



EDADES U-Pb EDIACARIANO-CÁMBRICO EN PROTOLITOS DEL COMPLEJO METAMÓRFICO NOGOLÍ, SAN LUIS: IMPLICANCIAS TECTÓNICAS

Pablo D. GONZÁLEZ¹, Ana M. SATO², Maximiliano NAIPAUER³, Eduardo J. LLAMBÍAS², Miguel A.S. BALSEI⁴, Farid CHEMALE Jr⁵

¹Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología. Universidad Nacional de Río Negro-CONICET. Av. Julio A. Roca 1242. R 8332 EXZ, G. Roca (Río Negro). pdgonzalez@unrn.edu.ar

²Centro de Investigaciones Geológicas (UNLP-CONICET). Diagonal 113 #275, B 1904 DPK, La Plata (Buenos Aires). sato@cig.museo.unlp.edu.ar, llambias@cig.museo.unlp.edu.ar

³IDEAN (UBA-CONICET). Güiraldes 2160. Ciudad Universitaria - Pabellón II. C 1428 EHA, Buenos Aires, Argentina. maxi-naipauer@gl.fcen.uba.ar

⁴Centro de Pesquisas Geocronológicas (Instituto de Geociências, USP), Rua do Lago 562, CEP 05508-080 Sao Paulo, SP, Brasil. baseimas@usp.br

⁵GEO-Departamento de Geologia Geral e Aplicada, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. ICC-Centro, Campus Universitário Darcy Ribeiro Asa Norte, CEP 70910-900. fchemale@unb.br

RESUMEN

Se ha establecido la cristalización magmática y la procedencia de protolitos volcano-sedimentarios del Neoproterozoico a Paleozoico temprano del Complejo Metamórfico de Nogolí (Sierras Pampeanas Orientales de San Luis) usando análisis U-Pb ICPMS-LA de zircones magmáticos y detríticos en dos muestras. El patrón de edades de los zircones de un paragneis muestra que derivan principalmente de fuentes Brasiliano-Panafricano (Neoproterozoico) y en menor proporción del Mesoproterozoico. La edad de cristalización magmática de una komatiita metamorfozada es 532 ± 11 Ma, mientras que su recristalización metamórfica está entre 507-496 Ma. Esta última acotación temporal se atribuye a la orogénesis del ciclo Pampeano. Desde el punto de vista geotectónico regional, hacia el oeste de las Sierras de Córdoba, la Sierra de San Luis estuvo involucrada en forma diacrónica en el eje orogénico pampeano principal. El metamorfismo y la deformación del Cámbrico Medio-Tardío afectaron tanto a las Sierras de Córdoba como a la de San Luis y se asociaron con la colisión de terrenos.

Palabras clave: metamorfismo, Pampeano, Famatiniano, geodinámica, Gondwana.

ABSTRACT

U-Pb Ediacaran-Cambrian ages in protoliths of the Nogolí Metamorphic Complex, San Luis: tectonic implications. The Neoproterozoic to Early Paleozoic magmatic crystallization and the provenance of the volcano-sedimentary protoliths of the Nogolí Metamorphic Complex (Eastern Sierras Pampeanas of San Luis) have been established using U-Pb LA-ICPMS age determination of magmatic and detrital zircons in two samples. Detrital zircon age pattern from a paragneiss shows that its sedimentary protoliths derived mainly from Brasiliano-Panafrican (Neoproterozoic) sources, with minor input from Mesoproterozoic rocks. The magmatic crystallization age of a metamorphosed komatiite is 532 ± 11 Ma whereas its metamorphic recrystallization is between 507-496 Ma. This last time constraint is ascribed as the orogenic effect of the Pampean cycle. From a regional geotectonic point of view, to the west of Sierras de Córdoba, the Sierra de San Luis was diachronously involved in the main Pampean orogenic axis. The Mid-to-Late Cambrian metamorphism and deformation affected both the Sierras de Córdoba and San Luis, and were associated with terrane collision.

