

# DATACIÓN U-PB POR LA-ICP-MS DE DIQUES GRANÍTICOS DEL CICLO PAMPEANO, SIERRA DE MOJOTORO, CORDILLERA ORIENTAL

Pamela A. APARICIO GONZÁLEZ<sup>1,2</sup>, Marcio M. PIMENTEL<sup>3</sup> y Natalia HAUSER<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> CIUNSa-CONICET. Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales, Geología, Salta.

E-mail: pamelaaparicio@gmail.com

<sup>2</sup> CIMAr. Universidad Nacional del Comahue, Departamento de Geología y Petróleo, Neuquén.

<sup>3</sup> Instituto de Geociências, Campus do Vale, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

<sup>4</sup> Universidad Nacional de Salta-CONICET, Salta.

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer los resultados de dataciones U-Pb por el método LA-ICP-MS sobre circones procedentes de diques de pórfido granítico que intruyen a la Formación Chachapoyas (*nom. nov.*) en la sierra de Mojotoro, en el noroeste de Argentina. Para ello, se analizaron 20 circones euhedrales de morfologías prismáticas aciculares y transparentes. Los resultados obtenidos son concordantes en ocho granos de circones permitiendo definir una edad de cristalización para el dique de  $533 \pm 2$  Ma. Si se asocian los nuevos datos con otros de rocas ígneas de edades similares localizadas en otros sectores de la Cordillera Oriental, se confirma un evento magmático ácido ocurrido en el Cámbrico inferior.

**Palabras clave:** *Basamento, pórfido granítico, Cámbrico inferior-medio, Mojotoro, Cordillera Oriental.*

## ABSTRACT

*LA-ICP-MS U-Pb age from granitic dikes from the Pampean cycle, Sierra de Mojotoro, Cordillera Oriental.*

A zircon U-Pb age obtained with the LA-ICP-MS method is presented for a granite porphyry from Chachapoyas Formation (*nom. nov.*), sierra de Mojotoro, NW Argentina. 20 euhedral zircons with acicular prismatic and transparent morphology were analyzed. The data obtained is concordant in eight zircons grains and show a crystallization age of  $533 \pm 2$  Ma. The new data could be associated with igneous rocks of similar ages located in the Eastern Cordillera, and suggest an acid magmatic event during the Lower Cambrian. This outcrop represents the southern expression of the Pampean magmatic arc in the NW of Argentina.

**Keywords:** *Basement, granite porphyry, Lower-Middle Cambrian, Mojotoro, Eastern Cordillera.*

## INTRODUCCIÓN

El sector central y el noroeste de la Argentina ( $22^{\circ}$ - $33^{\circ}$  S) constituían parte del margen activo del continente de Gondwana durante el Proterozoico tardío y Paleozoico temprano. Esta amplia región está ahora integrada por diversas provincias geológicas: Cordillera Oriental, Puna, Sistema de Famatina y Sierras Pampeanas Occidentales y Orientales las que tienen en común rocas con edades del Proterozoico superior y Paleozoico inferior.

El área de estudio se ubica en la sierra de Mojotoro, en el extremo sudoriental de la Cordillera Oriental argentina, al este de la

ciudad de Salta. Dicha sierra presenta una estructura anticlinal volcada y fallada en el ala oriental. El río San Antonio (Jujuy) y la falla de San Agustín (Salta) indican, respectivamente, sus límites norte y sur, mientras que los valles de Sianca y Lerma, constituyen sus límites occidental y oriental.

El basamento siliciclástico de Mojotoro está constituido por rocas de bajo grado metamórfico, formando parte del cinturón Lules-Puncoviscana definido por Mon y Hongn (1988) y de la zona tectometamórfica "1a" definida por Willner (1990). Esta zona también abarca los afloramientos del área de Cachi, de la cuesta de Escoipe y Obispo, Amblayo y la que-

brada del Toro. Este basamento subyace en relación discordante a rocas sedimentarias eopaleozoicas (Grupos Mesón y Santa Victoria) y fue originalmente identificado como la clásica Formación Puncoviscana *s.l.* (Turner 1960, Aceñolaza *et al.* 1990). Sin embargo, estudios posteriores demostraron la heterogeneidad litológica y estructural que presenta (Hongn y Moya 1993, Hongn 1996, Moya 1998, Aparicio González *et al.* 2008).

