Basins and Fold Belts along the*

- Panthalassan margin of western Gondwanaland, Geological Society of America, Memoir, 184: 281-329.
- Lopez Gamundi, O., Azcuy, C. L., Cuerda, A., Valencio, D. A. y Vilas, J. F., 1987. Cuencas Río Blanco y Calingasta-Uspallata. En El Sistema Carbonífero en la República Argentina, Ed. S. Archangelsky, Academia Nacional de Ciencias, 102-132, Córdoba.
- Mahlburg Kay, S.M., Orrell, S. y Abruzzi, J.M., 1996. Zircon and whole rock Nd-Pb isotopic evidence for a Grenville age and Laurentian origin for the basement of the Precordilleran terrane in Argentina. *Journal of Geology*, 104: 637-648.
- McCabe, C. y Elmore, R.D., 1989. The occurrence and origin of Late Paleozoic remagnetization in the sedimentary rocks of North America. *Reviews of Geophysics*, 27, 4: 471-494.
- McElhinny, M. W., 1964. Statistical significance of the fold test in palaeomagnetism. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 8: 338-340.
- Miller, J.D. y Kent, D.V., 1988. Regional trends in the timing of Alleghanian remagnetization in the Appalachians. *Geology*, 16: 588-591.
- Mpodozis, C. y Mahlburg Kay, S., 1990. Provincias magmáticas ácidas y evolución tectónica del Gondwana: Andes Chilenos (28-31°S). *Revista Geológica de Chile*, 17, 2: 153-180.
- Oliver, J., 1986. Fluids expelled tectonically from orogenic belts: their role in hydrocarbon migration and other geologic phenomena. *Geology*, 14, 99-102.
- Oliver, J., The spots and stains of plate tectonics, *Earth Science Reviews*, 32: 77-106. 1992.
- Opdyke, N.D. y Channell, J.E.T., 1996. *Magnetic Stratigraphy*. Academic Press, 346 p, San Diego.
- Pankhurst, R.J. y Rapela, C.W. (eds.), 1998. The Proto-Andean Margin of Gondwana. Geological Society of London Special Publication, 142. 383 p.
- Prezzi, C., Vizán, H. y Rapalini, A.E., 2001. Capítulo 12. Marco Paleogeográfico. En: Artabe, A., Morel, E. y Zamuner, A. (Eds.), *El Sistema Triásico en la Argentina*, 255-267.
- Ramos, V.A., 1995. Sudamérica: un mosaico de continentes y océanos. *Ciencia Hoy*, 6: 24-29.
- Ramos, V.A. y Keppie, D. (eds.), 1999. Laurentia - Gondwana connections before Pangea. Geological Society of America, Special Paper, 336: 276 p.
- Rapalini, A.E., 1993. Evidencias de un evento de remagnetización regional en Precordillera asociado a la Fase San Rafael. *Actas 12° Congreso Geológico Argentino*, 3: 415-422, Mendoza.
- Rapalini, A.E. y Astini, R.A., 1997. Primera evidencia paleomagnética del origen lauréntico de la Precordillera. *Actas 2° Jornadas de Geología de la Precordillera*, 60-65, San Juan.
- Rapalini, A.E. y Astini, R.A., 1998. Paleomagnetic confirmation of the Laurentian origin of the Argentine Precordillera. *Earth & Planetary Science Letters*, 155: 1-14.
- Rapalini, A.E. y Cingolani, C.A., 2004. First late Ordovician paleomagnetic pole for the Cuyania (Precordillera) terrane of western Argentina: a microcontinent or a Laurentian plateau? *Gondwana Research*, 7 (4) : 1089-1104 .
- Rapalini, A.E. y Mena, M., 2001. Rotación tectónica antihoraria de la Formación Del Salto (Pérmico Inferior), provincia de San Juan, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 56 (4): 494-502.
- Rapalini, A.E. y Tarling, D.H., 1993. Multiple magnetizations in the Cambro-Ordovician carbonate platform of the Argentine Precordillera and their tectonic implications. *Tectonophysics*, 227: 49-62.
- Rapalini, A.E. y Vilas, J.F., 1991. Tectonic rotations in the Late Palaeozoic continental margin of Southern South America, determined and dated by palaeomagnetism. *Geophysical Journal International*, 107: 333-351.
- Rapalini, A.E., Bordonaro, O. y Berquo, T. S., 2000. Paleomagnetic study of Cambrian-Ordovician rocks in the Eastern Precordillera of Argentina: some constraints on the Andean uplift of this block. *Tectonophysics*, 326: 173-184.
- Thomas, W. y Astini, R. A., 1996. The Argentine Precordillera: a traveler from the Ouachita embayment of North American Laurentia. *Science*, 273: 752-757.
- Thomas, W. y Astini, R. A., 1999. Simple-shear conjugate rift margins of the Argentine Precordillera and the Ouachita embayment of North American Laurentia. *Geological Society of America Bulletin*, 111: 1069-1079.
- Thomas, W.A. y Astini, R.A., 2003. Ordovician accretion of the Argentine Precordillera terrane to Gondwana: a review. *Journal of South American Earth Sciences*, 16: 67-79.
- Tomezzoli, R., 2001. Further paleomagnetic results from the Sierras Australes fold and thrust belt, Argentina. *Geophysical Journal International*, 147: 356-366.
- Truco, S. y Rapalini, A.E., 1996. New evidence of a widespread Permian remagnetizing event in the central andean zone of Argentina. 3rd International Symposium on Andean Geodynamics, *Actas*: 799-802, St. Malo
- Vaccari, N.E., 1994. Trilobitofaunas Cambro-Ordovícicas de las facies calcáreas del norte de la Precordillera (Provincias de San Juan y La Rioja). Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Córdoba (inédita), 271 p.
- Valencio, D. A.; 1980. El magnetismo de las rocas. Eudeba, Buenos Aires, 351 p.
- von Gosen, W.; 1992. Structural evolution of the Argentine Precordillera: the Rio San Juan section. *Journal of Structural Geology*, 14 (6) : 643-667.

Recibido: 15/03/05

Aceptado: 30/05/05