



REVISIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO MARIFIL

Santiago N. GONZÁLEZ¹, Gerson A. GRECO¹, Ana M. SATO², Pablo D. GONZÁLEZ¹, Eduardo J. LLAMBÍAS²,
Ignacio DÍAZ-MARTÍNEZ¹, Silvina DE VALAIS¹, Samanta SERRA-VARELA¹

¹ Instituto de Investigaciones en Paleobiología y Geología. Av. General Roca 1242 (8332) – General Roca,
Río Negro – Argentina. sgonzalez@unrn.edu.ar

² Centro de Investigaciones Geológicas

RESUMEN

La definición del Complejo Volcánico Marifil ha variado desde su definición en 1974 para incluir una gran variedad de rocas ígneas, sedimentarias y piroclástica de edad y génesis diferentes. Recientes contribuciones han propuesto la existencia de un régimen tectónico extensional durante el Triásico Medio, vinculado posiblemente al colapso del orógeno Gondwanico al cual se ha asociado un magmatismo mesosilícico. Por otra parte, el vulcanismo ácido del Jurásico de la Patagonia ha sido atribuido a un régimen extensional de intraplaca continental asociado a la actividad térmica de la Pluma del Karoo. En cada uno de estos escenarios tectónicos, se han desarrollado sistemas sedimentarios restringidos y con una importante componente volcanoclástica. Los diferentes tipos de roca formados durante los mencionados eventos geotectónicos (litogenéticos) han sido individualizados y nombrados en diferentes áreas geográficas bajo diferentes denominaciones formales. Incluso unidades litológicas de similar composición y posición estratigráfica han recibido nombres diferentes en áreas aledañas. Considerando que la génesis de las rocas, así como su posición estratigráfica, son factores fundamentales para la definición de una unidad litoestratigráfica, proponemos en esta contribución un reordenamiento estratigráfico para las unidades volcánicas, volcanoclásticas, intrusivas y sedimentarias del Triásico Medio a Jurásico Inferior aflorantes en la vertiente oriental del Macizo Norpatagónico incluidas hasta el momento en el Complejo Volcánico Marifil.

Palabras clave: Volcánicas, Intrusivas, Sedimentarias, Triásico, Jurásico.

ABSTRACT

Stratigraphic revision of the Marifil Volcanic Complex. The definition of the Marifil Volcanic Complex has been changed since its mention in 1974. It consists mainly of igneous, sedimentary and pyroclastic rocks with different genesis and ranging in age from Middle Triassic to Middle Jurassic. Recent contributions have proposed the existence of an extensional tectonic regime in North Patagonia during the Middle Triassic, possibly linked to the collapse of the Gondwanian orogen. Associated to this event a mesosilicic magmatism has occurred. On the other hand, the acidic Jurassic volcanism in the Eastern Northpatagonia has been attributed to a continental-intraplate extensional regime associated to the thermal activity of the Karoo Plume. In both tectonic scenarios, restricted sedimentary systems with an important volcanoclastic component have been developed. The different types of rock formed during the mentioned geotectonic events (lithogetic processes) have been individualized and named in different geographic areas under different formal denominations. Considering that the genesis of the rocks, as well as their stratigraphic position, are fundamental factors for the definition of lithostratigraphic units, we propose in this contribution a stratigraphic rearrangement for the igneous (intrusive and extrusive) and sedimentary rocks up to the moment included in the Marifil Volcanic Complex.

Keywords: Volcanic, Pyroclastic, Sedimentary, Triassic, Jurassic.

