



RESULTADOS PALEOMAGNÉTICOS PRELIMINARES EN UNIDADES IGNEAS DE LA CORDILLERA FUEGUINA, TIERRA DEL FUEGO ARGENTINA

Tomás Luppo*, Augusto E. Rapalini, Alejandro Tassone, Horacio Lippai, Juan F. Vilas.

Laboratorio de Paleomagnetismo Daniel A. Valencio, Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGEBA), Dpto. de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, CONICET, Argentina

*tomluppo@hotmail.com

Resumen

En este trabajo se presentan resultados paleomagnéticos preliminares de siete sitios ubicados en la región central de los Andes Fueguinos, en el sector más austral de América del Sur. Corresponden a unidades ígneas básicas y mesosilícicas del Jurásico Superior – Cretácico, aflorantes en las Sierras de Vinciguerra y de Alvear. Dos de los sitios han sido recientemente datados en 72.0 ± 0.8 Ma y 74.7 ± 2.2 Ma (U/Pb SHRIMP). Se calculó la rotación de la dirección paleomagnética obtenida en cada sitio respecto a una dirección de referencia para el Cretácico Superior. Los resultados mostraron rotaciones antihorarias de similar magnitud (25° - 50°) en todas las localidades, a excepción de una donde la desviación es de solo 8° , en el mismo sentido. Se discuten brevemente las implicancias tectónicas de estos resultados preliminares.

Abstract

Preliminary paleomagnetic results from seven sites located in the central Fuegian Andes, southernmost South America are presented. Sampled rocks belong to Late Jurassic basic and mesosilicatic igneous rocks cropping out in the Vinciguerra and Alvear ranges. Two sites have been recently dated in 72.0 ± 0.8 Ma and 74.7 ± 2.2 Ma (U/Pb SHRIMP). Declination anomalies have been interpreted as reflecting tectonic rotations of the sampling sites, therefore values of rotation were calculated by comparison with an Upper Cretaceous reference direction for stable South America. Significant counterclockwise rotations of similar magnitude (25° - 50°) were found in all localities, except in one where deviation was only of 8° . Tectonic implications of these preliminary results are briefly discussed

Introducción

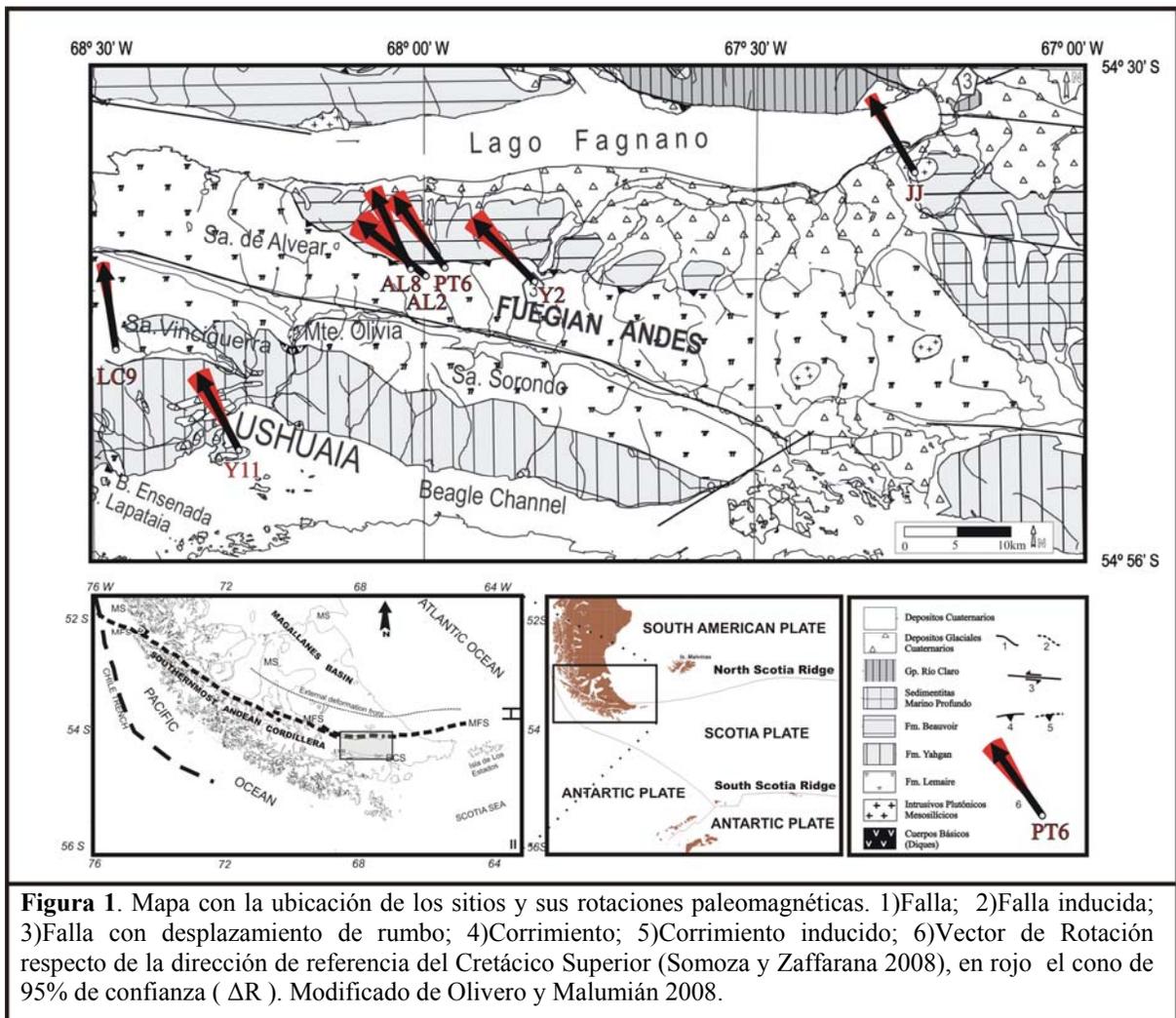
Al sur de los 50° S, la Cordillera de los Andes presenta un cambio dramático en su orientación y en la actitud de sus estructuras. Esta variación, del orden de 90° , es conocida como el Oroclino Patagónico (Carey, 1958), sin embargo, aun no existe un consenso general sobre los mecanismos tectónicos involucrados en su génesis. Las distintas propuestas varían desde un modelo esencialmente oroclinal hasta la presencia de una curvatura heredada a partir de un paleomargen articulado. Los estudios paleomagnéticos brindan información fundamental para abordar este tema y varios trabajos se han realizado en este sentido (Rapalini, 2007; Maffione et al., 2010; y trabajos allí citados). Como señala Rapalini (2007) diversas falencias en la base de datos paleomagnéticos existente, no permiten realizar un análisis satisfactorio, que conduzca a un modelo más definitivo sobre el origen y evolución cinemática de esta curvatura.

