

# GEOLOGÍA, PETROGRAFÍA Y EDAD U-PB DE UN ENJAMBRE LONGITUDINAL NO-SE DE DIQUES DEL MACIZO NORDPATAGÓNICO ORIENTAL, RÍO NEGRO

Santiago N. GONZÁLEZ<sup>1,2</sup>, Gerson A. GRECO<sup>1,2</sup>, Pablo D. GONZÁLEZ<sup>1,2</sup>, Ana M. SATO<sup>3</sup>, Eduardo J. LLAMBÍAS<sup>3</sup>, Ricardo VARELA<sup>3</sup> y Miguel A.S. BASEI<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología, Universidad Nacional de Río Negro, General Roca. E-mail: sgonzalez@unrn.edu.ar

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

<sup>3</sup> Centro de Investigaciones Geológicas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata.

<sup>4</sup> Centro de Pesquisas Geocronológicas, Instituto de Geociências, Universidad de San Pablo, San Pablo, Brasil.

## RESUMEN

En esta contribución se revisan las relaciones estratigráficas y la petrografía de un enjambre de diques longitudinales de rumbo NO-SE, en un amplio sector del Macizo Nordpatagónico oriental (Río Negro). Se presenta además una edad U-Pb en circón correspondiente a la cristalización magmática de los diques. El enjambre se extiende por alrededor de 100 km de largo en dirección NO, entre Punta Pórfido y Rincón de Pailemán, y en una faja de aproximadamente 35 km de ancho. Su composición es esencialmente andesítica y traquiandesítica e internamente los diques exhiben variaciones en la distribución de sus texturas subvolcánicas, producidas por sus diferentes historias térmicas de enfriamiento. Las relaciones estratigráficas del enjambre con sus rocas de caja y un dato U-Pb circones de 243 Ma, indican que es postorogénico respecto de la deformación pérmica del ciclo Gondwánico, y anterior a la efusión de las rocas volcánicas y piroclásticas del Complejo Volcánico Marifil. Los diques se alojan a lo largo de las mismas estructuras de rumbo NO que los cuerpos intrusivos y extrusivos de dicho complejo. El enjambre tiene distribución regional en el Macizo Nordpatagónico oriental y es un episodio ígneo transicional entre el magmatismo Gondwánico y el Complejo Marifil.

**Palabras clave:** *Patagonia, Mesozoico, magmatismo, postorogénesis, extensión*

## ABSTRACT

*Geology, petrography and U-Pb age of a NW-SE longitudinal dyke swarm from the Eastern Northpatagonian Massif, Río Negro*

In this contribution we review the stratigraphic relationships and petrography of a longitudinal NW-SE dyke swarm, in a broad sector of Eastern Northpatagonian Massif (Río Negro). Also a U-Pb age on zircon is presented as the crystallization age of these dikes. The swarm extends in NW direction for about 100 km long, between Punta Pórfido and Rincón de Pailemán, and in a belt about 35 km wide. Its composition is essentially andesitic-trachyandesitic, showing internal variations of the distribution of subvolcanic textures produced by different thermal cooling histories. The stratigraphic relationships of the swarm with their host rocks and the U-Pb age of 243 Ma indicate that it belongs to a postorogenic event of the permian Gondwanic Cycle and is previous to the volcanic and pyroclastic rocks of the Marifil Volcanic Complex. The dikes are hosted in the same NW structures than the intrusive and extrusive bodies of the mentioned complex. The swarm has a regional distribution to the east of the Northpatagonian Massif and is a transitional igneous event between the permian Gondwanic magmatic activity and the Marifil Volcanic Complex.

**Keywords:** *Patagonia, Mesozoic, magmatism, postorogenesis, extension*

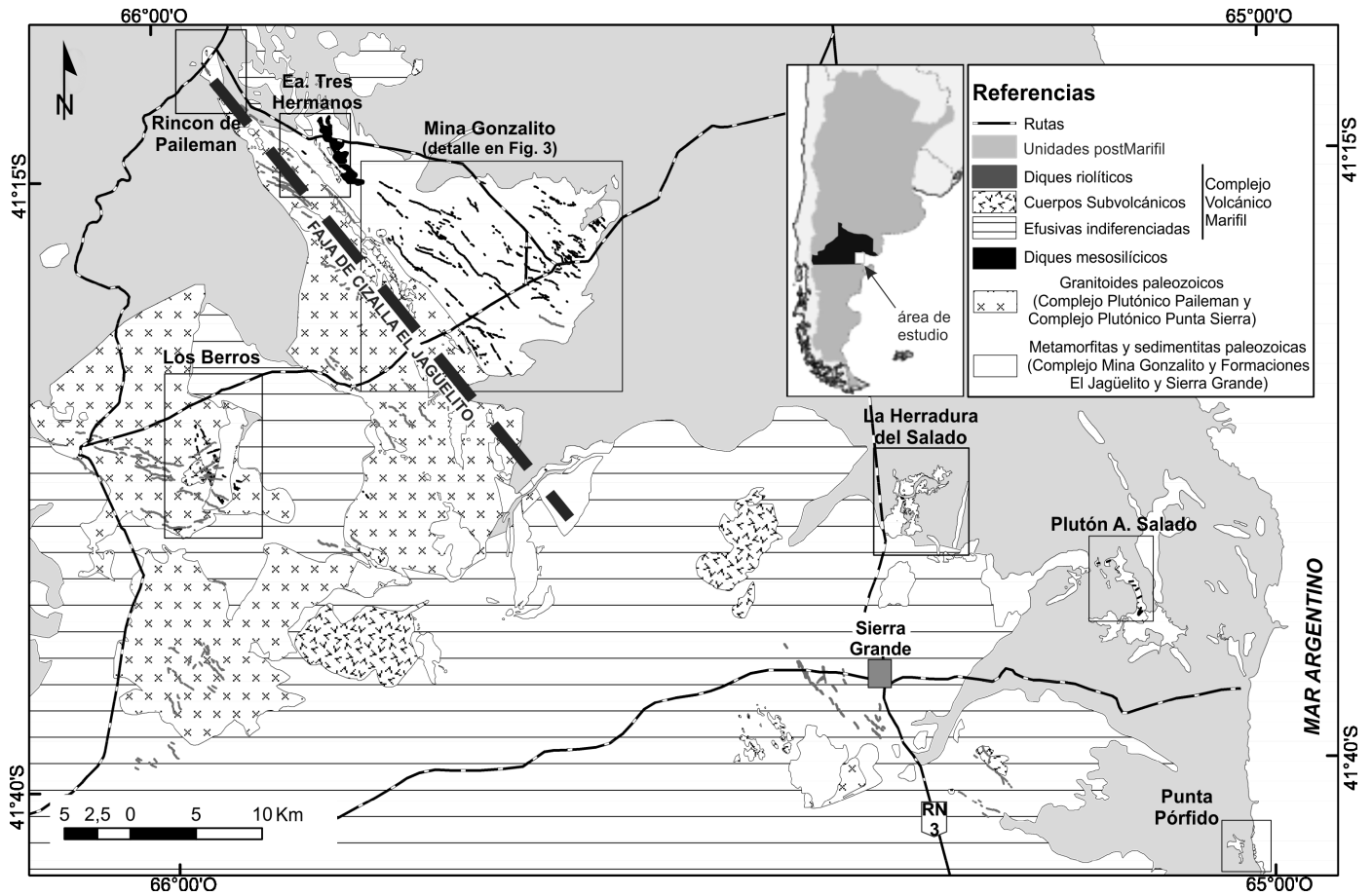
## INTRODUCCIÓN

El escenario tectonomagmático en la Patagonia argentina para el Mesozoico está caracterizado por extensión generalizada de la litósfera continental y magmatismo ácido asociado. En el Macizo Nordpatagónico oriental, este vulcanismo jurásico se denomina Complejo Volcánico Marifil (Malvicini y Llambías 1974, Cortés 1981), y está compuesto esencialmente por cola-

das lávicas y flujos piroclásticos riolíticos con escasos andesíticos, y en menor proporción por domos de pórfidos riolíticos y sus diques conexos (Vallés 1978 a y b, Cortés 1981, Giacosa 1987, 1994, Busteros *et al.* 1998). La edad del complejo está comprendida entre 188 y 178 Ma (correspondiente al V1 de Pankhurst *et al.* 2000, Féraud *et al.* 1999) y forma parte de la Provincia Ígnea Gigante Chon Aike cuya petrogénesis se interpreta como asociada a

los efectos térmicos de la pluma mantélica del Karoo (Riley *et al.* 2001).

