



RESULTADOS PALEOMAGNÉTICOS PRELIMINARES DE UNIDADES DEL PALEOZOICO SUPERIOR DE LA CUENCA DE TARIJA: IMPLICANCIAS CRONOESTRATIGRÁFICAS

Leandro C. Gallo^{1*}, Renata N. Tomezzoli¹, Alejandra Dalenz Farjat², Roberto M. Hernández²

¹Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires IGEBA, CONICET

²GEOMAP S.A, Salta, Argentina

*e-mail: lengallo@gmail.com

ABSTRACT

We carried out a magnetostratigraphic and anisotropy of magnetic susceptibility study of late Paleozoic sediments of the Tarija Basin. With this aim, we sampled at decametric scale a continuous section of about 800 m including glaci-lacustrine sediments of the San Telmo Formation (upper Mandiyuti Group) and a regressive red bed megasequence (Cuevo Supercuence). Paleomagnetic analysis reveals a highly stable component to temperatures above 600° C, this component is interpreted as a characteristic remanent magnetization (ChRM). Hematite is the likely carrier of this magnetic component and was acquired prior to folding, on the basis of a fold-test (Enkin, 2003). A slightly different average inclination, and thus paleomagnetic pole position, is obtained by correcting the inclination shallowing error by the Elongation–Inclination method (Tauxe, Kent 2004). The calculated position after correction (60.8°S 349th E; N = 16; $\alpha_{95} = 3.9$, k = 16) is consistent with the directions of the upper Carboniferous - lower Permian Gondwana APWP. The presence of both normal and reversed polarity zones to the top of the column indicate deposition after the end of the Kiaman Superchron. Our results indicate a Guadalupian age for the base of the Vitiagua Formation.

Keywords: Paleomagnetism, Tarija Basin, Late Paleozoic, Kiaman Superchron

RESUMEN

Se realizó un estudio magnetoestratigráfico en sedimentitas del Paleozoico Superior de la Cuenca de Tarija. Para tal fin, fue muestreada a escala decamétrica una sección continua de alrededor de 800 m que incluyen sedimentos glaci-lacustres de la Formación San Telmo (Grupo Mandiyutí superior) y la super-secuencia de estratos rojos del Grupo Cuevo. El análisis paleomagnético revela una componente de gran estabilidad a temperaturas mayores a 600° C, esta componente se interpreta como una magnetización remanente característica (MRCa), cuyo mineral portador es hematita que fue adquirida con anterioridad al plegamiento, sobre la base de un test de plegamiento (Enkin, 2003). Se obtuvo una posición paleopolar levemente diferente después de corregir el error de inclinación por el método de Elongación-Inclinación (Tauxe, Kent, 2004). La posición computada luego de la corrección (60.8°S 349° E; N = 16; $\alpha_{95} = 3.9$; k = 16) es consistente con las direcciones del Carbonífero Superior – Pérmico Inferior de Gondwana. La presencia de magnetizaciones normales hacia el techo de la columna indica que su depositación ocurrió con posterioridad al Superchron de Polaridad Reversa Kiaman, indicando que la base de la Formación Vitiagua es de edad Guadalupiana.

Keywords: Paleomagnetism, Cuenca Tarija, Paleozoic tardío, Superchron Kiaman

Introducción

La cuenca de Tarija (Fig. 1) registra una larga historia de sedimentación a través del Paleozoico y hasta el Mesozoico, comparte su evolución con otras cuencas adyacentes del Gondwana (Starck, Papa, 2006). Las glaciaciones del sur de Gondwana son registradas en los Grupos Macharetí y Mandiyutí; los mismos se

