



XX CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO
GEOLOGÍA, PRESENTE Y FUTURO
Agosto de 2017 | San Miguel de Tucumán



SIMPOSIO 12

Tectónica de los Andes argentino-chilenos

Coordinadores

ANDRÉS FOLGUERA
CÉSAR ARRIAGADA
DARÍO ORTS
GUIDO GIANNI
ALFONSO ENCINAS
ANDRÉS TASSARA
LAURA GIAMBIAGI
MATÍAS GHIGLIONE
FEDERICO DÁVILA
CÉSAR NAVARRETE



ESTRUCTURA Y PETROGRAFÍA DE LA FORMACIÓN LAPATAIA, CON IMPLICANCIAS PARA SU ESTRATIGRAFÍA. ANDES FUEGUINOS, ARGENTINA

Sebastián CAO^{1, 2*}, Pablo TORRES CARBONELL¹, Luis DIMIERI³

¹Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET).
Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina sebacao@cadic-conicet.gov.ar

²Instituto de Ciencias Polares, Recursos Naturales y Ambiente, Universidad Nacional Tierra del Fuego.
Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina.

³Instituto Geológico del Sur (INGEOSUR-CONICET), Departamento de Geología (UNS).
Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

Desde las observaciones geológicas realizadas en la cordillera fueguina por Kranck en 1932, diversos autores han debatido la pertenencia de la Formación Lapataia al basamento paleozoico o al relleno volcánico-sedimentario mesozoico del estadio inicial de la cuenca de retroarco Rocas Verdes. El mapeo y el estudio detallado de estructuras macro y microscópicas de esa unidad y de aquellas indiscutidamente mesozoicas permiten caracterizar a la Formación Lapataia como un conjunto de rocas con gran afinidad litológica con las metamorfitas del Jurásico Superior, deformadas a mayor profundidad en la corteza y afectadas por las mismas fases de deformación. De esta manera, interpretamos la estructura regional asociada a la yuxtaposición de distintos niveles estructurales durante la construcción de los Andes Fueguinos.

Palabras clave: cuenca Rocas Verdes, relleno mesozoico, deformación polifásica.

ABSTRACT

Structure and petrography of the Lapataia Formation, with implications for its stratigraphy. Fuegian Andes, Argentina. Since the geological observations made in the fuegian foothills by Kranck in 1932, several authors have debated whether the rocks of the Lapataia Formation belong to the Paleozoic basement or the Mesozoic volcanic-sedimentary infill related to the initial stages of the Rocas Verdes back-arc basin. The mapping and detailed study of macro and microscopic structures in this unit and those of undoubtedly Mesozoic age, allow to characterize the Lapataia Formation as a group of rocks with great lithological affinity with the Late Jurassic metamorphic rocks, deformed at deeper crustal levels and affected by the same deformation phases. Accordingly, we interpret the regional structure as being associated to the juxtaposition of different structural levels during the growth of the Fuegian Andes.

Keywords: Rocas Verdes back-arc basin, Mesozoic infill, poliphase deformation.

INTRODUCCIÓN

En un sector del Parque Nacional Tierra del Fuego (Fig. 1), afloran rocas metamórficas en facies de esquitos verdes asignadas a la Formación Lapataia (Borrello 1969). El mayor grado metamórfico y deformación asociada que presentan estas rocas respecto a unidades mesozoicas adyacentes, ha motivado que diversos autores (Kranck 1932, Caminos *et al.* 1981) las consideren parte del basamento pre-jurásico de la cuenca marginal Rocas Verdes, desarrollada en el margen SO de Gondwana a

partir del Jurásico Superior. De esta manera, la Formación Lapataia comprendería la continuación de una faja de rocas metamórficas de grado medio a alto, atribuidas al basamento en Cordillera Darwin. Otros autores han puesto en duda que estas rocas correspondan al basamento y las han interpretado como una porción intensamente deformada de la secuencia volcánica-sedimentaria del Jurásico Superior de la Formación Lemaire (Borrello 1972). La falta de una edad certera para la Formación Lapataia mantiene vigente el debate sobre su posición estratigráfica.

En este trabajo abordamos este problema mediante el estudio detallado de la estructura y la petrografía de la Formación Lapataia, con la finalidad de determinar si existen fases de deformación adicionales (más antiguas) que las conocidas para las rocas mesozoicas de la Cuenca Rocas Verdes, o evidencias petrográficas que permitan considerar a esta formación parte de un basamento pre-orogénico. Nuestros resultados muestran que la Formación Lapataia está constituida por rocas volcánicas y sedimentos volcanoclásticos muy similares a las rocas jurásicas (Formación Lemaire), metamorizados y deformados en un nivel estructural comparativamente más profundo durante el cierre de la cuenca Rocas Verdes.