Para el noroeste argentino se reconocen un conjunto de cuerpos plutónicos graníticos vinculados al ciclo pampeano (Granitos Cañaní, Tipayoc, Fundiciones y Santa Rosa de Tastil) que intruyen a la Formación Puncoviscana *s.l.* (Turner 1960) (Fig. 1a).

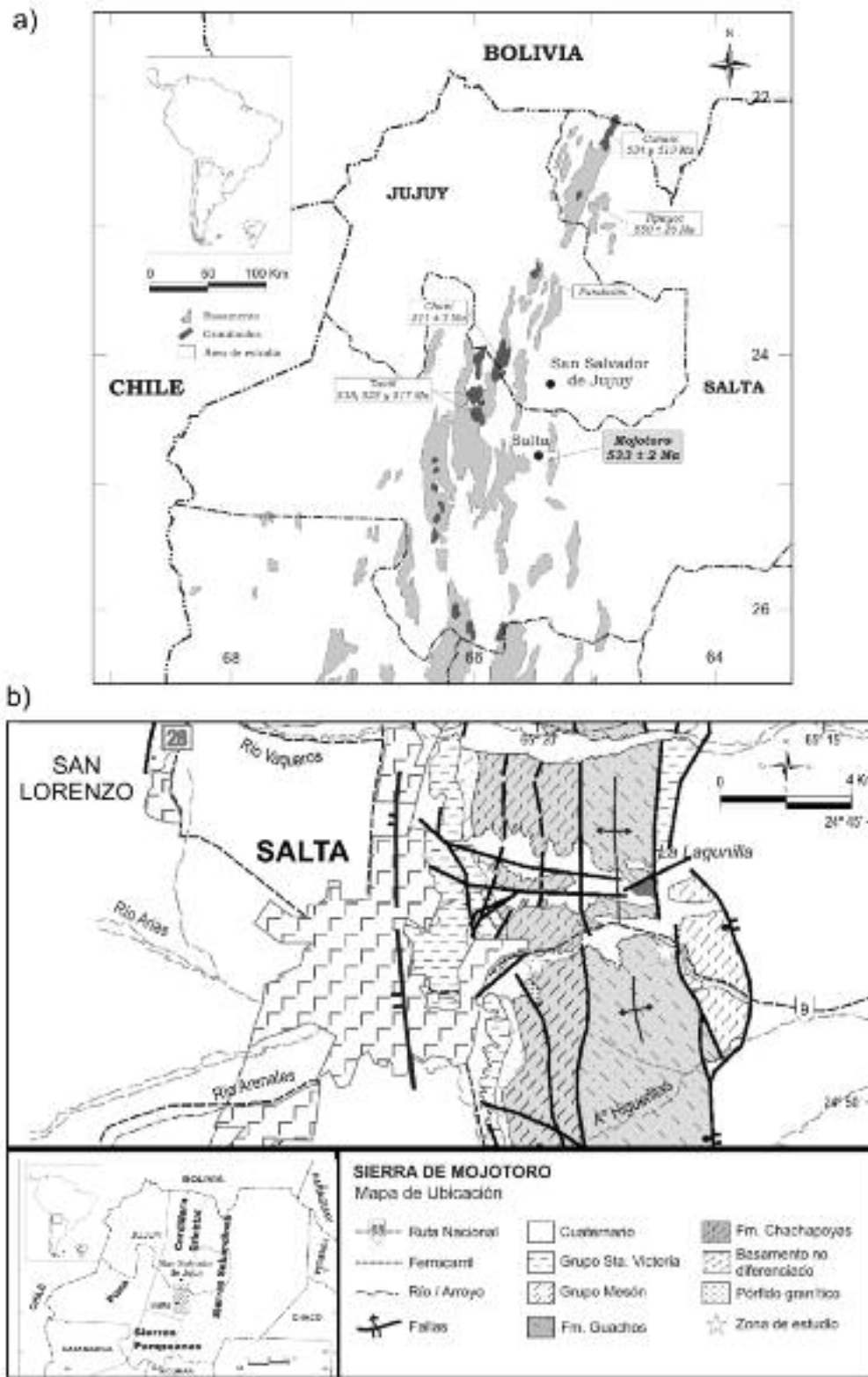


Figura 1: a) Mapa de distribución de los afloramientos de la Formación Puncoviscana *s.l.* y de los intrusivos con sus respectivas dataciones; b) mapa geológico y de ubicación de los pórfidos graníticos en la sierra de Mojotoro (basado en Amengual *et al.* 1979, Moya 1998 y Barrientos Ginés 2004).