Keywords: metamorphism, Pampean, Famatinian, geodynamics, Gondwana.

INTRODUCCIÓN

En las Sierras Pampeanas Orientales de San Luis, las características magmáticas, metamórficas y tectónicas del basamento fueron delineadas por la fase principal (Ordovícico) de la orogenia Famatiniana. Está mayor-

mente aceptado que dicha fase está relacionada con la colisión del terreno Cuyania, que afectó el margen continental de Gondwana compuesto por rocas metamórficas e ígneas previamente formadas en una orogenia pre-Famatiniana. Las rocas Famatinianas se caracterizan por metamorfismo regional de bajo a alto grado, deformación dúctil con estructuras de rumbo NNE predominante y magmatismo de arco que estuvo activo desde el Cámbrico tardío (Sato *et al.* 2003 y sus referencias). Las rocas pre-Famatinianas (Complejo Metamórfico Nogolí) están caracterizadas por metamorfismo regional de alto grado, las estructuras son de rumbo NO y se preservan en forma esporádica ya que están casi totalmente traspuestas por las Famatinianas. Los protolitos pre-Famatinianos forman parte de una sucesión de rocas supracrustales del Neoproterozoico-Cámbrico (Sato *et al.* 2006, Drobe *et al.* 2009) o incluso más antiguas (Sato *et al.* 2001). El ambiente tectónico es un arco de islas-retroarco, desarrollado sobre el borde oeste del cratón del Río de la Plata. La edad de la orogenia pre-Famatiniana que la afectó no está aún acotada con datos radimétricos y es tema de discusión; fue asignada tanto al ciclo Pampeano como a eventos más antiguos. Desde el punto de vista geotectónico, esta orogenia pudo relacionarse con la colisión del arco de islas-retroarco contra el cratón del Río de la Plata y su posterior colisión con el terreno Pampia (González 2003, Escayola *et al.* 2007, Ramos *et al.* 2014).

En este trabajo se aportan dos nuevas edades U-Pb en circon, que sumadas a las ya existentes, permiten acotar al Cámbrico (Fortuniano) la edad de los protolitos sedimentarios y volcánicos del Complejo Metamórfico Nogolí del oeste de las Sierras Pampeanas de San Luis (Fig. 1A), y proponer la procedencia sedimentaria desde distintas fuentes. Además, con las nuevas edades se propone que la orogenia pre-Famatiniana es Cámbrico (Época 3) y está asociada al clímax del ciclo Pampeano.

MARCO GEOLÓGICO

El basamento de las Sierras Pampeanas Orientales de San Luis está compuesto por complejos metamórficos de bajo a alto grado y por plutones de granitoides que los intruyen. Los complejos afloran en fajas meridianas y los contactos son principalmente tectónicos, mediante zonas de cizalla dúctil de rumbo N a NNE. Las fajas comparten la estructuración penetrativa de rumbo NNE y sus controles temporales indican que se originaron durante la fase orogénica principal Famatiniana (Ordovícico), a la que se asoció un metamorfismo de grado variable. Para las fajas de menor grado metamórfico (Fm. San Luis, Gr. Micaesquistos), las estructuras penetrativas se asocian al único evento deformativo registrado. Para las fajas de mayor grado (complejos Nogolí, Pringles y Conlara) éstas corresponden al segundo evento deformativo, ya que en ellas se preservan remanentes de una fábrica anterior de rumbo NO, a los cuales se asocian tam-

bién paragénesis metamórficas previas. Estas estructuras y metamorfismo relictos son los descriptos como pre-famatinianos (Llambías *et al.* 1996, González y Llambías 1998, von Gosen y Prozzi 1998) y atribuidos al ciclo Pampeano.