La evolución tectónica de los Andes de Tierra del Fuego se caracteriza por una fase extensional durante el Jurásico Superior asociada a los procesos iniciales de desmembramiento del Gondwana que fue



acompañada por un profuso volcanismo bimodal, representado en territorio fueguino de la Argentina por la Fm. Lemaire (ó su equivalente Fm. Tobifera). La extensión continuada derivó en la apertura, hacia el Cretácico Inferior, de la Cuenca Marginal de Rocas verdes. Las secuencias volcano-sedimentarias de la Fm. Yahgán y las sedimentitas de la Fm. Beauvoir fueron rellenando la cuenca hasta el comienzo de su inversión en el Cretácico Superior. Esta nueva etapa, esencialmente compresiva, dio origen al Orógeno Fueguino y permitió el desarrollo de la Cuenca de Antepais de Magallanes. Finalmente, en el Cenozoico la región se encuentra dominada por un régimen transcurrente vinculado al movimiento relativo entre la placas Antártica y Sudamericana. Otras contribuciones recientes relativas a distintos aspectos de la geología de esta región han sido publicados por Diraison et al. (2000), Ghiglione y Cristallini (2007), Kraemer et al. (2003), Lodolo et al. (2003), Olivero y Malumián (2008), Menichetti et al. (2008), González-Guillot et al. (2010), Klepeis et al. 2010, entre otros.

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados preliminares de un estudio paleomagnético llevado a cabo sobre rocas ígneas básicas asociadas a la Fm. Lemaire del Jurásico Superior, aflorante en las Sierras de Vinciguerra y de Alvear, entre el Canal Beagle y el Lago Fagnano. Se incorporan también datos paleomagnéticos de trabajos previos (Baraldo et al., 2002; Rapalini et al., 2005) realizados en cuerpos intrusivos mesosilíceos aflorantes en el área.