Diques de traquiandesita preceden a las unidades riolíticas del Complejo Volcánico Marifil, su composición es disímil respecto de las rocas ácidas del Complejo y fueron considerados como un equivalente subvolcánico temprano del mismo (Giacosa 1987, 1994). Desde el punto de vista petrológico, estos diques traquiandesíticos están escasamente estudiados y aun



**Figura 1:** Mapa geológico del área de estudio. Se han marcado las localidades descritas en el texto correspondientes a las zonas de afloramiento de los diques del enjambre.

no es claro si están vinculados o no con la estratigrafía ígnea del Complejo Marifil. En esta contribución se analizan las relaciones estratigráficas locales y regionales y la petrografía de los diques traquiandesíticos, en varios sectores del Macizo Nordpatagónico oriental entre los 65°00' y 65°50' de longitud oeste y 41°05'y 41°45' de latitud sur (Fig. 1). En forma adicional, se aporta una edad U-Pb en circón de 243 Ma que junto con las relaciones estratigráficas permite proponer que dichos diques son post-orogénicos respecto de la deformación del ciclo Gondwánico (Neopaleozoico) y previos a la efusión del *plateau* ignimbrítico del Complejo Volcánico Marifil (Jurásico).

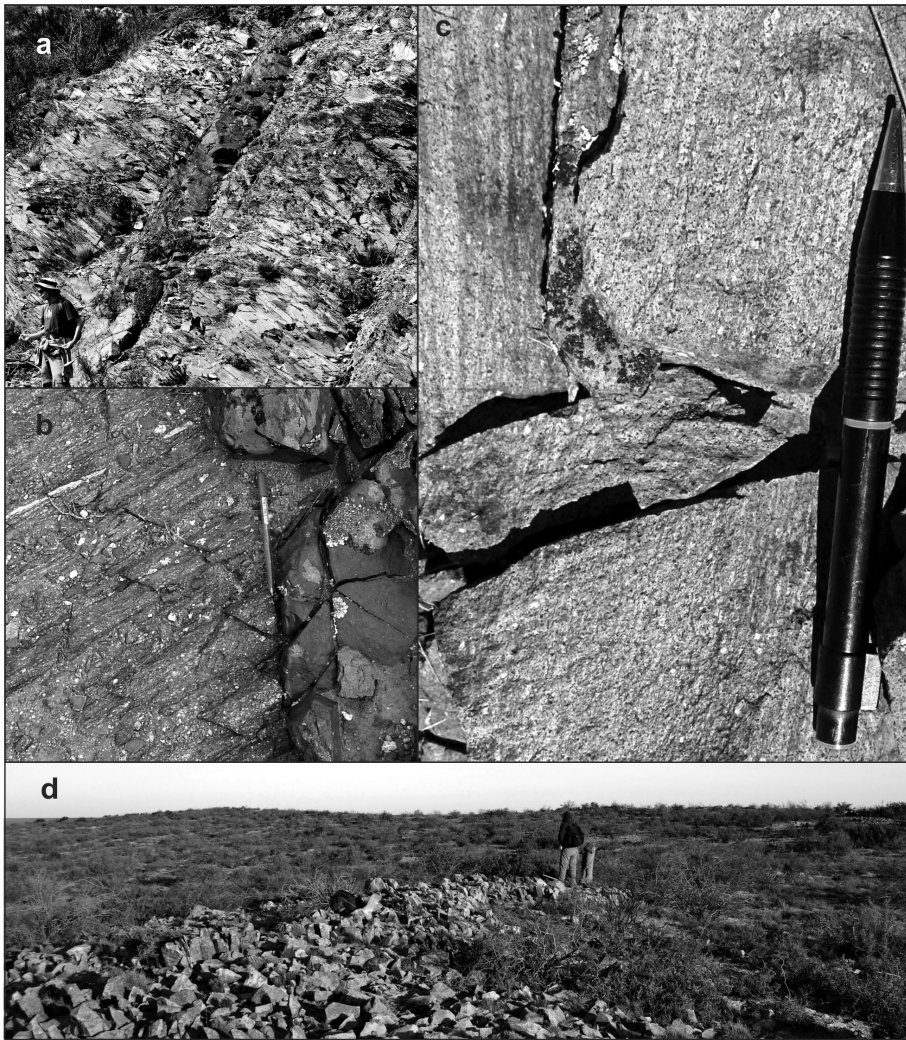
## MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Diferentes unidades metamórficas de alto y bajo grado e intrusivos granitoides aso-

ciados conforman el basamento del Macizo Nordpatagónico oriental. Las mismas afloran en tres fajas de rocas desconectadas entre sí, que de noroeste a sudeste son, Nahuel Niyeu-Valcheta, Mina Gonzalito-Sierra Pailemán y Sierra Grande-Arroyo Salado. En la primera faja aflora la Formación Nahuel Niyeu de bajo grado metamórfico (Camino 1983), mientras que para las otras dos fajas la Formación El Jagüelito es de bajo grado, y el Complejo Mina Gonzalito de alto grado (Ramos 1975, Giacosa 1987). Las rocas ígneas asociadas se han agrupado dentro del Complejo Plutónico Punta Sierra (Busteros *et al.* 1998) y equivalentes. La edad del basamento es, en sentido amplio, presilúrica ya que su evolución tectonometamórfica y magmática es anterior a la depositación de la Formación Sierra Grande del Silúrico medio, que lo cubre en discordancia angular (Busteros *et al.* 1998, Camino 2001). Fósiles de Archeociátidos y estu-

dios geocronológicos U-Pb indican edades Cámbrico y Cámbrico a Ordovícico para la sedimentación de los protolitos sedimentarios y la cristalización magmática de los granitoides respectivamente (Varela *et al.* 1998, Pankhurst *et al.* 2006, Naipauer *et al.* 2010, González *et al.* 2011, López de Luchi *et al.* 2010, Rapalini *et al.* 2013).

Los granitoides del Pérmico se agrupan dentro de dos unidades, una es el Complejo Plutónico Pailemán (Giacosa 1993) del área de Mina Gonzalito-Sierra Pailemán-Sierra Grande, y la otra es el Complejo Plutónico Navarrete (Camino 1983) del área de Yaminué-Nahuel Niyeu-Valcheta. La estratigrafía ígnea regional continúa con los diques traquiandesíticos que intruyen tanto al basamento ígneo-metamórfico (Giacosa 1993, González *et al.* 2008) como a los complejos de granitoides pérmicos. Luego siguen las ignimbritas y coladas riolíticas del Complejo Volcáni-



**Figura 2:** Fotos de campo mostrando el aspecto general de los diques y las relaciones con la roca de caja. a) Relación de corte de un dique traquiandesítico con la Formación El Jagüelito en la herradura del arroyo Salado. b) Relación de corte de un dique traquiandesítico con un paragneiss del Complejo Mina Gonzalito. c) Foliación magmática en un dique de traquiandesita. d) Aspecto de los afloramientos de los diques más potentes del enjambre; el dique de la foto tiene rumbo N300 y es subvertical.

co Marifil que se apoyan en discordancia sobre el basamento ígneo-metamórfico (González *et al.* 2013). La cristalización magmática del Complejo Volcánico Marifil está acotada al Jurásico Inferior a Medio (Busteros *et al.* 1998, Féraud *et al.* 1999, Pankhurst *et al.* 2000). Teniendo en cuenta las relaciones estratigráficas de los diques traquiandesíticos con sus rocas de caja y con las rocas ácidas del Complejo Marifil, la edad de emplazamiento de los diques queda acotada al Triásico en sentido amplio. Datos K-Ar en roca total variables entre  $221 \pm 12$  Ma y  $207 \pm 11$  Ma (Vallés 1978b, Genovese 1995) en varios diques de Mina Gonzalito indican un en-

friamiento postcristalización magmática para el Triásico Tardío.