Las rocas pre-Famatinianas son más evidentes en el Complejo Metamórfico Nogolí que está compuesto principalmente por esquistos micáceos, paragneises y migmatitas, y en menor proporción por ortogneises granodioríticos, ortoanfíbolitas, komatiitas y basaltos toleíticos metamorfizados, mármoles, rocas calcosilicáticas y estratos de hierro bandeado (Ortiz Suárez 1999, González 2003, González *et al.* 2004, 2009a). Las estructuras de deformación son dos foliaciones, una pre-famatiniana de rumbo NO y otra famatiniana, penetrativa y de rumbo NNE (von Gosen y Prozzi 1998, González *et al.* 2004, 2009a). La edad máxima de depositación de un protolito sedimentario del complejo es neoproterozoica y la procedencia de sus circones detríticos es preponderantemente Brasiliana (Drobe *et al.* 2009), mientras que la cristalización ígnea de un protolito máfico-ultramáfico es más antigua que 516 Ma (Sato *et al.* 2006). El metamorfismo y deformación Famatiniano del Complejo Nogolí es del Ordovícico y se halla acotado isotópicamente entre 483 y 457 Ma (González *et al.* 2002, 2004, Sato *et al.* 2004, 2006, Steenken *et al.* 2006).

METODOLOGÍA

Se realizaron análisis de circones por el método U-Pb LA-MC-ICPMS de una metakomatiita (GASP-4: 32°53'23"S-66°11'26"O) y de un paragneis biotítico-muscovítico (GASP-7: 32°53'32"S-66°11'34"O) del Complejo Nogolí, en el paraje La Barranquita (Fig. 1A). Ambas rocas exhiben la fábrica metamórfica pre-Famatiniana de alto grado y rumbo NO. La metakomatiita se analizó en el Centro de Pesquisas Geocronológicas (IGeo, USP, Brasil) y el paragneis en el Laboratorio de Geocronología (IGeo, Univ. de Brasilia). Los circones de las muestras fueron analizados utilizando un espectrómetro de masas de tipo multi-colector con plasma de acoplamiento inductivo marca Thermo-Fisher Neptune, equipado con un sistema de ablación láser (193 Photon). Las condiciones de operación de los equipos, la metodología analítica y rutina constan en Sato *et al.* (2010). Previo a los análisis, los minerales pesados fueron separados mediante técnicas estándares gravimétricas (elutriador) y magnéticas (Frantz) en el CIG (UNLP-CONICET). Los circones fueron separados bajo alcohol, con lupa binocular y de forma aleatoria. Los diagramas de distribución de probabilidad e histograma y de concordia Tera-Wasserburg se realizaron con ISOPLOT/Ex (Ludwig 2003). En el histograma se usaron edades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ para los circones de <1000 Ma y $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ para los >1000 Ma.

