

NOTA BREVE

PRIMERA EDAD U-Pb EN CIRCON USANDO LA-ICP-MS DE UN DIQUE TRAQUIANDESÍTICO EMPLAZADO EN EL GRANITO TIPO A LOS ÁRBOLES, SIERRAS PAMPEANAS ORIENTALES

Juan A. DAHLQUIST^{1,2}, y Pablo H. ALASINO^{2,3}

¹ CICTERRA-CONICET-UNC, Córdoba, Córdoba.

² INGereN-CENIIT-UNLaR, La Rioja, La Rioja.

³ CRILAR-CONICET, Anillaco, La Rioja.

RESUMEN

La edad de cristalización de diques subvolcánicos emplazados en plutones graníticos carboníferos, Sierras Pampeanas Orientales, permanece incierta. La primera edad U-Pb en circón usando LA-ICP-MS obtenida en un dique que intruye al plutón Los Árboles (sierra de Fiambalá), revela una edad de cristalización de 311 ± 3 Ma.

Palabras clave: *Diques subvolcánicos, U-Pb en circón LA-ICP-MS.*

ABSTRACT

First age U-Pb zircon LA-ICP-MS from trachyandesitic dyke emplaced in the A-type Los Árboles pluton, Eastern Sierras Pampeanas.

The crystallization age of subvolcanic dykes emplaced in Carboniferous granitic plutons of the Sierras Pampeanas Orientales remains uncertain. The first age precise U-Pb zircon LA-ICP-MS obtained from a dyke emplaced in the Los Árboles pluton (Sierra de Fiambalá) yield a crystallization age of 311 ± 3 Ma.

Keywords: *Subvolcanic dykes, U-Pb LA-ICP-MS on zircon.*

INTRODUCCIÓN

Una característica común de los granitos carboníferos tipo-A aflorantes en las Sierras Pampeanas Orientales es que ellos se encuentran intruidos por diques de dominante composición traquiandesita basáltica a traquiandesita, los cuales han sido recientemente incorporados a modelos petrogenéticos de escala regional (ej., Dahlquist *et al.* 2010, Alasino *et al.* 2012). Inicialmente, algunos diques fueron estudiados por Villar (1975), particularmente los del faldeo occidental de la sierra de Fiambalá y también han sido objeto de trabajos aislados (p.ej., Morello y Rubinstein 2000). Recientemente, basado en las características geoquímicas y relaciones de campo, se ha postulado que estos diques pueden ser incluidos en un episodio magmático de mayor envergadura desarrollado durante el Carbonífero en las Sierras Pampeanas Orientales (p.ej., Dahlquist *et*

al. 2010, Alasino *et al.* 2012). Aún sin conocer la edad de estos diques, se ha sugerido, basado en sus relaciones de campo con los plutones que los contienen, una edad post-carbonífera (p.ej., Morello y Rubinstein 2000). Actualmente, estos diques carecen de una edad precisa que los ubique certeramente en la escala temporal geológica.

En este trabajo informamos la primera edad U-Pb en circón usando LA-ICP-MS para un dique de composición traquiandesítica (muestra FIA-7) que intruye al plutón Los Árboles, con una edad mínima de 335 Ma (edad U-Pb convencional, Grissom *et al.* 1998), sector central de la sierra de Fiambalá, provincia de Catamarca (Fig. 1a). En base a estudios petrológicos y geoquímicos informados en recientes trabajos (Dahlquist *et al.* 2010, Alasino *et al.* 2012), nosotros correlacionamos este dique con otros diques que intruyen granitos carboníferos tipo A en las sierras de Velasco y Famatina. Así, esta edad pue-

de ser significativa para acotar el tiempo de emplazamiento de los diques referidos.