En la presente contribución se dan a conocer los resultados de las dataciones de diques graníticos que intruyen a turbiditas de la Formación Chachapoyas (*nom.*

*nov.*), correspondiente a la parte inferior de la clásica Formación Puncoviscana *s.l.* en la sierra de Mojotoro. Los pórfidos graníticos estudiados afloran en el barrio

Mirador de San Bernardo (24°47'44,9"S-65°21'35,9"O, 1.304 m s.n.m.) de la ciudad de Salta. Fueron originalmente identificados por Soto López (1969) quien

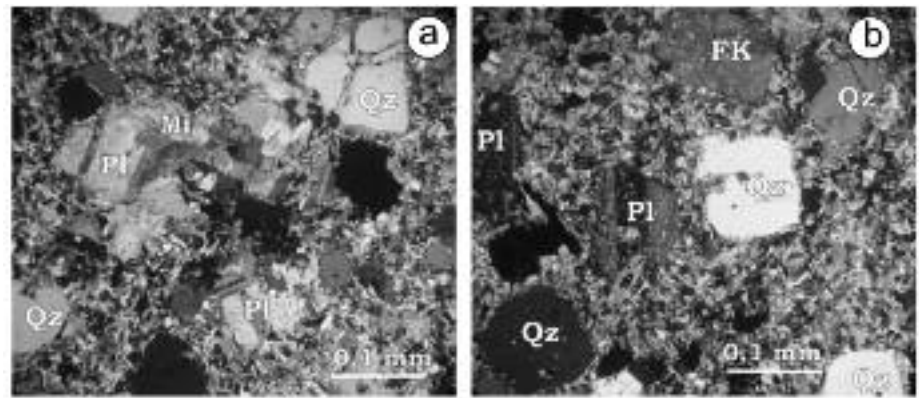
describe un intrusivo granodiorítico en el faldeo norte del cerro La Candelaria. Mo-ya (1998) cita la presencia de diques ácidos en el flanco occidental de la sierra, mientras que Toselli y Alonso (2005) clasifican a las rocas como un probable granito epizonal, asignándolo al magmatismo del ciclo pampeano, en función de las relaciones estratigráficas observadas (Fig. 1b).

## ESTRATIGRAFÍA DE LA ZONA ESTUDIADA

La roca seleccionada para datación se ubica en el faldeo occidental de la sierra de Mojotoro. La roca encajante fue identificada inicialmente como Formación Puncoviscana *s.l.* o Complejo Puncoviscana (Zimmerman 2005) y por sus características particulares fue asignada a la Formación Sancha (Moya 1998). Originalmente, Salfity (1975) definió a esta unidad en la sierra de Castillejo, encontrándola en contacto con las calizas de la Formación Las Tienditas, por lo tanto, la ausencia de rocas calcáreas para la región de la sierra de Mojotoro permitió establecer una nueva unidad estratigráfica identificada como Formación Chachapoyas (*nom. nov.*) (Aparicio González *et al.* 2010). La Formación Chachapoyas está integrada por facies predominantemente pelíticas de coloraciones verdosas y moradas, que tienen como facies subordinadas areniscas cuarzosas de grano fino de color verde a grisáceo. En general la estratificación primaria se encuentra enmascarada por un clivaje dominante de plano axial. Este grupo de rocas, de características particulares, subyacen al Grupo Mesón en el flanco occidental de la sierra y se disponen en contacto por falla con facies de turbiditas distales de la Formación Guachos (Moya 1998) (Cámbrico inferior-medio) (Fig. 1b).

## CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DE LA ROCA ANALIZADA

Los cuerpos intrusivos presentes en el



**Figura 2:** Microfotografía de los pórfidos donde se reconoce (Qz) cuarzo monocristalino subhedral, (Mi) mica blanca, (Pl) plagioclasa de macla polisintética, (FK) feldespato potásico. La textura es una matriz de cuarzo y plagioclasa de grano fino.

