



# Geocronología del stock monzodiorítico-cuarzoso a tonalítico Musters, un intrusivo ordovícico del área Valcheta, Macizo Nordpatagónico

**Carolina B. GRILLO VIDAL<sup>1</sup>, Carmen I. MARTÍNEZ DOPICO<sup>1,2</sup> y Mónica G. LÓPEZ DE LUCHI<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Geocronología y Geología Isotópica, CONICET-Universidad de Buenos Aires, Ciudad autónoma de Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Ciudad autónoma de Buenos Aires, Argentina.

E-mail: carobgrillo@gmail.com

**Editor:** Juan E. Otamendi

Recibido: 25 de enero de 2022

Aceptado: 13 de marzo de 2022

## RESUMEN

Esta contribución informa la primera edad de cristalización U-Pb en circón de un stock monzodiorítico cuarzoso a tonalítico, aquí denominado formalmente como Diorita Musters, y perteneciente al conjunto de granitoides asociados al plutón leucogranítico Valcheta que forma parte del conjunto de granitoides de edad ordovícica temprana aflorantes en el sector nororiental del Macizo Norpatagónico (Complejo plutónico Punta Sierra, Busteros et al. 1998). Los resultados de los análisis U-Pb en circones revelan una edad de cristalización ordovícica inferior ( $470 \pm 2$  Ma; MSWD = 0.99) para este pulso magmático, confirmando la extensión de este magmatismo ordovícico por más de 200 km<sup>2</sup> y afirmando su importancia regional y conexión con la orogenia Famatiniana.

**Palabras clave:** LA-ICPMS-QQQ en circones; granitoides; Macizo Norpatagónico; Orogenia Famatiniana.

## ABSTRACT

*Geochronology of quartz-monzodioritic to tonalitic Stock Musters, an Ordovician intrusive from Valcheta, Northpatagonian Massif.*

This contribution reports the first U-Pb age in zircons of a quartz-monzodioritic to tonalitic stock, here formally denominated as Musters Diorite and belonging to the group of Early Ordovician granitoids outcropping in the northeastern sector of the Northern Patagonian Massif (Punta Sierra Plutonic Complex, Busteros et al. 1998). Our results of U-Pb analyses in zircons reveal an Early Ordovician crystallization age ( $470 \pm 2$  Ma; MSWD = 0.99; N=70/89) for this magmatic pulse, confirming the extension of this magmatism for more than 200 km<sup>2</sup> and showing its regional importance and connection with the Famatinian Orogeny.

**Key words:** LA-ICPMS-QQQ in zircons; granitoids; Northpatagonian Massif; Famatinian Orogeny

## INTRODUCCIÓN

En el área comprendida entre las localidades de Valcheta y Nahuel Niyeu, provincia de Río Negro, NE de Patagonia, el basamento metamórfico muy bajo grado a grado a medio (Formación Nahuel Niyeu, Caminos 1983, Greco et al. 2015) es

intruído por diversos cuerpos plutónicos paleozoicos (López de Luchi et al. 2008). Uno de ellos, compuesto por monzodioritas cuarzosas no foliadas, fue descrito junto a otros afloramientos de tonalitas de la región como parte del Complejo plutónico Navarrete (Caminos 1983 y 2001) de edad pérmica temprana ( $283 \pm 2$  Ma, Pankhurst et al. 2006). Más reciente-

mente este cuerpo fue individualizado como stock Musters por su cercanía a la estación de ferrocarril homónima y descrito como una monzodiorita cuarzosa de alto índice de color y textura equigranular con enclaves microgranulares máficos. Fue datado con dos edades de enfriamiento K-Ar biotita y anfíbol en  $412 \pm 4$  Ma y  $425 \pm 9$  Ma, respectivamente (Martínez Dopico et al. 2017); por lo que fue reasignado al intervalo ordovícico-silúrico. El contacto del stock con su encajante, las meta-arenitas y esquistos de la Formación Nahuel Niyeu, es neto y marcado por una aureola de contacto continua y fácilmente visible en imágenes satelitales. La edad de máxima depositación de la Formación Nahuel Niyeu en localidades periféricas puede acotarse entre 510 y 515 Ma (Pankhurst et al. 2006, Rapalini et al. 2013, Greco et al. 2015). En esta nota breve se informan los resultados de la primera edad de cristalización (U-Pb en circón LA-ICPMS-QQQ) para el complejo de plutones ordovícicos del área comprendida entre Valcheta y Nahuel Niyeu (véase Martínez Dopico et al. 2020), y obtenida en una muestra del stock cuarzo monzodiorítico-tonalítico Musters.