INTRODUCCIÓN

El Complejo Volcánico Marifil (Malviccini y Llamblás 1974, Cortés 1981, Busteros *et al.* 1998) es una unidad litoestratigráfica de amplia distribución areal en el Macizo Nordpatagónico Oriental. Se compone principalmente de rocas ígneas volcánicas y subvolcánicas, y piroclásticas, con menor participación de rocas sedimentarias (Nuñez *et al.* 1975, Zanettini 1980, Cortés 1981). La base de la unidad se apoya sobre rocas pre-triásicas (metamorfitas del Paleozoico Temprano, sedimentitas siluro-devónicas o granitoides pérmicos) y puede estar constituida por rocas volcánicas mesosilícicas o bien rocas sedimentarias con un aporte variable de material piroclástico. Cubren en discordancia mantos de rocas volcánicas ácidas, lávicas y flujos piroclásticos, intercalados con bancos delgados de rocas clásticas. Toda la secuencia presenta intrusiones de rocas subvolcánicas ácidas formando diques, filones capa y *stocks* (Roseman 1972, Malviccini y Llamblás 1974, Nuñez *et al.* 1975, Zanettini 1980, Cortés 1981, Giacosa 1993, Busteros *et al.* 1998, Márquez *et al.* 2010, 2011). La edad de estas rocas ha sido calculada por su contenido fósil y por métodos radiométricos variados (K-Ar, Rb-Sr, Ar-Ar y U-Pb). El rango de edades isotópicas obtenido para las rocas del complejo comienza en el Triásico Medio inferior y se extiende hasta el Jurásico Medio tardío. Existen, sin embargo, dos grupos de edades distinguibles dentro del rango mencionado. González *et al.* (2014, 2017) presentan para rocas ígneas asignables a la parte basal del Complejo Volcánico Marifil edades U-Pb de Triásico Medio, que coinciden con otras edades K-Ar publicadas previamente (Cortés 1981, Genovese 1995). Por otro lado, las edades Rb-Sr y Ar-Ar obtenidas en rocas volcánicas ácidas del complejo arrojan edades en el Jurásico Temprano (Rapela y Pankhurst 1993, Pankhurst y Rapela 1995, Feraud *et al.* 1999).

Las rocas del Complejo Volcánico Marifil han sido tradicionalmente vinculadas a los procesos eruptivos generados por la actividad de grandes campos de calderas en la Patagonia Norte durante el Jurásico (Cicciarelli 1990, Aragón *et al.* 1996). Esta actividad ha sido relacionada con la efusión de la Provincia Ígnea Chon Aike, que a su vez está relacionada a la pluma de Karoo (Pankhurst *et al.* 1998, 2000). Por otra parte, publicaciones recientes han propuesto en el Macizo Nordpatagónico Oriental la presencia de un magmatismo mesosilícico triásico vinculado a la etapa postorogénica del Ciclo Gondwanico (González *et al.* 2014, 2016, 2017).

Considerando las diferencias de composición litológica y de edad, además de una génesis a partir de procesos no relacionados, se considera necesario ordenar y separar las unidades litoestratigráficas comprendidas en el Complejo Volcánico Marifil. De esta forma sería posible

distinguir entre las unidades basales de edad triásica, tanto ígneas como sedimentarias, de la secuencia jurásica predominada por rocas volcánicas ácidas.

GEOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA DEL COMPLEJO VOLCÁNICO MARIFIL

Las rocas clásticas

Aunque de escaso espesor y extensión areal, las rocas sedimentarias asociadas al Complejo Volcánico Marifil han servido como elemento de correlación y su contenido fósil resulta de gran importancia tanto para la determinación de la edad de las unidades como para correlaciones a nivel local y global.

Las rocas sedimentarias correspondientes a las formaciones Puesto Piris (Nuñez *et al.* 1975), El Refugio (Zanettini 1980) y La Porfía (Cortés 1981), fueron incluidas en el Complejo Volcánico Marifil (Cortés 1981). Las dos primeras se apoyan sobre los granitos pérmicos del Complejo Plutónico Pailéman (y equivalentes) o bien sobre las Vulcanitas Monasa (Franchi *et al.* 2001, ver *Las rocas mesosilícicas* en esta contribución); y son cubiertas por mantos de rocas ácidas volcánicas y piroclásticas. La Formación Puesto Piris, que aflora en Valcheta y Sierra Grande (Nuñez *et al.* 1975, Zanettini 1980), es un paquete sedimentario dominado por conglomerados y cubierto por flujos ácidos del Complejo Marifil. La Formación El Refugio presenta relaciones estratigráficas similares a la Formación Puesto Piris pero se diferencia de esta por su composición litológica donde predominan rocas volcanoclásticas sin participación de conglomerados (Zanettini 1980). Por último, los sedimentos clásticos (volcanogénicos y epiclásticos) de la Formación La Porfía se apoyan sobre la Formación Puesto Piris y es cubierta por las rocas volcánicas ácidas del Complejo Marifil (Cortés 1981). Estas tres formaciones fueron propuestas como de edad Triásico Tardío a Jurásico Temprano (Nuñez *et al.* 1975, Zanettini 1980, Cortés 1981). Por otra parte, en el ámbito de la Hoja Geológica 4166-IV "Sierra Grande" (Busteros *et al.* 1998) se describen numerosos niveles de rocas clásticas (volcanogénicas y epiclásticas) intercalados entre los flujos volcánicos del Complejo Marifil (Busteros *et al.* 1998). Estos niveles son delgados y de escaso desarrollo lateral por lo que no han sido individualizados como una unidad formal independiente.