MARCO GEOLÓGICO

El área estudiada comprende un sector del núcleo orogénico de los Andes Fueguinos. Las unidades reconocidas contienen estructuras penetrativas relacionadas al cierre de la cuenca de retroarco Rocas Verdes (Dalziel *et al.* 1974, Bruhn 1979), desarrollada durante el Jurásico Superior-Cretácico Inferior en el margen sudoccidental de Gondwana. Durante la apertura tuvo lugar un volcanismo regional predominantemente ácido, constituido por la Formación Lemaire (Jurásico Superior). Entre el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior se intruyeron rocas básicas de fondo oceánico, y subsiguientemente la cuenca fue rellenada por una potente secuencia sedimentaria, de tipo *flysch* en su sector profundo (Formación Yahgán, Cretácico Inferior).

Desde principios del Cretácico Superior, un régimen tectónico contraccional produjo el cierre de la cuenca, dando lugar a la formación del orógeno Fueguino. Este proceso expuso rocas del basamento que han sido interpretadas como metasedimentitas y metavolcanitas pertenecientes a complejos acrecionarios pre-jurásicos desarrollados en el margen de Gondwana (Hervé *et al.* 2008). Estas rocas afloran en Cordillera Darwin (Fig. 1), donde las facies metamórficas alcanzan anfíbolita superior (Kohn *et al.* 1993, Maloney *et al.* 2011).

Los afloramientos ubicados en el sector occidental de nuestra área de estudio (Formación Lapataia, Fig. 1) son metamorfitas en facies de esquistos verdes, las cuales Kranck (1932) interpretó como una continuación de la faja de basamento pre-jurásico de Cordillera Darwin (véase también Nelson *et al.* 1980; Caminos *et al.* 1981). Bruhn (1979) describió la estructura de los esquistos de Bahía Lapataia (Fig. 1), caracterizando las principales estructuras penetrativas y atribuyéndoles edades “probablemente Paleozoico Superior a Mesozoico Inferior”. Olivero *et al.* (1997) reconocieron en el sector comprendido entre Ensenada Zaratiegui (“Bahía Ensenada”) y Bahía Cucharita (Fig. 1) una secuencia que incluye esquistos finos con granate en contacto cubierto con facies clásticas menos deformadas de la Formación Lemaire, dejando abierta la discusión respecto a la edad paleozoica o mesozoica de dichos esquistos.

METODOLOGÍA

En adición a la cartografía geológica de detalle, se recolectaron muestras orientadas y se estudiaron al microscopio 45 secciones delgadas de la Formación Lapataia. El estudio microtectónico y petrográfico sigue las metodologías tradicionales. Las proyecciones esféricas en este trabajo fueron realizadas con el software Stereonet, de R. W. Allmendinger.

ESTRATIGRAFÍA

Formación Lapataia

Las rocas de la Fm Lapataia comprenden pizarras, filitas y esquistos finos en facies de esquistos verdes, distribuidas desde el límite con Chile hasta las inmediaciones de Ensenada Zaratiegui (Fig. 1). El desarrollo variable de la foliación permite clasificarlas genéricamente como *greenschists* y *greenstones*, para las rocas intensa y groseramente foliadas, respectivamente. Al microscopio se reconocen dos paragénesis de minerales metamórficos distintas, que delatan la presencia de al menos dos protolitos diferentes.

Esquistos verdes cuarzo-cloríticos (metasedimentitas o metavolcaniclastitas): al microscopio se observan abundante clorita y cuarzo, junto con plagioclasa, muscovita, titanita, y cantidades menores de biotita, estilpnomelano, calcita y epidoto (Fig. 2e). Son frecuentes niveles cuarzosos de algunos centímetros enriquecidos en piritita.