área de estudio, han sido clasificados petrográficamente como pórfiros graníticos, reconociéndose fenocristales de cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico inmersos en una matriz de grano fino rica en cuarzo y plagioclasa. Las texturas son porfiríticas y las tonalidades blanquecinas. Los fenocristales de plagioclasa y cuarzo son subhedrales. La plagioclasa tiene maclas polisintéticas. Los fenoclastos de cuarzo tienen extinción recta y en algunos casos es posible observar engolfamientos y bordes de disolución. El feldespato potásico presenta alteración argílica muy marcada, y también presenta inclusiones de cuarzo y plagioclasa. El cuarzo y el feldespato forman intercrecimientos granofíricos y texturas gráficas. Se observaron láminas de micas blancas de aproximadamente medio centímetro de longitud, de probable origen secundario. La matriz es de grano muy fino de composición cuarzoso-feldespática y con micas subordinadas. Las observaciones petrográficas descritas son coincidentes con las realizadas por Toselli y Alonso (2005) y corroboradas con los análisis geoquímicos que al ser ploteados en diagrama TAS indican una composición granítica para estas rocas (Cuadro 1; Figs. 2 y 3).

## METODOLOGÍA Y RESULTADOS

En el laboratorio de la Universidad Na-

**CUADRO 1:** Resultados de análisis químicos de la muestra GM\*.

GM	
SiO <sub>2</sub>	73,75
TiO <sub>2</sub>	0,21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,2
FeO	1,4
MnO	0,07
MgO	0,3
CaO	0,6
Na <sub>2</sub> O	4
K <sub>2</sub> O	3,15
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,26
SrO	<0,01
Li <sub>2</sub> O	<0,01
BaO	0,04
ZnO	<0,01
P.F.	1,75
Total	99,73

\*) Realizados por técnicas ICP- MS en el laboratorio ACME, Vancouver, Canadá.

cional de Salta (UNSa), fueron triturados y molidos ~5 kg de roca, los que seguidamente fueron tamizados con retención de las fracciones malla 140-200 y 200-230. El preconcentrado de minerales pesados como circón, turmalina, etc., fue efectuado siguiendo técnicas gravimétricas convencionales.

En el Laboratorio de Geocronología de la Universidad de Brasilia (UnB) se procedió a la separación de minerales magnéticos de aquellos no magnéticos, utilizando el separador electromagnético Frantz, y la concentración final se realizó por selección manual de granos euhedra-

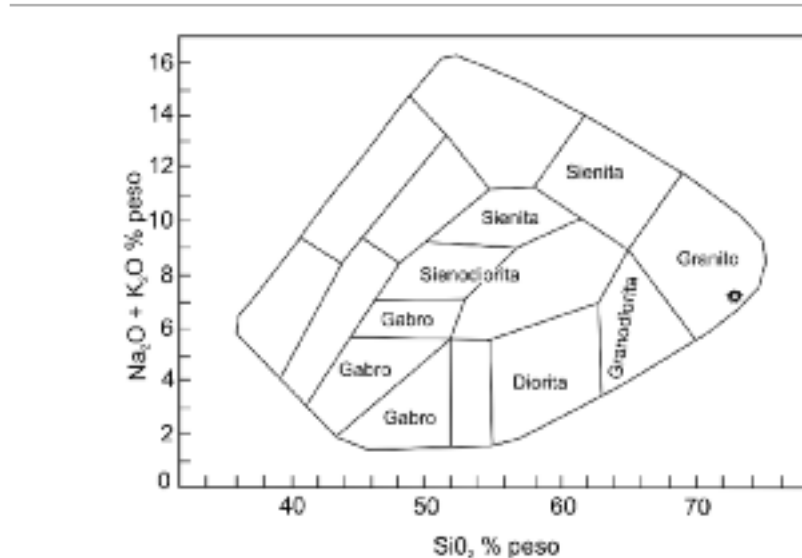
les y límpidos bajo lupa binocular. Los granos de circones seleccionados fueron colocados en un molde de teflón con resina epoxi y luego pulidos y limpiados con  $\text{HNO}_3$  al 3%. Finalmente fueron montados en la celda del *Laser Ablation* (LA) donde se realizó el análisis de los mismos siguiendo el método de Buhn *et al.* (2008). Durante la sesión analítica, el circón GJ-1 fue utilizado para corregir las razones isotópicas utilizando la técnica de bracketing, patrón-muestra-patrón. Para el cálculo de las edades y la realización de los diagramas se utilizó el programa ISOPLOT V3.