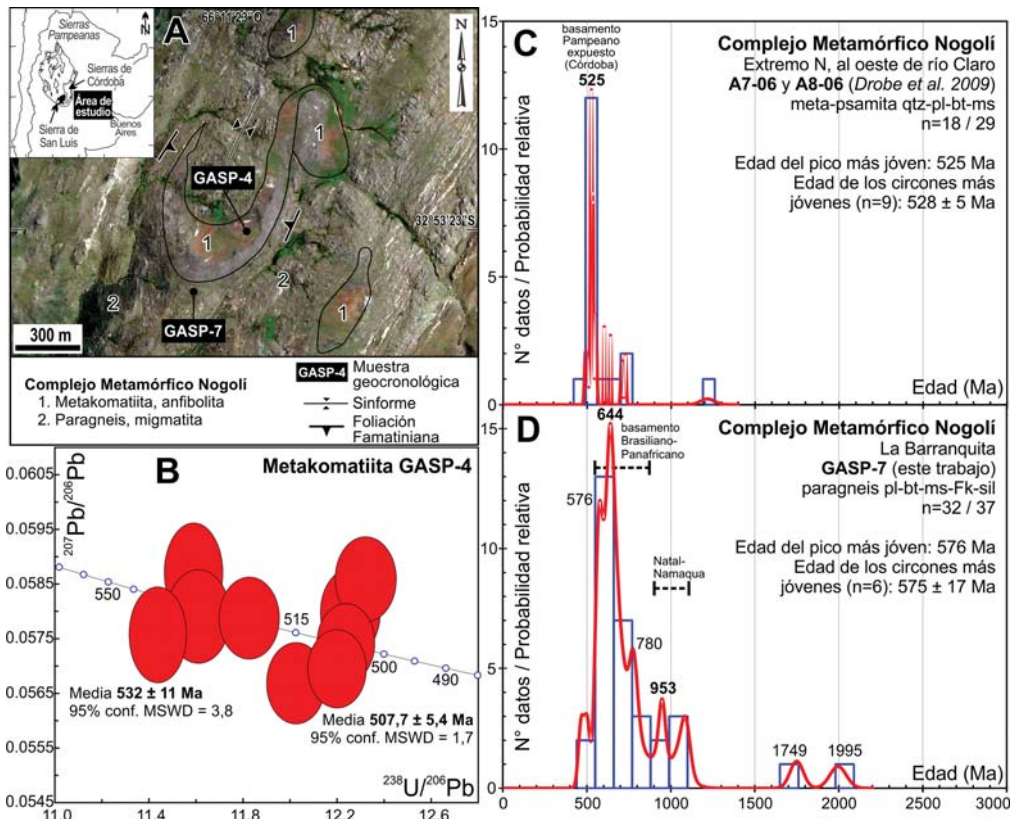


Figura 1. A. Ubicación de la zona de estudio en la Sierra de San Luis y de las muestras analizadas del Complejo Metamórfico Nogolí en el sinforme de La Barranquita. B. Diagrama concordia de los datos U-Pb de circones magmáticos de la metakomatiita GASP-4. Las elipses rojas corresponden a los 2 agrupamientos de los 9 circones concordantes. Nivel de confianza de edad media: 1sigma. C-D. Histogramas de frecuencia y probabilidades relativas de edades U-Pb del Complejo Nogolí. Detalles en el texto.

RESULTADOS

La metakomatiita aflora en el núcleo de un sinforme y está rodeada de un capuchón de anfibolita (Fig. 1A). Es verde oscuro a castaño verdosa y maciza; preserva en forma relicta estructuras almohadilladas de tipo *pillow lava*, algo estiradas por la deformación. Bajo el microscopio, exhibe una clara distinción entre la asociación mineral pre-Famatiniana y la Famatiniana. Subsisten en forma relicta algunos granos de olivina del protolito magmático (+ circones), pero la textura spinifex no se preservó. Están rodeados por un anillo de olivina metamórfica ± CPx ± opaco ± espinela, en un arreglo coronítico, que caracterizan a la asociación de alto grado pre-famatiniana en facies granulita. El conjunto está reemplazado por clorita + tremolita-actinolita + grunerita-cummingtonita que identifica a la asociación metamórfica de alto grado Famatiniana en facies anfibolita alta. Las olivinas y el Cpx exhiben retrogradación a serpentinas y bowlingita. Los circones analizados son todos cristales irregulares, sin forma cristalina, aunque unos pocos conservan la cara de algún prisma y/o truncamiento piramidal. Los cristales tienen principalmente entre 83 y 200µm de largo y en menor proporción algunos cristales

son de ~42µm de largo. Las imágenes de luz transmitida de los cristales muestran una estructura interna compleja, con sectores internos claros y zonados, y rodeados de bordes más oscuros. En algunos granos se distingue un núcleo heredado y el borde sobrecrecido. Fueron analizados 20 puntos en 18 cristales, repartidos de la siguiente forma: 16 cristales con un sólo análisis en el sector interno y los dos restantes con dos puntos cada uno, en el borde y en el núcleo. 17 de los 18 cristales de circones dieron edades entre 472 y 549 Ma. Fueron descartados los puntos más discordantes con pérdida de Pb reciente y los 9 datos con edad razonable se agrupan en dos conjuntos (Fig. 1B) y proveen dos edades medias, una de 532 ± 11 Ma (MSWD 3,8) y otra de $507,7 \pm 5,4$ (MSWD 1,7). Los dos bordes proveyeron edades $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 486 ± 3 Ma (núcleo de 503 Ma) y 472 ± 3 Ma (506 Ma en núcleo). En forma adicional y para fines comparativos, se utilizaron análisis U-Pb SHRIMP de circones (publicados e inéditos) de otra metakomatiita con textura spinifex relicta (RQ-25-2, Sato *et al.* 2006) que son de origen metamórfico y aportaron una edad U-Pb concordia de $496,4 \pm 4,2$ Ma (MSWD 3,4).