La estratigrafía regional se completa con sedimentitas marinas y continentales del Cretácico al Paleógeno y con basaltos oligocenos de la Meseta del Somuncura. Estas rocas cubren en discordancia angular a todas las unidades previamente descritas.

## GEOLOGÍA DE LOS DIQUES DEL ENJAMBRE

Los diques están agrupados en un enjambre con un diseño de distribución longitudinal de rumbo NO-SE e inclinación subvertical. En forma individual, algunos

cuerpos presentan un diseño escalonado (en *echelon*) de varios segmentos longitudinales. El enjambre se extiende en una faja de 100 km de largo desde Punta Pórfido, en la costa atlántica, hasta el Rincón de Pailemán al pie de la Meseta del Somuncura, y por 35 km de ancho entre la Laguna Grande, al noreste de Mina Gonzalito, y la localidad de Los Berros (Fig. 1). Diques traquiandesíticos también fueron mapeados en Valcheta y alrededores, a 100 km al Noroeste del Rincón de Pailemán (Caminos 2001, Greco 2013 *com. pers.*), extendiendo la faja abarcada por este enjambre hasta Valcheta y así la misma tendría, por lo menos, 200 km de largo.

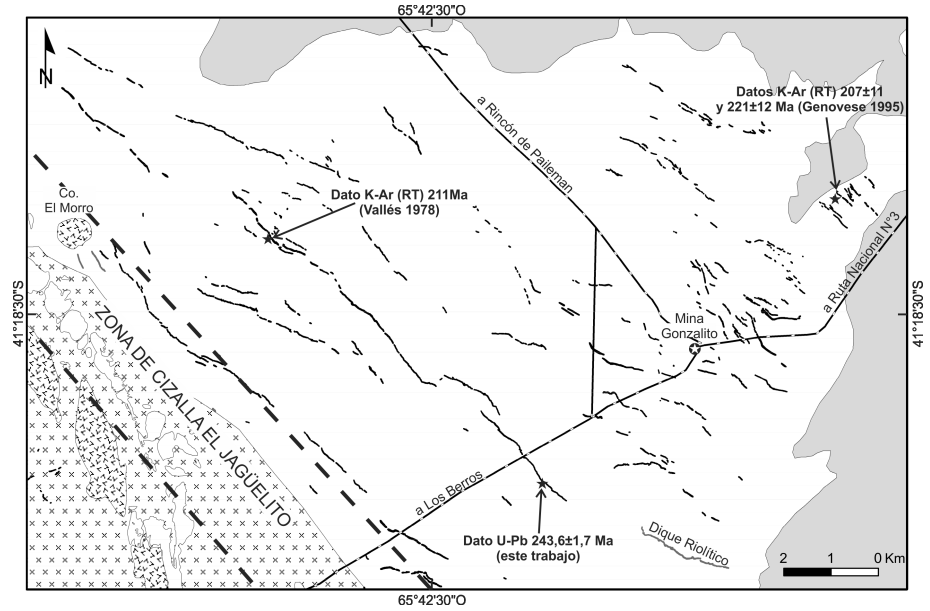
Los diques son tabulares y exhiben desde unos pocos metros hasta 20 km de largo y el espesor varía desde unos pocos centímetros hasta 15 m. El contacto con las rocas de caja es neto, recto y con un alto contraste reológico; los diques cortan claramente las estructuras metamórficas dúctiles del basamento (Fig. 2 a, b). Las rocas son castaño-rojizas a castaño-amarillentas, en ocasiones grisáceas, y su estructura primaria es una laminación por flujo magmático con algunos pliegues también de flujo (Fig. 2c). Tienen bordes enfriados de grano fino con textura afanítica y de pocos centímetros de espesor. El interior de los diques es porfírico con fenocristales orientados por el flujo y en forma paralela a la laminación (Fig. 2c). La composición predominante de los diques, determinada petrográficamente, es andesítica y traquiandesítica y tiene una distribución interna homogénea en los cuerpos. Sin embargo, la composición de un dique en *echelon* en la Mina Gonzalito es heterogénea con segmentos de traquiandesita en el NO y un segmento de riolita al SE (Fig. 3). Esta misma heterogeneidad composicional se presenta en algunos diques de bordes más máficos respecto de los centros félsicos. En algunos casos la composición del borde máfico es de lamprófito espesartítico (Fig. 4a; ver también Valvano 1956 y Vallés 1978a). Entre la Mina Gonzalito, Los Berros y el Rincón de Pailemán se encuentran las mejores exposiciones del enjambre y la mayor cantidad de diques, además es la

región donde están claramente expuestas las relaciones estratigráficas con la caja y con el Complejo Marifil. (Figs. 3 y 5). Dentro del sector considerado, el enjambre trunca la estructura interna de las rocas metamórficas de alto grado del Complejo Mina Gonzalito, a las milonitas de la faja de cizalla El Jagüelito, considerada del neopaleozoico, y a los granitoides del Complejo Plutónico Pailemán (Busteros *et al.* 1998, Giacosa 2001, von Gosen 2002, González *et al.* 2008, González *et al.* 2013). A su vez, diques riolíticos del Complejo Volcánico Marifil cortan a los diques traquiandesíticos (Fig. 5).

Diques riolíticos de rumbo NO-SE emplazados dentro de la faja de cizalla El Jagüelito comparten con los diques traquiandesíticos sus mismas características geológicas y relaciones estratigráficas con la caja. En los alrededores del puesto El Jagüelito, un dique riolítico de rumbo NO-SE con 15 metros de potencia y 500 metros de largo está asociado al domo riolítico subvolcánico del Cerro El Morro, incluido dentro del Complejo Marifil (Busteros *et al.* 1998). Asimismo, en el Rincón de Pailemán un dique riolítico es el conducto que alimenta un domo de la misma composición, y donde ambos tienen un rumbo general NO-SE. Otro dique riolítico en el oeste de la Estancia Tres Hermanos (Fig. 1) también está alojado en la faja de cizalla el Jagüelito y no es consanguíneo con ningún cuerpo intrusivo subvolcánico.

El espesor total medido de los diques traquiandesíticos entre Mina Gonzalito y Los Berros corresponde aproximadamente a 2,5 % de extensión cortical (380 metros en 15 kilómetros), medida en forma perpendicular al rumbo del enjambre. La dirección de extensión máxima para el emplazamiento del enjambre es NE-SO y perpendicular al rumbo general.

En dirección a la costa atlántica, en el tramo inferior del arroyo Salado cerca de la localidad de Sierra Grande, los diques cortan a las rocas ya deformadas y metamorfizadas de la Formación El Jagüelito, y a los granitoides ordovícicos del Plutón Arroyo Salado (von Gosen 2002, González *et al.* 2011, 2013).