De los 20 circones analizados 8 resultaron concordantes con una edad U-Pb de  $533 \pm 2$  Ma, que es interpretada como la edad de cristalización del cuerpo (Cuadro 2; Fig. 4). Ese valor refiere al Cámbrico Inferior según las divisiones establecidas por Gradstein *et al.* (2004) y es coherente con las interpretaciones realizadas por Toselli y Alonso (2005)

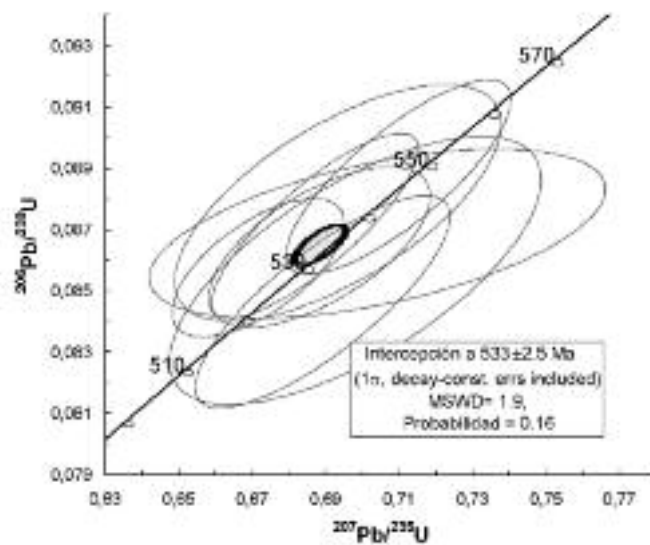
## DISCUSIÓN

Rocas plutónicas de edades similares y relacionadas con el ciclo pampeano son bien conocidas en la Cordillera Oriental del noroeste argentino. Hacia el oeste de la Cordillera Oriental, se encuentran el batolito de Tastil y el granito del Nevado del Chañi. El batolito de Tastil está constituido por tres fases magmáticas, todos de edades cámbricas, que a saber son: 1) granodiorita gris cuya edad U-Pb es de 535 Ma, 2) granito rojo con una edad U-Pb de 517 Ma y 3) dacita porfirítica de 525 Ma edad U-Pb (Bachmann 1987, Hongn *et al.* 2001, 2003, 2005, Matteini *et al.* 2008). Un estudio reciente (Zapettini *et al.* 2008) sobre el granito del Nevado de Chañi indica una edad U-Pb de  $511 \pm 3$  Ma.

Hacia el norte y en la porción más oriental de Cordillera Oriental se encuentran los granitos de Cañaní y Tipayoc. El plutón de Cañaní posee dos edades U-Pb de 534 y 519 Ma (Bachmann *et al.* 1987), en tanto que un análisis K-Ar sobre muscovita arrojó una edad de  $550 \pm 26$  Ma (Omarini *et al.* 1996) para la granodiorita



**Figura 3:** Diagrama de distribución TAS (Le Maitre 1989, modificado para rocas plutónicas por Wilson 1989).



**Figura 4:** Diagrama de concordia U-Pb para los circones de los pórfidos graníticos de la sierra de Mojotoro.

de Tipayoc (Fig. 1a).

De acuerdo con las edades mencionadas, la datación de los pórfidos graníticos de la sierra de Mojotoro refuerza la existencia de un evento magmático ácido de edad cámbrica inferior. De este modo, es posible correlacionar a los pórfidos de Mojotoro con el batolito de Tastil y el granito del Nevado de Chañi hacia el oeste, y con el plutón de Cañaní y la granodiorita de Tipayoc hacia el norte, todos ellos ligados con la fase tildárica del ciclo pampeano.

Finalmente, la edad de 533 Ma determinada para este cuerpo subvolcánico se corresponde con la transición entre un arco magmático tipo calco-alcalino y un evento anatécico que produce magmatismo cortical peraluminoso en el prisma de acreción del mismo arco (Schwartz *et al.* 2008). De esta manera, la roca analizada resulta ser el afloramiento más austral del arco calcoalcalino pampeano en la Cordillera Oriental.