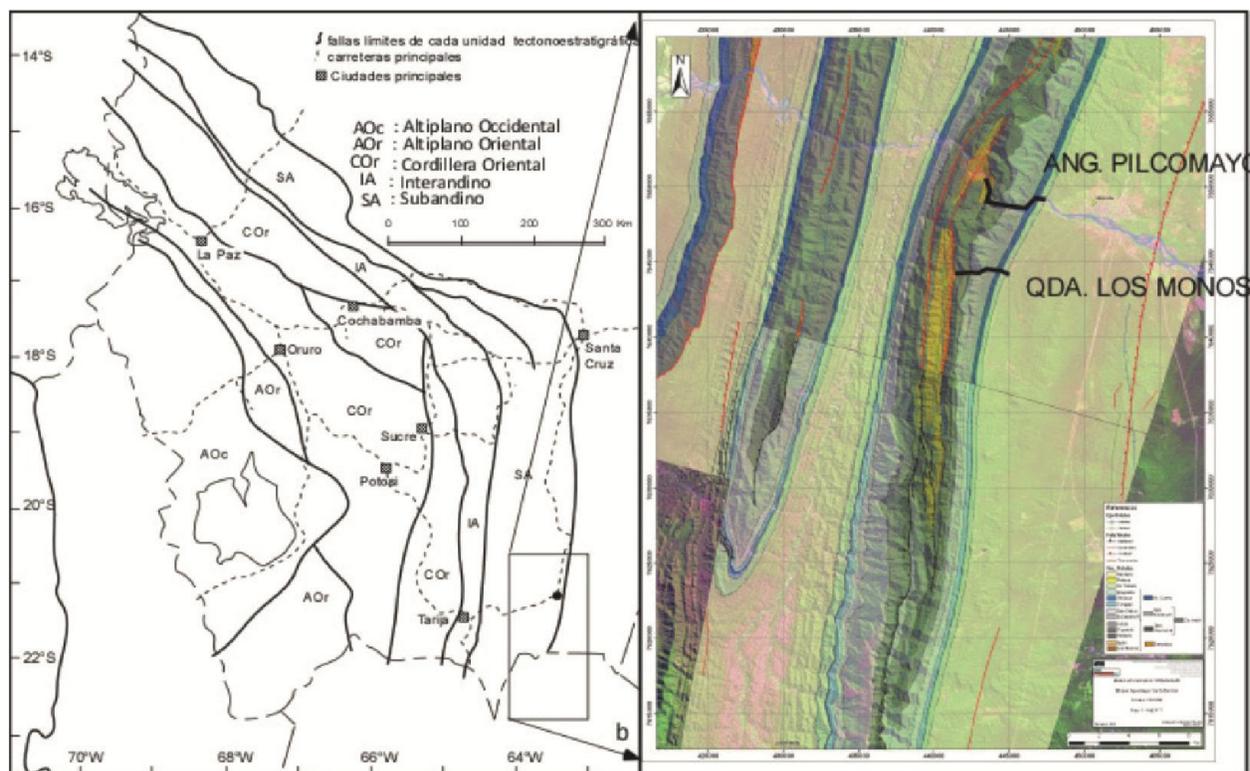
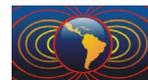


Figura 1. Mapas de ubicación y geológico de la zona de estudio entre Argentina y Bolivia.

encuentran cubiertos en discordancia por el Grupo Cuevo de características áridas y cálidas. El conocimiento de la estratigrafía del Paleozoico superior de la Cuenca de Tarija (Fig. 1) en las Sierras Subandinas presenta serios problemas geológicos, tales como la falta de dataciones radiométricas y paleontológicas. Las edades de las formaciones involucradas en el muestreo son escasas y se basan en su contenido palinológico. di Pasquo (2003) asigna una edad carbonífera superior al Grupo Mandiyutí. Asociaciones estefanianas fueron descritas en los términos superiores de la Formación San Telmo (di Pasquo *et al.*, 2001). Sempere *et al.* (1992; 2002) indican que la parte inferior de la Formación Vitiacua sería de edad pérmica superior en función de la presencia de peces y asociaciones palinomórficas.

El supercrón magnético de polaridad reversa Carbonífero-Pérmico, conocido como Kiaman, marca un período de 40-50 Ma en el cual el campo magnético terrestre estuvo caracterizado por conservar su polaridad reversa. Opdyke *et al.* (2000) paleomagnetic, and geochronologic study was undertaken in Carboniferous rocks in the northern Tamworth Belt of the New England orogen, eastern Australia. New paleomagnetic measurements at 145 horizons (sites establecen el inicio del intervalo Kiaman en 319 Ma y su final en 265 Ma (Carbonífero-Pérmico). El regreso al geodínamo con reversiones regulares y aperiódicas se conoce como intervalo Illawarra y se inició a los 265 Ma (Steiner, 2006; Lanci *et al.*, 2013). De esta manera el Kiaman se puede utilizar como un marcador temporal para correlacionar secuencias estratigráficas de escala local a global.

El estudio fue realizado en Bolivia, en las cercanías de la localidad de Villamontes y afronta la viabilidad de la magnetoestratigrafía en la Cuenca de Tarija como herramienta de correlación y posible datación.