**Figura 3:** Mapa geológico del área Mina Gonzalito (ver ubicación en figura 1) mostrando las edades radiométricas existentes sobre los diques del enjambre. Referencias según figura 1.

En la Punta Pórfido y otras playas vecinas, los diques traquiandesíticos también intruyen a la Formación El Jagüelito ya deformada y metamorfizada, y a su vez están truncados por diques riolíticos del Complejo Volcánico Marifil, las mismas relaciones expuestas en el bloque Gonzalito-Los Berros.

## PETROGRAFÍA

Se tomaron 48 muestras de rocas de los distintos diques a lo largo y ancho del enjambre. Se practicó su análisis mineralógico-textural y modal y se tomaron fotomicrografías de secciones delgadas en el Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología (Universidad Nacional de Río Negro) y en el Centro de Investigaciones Geológicas (Universidad Nacional de La Plata-CONICET). Las descripciones petrográficas están basadas en González (2008) y para la caracterización modal de las rocas se utilizó la composición de los fenocristales y de los minerales de la pasta identificables en el microscopio.

Los diques están constituidos esencialmente por andesitas y traquiandesitas y en menor proporción por riolitas. En el Rincón de Pailemán, un dique de microsienita es el equivalente textural microgranoso de la traquiandesita porfírica. Según Gia-

cosa (1993), químicamente en el diagrama TAS de rocas volcánicas (Le Maitre 2002) las rocas se clasifican como traquiandesitas y riolitas.

Los diques muestran variaciones texturales relacionadas a diferentes tasas de enfriamiento del magma entre el borde y el centro de los cuerpos, y en sectores adelgazados y engrosados de los mismos, que condicionan el intercambio de calor con las rocas de caja. En general, los bordes son afaníticos y afíricos a microporfíricos e indican el alto contraste térmico con las rocas de caja. Los bordes de un dique delgado del arroyo Salado poseen texturas esferulíticas de desvitrificación. En el centro de los cuerpos más potentes y en los sectores engrosados tienen texturas porfíricas y seriadas hasta microgranosas, incluso agpaítica como en el microsienítico, (Fig. 6 a, b), indicando un contraste térmico más bajo. Los fenocristales están orientados en forma concordante con la laminación ígnea. La segregación por flujo dentro del dique concentró aquellos de mayor tamaño en el centro de los cuerpos. Las andesitas presentan bordes afíricos con textura traquítica y están compuestas principalmente por plagioclasa y anfíbol. En el centro, muestran textura porfírica que se compone de fenocristales de plagioclasa y anfíbol, y ocasionalmente de



**Figura 4:** Fotos de campo mostrando las relaciones de inclusión y corte de los diques con sus rocas de caja y entre sí. a) Dique traquiandesítico, de color blanco a gris claro y de textura microgranuda, con un borde lamprofírico de color gris oscuro. b) Vetilla diferenciada de traquidacita cortando al cuerpo principal del dique de traquiandesita. c) Enclave redondeado de granito con desarrollo de un borde con texturas de reacción. d) Enclave de filita. e) Enclave de megacrystal de feldespato alcalino y cristales de cuarzo. f) Enclave irregular y anguloso de granito.

biotita. Aquí la pasta es de la misma composición que los fenocristales y presenta como minerales accesorios apatita ( $\leq 300$  micrones de largo), circón y, en ocasiones, titanita.

Los diques de traquiandesita son composicionalmente homogéneos, aunque según el espesor de los cuerpos la textura varía entre porfírica en los delgados y microgranosa en los potentes. Las traquiandesitas presentan bordes afíricos a microporfíricos compuestos por una pasta de plagioclasa, feldespato alcalino y anfíbol con textura traquílica. La textura porfíri-

ca del núcleo se compone de fenocristales de plagioclasa, feldespato alcalino, anfíbol y biotita, en una pasta de composición similar. Presentan apatita, circón y titanita como minerales accesorios. Además, la pasta de los diques traquiandesíticos más evolucionados tiene un mosaico de cuarzo granular ubicado en forma tardía e intersticial al resto de los minerales.

Los lamprófiro espesartíticos, que conforman diques individuales o aparecen en los bordes de diques más evolucionados, tienen textura lamprofírica (Fig. 6a) y están compuestos por fenocristales de

anfíbol en una pasta constituida de plagioclasa y anfíbol. En ocasiones estos diques son tardíos ya que intruyen a las andesitas y traquiandesitas (Vallés 1978a).

La riolita que se ubica en el extremo SE del dique descrito en el apartado de geología (Fig. 3) es porfírica y tiene abundantes fenocristales de cuarzo, anortoclasa y plagioclasa, y escasa biotita (Fig. 6c). El cuarzo es euhedral con engolfamientos e inclusiones de la pasta felsítica. Sobre los mismos se dispone un feldespato alcalino de textura granofírica. La anortoclasa está fresca y con textura intracrystalina lamelar. La plagioclasa presenta zonación normal, marcada por núcleos más anortíticos con alteración argílica y sericítica, y bordes más albiticos poco o no afectados por esta alteración. Como minerales accesorios tiene apatita y circón.

Los caracteres petrográficos de los restantes diques riolíticos se asemejan a las riolitas del Complejo Volcánico Marifil. La riolita porfírica del dique del cerro El Morro presenta fenocristales de cuarzo y feldespato alcalino y está intensamente silicificada. En la pasta de textura felsítica se reconocen filetes de flujo en forma difusa y numerosos vitroclastos con forma de pared de burbuja y desvitrificados a un agregado de cuarzo (Fig. 6d). El dique riolítico de la estancia Tres Hermanos presenta una textura porfírica con fenocristales de cuarzo y feldespato alcalino en una pasta microgranosa a micrográfica.

### Alteración

Para las andesitas, traquiandesitas y espesartita los minerales secundarios de alteración son clorita, calcita, epidoto, sericita y titanita. Se ubican sobre los minerales ortomagmáticos y en microcavidades miarolíticas que son más comunes en los sectores de grano fino de los diques. La distribución de los minerales de alteración en los diques es heterogénea, variando entre cuerpos inalterados a otros donde la alteración es pervasiva. Desde el punto de vista genético la alteración podría ser deutérica, propiciada por los fluidos propios del sistema magmático, o bien estar asociada a fluidos provenientes de una fuente externa al enjambre.

La plagioclasa presenta sericitización débil a moderada, tanto de los fenocristales como de la pasta, en parches y sobre los bordes de los cristales, llegando a reemplazarla completamente. Los anfíboles se encuentran remplazados por clorita con escasa participación de calcita en parches sobre los cristales o por pseudomorfismo completo (Fig. 6e). Los feldespatos alcalinos exhiben argilización moderada.

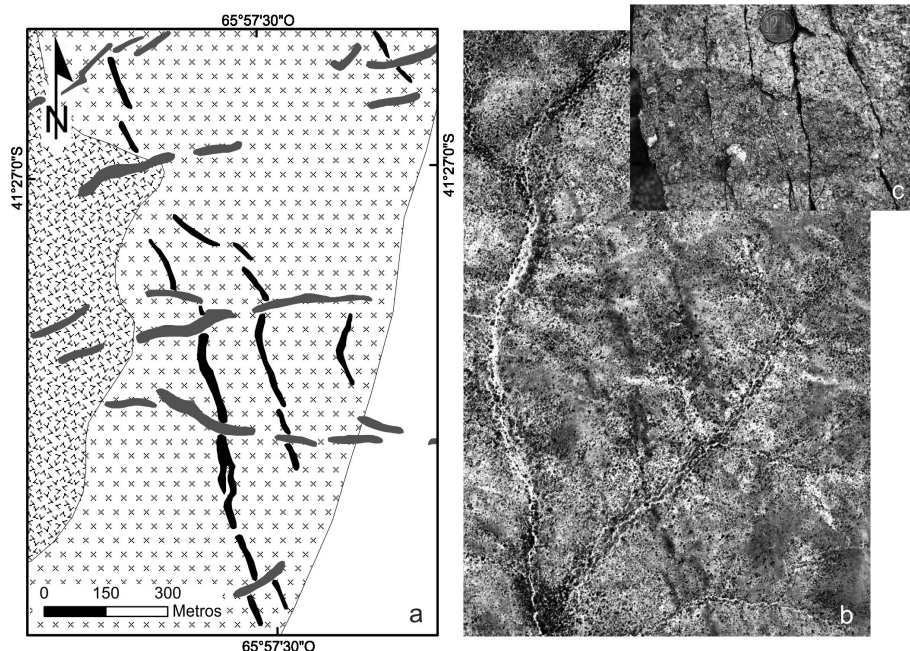
Los cristales de biotita se presentan parcial a totalmente cloritizados y ocasionalmente algunos están oxidados y desferriados.