**CUADRO 2:** LA-ICP-MS U-Pb de circones de pórfidos graníticos Mojotoro.

Muestra G1	Forma	Edades						rho						
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ $2\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ $2\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ $2\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ $\pm 2\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ $\pm 2\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ $\pm 2\sigma$							
Granos N°														
1	P	0,0568	0,9	0,6716	1,4	0,0857	1,1	484	21	522	6	530	5	0,64
2	Pc	0,0572	0,9	0,6871	1,7	0,0871	1,4	500	19	531	7	538	7	0,83
3	P	0,0578	1,3	0,6883	1,8	0,0864	1,2	521	28	532	7	534	6	0,64
4	P	0,0591	2,6	0,6893	2,1	0,0846	1,7	569	57	532	8	524	8	0,81
5	PI	0,0572	1,9	0,6933	2,6	0,0879	1,8	500	41	535	11	543	9	0,66
6	PI	0,0591	2,1	0,6981	3,0	0,0857	2,1	571	45	538	12	530	11	0,68
7	PI	0,0588	3,4	0,7041	3,6	0,0869	1,3	559	72	541	15	537	7	0,52
8	P	0,0580	1,0	0,7099	1,8	0,0887	1,5	531	21	545	7	548	8	0,80

P: cristal prismático, Pc: cristal prismático corto, PI: cristal prismático alargado.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Alejandro Nievas del Instituto Geonorte de la Universidad Nacional de Salta por su colaboración en la separación de los minerales pesados. A todos los técnicos e investigadores del Laboratorio de la Universidad de Brasilia. Al CONICET por el apoyo recibido a través de una beca que otorgó a la primer autora. Al Dr. Ricardo Alonso por sus sugerencias en el campo, al Lic. Norberto Uriz y a los árbitros del trabajo que permitieron mejorar la versión final del mismo. Este trabajo forma parte de la tesis doctoral de la primera autora en la Universidad Nacional de Salta.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aceñolaza, *et al.*, Miller, H. y Toselli, A.J. 1990. El Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino. Serie de Correlación Geológica 4, Universidad Nacional de Tucumán, 1-227, Tucumán.
- Amengual, R., Mendez, V., Navarini, A., Viera, O y Zanettini J.C. 1979. Geología de la región noroeste argentino. 2° Congreso Latinoamericano de Geología, Actas 2: 755-763, Caracas.
- Aparicio González, P. A., Moya, M.C., e Impicini, A. 2008. Caracterización Sedimentológica de dos unidades clásicas del Basamento de la sierra de Mojotoro (Proterozoico Superior - Cámbrico Inferior), Cordillera Oriental Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 337-338, Jujuy.
- Aparicio González, P. A., Moya, M.C. e Impicini, A. 2010. Estratigrafía del basamento Neoproterozoico - Cámbrico, Sierra de Mojotoro, Cordillera Oriental Argentina. Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis 17(2): 65 -83.
- Bachmann, G., Grauert, B., Kramm, U., Lork, A. y Miller, H. 1987. El magmatismo del Cámbrico Medio/Cámbrico Superior en el basamento del noroeste Argentina; investigaciones isotópicas y geocronológicas sobre los granitoides de los complejos intrusivos de Santa Rosa de Tastil y Cañaní. 10° Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 125-127, Tucumán.
- Barriente Ginés, A. 2004. El Ordovícico Inferior en los Cerro San Bernardo y 20 de Febrero (sierra de Mojotoro, Salta). Tesis Profesional de grado Facultad de Ciencias Naturales (inédito), 79 p., Salta.
- Buhn, B., Pimentel M.M., Matteini M., y Dantas E.L. 2008. High spatial resolution analysis of Pb and U isotopes for geochronology by laser ablation multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-MC-ICPMS). Annals Academy of Sciences: 99-114.
- Gradstein, F.M., Ogg, J.G. y Smith, A.G. 2004. A Geologic Time Scale 2004. Cambridge University Press.
- Hongn, F.D. y Moya, M.C. 1993. Problemas Estructurales en el Basamento de la Sierra de Mojotoro. 8° Reunión de Microtectónica, Actas: 39-4, San Carlos de Bariloche.
- Hongn, F.D., 1996. La Estructura Pre-Grupo Mesón (Cámbrico) del Basamento del Valle de Lerma, Provincia de Salta. 13° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 137-145, Buenos Aires.
- Hongn, F.D., Tubia, J.M., Aranguren, A., y Mon, R. 2001. El batolito de Tastil (Salta, Argentina): un caso de magmatismo poliorgénico en el basamento andino. Boletín Geológico y Minero de España: 113-124.
- Hongn, F., Tubía, J., Aranguren, A. y Mon, R. 2003. The Tastil Batholith (Cordillera Oriental, Argentina): a case of lower cambrian extensional-related magmatism in the border of Gondwana. Geophysical Research Abstracts 3351.
- Hongn, F.D., Tubia, J.M., Aranguren, A., Mon, R. y Vegas, N. 2005. Intrusión del Granito de Tastil en Areniscas Eopaleozoicas (Angosto de la Quesera, Cordillera Oriental, Salta). 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 509-514, La Plata.
- Le Maitre, R.W. 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommittee on the Systematics of Igneous rocks, Blackwell Scientific Publications, 193 p., Cambridge.
- Matteini, M., Hauser, N., Pimentel, M.M., Omarini, H.R., Dantas, E.L. y Buhn, B. 2008. Combined in situ U-Pb, Lu-Hf and Sm-Nd systematics applied to the Tastil Batholith, Eastern Cordillera, NW Argentina: implications for the evolution of western margin of Gondwana during the early Paleozoic. 6° Simposio Sudamericano de Geología Isotópica, Proceedings CD-room, Bariloche.
- Mon, R. y Hongn, F. 1988. Caracterización estructural de la Formación Puncoviscana dentro del basamento del Norte Argentino. Revista de la Asociación Geológica Argentina 43(1): 124-127.
- Moya, M.C. 1998. El Paleozoico inferior en la sierra de Mojotoro, Salta-Jujuy. Revista de la Asociación Geológica Argentina 53(2): 219-238.
- Omarini, R., Torres G., Moya, L. 1996. El stock Tipayoc: génesis magmática en un arco de islas del Cámbrico Inferior en el noroeste de Argentina. 13° Congreso Geológico Argen-