MAGMATISMO DEL CARBONÍFERO EN LAS SIERRAS PAMPEANAS ORIENTALES Y DIQUES RELACIONADOS A LOS PLUTONES GRANITICOS

Durante el Carbonífero Inferior a Medio un generalizado magmatismo tipo A, de dominante composición monzogranítica, se produjo a lo largo de más de 1000 km en las Sierras Pampeanas Orientales (ver Dahlquist *et al.* 2010, figura 1). Este evento está representado por plutones sub-circulares emplazados en rocas de cajas formadas durante el orógeno Famatiniano, generalmente dispersos en las serranías, aunque asociados a lo largo de prominentes zonas de cizalla generadas en el Ordovícico durante la orogenia Fami-

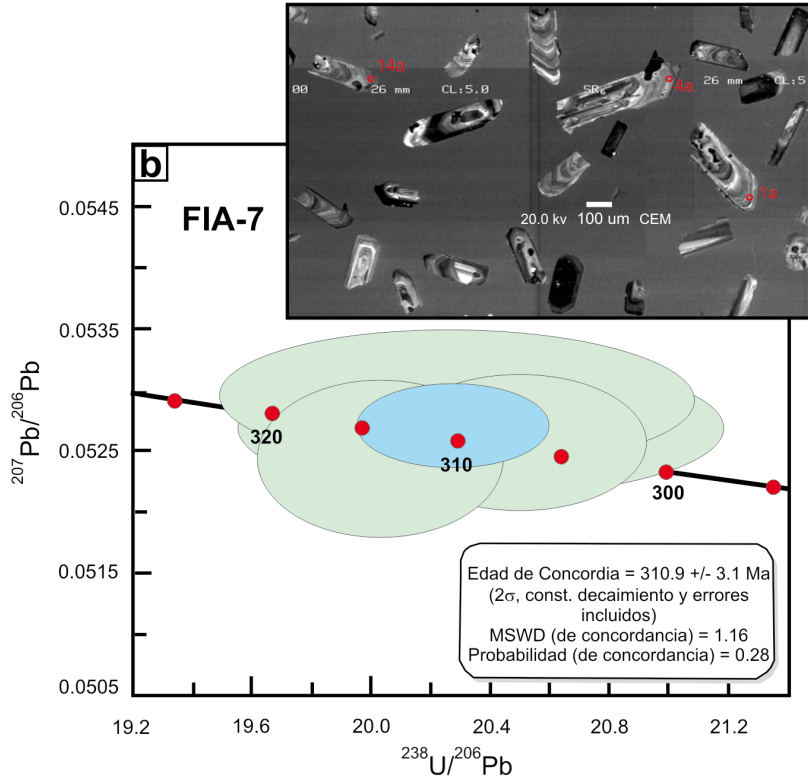
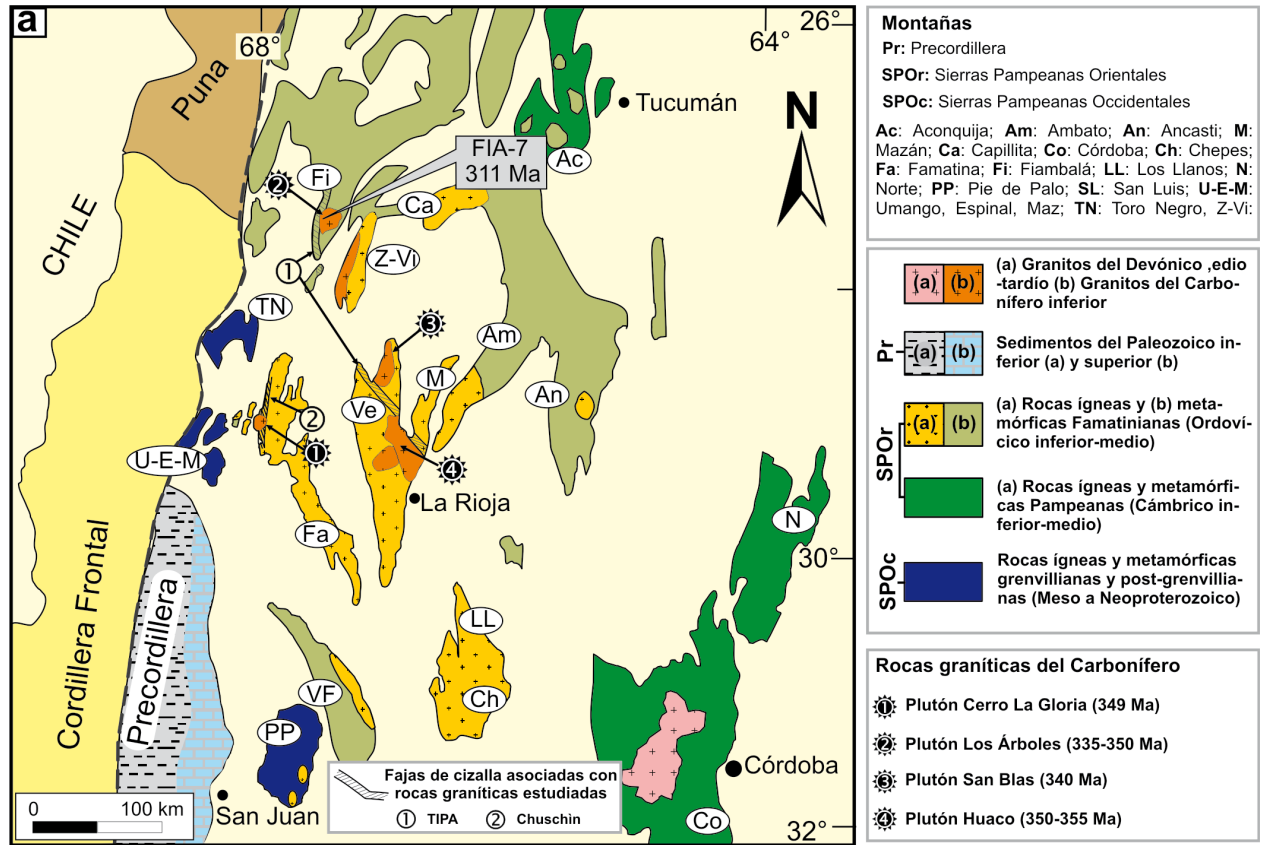