Las microcavidades miarolíticas son subsféricas a irregulares, de hasta 1 mm de diámetro. El relleno es parcial o total con clorita, calcita, epidoto, sericita y, en menor proporción, titanita, que se ubican generalmente de forma irregular, aunque también se exhiben en anillos concéntricos donde la clorita, el epidoto y la titanita predominan en el borde y la calcita en el centro.

Los diques riolíticos presentan silicificación pervasiva intensa distribuida de forma de parches y venillas. La silicificación está acompañada de una paragénesis de alteración hidrotermal compuesta por cuarzo, adularia y sericita (Fig. 6f), que se dispone en parches y de forma pseudomórfica sobre los cristales de feldespato alcalino.

### Enclaves

Los diques tienen enclaves de las rocas de caja y xenocristales de cuarzo metamórfico y feldespato (Figs. 4c, f y 6g, h). Los enclaves son de rocas metamórficas de bajo y alto grado de la Formación El Jagüelito y el Complejo Mina Gonzalito respectivamente y también de granitos del Complejo Plutónico Pailemán. Los enclaves tienen tamaños y formas variadas, desde decimétricos hasta micrométricos, y angulosos hasta redondeados. Los angulosos exhiben incipiente reacción con el magma hospedante (Figs. 4d, f), mientras que los redondeados tienen texturas de reacción con el magma (Figs. 4c, e y 6h). Además, éste último tiene texturas más finas en el contacto con los enclaves, producto del mayor contraste térmico con



**Figura 5:** Mapa de detalle de la relación entre los diques de traquiandesita del enjambre triásico y los diques riolíticos del Complejo Volcánico Marifil. a) Mapa geológico de detalle según referencias de la figura 1. b) Imagen satelital *Quickbird* correspondiente al mapa geológico de la figura 5a. c) Foto de un enclave redondeado de dique traquiandesítico incluido en un dique riolítico del Complejo Volcánico Marifil.

estas inclusiones. Estas características no son exclusivas de un tipo litológico particular, se relacionan con el momento en el que fueron incorporados por el dique que los contiene, al tiempo de interacción con el magma y al contraste térmico entre los materiales involucrados.

Los minerales metamórficos de los enclaves de anfibolitas y esquistos biotíticos también exhiben texturas de reacción dado el desequilibrio térmico con el magma hospedante. La hornblenda está convertida en tremolita-actinolita, clorita, epidoto, carbonato y óxidos, la biotita en clorita con quistes de prehnita, y la plagioclasa a sericita y carbonato. Los xenocristales de cuarzo tienen texturas intracristalinas en damero y presentan un anillo de carbonato, epidoto y óxidos.

## GEOCROLOGÍA

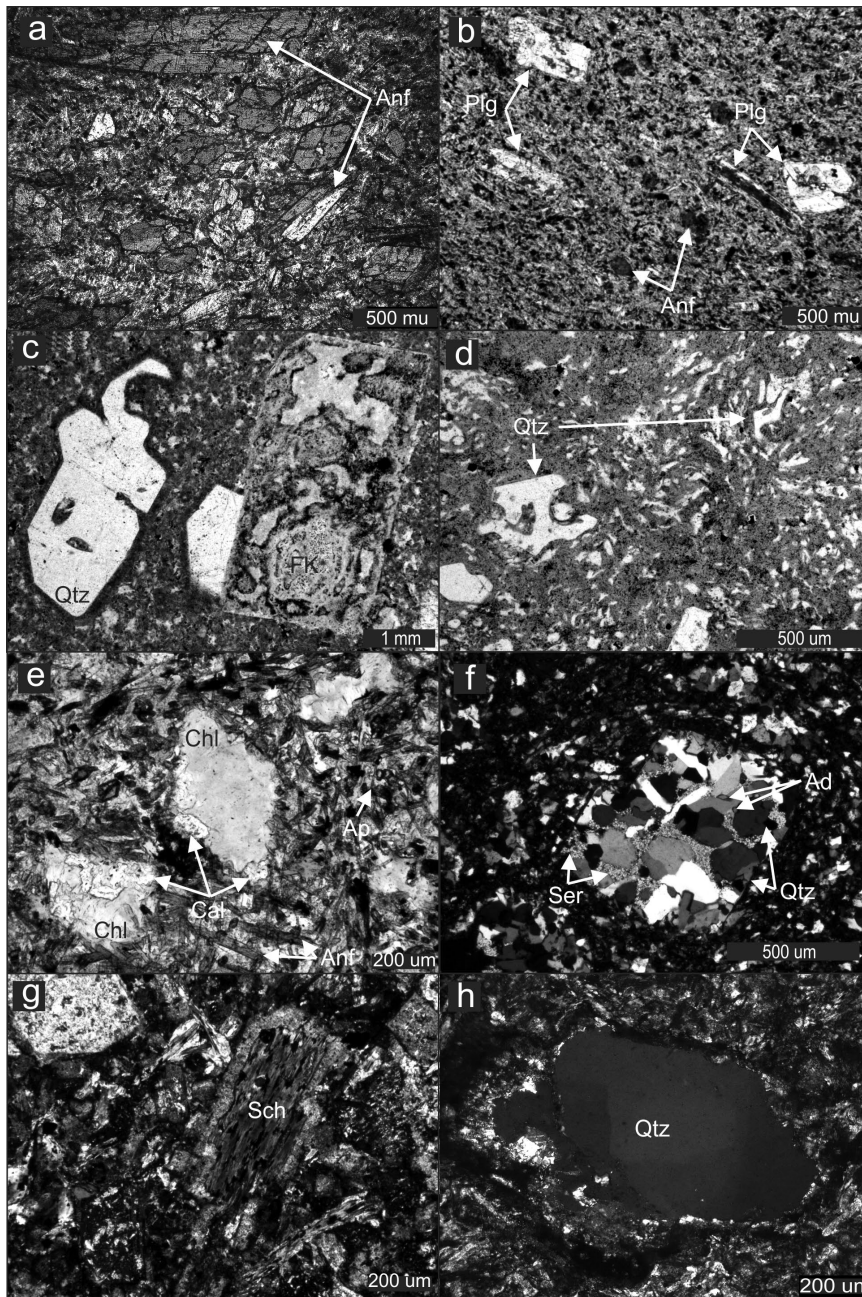
Con el fin de conocer la edad de cristalización magmática del enjambre, se obtuvieron circones de una muestra de un dique de traquiandesita ubicada a los  $41^{\circ}20'20,9''$  de latitud sur y los  $65^{\circ}40'59,7''$  de longitud oeste, a fin de ser analizados por el método U-Pb LA-MC-

ICP-MS. Dado su largo de casi 10 km y potencia de 5 metros se lo considera como representativo del enjambre.