Metodología

Se estudiaron 10 sitios ubicados en el sector central de los Andes Fueguinos señalado en la Figura 1. Todos ellos corresponden a rocas ígneas básicas asociadas a la Fm. Lemaire aflorantes en la Sierra de Alvear (AL2, AL8, AL10, PT4, PT6, PT7 y PT8) y en la Sierra de Vinciguerra (LC5, LC8 Y LC9). De cada uno se extrajo un bloque orientado con brújula magnética, obteniéndose en promedio 29 especímenes cilíndricos de tamaño standard (2.54 cm x 2.2 cm) por cada sitio. Los especímenes fueron sometidos a procesos desmagnetizantes por campos magnéticos alternos linealmente decrecientes (AF), midiéndose la dirección e intensidad de la remanencia con un magnetómetro criogénico 2G (550R) y un magnetómetro rotativo JR6 (AGICO). Las etapas de desmagnetización generalmente utilizadas fueron 3, 6, 9, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 100 y 120 mT. Seis de los sitios (AL10, PT4, PT7, PT8, LC5 y LC8) mostraron magnetizaciones inestables o inconsistentes por lo que no resultaron útiles para el análisis paleomagnético. En tres de los sitios (AL2, AL8 y L9) las direcciones de remanencia fueron definidas por medio del análisis de componentes principales (Kirschvink, 1980), mientras que en el sitio PT6 se obtuvo la dirección media de la remanencia aplicando el método de círculos máximos propuesto por McFadden y McElhinny (1988). Los resultados preliminares obtenidos se sintetizan en la Tabla 1. Para mantener la claridad, sólo aparecen en la Figura 1 los sitios con resultados paleomagnéticos positivos.

Estudios paleomagnéticos previos en esta región presentaron resultados del intrusivo monzogranítico del Cerro Jeujepén (Baraldo et al., 2002), intruido en la Fm. Beauvoir, recientemente datado en 72.0 ± 0.8 (U/Pb SHRIMP, Cerredo et al., 2011). Los resultados originales fueron completados con nuevos datos paleomagnéticos de siete muestras de dicha localidad (sitio JJ, Figura 1). Posteriormente, Rapalini et al. (2005) presentaron resultados de un estudio preliminar sobre diversas rocas ígneas de la Cordillera Fueguina. Este último estudio reportó la presencia de resultados positivos solo en dos sitios: un sill básico (Y2) intercalado en la Fm. Lemaire y un pórfido dacítico aflorante en la Península Ushuaia (Y11). El pórfido dacítico está asociado al aledaño Plutón Ushuaia, datado recientemente en 74.7 ± 2.2 Ma (U/Pb SHRIMP, Barbeau et al. 2009), si bien la cronología precisa de las unidades asociadas a este plutón es aun debatida (ver González Guillot et al. 2011).

Se calculó la rotación (R) de la dirección paleomagnética media de cada sitio (Beck, 1989) con respecto a una dirección de referencia para la región (Dec: 165.1° ; Inc: 73.6° ; α_{95} : 4.3°). La misma correspondió al polo paleomagnético promedio del Cretácico Superior de América del Sur propuesto por Somoza y Zaffarana (2008). Los valores de rotación calculados para cada sitio y sus correspondientes incertidumbres, como así también las direcciones paleomagnéticas medias, se presentan en la Tabla 1 y se ubican en la Figura 1.

Resultados y Análisis

Los resultados preliminares obtenidos, muestran en todos los casos sistemáticas rotaciones antihorarias respecto de la dirección de referencia del Cretácico Superior. Los valores oscilan entre 25° y 50° aproximadamente, a excepción del sitio LC9, donde la rotación es menor (8°).

Se observan anomalías importantes en el valor de la inclinación en los sitios AL2 y LC9, y en menor proporción en el sitio JJ, que pueden deberse a basculamientos no controlados en algunos de estos sitios.

Los sitios analizados corresponden a litologías diversas y su ubicación cubre buena parte del área en estudio, lo que sugiere preliminarmente una homogeneidad en el comportamiento rotacional de los sitios estudiados. Esta homogeneidad también se observa si se incorporan al análisis datos paleomagnéticos anteriores ubicados más hacia el oeste y publicados por Burns et al. (1980), si bien los mismos no cumplen



con criterios experimentales actuales de confiabilidad. La homogeneidad mencionada en los valores de rotación es consistente con un modelo de rotación oroclinal del orógeno fueguino de unos 30° . El valor sensiblemente menor observado en el sitio LC9 puede ser interpretado en este caso como debido a basculamiento no controlado que ha producido una rotación aparente en sentido opuesto o a que la cristalización de este cuerpo, del que se carecen dataciones radimétricas o la edad de magnetización en el mismo son posteriores a la deflexión oroclinal. En virtud de las edades del orden de 73 Ma de las rocas de dos sitios muestreados, se infiere que el hipotético curvamiento oroclinal habría ocurrido con posterioridad. Maffione et al. (2010) postularon que no ha ocurrido ningún curvamiento oroclinal después de los 50 Ma, lo que restringiría la rotación oroclinal entre los 73 y 50 Ma. Los datos disponibles no permiten definir si existió un mayor curvamiento con anterioridad a dicho lapso.