Figura 1: a) Mapa geológico simplificado de las Sierras Pampeanas mostrando los afloramientos de los granitos carboníferos referidos en el texto. Se indica de manera general la ubicación del dique traquiandesítico FIA-7 (coordenadas en cuadro 1). b) Resultados de la datación U-Pb a partir de circones alojados en el dique máfico FIA-7 usando LA-ICP-MS. La figura muestra imágenes SEM-CL de los circones analizados para una porción del montaje junto a un diagrama Tera-Wasserburg. En este diagrama cuatro puntos producen una edad de Concordia de 311 ± 3 Ma.

niana y posiblemente reactivadas durante el Paleozoico Superior (p.ej., Rapela *et al.* 2001, Höckenreiner *et al.* 2003, Hongn *et al.* 2010, Dahlquist *et al.* 2010).

El ambiente geodinámico del magmatismo desarrollado durante el Carbonífero en Sierras Pampeanas Orientales ha sido motivo de controversia. Recientemente, Dahl-

quist *et al.* (2010) sugieren que se trata de un magmatismo anorogénico con características petrológicas y geoquímicas que lo diferencian del magmatismo desarrollado du-

CUADRO 1: Resultados a partir del LA-ICP-MS sobre circón para el dique máfico FIA-7 (plutón Los Árboles, sierra de Fiambalá).

Ubicación: 27° 44' 31" - 67° 32' 36"													
Grano	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$	1 σ	ρ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{Pb}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{Pb}$	1 σ
punto	edad				edad				edad				
FIA-7 (F)													
FIA_7_1a*	20,279	0,032	0,975	0,05299	0,00759	310	10	328	17	0,360271	0,012168	312	9
FIA_7_3a	21,612	0,033	0,979	0,05423	0,00708	292	9	381	16	0,345970	0,011860	302	9
FIA_7_4a*	20,371	0,033	0,970	0,05269	0,00862	309	10	315	19	0,356621	0,012498	310	9
FIA_7_4b	21,060	0,032	0,975	0,05283	0,00758	299	9	322	17	0,345876	0,011772	302	9
FIA_7_9a	19,630	0,032	0,967	0,05297	0,00899	320	10	328	20	0,372071	0,012949	321	10
FIA_7_9b	19,086	0,015	0,905	0,06332	0,00934	329	5	719	20	0,457411	0,009445	383	7
FIA_7_11a	19,798	0,016	0,880	0,06230	0,01202	318	5	684	25	0,433874	0,010147	366	7
FIA_7_13a	18,320	0,014	0,957	0,05418	0,00521	343	5	379	12	0,407779	0,006892	347	5
FIA_7_14a*	20,497	0,017	0,920	0,05258	0,00880	307	5	311	20	0,353708	0,007538	308	6
FIA_7_15a	20,900	0,016	0,915	0,05282	0,00856	301	5	321	19	0,348470	0,006990	304	5
FIA_7_16a	20,804	0,016	0,915	0,05339	0,00874	303	5	345	20	0,353840	0,007232	308	5
FIA_7_16b*	20,033	0,017	0,905	0,05244	0,01005	314	5	305	23	0,360934	0,008044	313	6