La trituración y molienda de la roca, y la posterior separación de los circones se realizó en el laboratorio de separación de minerales del Centro de Investigaciones Geológicas (Universidad Nacional de La Plata-CONICET). Los circones se concentraron por elutriación hidráulica, seguida de separación magnética, líquidos pesados y finalmente separación manual bajo lupa binocular. Los análisis geocronológicos se llevaron a cabo en colaboración con el Centro de Pesquisas Geocronológicas (Instituto de Geociencias, Universidad de San Pablo). El tratamiento estadístico de los datos y el cálculo de la edad se realizó con el macro Isoplot 3.70 (Ludwig 2008) compatible con Microsoft Excel.

Bajo la lupa se seleccionaron 34 cristales de circones ígneos de hábito prismático euhedral a subhedral con relaciones axiales 1:2 a 1:4, donde el eje mayor tiene una longitud variable entre 100 y 250  $\mu\text{m}$ .

Se realizaron 26 análisis U-Pb LA-MC-ICP-MS repartidos en 22 cristales y se obtuvieron 3 grupos de diferentes edades



**Figura 6:** Fotomicrografías de las texturas y alteraciones de los diques descritos en el texto. a) Textura lamprofírica de un dique espesartítico, nicoles paralelos. b) Textura porfírica de un dique traquiandesítico, nicoles paralelos. c) Textura porfírica de un dique riolítico, nicoles paralelos. d) Textura fragmental silicificada del dique de riolita del Cerro El Morro, nicoles paralelos. e) Alteración propilitica pseudomórfica de anfíbol por clorita y calcita, en un dique de traquiandesita, nicoles paralelos. f) Alteración argílica pseudomórfica de feldespato alcalino por cuarzo, adularia y sericita, en un dique de riolita, nicoles cruzados. g) Microenclave de filita con un anillo de reacción en el contacto con el dique traquiandesítico, nicoles paralelos. h) Microenclave de cuarzo poligonado con un anillo de reacción en torno al contacto con el dique traquiandesítico, nicoles cruzados. Abreviaturas: Anf: Anfíbol, Plg: Plagioclasas, Qtz: Cuarzo, FK: Feldespato alcalino, Chl: Clorita, Cal: Calcita, Ap: Apatita, Ad: Adularia, Ser: Sericita, Sch: enclave de esquistos biotítico.

(Fig. 7a, Cuadro 1). El primer grupo presenta edades del Paleozoico temprano, semejantes a las conocidas para el Complejo Mina Gonzalito (Pankhurst *et al.* 2006).

El segundo muestra un patrón de edades del Permico medio tardío, equivalentes a las conocidas para el Complejo Plutónico Pailemán (Grecco *et al.* 1994, Grecco

y Gregori 2011). Los circones del tercer grupo poseen edades Triásico Medio (Fig. 7a, b; Cuadro 1). Sobre la base de las relaciones estratigráficas expuestas previamente se propone que la edad triásica de  $243,6 \pm 1,7$  Ma corresponde a la cristalización magmática del dique. Este dato U-Pb es más antiguo que las edades K-Ar en roca total entre  $221 \pm 12$  Ma y  $207 \pm 11$  Ma conocidas para otros diques traquiandesíticos del enjambre (Vallés 1978b, Genovese 1995), por lo cual estas últimas, teniendo en cuenta que son K-Ar, pueden interpretarse como de enfriamiento post-cristalización.

Las poblaciones de circones con edades del Paleozoico temprano y Pérmico son herencias derivadas de las rocas de caja del Complejo Mina Gonzalito-Formación El Jagüelito y el Complejo Plutónico Pailemán, respectivamente. Estas herencias están corroboradas con los abundantes enclaves de esquistos y granitoides que contienen los diques y que aportaron los circones provenientes de las unidades antes mencionadas.

## DISCUSIÓN

El enjambre longitudinal NO-SE de diques traquiandesíticos tiene distribución regional en el Macizo Nordpatagónico oriental e incluye un volumen considerable de rocas ígneas.

Sobre la base de las relaciones estratigráficas con sus rocas de caja, el enjambre es postorogénico del ciclo Gondwánico, ya que corta a rocas y estructuras del Pérmico, como el Complejo Plutónico Pailemán y la zona de cizalla El Jagüelito. El enjambre está emplazado de forma paralela al eje orogénico Gondwánico, que en Patagonia tiene rumbo NO-SE (Ramos 1984, 2008, Llambías *et al.* 2002). Dado que la orientación del esfuerzo compresivo principal mayor de este eje orogénico es NE-SO (Giacosa 2001, Japas 2001, Von Gosen 2002, 2009) y que además es coincidente con la dirección de extensión máxima del enjambre, indicando que los diques se emplazaron en un período de colapso extensional del orógeno (Fig. 8). Desde un punto de vista de la defor-

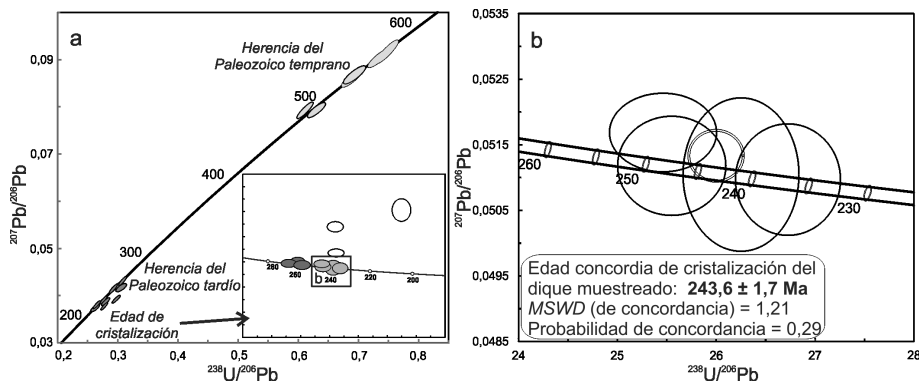
**CUADRO 1:** Datos para edad de cristalización\*

Resultados					Edades							
Pb <sup>207</sup> /U <sup>235</sup>	1 sigma	Pb <sup>206</sup> /U <sup>238</sup>	1 sigma	coef. corr	Pb <sup>207</sup> /Pb <sup>206</sup>	1 sigma	Pb <sup>206</sup> /U <sup>238</sup>	1 sigma	Pb <sup>207</sup> /U <sup>235</sup>	1 sigma	conc. %	
												206/238
												207/206
0,26265	0,00454	0,03742	0,00049	0,759	0,23680	0,00305	0,237	0,004	0,239	0,024		99
0,27663	0,00380	0,03914	0,00055	0,900	0,24749	0,00343	0,248	0,003	0,248	0,021		99
0,26535	0,00415	0,03809	0,00056	0,900	0,24101	0,00349	0,239	0,003	0,242	0,033		99
0,29757	0,00444	0,03927	0,00055	0,900	0,24833	0,00342	0,265	0,003	0,27	0,017		92

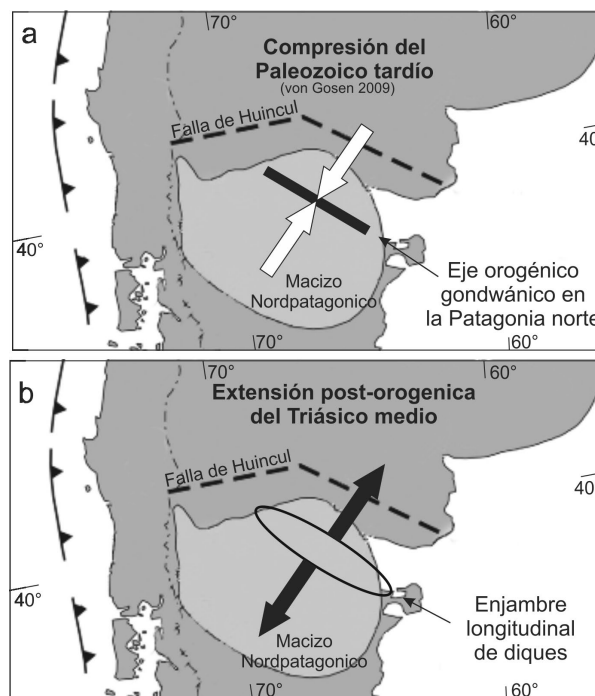
\*Datos utilizados para el cálculo de la edad de cristalización U-Pb LA-MC-ICP-MS de la figura 7.