## Geología del área

El basamento aflorante en el área de Valcheta comprende rocas metamórficas de grado muy bajo a medio asignadas a la Formación Nahuel Niyeu (Cámbrico temprano) (Caminos 1983 y 2001) y leucogranitos moscovíticos y moscovíticos-biotítico del plutón Valcheta (Gozálvez 2009, extendidos en Grillo Vidal et al. 2019 y Martínez Dopico et al. 2020) que fueran incluidos dentro de la Formación Punta Sierra (Nuñez 1975) (Fig. 1a) y luego Complejo plutónico Punta Sierra (Busteros et al. 1998). Hacia el oeste del área, sobreyaciendo a estas rocas se encuentran las areniscas cuarzosas de la Formación Sierra Grande (Uriz et al. 2009). Posteriormente, el basamento fue intruído por diques traquíticos del Complejo plutono-volcánico Treneta (Caminos 2001) y/o cubierto por mantos de rocas ígneas (sub)volcánicas ácidas de composición riolítica también asociadas al Complejo plutono-volcánico Treneta o al Complejo Marifil de edad jurásica inferior a superior (véase Strazzere et al. 2019).

## Stock Musters

El cuerpo intrusivo aflora saltuariamente definiendo un cuerpo elongado en dirección NE de aproximadamente 4.7 km de largo y 1.4 a 2.8 km de ancho. Las unidades dominantes son monzodioritas cuarzosas a tonalitas (modal) de color gris oscuro ( $IC > 35$ ); se observan enclaves microgranulares máficos redondeados ( $< 10$  cm) de composición monzodiorítica. El stock presenta dos rasgos característicos: es intruído

por diques graníticos rosados portadores de biotita de grano medio a fino y presenta una aureola de contacto de color gris oscuro, continua y bien desarrollada en su hospedante, la Formación Nahuel Niyeu.

Las monzodioritas a tonalitas son rocas de textura granosa fina a media levemente inequigranular subhedral a anhedral con un agregado de cristales de plagioclasa con zonación normal (núcleo  $An_{62-56}$ , bordes  $An_{45-35}$ ), biotita ( $\#Mg=0.6$ ) y magnesio ferri-hornblenda (según la clasificación de Hawthorne et al. 2012) con relictos de núcleos de clinopiroxeno reemplazados por actinolita; junto con cristales anhedrales más pequeños de cuarzo y feldespato potásico (Grillo Vidal 2020). Como minerales accesorios contiene magnetita y apatita.

El *stock* está limitado por zonas de cizalla inferidas, paralelas y de rumbo noreste asociadas a la retrogresión de la paragénesis mineral original de las metaarenitas, esquistos (y anfíbolitas) del encajante (también conocidos como gneis de Valcheta de Chernicoff et al. 2013, Formación Campo Martín de Martínez Dopico 2013) que albergan a los leucogranitos del plutón Valcheta (leucogranitos de Valcheta, Gozálvez 2009).