1) Relación $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ corregida para fraccionamiento estático usando el estándar FC1 (F), 2) Las dimensiones de los errores están representados dentro de la incertidumbre de la medida solamente, 3) Relaciones $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ corregidos para fraccionamiento estático usando el estándar FC1 (F), 4) El asterisco (*) indica los data usados para calcular la edad de Concordia.

rante los orógenos previos, Famatiniano y Achaliano. En concordancia, Alasino *et al.* (2012) muestra que este magmatismo fue el resultado de una extensión generalizada en el antepaís alejado del margen de subducción activo que funcionaba en el oeste. En este sentido, este magmatismo se habría desarrollado en el marco de un orógeno intracratónico acordando con la definición de Cawood *et al.* (2009).

Una característica común de los granitos carboníferos tipo-A aflorantes en las Sierras Pampeanas Orientales es que ellos se encuentran intruidos por diques subvolcánicos de dominante composición traquiandesita basáltica a traquiandesita, los cuales han sido recientemente incorporados a modelos petrogenéticos de escala regional (ej., Dahlquist *et al.* 2010, Alasino *et al.* 2011). Un detalle de la petrología y geoquímica de estos diques es dado en diferentes trabajos previos (Villar 1975, Morello *et al.* 1996, Morello y Rubinstein 2000, Alasino *et al.* 2011 y referencias allí citadas).

METODOLOGÍA ANALÍTICA

Análisis usando el LA-ICP-MS (*Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*) sobre los circones separados a partir de la muestra FIA-7 fueron realizados en la *School Earth and Environmental Sciences, Washington State University*, usando un láser *New Wave Nd:YAG UV 213-nm* acoplado a un *ThermoFinnigan Element 2* (ICP-MS) con un único colector, con do-

ble enfoque y un sector magnético. Condiciones y parámetros de operación son discutidos en detalle por Gaschnig *et al.* (2010). Fraccionamiento en el plasma fue corregido por normalización de las relaciones U/Pb y Pb/Pb desconocidas con respecto a los valores de los circones estándares (Chang *et al.* 2006). Para este estudio fueron usados dos circones estándares: Peixe, con una edad de 564 Ma (Dickinson y Gehrels 2003) y FC-1, con una edad de 1,099 Ma (Paces y Miller 1993). Detalles acerca de la separación de los circones así como el montaje de la muestra pueden ser consultados en Gaschnig *et al.* (2010) y Dahlquist *et al.* (en prensa).

GEOCROLOGÍA

Con el objetivo de definir de manera precisa la edad de los diques máficos asociados a las rocas graníticas carboníferas, se determinó una edad U-Pb en circón, usando LA-ICPM (datos geocronológicos en Cuadro 1) para la muestra FIA-7, obtenida a partir de un dique que intruye al plutón Los Árboles. FIA-7 es una traquiandesita con $\text{SiO}_2 = 58.57\%$ en peso. Su geoquímica es discutida por Dahlquist *et al.* (2010) y Alasino *et al.* (2011).

Los circones colectados a partir de este dique máfico son mayormente granos elongados, de notable desarrollo, subhedrales a euhedrales (Fig. 1b). Las imágenes del SEM-CL (*Scanning Electron Microscope in Cathode-Luminescence mode*) revelan estruc-

turas internas complejas, con núcleos de alta luminiscencia (aunque a veces se observan pequeñas áreas oscuras, que sugieren posibles núcleos formados por xenocristales), rodeados por bordes de luminiscencia baja. Los núcleos con alta luminiscencia son interpretados como antiguos componentes heredados.