mación regional de la Patagonia y como continuidad de este estadio tectónico previo, se registra un período de extensión generalizada de la corteza a partir del Triásico y durante el Jurásico, asociada a la formación de cuencas tipo rift de rumbo NO-SE, emplazamiento de diques y otros cuerpos subvolcánicos con el mismo rumbo y, efusión de rocas volcánicas esencialmente ácidas (Uliana *et al.* 1985, Ramos 1999, Franzese y Spalletti 2001, Jenchen y Rosenfled 2002, Giacosa 1993, 1997, Giacosa *et al.* 2007). El enjambre de diques aquí estudiados se emplazó dentro de este marco geotectónico regional, como un episodio ígneo comprendido entre el Complejo Plutónico Pailémán (y sus equivalentes) del Pérmico y las riolitas del Complejo Volcánico Marifil del Jurásico Inferior. El dato U-Pb en circones de un dique de traquiandesita de 243,6 ± 1,7 Ma. indica una edad de cristalización magmática en el Triásico Medio, mientras que las edades K-Ar más jóvenes sugieren procesos de enfriamiento postcristalización magmática ocurridos durante el Triásico Superior.

El enjambre tiene la misma orientación NO que el Complejo Volcánico Marifil. Según Ciccirelli (1990), Giacosa (1997) y Márquez *et al.* (2011), entre otros, tanto los cuerpos extrusivos como los intrusivos de este complejo jurásico tienen un control estructural de disposición NO-SE, paralelo a la zona de cizalla El Jagüelito (Figs. 1 y 3). Esta cizalla compresiva es posterior al emplazamiento del Complejo Plutónico Pailémán en el Pérmico y anterior al vulcanismo del Complejo Marifil, durante el Jurásico se reactivó con carácter extensional y controló estructuralmente la efusión de estas rocas volcánicas (Giacosa 1993, 1997, 2001).



**Figura 7:** Gráficos de concordia normal y Tera-Wasserburg, elaborados con los datos obtenidos de los circones analizados por método U-Pb LA-MS-ICP-MS en los laboratorios del Centro de Pesquisas Geocronológicas de la Universidad de San Pablo. Los elipsoides representan un 68,3% de confianza para cada dato. a) Diagrama concordia mostrando el agrupamiento de los circones en tres grupos bien definidos por su diferente edad. b) Diagrama concordia Tera-Wasserburg con la edad de cristalización magmática triásica.



**Figura 8:** Mapas esquemáticos mostrando (a) el Eje orogénico Gondwánico de rumbo NO-SE propuesto por von Gosen (2009) y (b) la orientación general del enjambre longitudinal de diques coincidente con el eje.

La petrografía y geoquímica (Giacosa 1997) de las andesitas y traquiandesitas del enjambre son prácticamente indistinguibles de los flujos lávicos basales del

Complejo Volcánico Marifil que tienen esta composición (Malvicini y Llabrás 1974, Giacosa 1997, Busteros *et al.* 1998). Por estas similitudes los diques fueron



interpretados como el estadio inicial del vulcanismo del Complejo Marifil (Giacosa 1997, Busteros *et al.* 1998). Dado que las rocas mesosilíceas basales del Complejo Marifil no cuentan con datos radiométricos, no puede descartarse que tengan una edad triásica como los diques y que, por lo tanto, estén vinculadas al magmatismo del enjambre y a la tectónica extensional de su emplazamiento.

El enjambre tiene una extensión regional entre la costa atlántica y el sector central de la Meseta Patagónica, si se incluyen los diques traquiandesíticos descritos por Caminos (2001) en Valcheta y asignados por este mismo autor al Triásico Superior-Jurásico Inferior sobre la base de sus relaciones estratigráficas.

La amplia distribución de los diques, a lo largo y ancho de todo el Macizo Nordpatagónico oriental por alrededor de 90000 km<sup>2</sup>, sugiere que pueden agruparse en un enjambre gigante de diques longitudinales.

## CONCLUSIONES

La interpretación integral de los datos de campo, petrográficos, geocronológicos, y la comparación regional de los diques, indican que el emplazamiento del enjambre tiene un control estructural NO, su composición es andesítica y traquiandesítica, y su edad de cristalización magmática es  $243,6 \pm 1,7$  Ma.

El enjambre es postorogénico respecto al ciclo Gondwánico y está emplazado de forma concordante con el eje del orógeno. La extensión producida por el colapso del orógeno es el proceso tectónico que habría permitido el ascenso y emplazamiento del magma durante el Mesozoico temprano.

Este enjambre de diques longitudinales tiene una estrecha relación espacial y estructural con las rocas del Complejo Volcánico Marifil. Sin embargo su edad de cristalización es considerablemente más antigua, y está comprendida entre la efusión de ese complejo y el emplazamiento de los plutones asignados al magmatismo orogénico del ciclo gondwánico. Por su edad triásica y su notable extensión areal,

el enjambre es un evento magmático independiente y una unidad litológica separada del Complejo Marifil.

## AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro sincero agradecimiento a los pobladores del vasto sector oriental de la provincia de Río Negro, por permitirnos el acceso a sus campos y por la hospitalidad que nos brindaron durante nuestros trabajos de campaña. También agradecemos la colaboración en estas tareas al alumno Juan Spacapan, y a las Licenciadas Valeria García y Dania Pascua. Los trabajos de campo y gabinete-laboratorio fueron posibles por los aportes económicos de la Universidad Nacional de La Plata -proyecto UNLP-11/N 653-, el PIP-CONICET 0119 y el PI-UNRN-40A-125.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Busteros, A., Giacosa, R. y Lema, H. 1998. Hoja Geológica 4166-IV, Sierra Grande (Río Negro). Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín N° 241, 75 p., 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.
- Cicciarelli, M.I. 1990. Análisis estructural del sector oriental del Macizo Nordpatagónico y su significado metalogénico. Provincias de Río Negro y Chubut. Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata (inédita), 178 p., La Plata.
- Cortés, J.M. 1981. El sustrato pre-cretácico del extremo noreste de la provincia del Chubut. Revista de la Asociación Geológica Argentina 36: 217-235.
- Féraud, G., Alric, V., Fornari, M., Bertrand, H. y Haller, M. 1999. The Mesozoic silicic volcanic Province of Patagonia synchronous with the Gondwana Break-up and subduction: space-time evolution evidenced by <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar

data. Earth and Planetary Science Letters 172: 83-96.