El paragneis acompaña a la metakomatiita en el sinforme como su roca encajonante (Fig. 1A); es gris oscuro a gris rosado, de tamaño de grano medio y con folia-

ción Famatiniana penetrativa de rumbo NNE (traspone la pre-Famatiniana de rumbo NO). Está compuesto por cuarzo + plagioclasa + biotita + muscovita + rutilo (\pm Fk \pm fibrolita y abundante circón, monacita y apatita) que definen la foliación y textura granolepidoblástica. La asociación mineral caracteriza el metamorfismo de alto grado famatiniano en facies anfíbolita alta.

Los circones detríticos analizados del paragneis son principalmente prismas (escasos bi-piramidales) redondeados a sub-redondeados, variables entre 250 y 350 μ m de largo (relación axial 3:1 a 2:1) y en menor proporción cristales irregulares desde 200 hasta 250 μ m de largo (relación axial \sim 1:1). Las imágenes BSC de los granos muestran zonación esencialmente oscilatoria y de tipo *sector zoning*. La morfología y estructura interna de los circones indican el origen magmático de una gran proporción de ellos. 32 de 37 cristales analizados (5 granos descartados por tener $>10\%$ de discordancia) tienen una distribución de edades concordantes que definen un rango principal entre 560 y 811 Ma, con picos a los 576, 644 (máximo, principal) y 780 Ma. Hay un rango de edades más antiguo variable entre 928 y 1089 Ma con un pico prominente a los 953 Ma (Fig. 1D). Adicionalmente, hay dos edades aisladas de 1749 y 1995 Ma y otras dos de 466 y 501 Ma. No teniendo en cuenta estas dos últimas, 6 de los 8 circones más jóvenes definen una edad media $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 575 ± 17 (MSWD 0,32). El circón más joven tiene una edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 561 ± 17 Ma.

DISCUSIÓN E INTERPRETACIONES

El dato U-Pb de 532 ± 11 Ma de la metakomatiita corresponde a su cristalización magmática durante el Cámbrico Temprano (Fortuniano) y el de $507,7 \pm 5,4$ Ma pertenece al metamorfismo de alto grado pre-Famatiniano que está vinculado al clímax del ciclo Pampeano en la Sierra de San Luis y para el Complejo Nogolí. Junto con su rango de error, el dato de 507 Ma se encuentra cerca de la edad de $496,4 \pm 4,2$ Ma para el metamorfismo regional de alto grado de la otra metakomatiita. Las edades de los bordes de 486 ± 3 Ma y 472 ± 3 Ma pertenecen al metamorfismo de alto grado Famatiniano en facies anfíbolita, y son coincidentes con las edades U-Pb de 475 y 473 Ma (monacita de dos ortogneises, Sato *et al.* 2004), 461 Ma (circón en basalto komatiítico metamorfozado, Sato *et al.* 2006), 458 y 470 (monacita en paragneis, González *et al.* 2004), 483 Ma (Ar-Ar hornblenda, González *et al.* 2009b) y 478 Ma (monacita en migmatita, Steenken *et al.* 2006), entre otros.