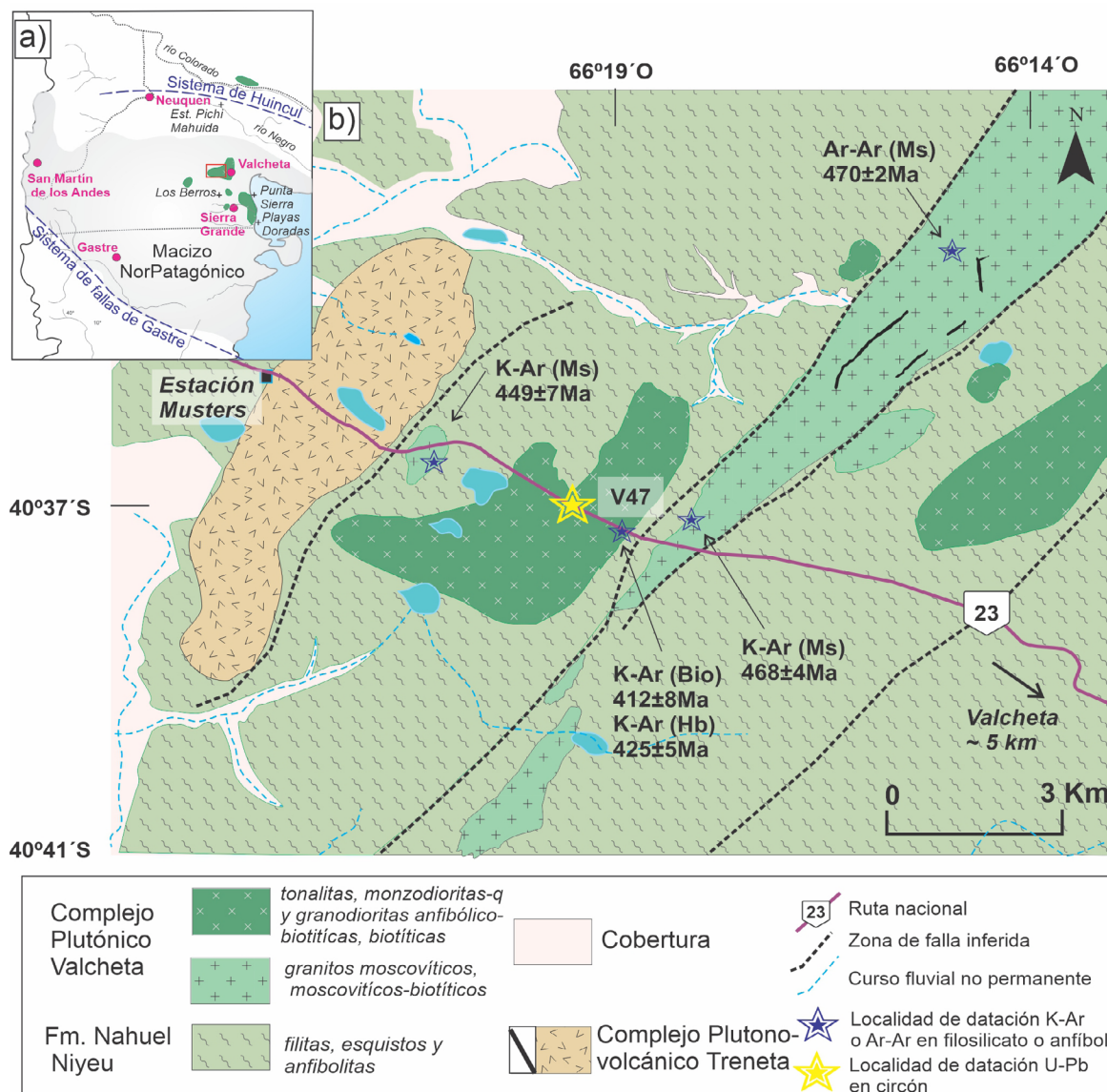
Las condiciones de emplazamiento del cuerpo fueron calculadas a partir del sistema hornblenda-plagioclasa en  $815^{\circ}C$  en pares núcleo-núcleo y en  $670^{\circ}C$  para los bordes (GT de Holland y Blundy 1994); la presión estimada con distintos geobarómetros y con la fórmula propuesta por Mutch et al. (2016) indica un rango de entre 2.2 y 2.8 kbar, por lo que considerando una densidad promedio de  $2.8 \text{ gr/cm}^3$  se calcula una profundidad entre 8 y 10 km para la intrusión del cuerpo (Grillo Vidal 2020).

## METODOLOGÍA

Se obtuvieron 89 análisis U-Pb en circones de una diorita (muestra V47;  $40^{\circ}36.8$  S,  $66^{\circ}19.0$  O) en el Laboratorio LA.TE. ANDES S.A. utilizando un espectrómetro Agilent 8900 triple cuadrupolo (ICP-QQQ) acoplado a un sistema de ablación láser RESOLUTION (193 nm). Los detalles de las condiciones analíticas y de procesamiento se reportan como material suplementario.