La mayoría de las edades obtenidas a partir del microanálisis sobre circones se concentran alrededor de 310 Ma y el rango de edades asumidas como antiguos circones herencia son mostrados en el cuadro 1 (por ej., 343, 329, 320 Ma). Estas edades podrían ser asignadas a las facies graníticas que forman el plutón Los Árboles, que revelan edades entre 335 y 350 Ma reportadas por Grissom *et al.* (1998). Cuatro datos producen una edad de concordia sobre un diagrama Tera-Wasserburg (Ludwig 2003) de 311 ± 3 Ma (95% límites de confianza permitidos para la incertidumbre en la calibración U/Pb), y esta edad se asume como la mejor edad de cristalización del dique máfico FIA-7 (Fig. 1b).

DISCUSIÓN

La datación aquí presentada constituye la primera edad robusta determinada a partir de un dique traquiandesítico (FIA-7, con una edad de 311 ± 3 Ma) que intruye a un plutón granítico de edad Carbonífero (plutón Los Árboles, sierra de Fiambalá, edad mínima de 335 Ma) con probada filiación tipo A (Dahlquist *et al.* 2010).

Las relaciones de campo, petrológicas y geoquímicas entre el dique estudiado y aquellos que intruyen otros plutones graníticos de tipo A, de edad Carbonífero, han sido recientemente compiladas por Alasino *et al.* (2011), como por ejemplo: (i) poseen composiciones similares, variando de traquiandesíticos a traquiandesíticos basálticos, (ii) intruyen a granitoides tipo A con textura predominantemente porfírica, (iii) mayormente se encuentran con orientaciones NNO-SSE o NNE-SSO y poseen escasa potencia (no superan los 5 metros), (iv) algunos diques revelan relaciones de *mingling* con la roca huésped, mostrando contactos lobulados (claramente evidenciados en el plutón Los Árboles) mientras que otros exhiben contactos netos, (v) poseen transferencia mecánica de fenocristales de feldespatos provenientes de la roca granítica huésped y, a menudo, contienen disgregaciones de xenolitos de la roca huésped o viceversa. Estas observaciones sugieren un emplazamiento sincrónico a tardío de los diques con relación al emplazamiento de los plutones graníticos tipo A de edad Carbonífero Inferior a Medio de las Sierras Pampeanas Orientales y, entonces, nuevas dataciones de similar precisión son requeridas para definir la edad del plutón Los Árboles. En este sentido, una edad U-Pb en circon, usando LA-ICP-MS, ha sido recientemente informada por Dahlquist *et al.* (en prensa) para el granito Los Árboles. La edad determinada es 322 ± 3 Ma y es consistente con un emplazamiento sincrónico a tardío del dique traquiandesítico FIA-7 con relación al emplazamiento del plutón Los Árboles.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el PIP112-200801-01940 (CONICET), CGL 2009-07984/BTE (España), SECyT-UN-LaR (Exp. N° 6977/07 y Exp. N° 7759/08) y MINCyT Cba. N° 000121. Los datos fueron obtenidos por J.A. Dahlquist en la WSU durante la ejecución de una Beca Externa otorgada por CONICET. J.A. Dahlquist agradece al Profesor J. Vervoort (WSU), por su asistencia con el uso del LA-ICP-