Las rocas sedimentarias mencionadas presentan interés desde el punto de vista paleontológico. En primera instancia, Nuñez *et al.* (1975) mencionan en los niveles sedimentarios intercalados en las vulcanitas ácidas flora de *Otozamites* y restos de *Estheria*. Estos fósiles permitieron asignar al Complejo Volcánico Marifil una edad jurásica temprana a medio. El reciente hallazgo de huellas de dinosaurios en estos niveles ha elevado el interés

paleontológico de estos paquetes sedimentarios al ser el primer registro icnológico de vertebrados fósiles para el Jurásico Temprano de Argentina (Díaz Martínez *et al.* 2017). Este registro fósil está asociado a restos de plantas atribuibles a equisetales indeterminados (*Passalia e Iglesia*, comm. pers., en Díaz-Martínez *et al.* 2017). En una unidad sedimentaria equivalente a la Formación El Refugio, aflorante en Arroyo Ventana, se ha hallado una huella de vertebrado que aun sin una asignación icnotaxonomía definida puede relacionarse a icnotaxones normalmente presentes en el intervalo Triásico Medio al Jurásico Temprano.

Las rocas ígneas

Las rocas mesosilícicas. Así como en Arroyo Verde (Malviccini y Llambías 1974), en el ámbito de las hojas geológicas “Sierra Grande” (Busteros *et al.* 1998) y “Cona Niyeu” (Franchi *et al.* 2001) aparecen lavas mesosilícicas en pequeños afloramientos dispersos. Franchi *et al.* (2001) denominó a estas rocas de la base del Complejo Volcánico Marifil como Vulcanitas Monasa. Las mismas se apoyan en discordancia sobre granitos pérmicos y son cubiertas por rocas sedimentarias o mantos ácidos. Esta unidad comprendería rocas andesíticas a basálticas. Por otra parte, se ha descrito una interdigitación de rocas volcánicas jurásicas, mesosilícicas y acidas, en el valle del Río Chubut entre Las Plumas y el Dique Ameghino (Féraud *et al.* 1999). Las rocas mesosilícicas de esta área se han incluido en la Formación Loncotrapial mientras que los mantos ácidos corresponderían al Complejo Volcánico Marifil.

Edades K-Ar en roca total de rocas andesíticas determinaron un rango temporal muy amplio entre 211 Ma y 174±10 Ma (Cortés 1981, Genovese 1995). Féraud *et al.* (1999) informaron edades jurásicas por el método Ar-Ar (178,5±0,9Ma, en anfíbol; 177±0,8Ma, en biotita; 175,1±0,5Ma, en sanidina) para rocas mesosilícicas del Complejo Volcánico Marifil en afloramientos del Dique Ameghino y la Península Camarones.

Recientes contribuciones de González *et al.* (2014, 2016, 2017) presentan nuevas interpretaciones sobre las rocas mesosilícicas basales del Complejo Volcánico Marifil. En cuerpos de roca volcánicos (equivalentes a las Vulcanitas Monasa), de composición general traquítica a traquiandesítica, se han calculado edades de cristalización en circón (U-Pb LA-ICP-MS) de 247,22 ± 0,46 Ma. Una secuencia decamétrica de rocas volcanogénicas y areniscas epiclásticas con arquitectura fluvial (equivalentes a la Formación El Refugio), inclinando entre 10° y 20° al SE, cubre a estas rocas volcánicas mesosilícicas. Flujos piroclásticos ácidos se apoyan horizontalmente sobre la secuencia previa que además es cortada por diques riolíticos.