Resultados previos, origen de la magnetización

No son abundantes los trabajos de paleomagnetismo realizados en rocas paleozoicas en la zona propuesta. Los

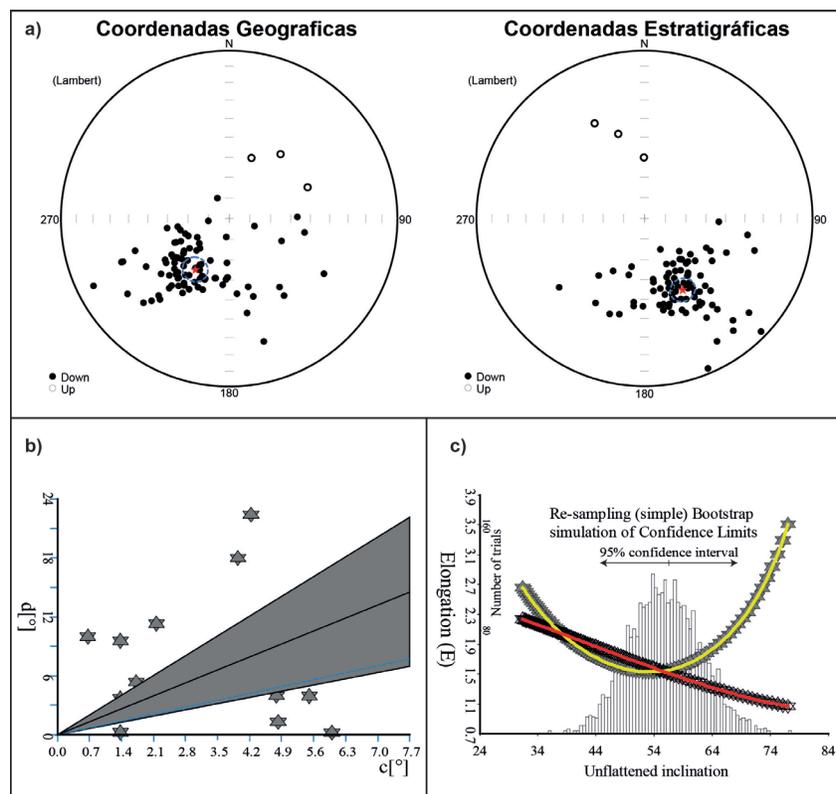


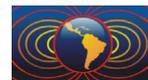
primeros trabajos fueron realizados por Creer (1970) quien concluye que cerca de la localidad de Samaipata las magnetizaciones son primarias. En el trabajo de Ernesto *et al.* (1988) son estudiadas una serie de secciones carboníferas a lo largo del cinturón subandino, y de la misma manera que Creer (1970) obtienen que estas secciones estarían portando magnetizaciones primarias carboníferas. Posteriormente, Libarkin *et al.* (1998) sugieren que los estratos rojos paleozoicos fueron remagnetizados durante el plegamiento andino en el Terciario tardío, con base en una prueba del conglomerado modificada y tests de plegamientos. En respuesta, Roperch *et al.* (2000) encuentran serias contradicciones en la interpretación de remagnetizaciones terciarias, argumentando que el 90% de los sitios muestreados poseen magnetizaciones reversas. Remagnetizaciones durante el Terciario, donde las reversiones de polaridad magnética son frecuentes, concluirían en complejos cambios de polaridad. Como conclusión, Roperch *et al.* (2000) sostienen que las magnetizaciones, son de edad paleozoica y adquiridas durante el Supercrón Kiaman. Gilder *et al.* (2003) en un re-análisis de los datos publicados por Libarkin *et al.* (1998), concluyen que las magnetizaciones son pre-tectónicas, adquiridas durante el Kiaman y cercanas a la edad de su depositación.

Estudio Paleomagnético

El muestreo paleomagnético fue realizado en un perfil sedimentario de alrededor de 600 m que aflora en la Quebrada de los Monos, cercana a la localidad de Villamontes (21.3° S, 63.5° O). El perfil abarca el Grupo Mandiyutí conformado por las Formaciones Escarpment y San Telmo y el Grupo Cuevo que incluye las Formaciones Cangapi y Vitiacua. Los afloramientos forman parte del limbo frontal del anticlinal que conforma las serranías de Aguara Güe, con una actitud general de rumbo 20° y 30° a 40° de inclinación. Las muestras fueron colectadas con una perforadora portátil a explosión Pomeroy durante una campaña de 20 días. Las medidas de intensidad y dirección de la magnetización fueron realizadas en el Laboratorio de Paleomagnetismo D. A. Valencio de la Universidad de Buenos Aires en un magnetómetro criogénico 2G DC Squid.