Con respecto al protolito sedimentario del paragneis GASP-7, los picos de edades prominentes de 576 y 644 Ma, y la media de 575 Ma de los circones más jóvenes sugieren que la sedimentación no puede ser más antigua que Ediacariano tardío, y que en parte es coincidente con la edad de depositación de otro protolito del Complejo Nogolí (Drobe *et al.* 2009). El dato U-Pb de 561 Ma del circón más joven de GASP-7 es consistente con una

edad máxima neoproterozoica y los datos de 501 y 466 Ma sugieren el reseteo parcial del sistema isotópico en esta roca, debido a la superposición del metamorfismo de alto grado y deformación Pampeano y Famatiniano, respectivamente.

Con respecto a la procedencia sedimentaria de los circones detríticos, el paragneis tiene un patrón que es común a otras rocas del orógeno Terra Australis, con fuente de sedimentos provenientes desde los cinturones orogénicos del Neoproterozoico y Cámbrico del margen SO de Gondwana. El patrón de edades es esencialmente unimodal con dispersión de datos en el Neoproterozoico y picos a los 644 y 570 Ma, y una moda mucho menos importante en 953 Ma (Fig. 1C, D). Si bien los circones detríticos son del Neoproterozoico (el más joven de 561 Ma), la edad de sedimentación de su protolito es \sim 30 Ma más joven (Fortuniano) y está definida por la cristalización magmática de 532 Ma del flujo de komatiita intercalado en la sucesión sedimentaria que lo contiene. Esta relación es comparable con aquella de la sección tipo de la Fm. Puncoviscana del NOA, donde las grauvacas tienen circones detríticos de 555-570 Ma y están intercaladas con tobas félsicas de 537 Ma que indican una sedimentación cámbrica temprana, la cual es \sim 30 Ma más joven que los circones detríticos de las rocas de caja grauvácicas (Escayola *et al.* 2011). En GASP-7, la moda detrítica del Neoproterozoico y la falta de edades del Paleoproterozoico, que son características del cratón del Río de la Plata, sugieren un patrón semejante a aquel de la “Serie de Puncoviscana” (Rapela *et al.* 2016), aunque en GASP-7 el pico de 1000 Ma no es tan notable como en la Fm. Puncoviscana.

Por otro lado, si además consideramos el patrón de edades unimodal de otra roca del Complejo Nogolí (recalculado con los datos de Drobe *et al.* 2009, teniendo en cuenta las edades mencionadas en “Metodología”) que tiene un pico prominente en 525 Ma y faltan las edades del Neo- y Mesoproterozoico (Fig. 1C), la sedimentación de los protolitos del Complejo Nogolí queda acotada al Cámbrico Temprano. Teniendo en cuenta las áreas vecinas a la Sierra de San Luis con orógenos ya elevados al momento de la depositación de los protolitos del Complejo Nogolí, las fuentes más probables de sus circones detríticos son las rocas de los ciclos: (i) Brasileño-Panafricano (Neoproterozoico) del S de África y SE de Brasil y Uruguay y (ii) Pampeano (Cámbrico Inferior) de las Sierras de Córdoba. La procedencia menos importante es desde (iii) rocas del Mesoproterozoico, que pueden ser del cinturón de Natal-Namaqua (S del cratón de Kalahari) o, como fuente de aporte alternativa, el cratón de Arequipa-Antofalla.

Con respecto al clímax de la orogénesis Pampeana en la Sierra de San Luis puede establecerse en el intervalo 507-496 Ma, que es diacrónico respecto de las Sierras de Córdoba, donde el pico metamórfico ocurrió entre 533-520 Ma o es algo anterior (537 Ma). En Córdoba, se registran datos U-Pb de 509 a 506 Ma que representan

edades de metamorfismo de una etapa tardía del ciclo Pampeano, posterior al clímax, o en forma alternativa corresponder a un nuevo episodio térmico vinculado con el ciclo Famatiniano (Baldo *et al.* 2014 y sus referencias).