- Franzese, J.R. y Spalletti, L.A. 2001. Late Triassic -Early Jurassic continental extension in southwestern Gondwana: tectonic segmentation and pre-break-up rifting. Journal of South American Earth Sciences 14: 257-270.
- 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, (inédita), 76 p., Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Giacosa, R. 1987. Caracterización de un sector del basamento metamórfico-migmatítico en el extremo suroriental del Macizo Nordpatagónico, Provincia de Río Negro, Argentina., 10° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 51-54, San Miguel de Tucumán.
- Giacosa, R. 1993. El ciclo eruptivo Gondwánico en el área de Sierra de Pailemán, Macizo Nordpatagónico, Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de exploración de Hidrocarburos, Actas 4: 113-119, Buenos Aires.
- Giacosa, R. 1994. Geología y petrología de las rocas pre-cretácicas del área arroyo Salado -Arroyo Tembrao, sector oriental del Macizo Nordpatagónico, Río Negro. Tesis doctoral, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (inédita), 129 p., Comodoro Rivadavia.
- Giacosa, R. 1997. Geología y petrología de las rocas pre-cretácicas de la región de Sierra Pailemán, Provincia de Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina 52: 65-80.
- Giacosa R. 2001. Zonas de cizalla frágil-dúctil neopaleozoicas en el noreste de la Patagonia. Revista de la Asociación Geológica Argentina 56: 131-140.
- Giacosa, R., Lema, H., Busteros, A., Zubia, M., Cucchi, R. y Di Tommaso, I. 2007. Estructura del Triásico de la región norte del Macizo Nordpatagónico (40°-41°S, 67°30'-69°45'O) Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina 62: 355-365.
- González, P.D. 2008. Textura de los cuerpos ígneos. En Llambías, E. J. 2008. Geología de los cuerpos ígneos. Asociación Geológica Argentina, Serie B, Didáctica y complementaria N° 29 (ISSN 0328-2759) e INSUGEO, Serie Correlación Geológica N° 15, Capítulo 11: 171-197. Buenos Aires.

- González, P.D., Varela, R., Sato, A.M., Llambías, E.J. y González, S. 2008. Dos fajas estructurales distintas en el Complejo Mina Gonzalito (Río Negro). 17° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 847-848, San Salvador de Jujuy.
- González, P.D., Sato, A.M., Naipauer, M., Varela, R., Llambías, E., Greco, G., González, S.N. y García, V. 2011. Conexión macizo norpatagónico - antártida oriental: fósiles Arqueociátidos, comparación geológica y circones detríticos. 18° Congreso Geológico Argentino, Actas: 87-88, Neuquén.
- González, P.D., Varela, R., Naipauer, M., Sato, A.M. y Llambías J.E. 2013. Estratigrafía ígnea del Plutón Arroyo Salado, Playas Doradas, Río Negro. 2° Simposio sobre Petrología Ígnea y Metalogénesis Asociada, Actas: 37-38, San Luis.
- González, S.N., Greco, G.A., González P.D., García V.A., Llambías, J.E., Sato, A.M. y Díaz, P. 2013. Geología de un enjambre longitudinal de diques mesosilíceos en la Patagonia norte. 2° Simposio sobre Petrología Ígnea y Metalogénesis Asociada, Actas: 43, San Luis.
- Grecco, L.E. y Gregori, D.A. 2011. Geoquímica y Geocronología del Complejo Plutónico Paileman, Comarca Nordpatagónica, Provincia De Río Negro. 18° Congreso Geológico Argentino, Resúmenes 91-92, Neuquén.
- Grecco, L.E., Gregori, D.A., Rapela, C.W., Pankhurst, R.J. y Labudía, C.H. 1994. Peraluminous granites in the Northeastern sector of the North Patagonian Massif. 7° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 1354-1359, Concepción.
- Japas, M.S. 2001. Modelo cinemático neopaleozoico para el sector nororiental del Macizo Norpatagónico, Argentina. *Journal of Iberian Geology* 27: 91-121.
- Jenchen, U. y Rosenfeld, U. 2002. Continental Triassic in Argentina: response to tectonic activity. *Journal of South American Earth Sciences* 15: 461-479.
- Le Maitre, R.W., 2002. *Igneous Rocks: a classification and Glossary of terms*. 2nd edition - Cambridge University Press, 236 p., New York.
- Llambías, E., Varela, R. y Sato, M. 2002. Deformación y metamorfismo neopaleozoico en Yaminué, Macizo Norpatagónico (40°50'S, 67°40'O): su relación con la Fase Orogénica San Rafael y el arco de los Gondwánides. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 123-128, El Calafate.
- López de Luchi M.G., Rapalini A.E. y Tomezzoli, R.N. 2010. Magnetic fabric and microstructures of Late Paleozoic granitoids from the North Patagonian Massif: Evidence of a collision between Patagonia and Gondwana? *Tectonophysics* 494: 118-137.
- Ludwig, K.R., 2008. User's manual for Isoplot 3.70 a geochronological toolkit for Microsoft excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication N°4. 76 p., California.
- Malvicini, L. y Llambías, E. 1974. Geología y génesis del depósito de manganeso Arroyo Verde, provincia del Chubut, República Argentina. 5° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 185-202, Villa Carlos Paz.
- Márquez, M.J., Massafferro, 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: 555-570.
- Naipauer, M., Sato, A., González, P.D., Chemale J.R., F., Varela, R., Llambías, E., Greco, G., y Dantas, E. 2010. Eopaleozoic Patagonia-East Antarctica connection: Fossil and U-Pb evidence from El Jagüelito Formation. 7th South American Symposium Isotope Geology, CD Volume: 602-605, Brasilia.
- Pankhurst, R., Riley, T., Fanning, C. y Kelley, S. 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.
- 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: 235-257.
- Ramos, V. 1975. Geología del sector oriental del Macizo Norpatagónico entre Aguada Capitán y la Mina Gonzalito, provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 30: 274-285.
- Ramos, V. 1984. Patagonia: ¿un continente paleozoico a la deriva? 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 311-325, Bariloche.
- Ramos, V. 1999. Rasgos estructurales del Territorio Argentino. 1. Evolución tectónica de la Argentina. En Caminos, R. (ed.) *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales (SEGEMAR), Anales 29: 715-784, Buenos Aires.
- Ramos, V.A. 2008. Patagonia: a paleozoic continent drift? *Journal of South American Earth Sciences* 26: 235-251.
- Rapalini, A.E., López de Luchi, M., 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: 337-342.
- Riley, T.R., Leat, P.Y., Pankhurst, R.J. y Harris, C. 2001. Origins of large volume rhyolitic volcanism in the Antarctic Peninsula and Patagonia by crustal melting. *Journal of Petrology* 42: 1043-1065.
- Uliana, M.A., Biddle, K.T., Phelps, D.W. y Gust, D. 1985. Significado del vulcanismo y extensión mesojurásicas en el extremo meridional de Sudamérica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 40: 231-25.
- Vallés, J. 1978a. Los yacimientos de plomo "María Teresa" y "Tres Marías", ejemplos de metalogénesis mesozoica en el Macizo Norpatagónico, Provincia de Río Negro. 8° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 71-88. Neuquén.
- Vallés, J. 1978b. Los yacimientos minerales ubicados al oeste de la Mina Gonzalito, Departamento San Antonio y Valcheta, Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 33: 325-334.
- Valvano, J. A. 1956. La Mina de Plomo "Gonzalito", departamento de San Antonio (Río Negro). Dirección Nacional de Minería. Buenos Aires (inérito). 41 p., Buenos Aires.
- Varela, R., Basei, M., Sato, A., Siga Jr., O. Cingolani, C. y Sato, K. 1998. Edades isotópicas Rb/Sr y U/Pb en rocas de Mina Gonzalito y Arroyo Salado. Macizo Norpatagónico Atlántico, Río Negro, Argentina. 10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Nacional de Geología Económica, Actas 1: 71-76, Buenos Aires.
- von Gosen, W. 2002. Polyphase structural evolution in the northeastern segment of the North Patagonian Massif (southern Argentina). *Journal of South American Earth Sciences* 15: 591-623.
- von Gosen, W. 2009. Stages of Late Palaeozoic deformation and intrusive activity in the western part of the North Patagonian Massif (southern Argentina) and their geotectonic implications. *Geological magazine* 146: 48-71.

Recibido: 28 de agosto, 2013

Aceptado: 9 de diciembre, 2013