Figura 2. a) Proyección de igual área de las componentes aisladas, antes y después de la corrección estructural (círculos cerrados, inclinaciones positivas). b) Test de dirección-corrección positivo (Enkin, 2003). La pendiente DC denota que el óptimo grado de agrupamiento incluye el 100% de corrección por estructura. c) Elongación (línea amarilla) e inclinación (línea roja) como función de la inclinación corregida. También se muestra el histograma de las inclinaciones obtenidas a partir de 5000 remuestréos.





El análisis paleomagnético preliminar de 101 especímenes, revela hasta el momento una componente de gran estabilidad con temperaturas de bloqueo por encima de los 620° C que no es afectada por desmagnetización AF, indicando que el mineral portador de la magnetización es la hematita. Esta magnetización es interpretada como una magnetización remanente característica. La dirección media computada por 90 especímenes (16 sitios) tiene la siguiente dirección: $D = 214.5^\circ$, $I = 59.7$, $k = 13.5$, $\alpha_{95} = 4.2^\circ$ y $D = 152.7$, $I = 49.9$, $k = 15$, $\alpha_{95} = 3.9^\circ$, antes y después de la corrección estructural (Fig. 2a). La aplicación del test de DC de Enkin (Fig. 2b, Enkin, 2003) arrojó un resultado positivo indicando que la magnetización es de origen pre-tectónico. La presencia de magnetizaciones normales y reversas permitió la realización de un test de reversión (McFadden & McElhinny, 1990) que arrojó un resultado positivo de clase “B” (ángulo entre las poblaciones normal y reversa = 9.4° , ángulo crítico = 33°). En función de los resultados positivos se calculó un polo paleomagnético cuya posición es 63.8° S, 1° E, $n: 90$, $\alpha_{95} = 3.9^\circ$ (Fig. 4).

Con los resultados obtenidos hasta el momento, se realizó la secuencia de polaridades magnéticas usando la inclinación promedio de Polos Geomagnéticos Virtuales (PGV’s) por sitio de muestreo (Fig. 3). La presencia de polaridades normales hacia la base de la Formación Vitiacua indicaría que la depositación de la misma es de edad Guadalupiana, en congruencia con el contenido fosilífero descrito por Sempere *et al.* (1992).