## RESULTADOS

Los circones analizados presentan formas euhedrales con terminaciones bipiramidales típicas de circones ígneos y relaciones Th/U  $> 0.1$ . La estrategia de pinchado fue priorizar



**Figura 1. a)** Esquema del Macizo Norpatagónico donde se muestra el área de estudio. En color verde se indican las zonas de afloramiento de granitoides ordovícicos; **b)** Mapa geológico del área comprendida entre la localidad de Valcheta y la estación Musters (modificado de Grillo Vidal et al. 2019). La estrella amarilla indica la ubicación de la nueva edad de cristalización, mientras que las azules indican edades de enfriamiento (López de Luchi et al. 2008, Gozávez, 2009, Martínez Dopico et al. 2017); **c)** Diagrama de Tera-Wasserburg para análisis de circones de la muestra V47.

bordes por sobre núcleos de circón, aunque en todos los casos de borde-núcleo de un mismo cristal los resultados fueron equivalentes. Los resultados de los análisis se muestran en la Tabla 1 (ver material suplementario). De un total de 89 puntos se utilizaron aquellos que mostraban niveles de concordancia entre 95 y 105% (N=70). A partir de su representación en el diagrama de Tera-Wasserburg (Fig. 1c) se calculó una edad de concordia en  $470 \pm 2$  Ma (MSWD = 0.99, n=70/89), la cual puede ser considerada como representativa de la cristalización. La media ponderada de las edades  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  es  $470.4 \pm 1.88$  Ma (N=70/70), equivalente a la edad anterior. Dentro de la muestra (N=89) se encontraron edades heredadas en torno a los 660 Ma y entre 510 y 534 Ma que no fueron tenidas en cuenta en el cálculo de la edad.

## CONSIDERACIONES FINALES

Con el fin de acotar la edad de cristalización del magmatismo intrusivo bimodal aflorante entre las localidades de Valcheta y Nahuel Niyeu, los circones de una muestra del *stock* Musters (muestra V47; ver figura 1b) fueron datados con la técnica de ICP-MS (QQQ) en el laboratorio LA.TE.ANDES S.A. La edad U-Pb a partir de circones concordantes (95-105%, N=70) de una monzodiorita cuarzosa arrojó un valor de  $470 \pm 2$  Ma (MSWD = 0.99). Esta edad de cristalización es coherente con las edades U-Pb SHRIMP en circones para el granito Peñas Blancas ( $471 \pm 3$  Ma, García et al. 2014), la tonalita Arroyo Salado ( $475 \pm 6$  Ma), el granito Sierra Grande ( $476 \pm 6$  Ma) y la granodiorita Playas Doradas ( $476 \pm 4$  Ma, Pankhurst et al. 2006), éstos tres últimos pertenecientes al Complejo plutónico Punta Sierra, aflorantes entre 100 y 130 km al sureste a la vera del arroyo Salado y en los alrededores de Los Berros y localidades homónimas (Fig.1a). Edades de cristalización semejantes fueron registradas al norte del río Negro en los granitoides del Grupo Pichi Mahuida (Tickyj et al. 1999): en la granodiorita Río Colorado y el granito Curaco ( $474 \pm 6$  y  $475 \pm 5$  Ma, Pankhurst et al. 2006), cuyos enclaves del encajante metamórfico muestran una proveniencia de circones detríticos semejantes a aquellas de la Formación Nahuel Niyeu (Rapela y Pankhurst 2020).

Por otro lado, esta nueva edad ordovícica media a temprana también es coherente con las edades de enfriamiento K-Ar y Ar-Ar en moscovita más antiguas obtenidas en el vecino Granito Valcheta (470-450 Ma, López de Luchi et al. 2008, Gozávez 2009). Este nuevo dato de edad sugiere que las edades de enfriamiento K-Ar mineral obtenidas en el *stock* Musters (425-410 Ma, Martínez Dopico et al. 2020) y en el

granito más occidental del plutón Valcheta (430 Ma; véase Grillo Vidal et al. 2019) podrían representar la edad de exhumación ya que son coincidentes con las edades de máxima depositación de la Formación Sierra Grande en su localidad tipo y en la región de Valcheta (Uriz et al. 2009; datos inéditos del grupo de trabajo).

En función de la desconexión espacial con las rocas del complejo Punta Sierra y lo inadecuado de este nombre desde el punto de vista estratigráfico para nombrar unidades exclusivamente plutónicas, esta contribución propone agrupar a los granitos moscovíticos, moscovíticos-biotíticos, a las tonalitas, dioritas y monzodioritas biotíticas y biotítico-anfibólicas de edad ordovícica temprana aflorantes entre las localidades de Valcheta y Nahuel Niyeu dentro de una nueva unidad estratigráfica con categoría de complejo como "Complejo plutónico Valcheta". Esta *suite* es equivalente temporalmente a las rocas plutónicas del Ordovícico Temprano aflorantes al este y sureste del Macizo Norpatagónico y agrupadas bajo los nombres de Complejo plutónico Punta Sierra y el plutón Peñas Blancas.