CONSIDERACIONES FINALES

Los protolitos sedimentarios y volcánicos del Complejo Metamórfico Nogolí de la Sierra de San Luis se depositaron en el Cámbrico Temprano (Fortuniano), -quizá desde antes- y en forma simultánea con el clímax tectónico del Cámbrico Temprano de la orogenia Pampeana de las Sierras de Córdoba. El ciclo Pampeano en la Sierra de San Luis tiene su clímax orogénico con posterioridad a Córdoba, durante la Época 3 del Cámbrico entre la Edad 5 y el Guzhangiano, y produjo las estructuras de rumbo NO y el metamorfismo regional de alto grado en las rocas del Complejo Nogolí. Los procesos geológicos involucrados en Córdoba y San Luis corresponden a niveles estructurales disímiles. Sin embargo, mientras las rocas de las Sierras de Córdoba se encontraban en la corteza inferior y sometidas al clímax orogénico Pampeano (c. 530 Ma), hacia el oeste en la Sierra de San Luis se estaban depositando en superficie los protolitos del Complejo Metamórfico Nogolí (y también de otras unidades de bajo grado como la Fm. San Luis, contemporánea del complejo). En la Sierra de San Luis, el clímax orogénico Pampeano es diacrónico respecto de las Sierras de Córdoba y estaría relacionado con la migración del frente orogénico Pampeano desde el este hacia el oeste. Desde el punto de vista geotectónico, esta migración se habría producido por el inicio de la interacción del terreno Pampia contra el borde sudoeste de Gondwana, y previo a la acreción del terreno compuesto Cuyania durante la fase principal del Famatiniano.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Drobe, M., López de Luchi, M., Steenken, A., Frei, R., Naumann, R., Siegesmund, S., Wemmer, K. 2009. Provenance of the late Proterozoic to early Cambrian metaclastic sediments of the Sierra de San Luis (Eastern Sierras Pampeanas) and Cordillera Oriental, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 28: 239–262.
- Escayola, M., Pimentel, M., Armstrong, R. 2007. Neoproterozoic backarc basin: sensitive high resolution ion microprobe U-Pb and Sm-Nd isotopic evidence from the Eastern Pampean Ranges. *Geology*, 35 (6): 495-498.
- Escayola, M., van Staal, C., Davis, W. 2011. The age and tectonic setting of the Puncoviscana Formation in northwestern Argentina: an accretionary complex related to Early Cambrian closure of the Puncoviscana Ocean and accretion of the Arequipa–Antofalla block. *Journal of South American Earth Sciences* 32: 438–459.
- González, P.D. 2003. Estructura, metamorfismo y petrología del basamento ígneo-metamórfico de la Sierra de San Luis entre Nogolí y Gasparillo. Fac. Cs. Nat. y Museo (UNLP). Tesis Doctoral Inédita 817: 383p, La Plata.
- González, P.D., Llambías, E. 1998. Estructura interna de las metamorfitas pre-Famatinianas y su relación con la deformación del Paleozoico inferior en el área de Gasparillo, San Luis, Argentina. 10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Nacional de Geología Económica, 2: 421-426, Buenos Aires.
- González, P.D., Sato, A., Basei, M., Vlach, S., Llambías, E. 2002. Structure, metamorphism and age of the Pampean-Famatinian Orogenies in the western Sierra de San Luis. 15° Congreso Geológico Argentino, 2: 51-56. El Calafate, Santa Cruz.
- González, P.D., Sato, A.M., Llambías, E., Basei, M., Vlach, S. 2004. Early Paleozoic structural and metamorphic evolution of western Sierra de San Luis (Argentina), in relation to Cuyania accretion. *Gondwana Research*, 7 (4): 1157-1170.
- González, P.D., Sato, A., Llambías, E., Petronilho, L. 2009a. Petrology and geochemistry of the banded iron formation in the Eastern Sierras Pampeanas of San Luis (Argentina): implications for the evolution of the Nogolí Metamorphic Complex. *Journal of South American Earth Sciences*, 28 (2): 89-112.
- González, P.D., Sato, A.M., Basei, M., Llambías, E., Sporeser, W., Naipauer, M., Varela, R. 2009b. Evolución tectono-metamórfica y magmática Pampeana a Famatiniana del basamento adyacente al borde oeste del Cratón del Río de la Plata, Argentina. Simposio 45 Años de Geocronología en Brasil, Boletim de Resumos Expandidos, 313-315. IGc-CPGeo, USP, Brasil.
- Ludwig, K.R. 2003. Isoplot/Ex version 3.0: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Special Publication No. 4. Berkeley Geochronology Center, 2455 Ridge Road, Berkeley, CA 94709, USA.
- Llambías, E., Sato, A.M., Prozzi, C., Sánchez, V. 1996. Los pendents de gneises en el Plutón Gasparillo: evidencia de un metamorfismo pre-Famatiniano en las Sierras de San Luis. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 5: 369-376, Buenos Aires.
- Ortiz Suárez, A. 1999. Geología y petrología del área de San Francisco del Monte de Oro, San Luis. Tesis Doctoral. Fac. Cs. Físico Mat. y Nat. Univ. Nacional de San Luis. Inédita.
- Ramos, V., Martino, R., Otamendi, J., Escayola, M. 2014. Evolución geotectónica de las Sierras Pampeanas Orientales. Relatorio 19° Congreso Geológico Argentino, II, Capítulo C.1: 965-982, Córdoba.
- Rapela, C., Verdecchia, S., Casquet, C., Pankhurst, R., Baldo, E., Galindo, C., Murra, J., Dahlquist, J., Fanninge, M. 2016. Identifying Laurentian and SW Gondwana sources in the Neoproterozoic to Early Paleozoic metasedimentary rocks of the Sierras Pampeanas: Paleogeographic and tectonic implications. *Gondwana Research* 32: 193–212.
- Sato, A., González, P.D., Sato, K. 2001. First indication of Mesoproterozoic age from the western basement of Sierra de San Luis. 3rd South American Symposium on Isotope Geology. Extended Abstracts Volume (CD): 241-244. Sociedad Geológica de Chile.
- Sato, A., González, P.D., Llambías, E. 2003. Evolución del orógeno Famatiniano en la Sierra de San Luis: magmatismo de arco, deformación y metamorfismo de bajo a alto grado. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 58 (4): 487-504.
- Sato, A.M., González, P.D., Basei, M., Passarelli, C., Petronilho, L., Sato, K., Vlach, S., Varela, R., Llambías, E. 2004. The Famatinian Orogeny of Western Sierra de San Luis, Argentina: Isotopic features. Simposio 40 Años de