Los cuerpos subvolcánicos. Son numerosos los cuer-

pos subvolcánicos incluidos en el Complejo Volcánico Marifil. La Formación Aguada del Bagual (Cortés 1981) comprende diques y pórfidos riolíticos que presentan asociadas mineralizaciones de fluorita y óxidos de Manganeso. Márquez *et al.* (2010, 2011) describen los cuerpos subvolcánicos intruyendo a los productos volcánicos cogenéticos. Los cuerpos subvolcánicos correspondientes a la formación Aguada del Bagual fueron considerados de edad jurásica temprana, 186±5 Ma (Cortés 1981).

Existe también un enjambre longitudinal de diques mesosilícicos (González *et al.* 2014, 2016) que fue considerado por Giacosa (1994) como la manifestación más temprana del Complejo Volcánico Marifil. Este conjunto de cuerpos subvolcánicos corta las rocas pre-triásicas sobre las que se apoyan las Vulcanitas Monasa y presentan una composición similar a ellas además de una edad similar (243,6± 1,7 Ma por el método U-Pb LA-ICP-MS en circones, González *et al.* 2014). González *et al.* (2017) proponen que estos diques podrían ser los canales de ascenso y alimentación del vulcanismo mesosilícico del Triásico representado por las Vulcanitas Monasa.

Los mantos ácidos. Por último haremos referencia a los mantos riolíticos que fueron denominados por Malviccini y Llambías (1974) como Formación Marifil. Estas rocas tienen una amplia distribución areal, desde el Bajo del Gualicho, pasando por Valcheta y Sierra Grande hasta el Dique Ameghino y la Península de Camarones.

Estos mantos se componen principalmente de flujos piroclásticos (ignimbritas) con grado variable de soldamiento, y coladas dómicas. La composición predominante de las rocas que componen estos mantos es riolítica con dacitas y traquitas subordinadas (Malviccini y Llambías 1974, Nuñez *et al.* 1975, Zanettini 1980, Cortés 1981, Giacosa 1993, Rapela y Pankhurst 1993, Pankhurst y Rapela 1995, Márquez *et al.* 2010, 2011). La edad de estas rocas ha sido establecida por los métodos K-Ar (Cortés 1981), Rb-Sr (Rapela y Pankhurst 1993, Pankhurst y Rapela 1995) y Ar-Ar (Féraud *et al.* 1999). El rango de edades obtenidas es de 205 Ma a 160 Ma, considerando solo las edades Rb-Sr y Ar-Ar el rango se reduce a 188 Ma a 178 Ma (V1 en Pankhurst *et al.* 2000).

Márquez *et al.* (2010, 2011) realizaron una estratigrafía de detalle del Complejo Volcánico Marifil en las localidades de Sierra Grande y Arroyo Verde. Estos autores indicaron que la secuencia liásica comenzaría en estos centros eruptivos con rocas piroclásticas posteriormente intruídas por productos subvolcánicos. Las erupciones de estas áreas habrían sido fisurales acorde a lo propuesto por los mencionados autores.

CONSIDERACIONES FINALES

El Complejo Volcánico Marifil presenta una amplia variedad litológica y tiene una extensión temporal muy amplia. Además, las unidades sedimentarias incluidas en esta unidad han recibido denominaciones formales locales y por variaciones de sus características litológicas. Las unidades litoestratigráficas deben definirse por su litología, edad y extensión areal (Comité Argentino de Estratigrafía 1992). La forma, dimensiones y relaciones espaciales de los cuerpos de roca, así como las relaciones

espaciotemporales de los sucesos litogenéticos que ellos representan son características que permiten la separación de unidades formales.