Si bien los datos obtenidos son consistentes con los modelos oroclinales, no invalidan modelos que postulen la presencia de rotaciones sistemáticas (tipo bloques en dominó) asociadas a desplazamientos transcurrentes sinestrales a lo largo de sistemas como el Magallanes-Fagnano (sitio JJ), el Carabajal-Lasifashaj (sitios Y2, PT6, AL2 y AL8) y el Canal de Beagle (sitio Y11). Es de notar que el sitio LC9, que presenta el menor valor de rotación es el que se encuentra más alejado de estos sistemas de fallamiento de rumbo.

Nuevos estudios paleomagnéticos y análisis estructurales detallados en cada sitio con resultados positivos que permita evaluar la compatibilidad de los trenes estructurales locales con las rotaciones observadas ha de permitir determinar con mayor certeza cual modelo tectónico es más probable.

Sitio	Dec.	Inc.	A_{95}	n	Tipo de roca y edad	R	ΔR	Referencia
AI2	114.5°	15.1°	11.8°	3	Intrusivo básico	-50.6°	10.0°	Este trabajo
AI8	319.4°	-59.6°	7.4°	4	Intrusivo básico	-25.7°	6.8°	Este trabajo
PT6	129.8°	73.6°	8.45°	7*	Intrusivo básico	-35.3°	7.5°	Este trabajo
LC9	158.3°	-6.2°	3.5°	8	Intrusivo básico	-8.5°	4.4°	Este trabajo
Y2	301°	-59.8°	9.4°	7	Sill basáltico Jurásico Superior	-44.1°	8.3°	Rapalini et al. (2005)
Y11	316.9°	-62.7°	9.2°	7	Dacita; 74.7±2.2 Ma (U/Pb SHRIMP; Barbeau et al., 2009)	-28.2°	8.1°	Rapalini et al. (2005)
JJ	314.5°	-33.6°	4.5°	31	Monzodiorita; 72.0±0.8 Ma (U/Pb SHRIMP; Cerredo et al., 2011)	-30.6°	5.0°	Baraldo et al. (2002)
Dirección Referencia	165.1°	73.6°	4.3°		-	-	-	Somoza y Zaffarana (2008)

Tabla 1. Datos paleomagnéticos preliminares del sector central de la Cordillera Fueguina.

* Dirección paleomagnética calculada a partir de siete círculos máximos, según McFadden y McElhinny (1988)

Conclusiones

Se presentaron los resultados preliminares de un estudio paleomagnético realizado en el sector central de los Andes Fueguinos, enfocado en unidades ígneas asociadas a la Fm. Lemaire. En cuatro de los diez sitios



analizados se pudieron definir direcciones paleomagnéticas medias. A estos datos se sumaron los de otros tres sitios publicados con anterioridad por Baraldo et al. (2002) y Rapalini et al. (2005).

Fueron calculadas las anomalías direccionales respecto de un vector de referencia del Cretácico Superior para regiones estables de América del Sur, observándose rotaciones antihorarias entre 25° y 50°, a excepción de un sitio donde la magnitud resultó de solo 8°.

Tres de los siete sitios estudiados mostraron anomalías significativas en la inclinación, las causas de las mismas deben aún ser estudiadas.

La edad máxima de las rotaciones, al menos para dos de los sitios, es del orden de 73 Ma.

Si bien la amplia distribución y relativa homogeneidad en los valores y sentido de las rotaciones son consistentes con un modelo de rotación oroclinal del orógeno fueguino de unos 30° entre el Cretácico tardío y el Paleoceno, aún no puede descartarse que las rotaciones halladas estén asociadas a desplazamientos de rumbo sinistral a lo largo de los mega-sistemas transcurrentes Magallanes-Fagnano, Carbajal-Lisafashaj y Canal de Beagle.

Agradecimientos

Se quiere agradecer al Dr. Mauricio González-Guillot (CADIC-CONICET), a Marcos Goldin y a Ana Lossada por su colaboración en el campo. También a la Universidad de Buenos Aires (UBACyT X235) por el financiamiento de este trabajo.