XX CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO
7-11 de agosto de 2017 | San Miguel de Tucumán



- Geocronología No Brasil. Boletim de Resumos, p. 83. Sao Paulo, Brasil.
- Sato, A.M., González, P.D., Basei, M., Llambias, E. 2006. U-Pb ages of komatiitic rocks from Sierra de San Luis, Argentina. 5th South American Symposium on Isotope Geology. Short Papers Volume: 169-173, Punta del Este, Uruguay.
- Sato, K., Basei, M., Ferreira, C., Vlach, S., Ivanuch, W., Siga Jr., O., Onoi, A. 2010. In Situ U-Th-Pb isotopic analyses by Excimer laser Ablation/ICP-MS on Brazilian Xenotime Megacrystal: first U-Pb results at CPGeo-IG-USP. 7th South American Symposium on Isotope Geology, CD Room, pp. 349-352. Brasília.
- Steenken, A., Siegesmund, S., López de Luchi, M., Frei, R., Wemmer, K. 2006. Neoproterozoic to Early Palaeozoic events in the Sierra de San Luis: implications for the Famatinian geodynamics in the Eastern Sierras Pampeanas (Argentina). *Journal of the Geological Society of London*, 163: 965–982.
- von Gosen, W., C. Prozzi, 1998. Structural evolution of the Sierra de San Luis (Eastern Sierras Pampeanas, Argentina): implications for the Proto-Andean Margin of Gondwana. En: Pankhurst, R. y C. Rapela (Eds). *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geological Society London, Special Publication, 142: 235-258.