El Complejo Marifil fue incluido en la Provincia Ígnea Chon Aike del Jurásico, cuya génesis se ha vinculado a la anomalía térmica de pluma del Karoo (Pankhurst *et al.* 1998, 2000). Estos autores consideraron que la edad Jurásico Temprano, correspondiente a los mantos ácidos y cuerpos subvolcánicos ácidos, representaba la edad global del complejo. Sin embargo, las rocas mesosilíceas de las Vulcanitas Monasa y el enjambre de diques traquiandesíticos han sido relacionados a procesos

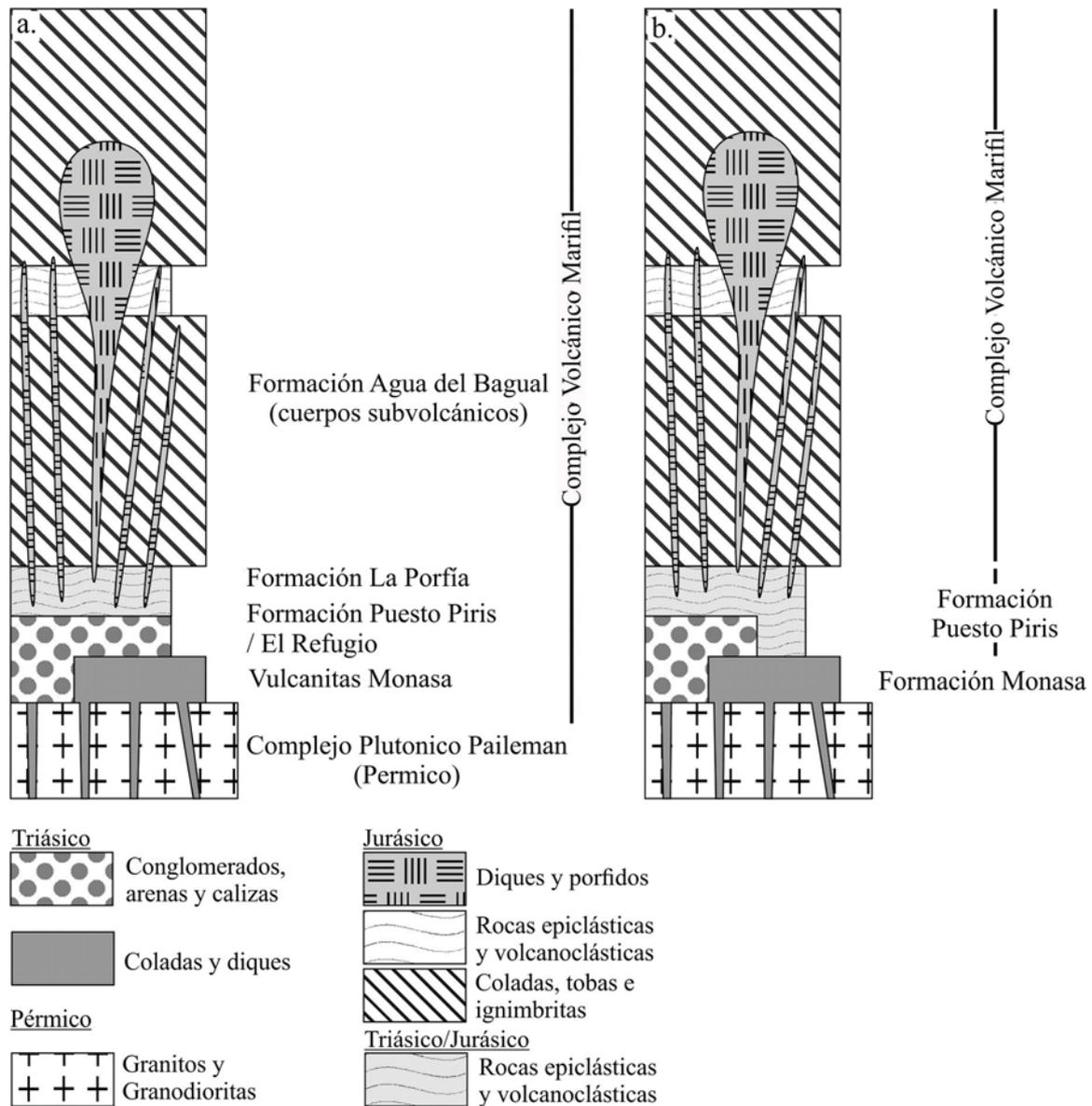


Figura 1. Columnas estratigráficas esquemáticas idealizadas considerando las unidades litoestratigráficas descritas en el texto. a) columna construida considerando las unidades definidas hasta el momento; b) columna representando el esquema estratigráfico propuesto en este trabajo.