En función a la relación de intrusividad del *stock* Musters y la observación inequívoca del desarrollo de una aureola de contacto sobre su encajante, se puede colegir que el basamento metamórfico asignado a la Formación Nahuel Niyeu habría sufrido como mínimo un episodio de deformación y metamorfismo con anterioridad a su emplazamiento, es decir, pre ca. 470 Ma. De este modo es posible hacer una correlación entre las rocas del área Valcheta y el sector de arroyo Salado, unos 130 km hacia el sudeste. Allí el basamento está conformado por la Formación El Jagüelito, correlacionable litológica y geocronológicamente con la facies de bajo grado metamórfico de la Formación Nahuel Niyeu que también posee una edad máxima de depositación de entre 530 y 515 Ma (Pankhurst et al. 2006; González et al. 2018), y es intruída por los granitoides del Complejo Punta Sierra datado con edades U-Pb SHRIMP en circón de  $476 \pm 2$  y  $475 \pm 3$  Ma (Pankhurst et al. 2006). Tanto los granitoides ordovícicos de Valcheta como aquellos de los alrededores de Sierra Grande y la costa contienen enclaves metamórficos que pertenecerían a su encajante, dando evidencia segura de que el metamorfismo es anterior a la intrusión. Por último, estas edades magmáticas y relaciones de intrusividad constituyen una nueva evidencia que sugiere que ambos sectores del basamento del Macizo Nordpatagónico compartirían una historia de sedimentación y magmatismo sincrónica en el Paleozoico temprano.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue parte del trabajo final de licenciatura de la primera autora y financiada por CONICET y los proyectos AGENCIA PICT2019-00719 y PICT2016-2188. Las autoras agradecen a los editores de la Revista de la Asociación Geológica Argentina y a los Doctores Víctor Ramos y Pablo Alasino por sus lecturas críticas, revisiones y sugerencias efectuadas a esta contribución.