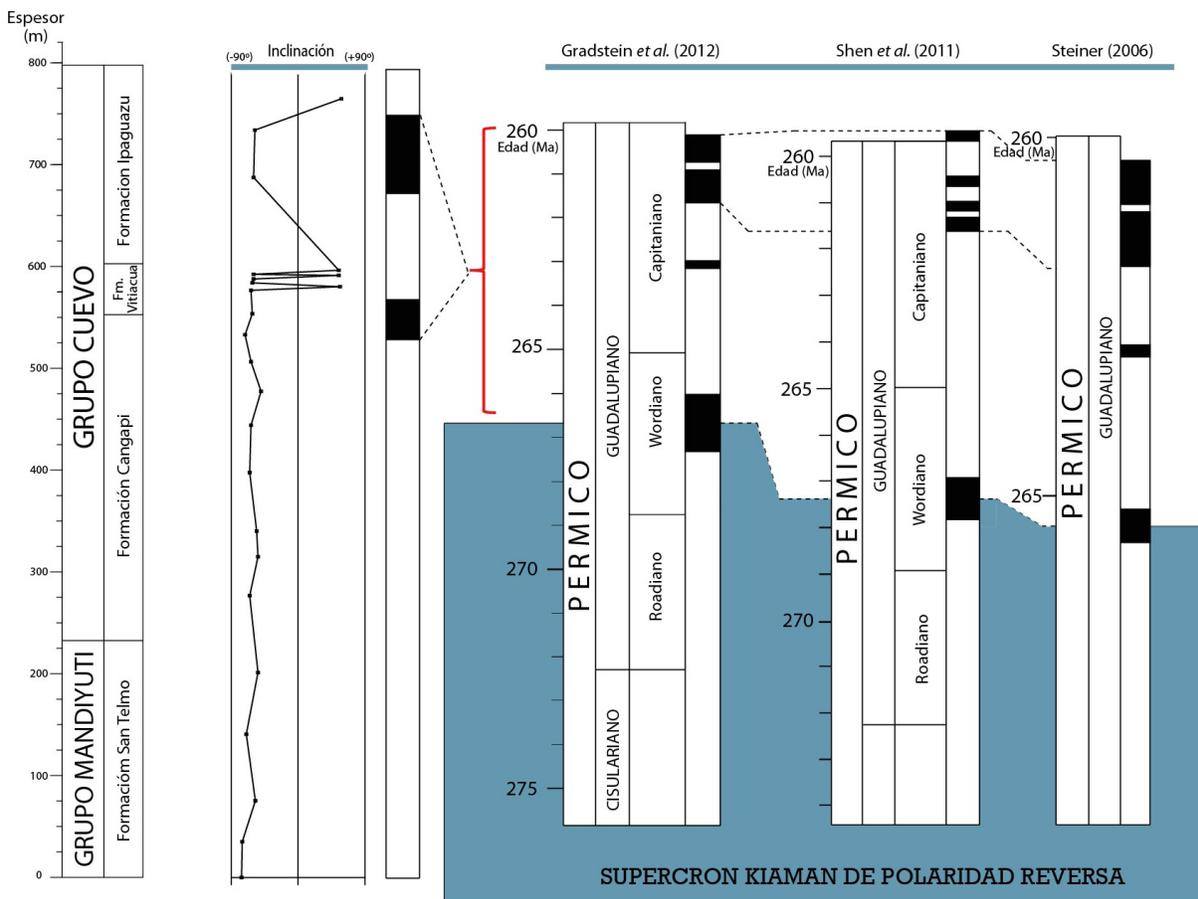


Figura 3. Resultados magnetoestratigráficos de la sección estudiada. La secuencia de polaridades es comparada con una presentada por Steiner (2006), Shen *et al.* (2011) y Gradstein *et al.* (2012). Figura adaptada de Lanci *et al.* (2013). Blanco /negro: inclinación positiva/negativa: reverso/normal para el hemisferio Sur.

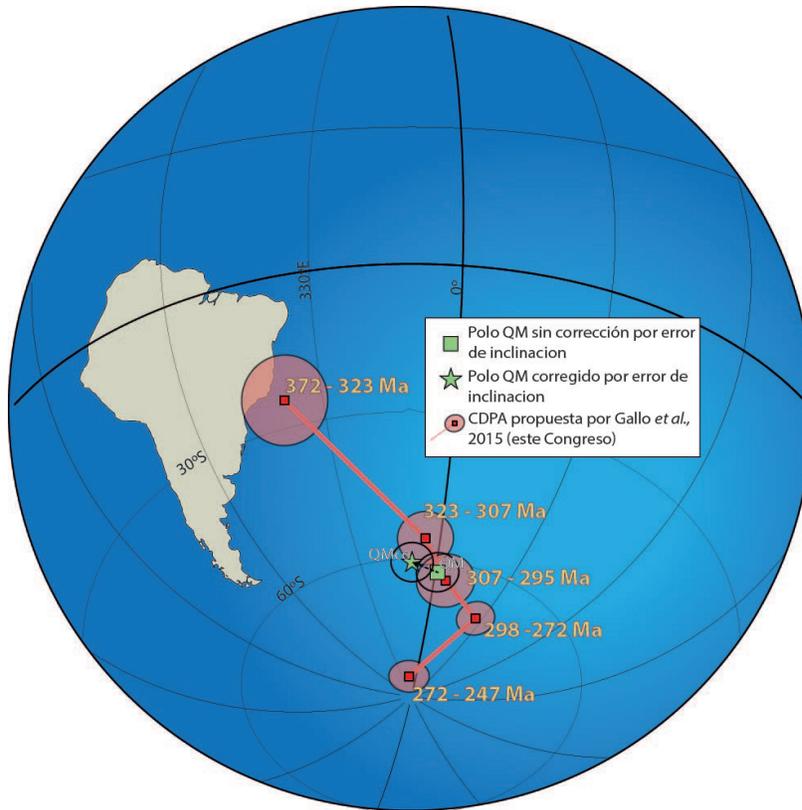
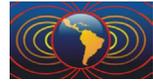


Figura 4. Ubicación de los polos paleomagnéticos calculados en este trabajo junto con la CDPA de Gondwana propuesta por Gallo *et al.* (2015, este Congreso).