extensionales del Triásico vinculados a la postorogénesis del Ciclo Gondwánico (González *et al.* 2014, 2016, 2017).

Por lo tanto, existe la posibilidad de que el Complejo Volcánico de Marifil, en su definición actual, contenga dos procesos geotectónicos y magmáticos diferentes que se diferenciarían por su edad y productos magmáticos. Ambos procesos presentarían sedimentación asociada.

Por lo anterior proponemos una readecuación de la nomenclatura estratigráfica concerniente al Complejo Volcánico Marifil. La Formación Monasa (*nom. subst.*) incluirá las Vulcanitas homónimas y los cuerpos subvolcánicos de edad triásica. De esta manera las rocas de esta unidad representarían un proceso litogenético ígneo ocurrido durante el Triásico. Por la misma razón proponemos el abandono de las denominaciones locales para las rocas sedimentarias apoyadas sobre rocas pre-triásicas o sobre la Formación Monasa. Sugerimos la utilización de Formación Puesto Piris para todas las rocas sedimentarias y volcanosedimentarias que se encuentren por debajo de los mantos ácidos del Jurásico. Finalmente, la denominación de Complejo Marifil correspondería a los mantos ácidos, los paquetes sedimentarios intercalados entre ellos y los cuerpos subvolcánicos asociados, todos ellos de edad jurásica. A fin de complementar esta propuesta, se presenta en la Figura 1 un esquema estratigráfico comparando las denominaciones formales previas con las propuestas en esta contribución.