- tino, Actas 5: 546-561, Buenos Aires.
- Salfity, J.A., Omarini, R.H., Baldís, B. y Gutiérrez, W. 1975. Consideraciones sobre la evolución geotectónica del Precámbrico y Paleozoico Inferior del Norte de Argentina. 2° Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas 4: 341-361, Buenos Aires.
- Schwartz, J., Gromet, L.P. y Miró, R. 2008. Timing and duration of the Calc-Alkaline Arc of the Pampean Orogeny: Implications for the Late Neoproterozoic to Cambrian Evolution of Western Gondwana. *Journal of Geology* 116: 39-61.
- Soto López, R. 1969. Perfil Geológico desde el Cerro San Bernardo hasta el Cerro Alto de la Ovejería. Dto. Capital-Provincia de Salta. Seminario II. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán, (inédito), Salta.
- Toselli, A.J. y Alonso, R.N. 2005. Pórfiro granítico Mojotoro (Salta): ¿Una cúpula intrusiva o un dique en el ciclo pampeano? *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60(2): 428-430.
- Turner, J.C.M. 1960. Estratigrafía de la Sierra de Santa Victoria y adyacencias. *Boletín Academia Nacional de Ciencias Córdoba* 41: 163-196, Córdoba.
- Willner, A.P. 1990. División tectometamórfica del Basamento del Noroeste Argentino. En Aceñolaza, F., Miller, H. y Toselli A.J. (eds.) *El Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino*, Serie de Correlación Geológica 4: 113-159, Tucumán.
- Wilson, M. 1989. *Igneous Petrogenesis*. Unwin and Hyman, 466 p, London.
- Zappettini, E. O. Coira, B. y Santos J.O. 2008. Edad U/Pb de la Formación Chañi: Un granito del arco magmático Tilcárlico. 17° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 28-249, Jujuy.
- Zimmermann, U. 2005. Provenance studies of very low to low-grade metasedimentary rocks of the Puncoviscana Complex, northwest Argentina. En Vaughan, A.P.M., Leat, P.T y Pankhurst, R.J. (eds.) *Terrane Processes at the Margins of Gondwana*, Geological Society of London, Special Publications 246: 381-416.

Recibido: 22 de septiembre, 2009.

Aceptado: 12 de noviembre, 2010.