Corrección del error de inclinación

Existen numerosos trabajos que documentan errores de inclinación en rocas sedimentarias y en experimentos de laboratorio (Tauxe, Kent, 1984). Si bien los mecanismos de compactación y de adquisición de la magnetización son muy diversos, el error de inclinación se puede expresar en una ecuación simple: $\tan(I_m) = f \cdot \tan(I_0)$ (King, 1955), donde I_m es la inclinación medida, I_0 es la inclinación del campo y f es el factor de aplastamiento.

Conclusiones

El estudio paleomagnético realizado provee nuevas implicaciones en la historia depositacional de la Cuenca de Tarija. La magnetoestratigrafía de la sección muestra polaridades magnéticas mixtas en la base de la Formación Vitiagua indicando una edad post-Kiaman (Guadalupiana) para estas rocas del Paleozoico Superior. De acuerdo con el método de Tauxe y Kent (2004) se calculó a partir de las componentes aisladas el factor de compactación f , cuyo valor es de 0.816. Como consecuencia, la inclinación de la remanencia muestra un error de inclinación de 5.4° ($\text{Dec} = 151^\circ$, $\text{Incl} = 50$, $\alpha_{95} = 4$) y el Polo Paleomagnético corregido es $D = 60.8^\circ \text{ S } 349.0 \text{ E}$; $N = 16$; $\alpha_{95} = 3.9$; $k = 16$. Esta posición es coherente con las del Carbonífero Superior en la curva propuesta por Gallo *et al.* (2015, este congreso) para Gondwana, en sintonía con la edad de las rocas y sosteniendo una configuración de Pangea tipo B (Irving, 1977).

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con la colaboración y logística de XR-GeoMap y financiado con los Proyectos de Investigación UBACyT 894, PICT 2272 y Proyecto de Vinculación Tecnológica “Ing. E. Mosconi”.

Referencias

Cocks, L.R.M. Torsvik, T.H., 2011. The Palaeozoic geography of Laurentia and western Laurussia: A stable craton with mobile margins. *Earth-Science Reviews*, 106 (1-2), 1–51.



- Enkin, R.J., 2003. The direction–correction tilt test: an all-purpose tilt/fold test for paleomagnetic studies. *Earth and Planetary Science Letters*, 212 (1-2), 151–166.
- Gilder, S., Rousse, S., Farber, D., McNulty, B., Sempere, T., Torres, V., Palacios, O. , 2003. Post-Middle Oligocene origin of paleomagnetic rotations in Upper Permian to Lower Jurassic rocks from northern and southern Peru. *Earth and Planetary Science Letters*, 210 (1-2), 233–248.
- McFadden, P.L. y McElhinny, M.W., 1990. Classification of the reversal test in palaeomagnetism. *Geophysical Journal International*, 103 (3),725–729.
- Opdyke, N. D., Roberts, J., Claoué-Long, J., Irving, E., Jones, P. J. , 2000. Base of the Kiama: Its definition and global stratigraphic significance. *Bulletin of the Geological Society of America*, 112 (9), 1315–1341.
- Roperch, P., Fornari, M., Hérail, G., y Parraguez, G. V., 2000. Tectonic rotations within the Bolivian Altiplano: Implications for the geodynamic evolution of the central Andes during the late Tertiary. *Journal of Geophysical Research*, 105 (B1), 795.
- Sempere, T., Carlier, G., Soler, P., Fornari, M., Carlotto, V., Jacay, J. y Jiménez, N. , 2002. Late Permian–Middle Jurassic lithospheric thinning in Peru and Bolivia, and its bearing on Andean-age tectonics. *Tectonophysics*, 345 (1), 153-181.
- Sempéré, T., Aguilera, E., Doubinger, J., Janvier, P., Lobo, J., Oller, J., y Wenz, S., 1992. La Formation de Vitiacua (Permien moyen à supérieur-Trias? inférieur, Bolivie du Sud): stratigraphie, palynologie et paléontologie.
- Starck, D., Papa, C. Del, 2006. The northwestern Argentina Tarija Basin: Stratigraphy, depositional systems, and controlling factors in a glaciated basin. *Journal of South American Earth Sciences*, 22 (3-4), 169–184.
- Tauxe, L., Kent, D. V., 2004. A simplified statistical model for the geomagnetic field and the detection of shallow bias in paleomagnetic inclinations: was the ancient magnetic field dipolar? *Time scales of the Paleomagnetic field*, 101-115.
- Tauxe, L., Kodama, K.P. y Kent, D. V., 2008. Testing corrections for paleomagnetic inclination error in sedimentary rocks: A comparative approach. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 169 (1-4), 152–165.