## REFERENCIAS

- Busteros, A.G., Giacosa, R.E., Lema, H.A. y Zubía, M.A. 1998. Hoja Geológica 4166-IV Sierra Grande. Servicio Geológico Nacional, Boletín 241: 1-85, Buenos Aires.
- Caminos, R. 1983. Descripción Geológica de las Hojas 39g, Cerro Tapiluke y 39h, Chipauquil, provincia de Río Negro. Servicio Geológico Nacional, (inédito), 41 p., Buenos Aires.
- Caminos, R. 2001. Hoja Geológica 4166-I, Valcheta. Provincia de Río Negro. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 299, 71 p., Buenos Aires.
- Chernicoff, C.J., Zappettini, E.O., Santos, J.O.S., McNaughton, N.J. y Belousova, E. 2013. Combined U-Pb SHRIMP and Hf isotope study of the late paleozoic Yaminué complex, Rio Negro province, Argentina: implications for the origin and evolution of the Patagonia composite terrane. *Geoscience Frontiers* 4: 37-56.
- García, V.A., González, S.N., Tassinari, C.C.G., Sato, K., Sato, A.M., González, P. y Varela, R. 2014. U/Pb and Nd data from Peñas Blancas pluton, North Patagonian Massif, Argentina. 9th South American Symposium on Isotope Geology 190, Sao Pablo.
- González, P.D., Sato, A.M., Naipauer, M., Varela, R., Basei, M., Sato, K. y Dorado, A.C. 2018. Patagonia-Antarctica Early Paleozoic conjugate margins: Cambrian synsedimentary silicic magmatism, U-Pb dating of K-bentonites, and related volcanogenic rocks. *Gondwana Research* 63: 186-225.
- Gozalvez, M.R. 2009. Petrografía y edad  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  de leucogranitos peraluminosos al oeste de Valcheta: Macizo Nordpatagónico (Río Negro). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64(2): 285-294.
- Greco, G.A., Gonzalez, P.D., Gonzalez, S.N., Sato, A.M., Basei, M.A.S., Tassinari, C.C.G., Sato, K., Varela, R. y Llambías, E.J. 2015. Geology, structure and age of the Nahuel Niyeu Formation in the Aguada Cecilio area, North Patagonian Massif, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 62: 12-32.
- Grillo Vidal, C., Martinez Dopico, C. y López de Luchi, M. 2019. Litología y condiciones de emplazamiento del Complejo Plutónico Valcheta (Ordovícico), Macizo Nordpatagónico. XIII Congreso de Mineralogía, Petrología Ígnea y Metamórfica, y Metalogénesis, Acta: 11-12, Córdoba.
- Grillo Vidal, C. 2020. Geología y petrología de los cuerpos intrusivos eopaleozoicos del área de Valcheta, provincial de Río Negro. Tesis de licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 90 p., Buenos Aires.
- Hawthorne, F., Oberti, R., Harlow, G.E., Maresch, W.V., Martin, R.F., Schumacher, J.C., y Welch, M.D. 2012. IMA report : Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist* 97: 2031-2048.
- Holland, T. y Blundy, J. 1994. Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 116: 433-447.
- López de Luchi, M.G., Wemmer, K. y Rapalini, A.E. 2008. The cooling history of the North Patagonian Massif: first results for the granitoids of the Valcheta area, Río Negro, Argentina. VI South American Symposium on Isotope Geology, Abstracts 33, San Carlos de Bariloche.
- Martínez Dopico, C., López de Luchi, M., Wemmer, K., Luppó, T., Rapalini, A. y Buceta, G. 2017. Geochronology and geochemistry of hybrid quartz monzogabbro to granodiorite stocks of the Valcheta Plutonic Complex, northeastern Patagonia. XX Congreso Geológico Argentino.
- Martínez Dopico, C., Antonio, P., Rapalini, A., López de Luchi, M. y Grillo Vidal, C. 2020. Reconciling Patagonia with Gondwana in Early Paleozoic? Paleomagnetism of the Valcheta granites, NE North Patagonia Massif. *Journal of South American Earth Sciences* 106: 102970.
- Mutch, E.J.F., Blundy, J.D., Tattitch, B.C., Cooper, F.J. y Brooler, R.A. 2016. An experimental study of amphibole stability in low-pressure granitic magmas and a revised Al-in-hornblende geobarometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 171(10): 1-27.
- Núñez, E., Bachmann, E.W., Ravazzoli, R.I., Britos, A., Franchi, M., Lizuain, A. y Sepúlveda, E. 1975. Rasgos geológicos del sector oriental del Macizo Somuncura, provincia de Río Negro, República Argentina. 2º Congreso Iberoamericano de Geología Económica, 2: 247-266, Buenos Aires.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Fanning, C.M. y Márquez, M. 2006. Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia. *Earth Science Reviews* 76(3-4): 235-257.
- Rapalini, A.E., López de Luchi, M.L., Tohver, E. y Cawood, P.A. 2013. The South American ancestry of the North Patagonian Massif: geochronological evidence for an autochthonous origin? *Terra Nova* 25(4): 337-342.
- Rapela, C.W. y Pankhurst, R. 2020. The Continental Crust of Northeastern Patagonia. *Ameghiniana* 57(5), 480-498.
- Strazzere, L., Gregori, D.A., Benedini, L., Marcos, P., Barros, M.V., Geraldés, M.C. y Pavón Pivetta, C.M. 2019. The Puesto Piris Formation: Evidence of basin-development in the North Patagonian Massif during crustal extension associated with Gondwana breakup. *Geoscience Frontiers* 10: 299-314.
- Tickyj, H., Basei, M.A. S., Sato, A.M. y Llambías, E.J. 1999. U-Pb and K-Ar ages of Pichi Mahuida Group, crystalline basement of south-eastern La Pampa province, Argentina. II South American symposium on isotope geology, Actas: 139-144, Carlos Paz.
- Uriz, N.J., Cingolani, C.A., Chemale, F., Macambira, M.B. y Armstrong,

- R. 2011. Isotopic studies on detrital zircons of Silurian–Devonian siliciclastic sequences from Argentinean North Patagonia and Sierra de la Ventana regions: comparative provenance. *International Journal of Earth Sciences* 100(2): 571-589.
- Vermeesch, P. 2018. IsoplotR: a free and open toolbox for geochronology. *Geoscience Frontiers* 9(5): 1479-1493.