Referencias

- Baraldo, A., Rapalini, A., Tassone, A., Lippai, H., Menichetti, M., Lodolo, E., 2002, Estudio paleomagnético del intrusivo del cerro Hewhoepen, Tierra del Fuego, y sus implicancias tectónicas, 15° Congreso Geológico Argentino, El Calafate, Actas 1, 285–290
- Barbeau, D.L., Gombosi, D.J., Zahid, K.M., Bizimis, M., Swanson-Hysell, N., Valencia, V., Gehrels, G.E., 2009, U-Pb zircon constraints on the age and provenance of the Rocas Verdes basin-fill, Tierra del Fuego, Argentina, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 10, Q12001
- Beck Jr., M.E., 1989, Paleomagnetism of continental North America; Implications for displacement of crustal blocks within the Western Cordillera, Baja California to British Columbia, *Geological Society of America Memoir*, 172, Chapter 22
- Burns, K.L., Rickard, M.J., Belbin, L., Chamalaun, F., 1980, Further paleomagnetic confirmation of the Magallanes orocline, *Tectonophysics*, 63, 75-90
- Carey, S.W., 1955, The orocline concept in geotectonics, *Proceedings of the Royal Society of Tasmania*, 89, 255-288
- Cerrodo, M. E., Tassone, A., Rapalini, A., Hervé, F. M., Fanning, 2011, Campanian magmatism in the Fuegian Andes: new SHRIMP age of Jeujepen Pluton. Argentina, XVIII Congreso Geológico Argentino, S12



Diraison, M., Cobbold, P.R., Gapais, D., Rossello, E., 2000, Cenozoic crustal thickening, wrenching and rifting in the foothills of the southernmost Andes, *Tectonophysics*, 316, 91-119.

Ghiglione, M.C. y Cristallini, E.O., 2007, Have the southernmost Andes been curved since Late Cretaceous time? An analog test for the Patagonian Orocline. *Geology* 35 (1), 13–16

González-Guillot, M., Acevedo, R., Escayola M., 2010, El Gabro Rancho Lata: Magmatismo mesozoico off-axis de la cuenca marginal Rocas Verdes en los Andes Fueguinos de Argentina, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 27, núm. 3, 2010, p. 431-448

González-Guillot, M., Escayola M., Acevedo, R., 2011, Calc-alkaline rear-arc magmatism in the Fuegian Andes: Implications for the mid-cretaceous tectonomagmatic evolution of southernmost South America, *Journal of South American Earth Sciences* 31, 1-16

Kirschvink, J.L., 1980, The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data, *Geophys. J. R. Astron. Soc.* 62, 699–718

Klepeis, K., Betka, P., Clarke, G., Fanning, M., Hervé, F., Rojas, L., Mpodozis, C., Thomson, S., 2010, Continental underthrusting and obduction during the Cretaceous closure of the Rocas Verdes rift basin, Cordillera Darwin, Patagonian Andes, *Tectonics*, Vol. 29, TC3014

Kraemer, P.E., 2003, Orogenic shortening and the origin of the Patagonian orocline (56°S. Lat), *Journal of South American Earth Sciences*, 15, 731-748

Lodolo, E., Menichetti, M., Bartole, R., Ben-Avraham, Z., Tassone, A., Lippai, H., 2003, Magallanes-Fagnano continental transform fault (Tierra del Fuego, southernmost South America), *Tectonics*, Vol. 22(6), 1076

Maffione, M., Speranza, F., Faccenna, C. y Rossello, E., 2010, Paleomagnetic evidence for a pre-early Eocene (± 50 Ma) bending of the Patagonian orocline (Tierra del Fuego, Argentina): Paleogeographic and tectonic implications, *Earth and Planetary Science Letters* 289, 273–286

McFadden, P.L., McElhinny, M.W., 1988, The combined analysis of remagnetization circles and direct observations in paleomagnetism, *Earth and Planetary Science Letters*, 87, 161-72

Menichetti M., Lodolo, E. y Tassone A., 2008, Structural geology of the Fuegian Andes and Magallanes fold and thrust belt – Tierra del Fuego Island, *Geologica Acta*, 6, 1, 19-42

Olivero, E.B. y Malumián, N., 2008, Mesozoic–Cenozoic stratigraphy of the Fuegian Andes, Argentina, *Geologica Acta* 6 (1), 5–18

Rapalini, A.E., Lippai, H., Tassone, A., Cerredo, M.E., 2005, An AMS and paleomagnetic study across the Andes in Tierra del Fuego. 6th International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG), Barcelona, Extended Abstracts, pp. 596–599

Rapalini, A.E., 2007, A paleomagnetic analysis of the Patagonian Orocline, *Geol. Acta* 5, 287–294 N°4

Somoza, R. y Zaffarana C.B., 2008, Mid-Cretaceous polar standstill of South America, motion of the Atlantic hotspots and the birth of the Andean cordillera, *Earth and Planetary Science Letters* 271, 267–277