MS. Los autores agradecen también al personal técnico del laboratorio de Petrología del CRILAR-CONICET. Se agradece a dos árbitros anónimos que contribuyeron a modificar la versión temprana del trabajo, conduciendo a la presente versión del manuscrito.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Alasino, P.H., Dahlquist, J.A., Pankhurst, R.J., Galindo, C., Casquet, C., Rapela, C.W., Larrovere, M. y Fanning, C.M., 2012. Early Carboniferous sub- to mid-alkaline magmatism in the Eastern Sierras Pampeanas, NW Argentina: a record of crustal growth by the incorporation of mantle derived material in an extensional setting. *Gondwana Research* 22: 992-1008.
- Cawood, P.A., Kröner, A., Collins, W.J., Kusky, T.M., Mooney, W.D. y Windley, B.F. 2009. Accretionary orogens through Earth history. En Cawood, P.A., Kröner, A., (Eds.) Geological Society, London, Special Publications 318: 1-36.
- Chang, Z., Vervoort, J.D., McClelland, W.C. y Knaack, C. 2006. U-Pb dating of zircon by LA-ICP-MS. *Geochemistry Geophysics Geosystems* 7: 1-14.
- Dahlquist, J.A., Alasino, P.H., Eby, G.N., Galindo, C. y Casquet, C. 2010. Fault controlled Carboniferous A-type magmatism in the proto-Andean foreland (Sierras Pampeanas, Argentina): Geochemical constraints and petrogenesis. *Lithos* 115: 65-81.
- Dahlquist, J.A., Pankhurst, R.J., Gaschnig, R.M., Rapela, C.W., Casquet, C., Alasino, P.H., Galindo, C., Baldo, E.G. (en prensa) Hf and Nd isotopes in Early Ordovician to Early Carboniferous granites as monitors of crustal growth in the Proto-Andean margin of Gondwana. *Gondwana Research*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2012.08.013>
- Dickinson, W.R. y Gehrels, G.E. 2003. U-Pb ages of detrital zircons from Permian and Jurassic eolian sandstones of the Colorado Plateau, USA: paleogeographic implications. *Sedimentary Geology* 163: 29-66.
- Gaschnig, R.M., Vervoort, J.D., Lewis, R.S., y McClelland, W.C. 2010. Migrating magmatism in the northern US Cordillera: In-situ U-Pb geochronology of the Idaho batholith. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 159: 863-883.

- Grissom, G.C., Debari, S.M. y Lawrence, W.S. 1998. Geology of the Sierra de Fiambala, northwestern Argentina: implications for early Palaeozoic Andean tectonics. En: Pankhurst, R.J., Rapela, C.W. (Eds.). *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geological Society, London, Special Publications 142: 297-323.
- Höckenreiner, M., Söllner, F. y Miller, H. 2003. Dating the TIPA shear zone: an early Devonian terrane boundary between the Famatinian and Pampean systems (NW Argentina). *Journal of South America Earth Sciences* 16: 45-66.
- Hongn, F., Ferreira, L., Morello, O., Rubinstein, N., Kirschbaum, A., Guidi, F. y Anesa, G. 2010. Control estructural sobre el plutón Los Ratones y la mineralización de uranio en la sierra de Fiambalá, Sierras Pampeanas, Catamarca. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 67: 545-56.
- Morello, O., Rubinstein, N. y Burgos, J., 1996. Nuevos avances sobre la metalogénesis de la manifestación Las Termas, Fiambalá, Argentina. 3° reunión de Mineralogía y Metalogénesis, 1: 153-156. La Plata
- Morello, O. y Rubinstein, N. 2000. Los diques alcalinos y subalcalino del flanco occidental de la sierra de Fiambalá, Catamarca. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55: 245-250.
- Ludwig, K.R. 2003. Isoplot 3.0. A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronological Center Special Publication, 4, Berkeley.
- Paces, J.B. y Miller, J.D. 1993. Precise U-Pb ages of Duluth Complex and related mafic intrusions, north-eastern Minnesota: geochronological insights to physical, petrogenetic, paleomagnetic, and tectonomagmatic processes associated with the 1.1 Ga midcontinental rift system. *Journal Geophysical Research* 98: 13997-14013.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Baldo, E., Casquet, C., Galindo, C., Fanning, C.M. y Saavedra, J. 2001. Ordovician metamorphism in the Sierras Pampeanas: New U-Pb SHRIMP ages in central-east Valle Fértil and the Velasco batholith. 3° South American Symposium on Isotope Geology. Pucón, Chile, Servicio Nacional de Geología y Minería, Extended Abstracts in CD-Rom.
- Villar, L. 1975. Los basaltos alcalino de la sierra de Fiambalá. *Actas 6° Congreso Geológico Argentino* 2: 177-189.

Recibido: 23 de abril, 2012.

Aceptado: 3 de julio, 2012.