AGRADECIMIENTOS

Los trabajos de campo y laboratorio fueron financiados por los proyectos UNLP 11/N653 y PIP-CONICET 0324.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aragón, E., Rodríguez, A.M.I. and Benialgo, A. 1996. A calderas field at the Marifil Formation, new volcanogenic interpretation, Norpatagonian Massif, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 9: 321-328.
- Busteros, A., Giacosa, R. y Lema, H. 1998. Hoja Geológica 4166-IV, Sierra Grande, Provincia de Río Negro. Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires, 75 p.
- Cicciarelli, M.I. 1990. Análisis estructural del sector oriental del Macizo Nordpatagónico y su significado metalogenético. Provincias de Río Negro y Chubut. Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata (inédita), 178 p.
- Comité Argentino de Estratigrafía 1992. Código Argentino de Estratigrafía. Serie "B" (Didáctica y Complementaria) de la Asociación Geológica Argentina. Buenos Aires, 64p.
- Cortés, J. 1981. El substrato precretácico del extremo noreste de la Provincia del Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 36: 217-235.
- Díaz Martínez, I., González, S.N. y de Valais, S. 2017. Dinosaur footprints in the Early Jurassic of Patagonia (Marifil Volcanic Complex, Argentina): biochronological and palaeobiogeographical inferences. *Geological Magazine*, en prensa.
- Feraud, G., Alric, V., Fornari, M., Bertrand, H. and Haller, M. 1999. ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating of the Jurassic volcanic province of Patagonia: migrating magmatism related to Gondwana break-up and subduction. *Earth and Planetary Science Letters*, 172: 83-96.
- Franchi, M., A., A. y Remesal, M. 2001. Hoja Geológica 4166-III, Cona Niyeu, provincia de Río Negro. Instituto de Geología y Recursos Minerales - Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires, 83 p.
- Genovese, S. 1995. Geología y geocronología del área de la mina La Leona, departamento San Antonio, provincia de Río Negro. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad Nacional de Buenos Aires (unpublished), 76 p.
- Giacosa, R. 1993. El ciclo eruptivo gondwánico en el area de Sierra Pailemán, Macizo Nordpatagónico, Argentina. In: XII Congreso Geológico Argentino y 2 Congreso de Exploración de hidrocarburos, Mendoza, Actas: 113-119.
- Giacosa, R. 1994. Geología y petrología de las rocas pre-Cretácicas del área arroyo Salado-arroyo Tembrao, sector oriental del Macizo Norpatagónico, Río Negro. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Comodoro Rivadavia, 200p.
- González, S.N., Greco, G.A., González, P.D., Sato, A.M., Llambías, E.J., Varela, R. y Basei, M.A.S. 2014. Geología, petrografía y edad U-Pb de un enjambre longitudinal NO-SE de diques del macizo nordpatagónico oriental, Río negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 71: 174-183.
- González, S.N., Greco, G.A., González, P.D., Sato, A.M., Llambías, E.J. and Varela, R. 2016. Geochemistry of a Triassic dyke swarm in the North Patagonian Massif, Argentina. Implications for a postorogenic event of the Permian Gondwanide orogeny. *Journal of South American Earth Sciences*, 70: 69-82.
- Gonzalez, S.N., Greco, G.A., Sato, A.M., Llambías, E.J., Basei, M.A.S., González, P.D. y Diaz, P.E. 2017. Middle Triassic trachytic lava flows associated with coeval dyke swarm in the North Patagonian Massif: a postorogenic magmatism related to extensional collapse of the Gondwanide orogen. *Journal of South American Earth Sciences*, 75: 134-143.
- Malvicini, L. y Llambías, E. 1974. Geología y génesis del depósito de manganeso Arroyo Verde, provincia del Chubut. In: V Congreso Geológico Argentino, Córdoba, Actas: 185-202.
- Márquez, M. Massaferró, G.I. y Fernández, M.I. 2010. El volcanismo del complejo Marifil en Arroyo Verde, vertiente suoriental del Macizo de Somún Cura, Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 66(3): 314-324.
- Márquez, M.J., Massaferró, G.I., Fernández, M.I., Menegatti, N. y Navarrete, C.R. 2011. El centro volcánico Sierra Grande: caracterización petrográfica y geoquímica del magmatismo extensional liásico, noreste de la Patagonia. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 68(4): 555-570.
- Núñez, E., Bachmann, E.W., de, R., I., Britos, A., Franchi, M., Lizuaín, A. y Sepúlveda, E. 1975. Rasgos geológicos del sector oriental del Macizo Somuncura, provincia de Río Negro, República Argentina. In: 2º Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Buenos Aires, Actas: 247-



- 266.
- Pankhurst, R.J. and Rapela, C.W. 1995. Production of Jurassic rhyolite by anatexis of the lower crust of Patagonia. *Earth and Planetary Science Letters*, 134: 23-36.
- Pankhurst, R.J., Leat, P.T., Sruoga, P., Rapela, C.W., Márquez, M., Storey, B.C. and Riley, T.R. 1998. The Chon Aike province of Patagonia and related rocks in West Antarctica: A silicic large igneous province. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 81: 113-136.
- Pankhurst, R.J., Riley, T.R., Fanning, C.M. and Kelley, S.P. 2000. Episodic Silicic Volcanism in Patagonia and the Antarctic Peninsula: Chronology of Magmatism Associated with the Break-up of Gondwana. *Journal of Petrology*, 41: 605-625.
- Rapela, C.W. y Pankhurst, R.J. 1993. El volcanismo riolítico del noreste de la Patagonia: un evento meso-jurásico de corta duración y origen profundo. In: XII Congreso Geológico Argentino y 2 Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Mendoza, Actas: 179-188.
- Rosenman, H.L. 1972. Geología de la región del Arroyo Los Berros (vertiente oriental de la Sierra de Somuncurá), Río Negro, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 27(1): 117-137.
- Zanettini, J. 1980. Sedimentitas triásicas al sur de Sierra Grande (provincias de Río Negro y Chubut). *Revista Asociación Geológica Argentina*, 35: 301-307.