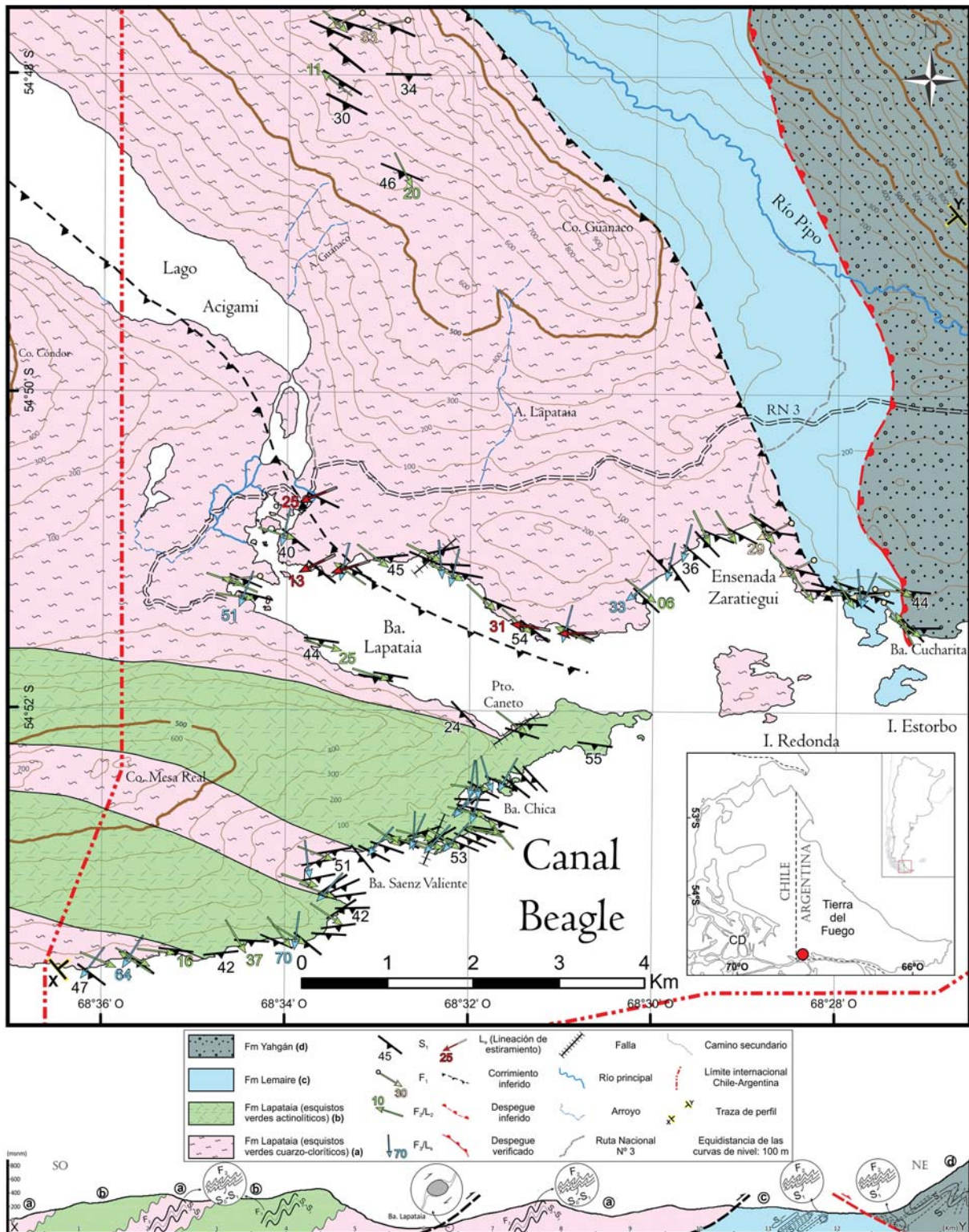
Esquistos verdes actinolíticos (metabasitas): en estas rocas la foliación está definida fundamentalmente por el crecimiento de tremolita-actinolita, de hábito acicular a fibroso; prismático en el caso de los *greenstones*. Contienen además plagioclasa, epidoto, clinozoisita y cantidades menores de titanita, clorita y estilpnomelano (Fig. 2f).

Formación Lemaire

En el sector estudiado comprende metavolcanitas ácidas y metasedimentitas, las cuales afloran al Este de Ensenada Zaratiegui (Fig. 1) en contacto tectónico con las rocas de la Formación Lapataia y la Formación Yahgán (ver más abajo). El protolito volcánico es cuarzo-feldespático, porfirico, con cuarzo y muscovita metamórficos. Las metasedimentitas son pizarras cuyo protolito corresponde a lutitas y areniscas tobáceas con evidencias de sedimentación turbidítica (Olivero *et al.* 1997). Los minerales metamórficos reconocidos en las pizarras son muscovita, cuarzo y algo de estilpnomelano y biotita.

Formación Yahgán

La Formación Yahgán está compuesta por pizarras (metasedimentitas marinas) que regionalmente exhiben



una secuencia rítmica pelítica-psamítica. En la zona de estudio (Fig. 1) afloran apoyadas en contacto tectónico sobre las rocas de la Formación Lemaire (Fig. 2d). Al microscopio se identifica sericita metamórfica.

ESTRUCTURA Y METAMORFISMO

En el área estudiada reconocimos estructuras penetrativas correspondientes a tres fases de deformación. La foliación principal (S_1) es la más conspicua de todas ellas, y de carácter regional. No observamos en el campo ni al microscopio ninguna fase que afecte la estratificación con anterioridad al desarrollo de S_1 . En las Formaciones Lapataia, Lemaire y Yahgán se la reconoce como un clivaje pizarroso o esquistosidad fina, paralela al plano axial de pliegues en la estratificación (S_0), de desarrollo variable, determinada por el alineamiento de filosilicatos y anfíboles (estos últimos en las metabasitas de la Formación Lapataia), y la GSPO (*grainshapepreferiorientation*) de cristales de cuarzo y plagioclasa. También son comunes las bandas de disolución por presión, sobre todo en las metasedimentitas finas. En la Formación Lapataia S_0 está transpuesto por la foliación S_1 (Fig. 2a), mientras que en los pliegues en metasedimentitas de la Formación Lemaire la transposición no está generalizada y los pliegues pueden ser tanto isoclinales como apretados, con vergencia N o NE. Los pliegues de la Formación Yahgán son asimétricos, similares y cerrados a isoclinales; análogos a los observados en otros sectores (Bruhn 1979, Torres Carbonell y Dimieri 2013).

Asociada a S_1 , en las Formaciones Lapataia y Lemaire se observan porfiroclastos rotados de tipo σ y δ , además de una lineación de estiramiento contenida en el plano S_1 que inclina consistentemente al SO. Ambas características están generalizadas en la zona de estudio, pero a su vez aparecen con mayor desarrollo concentradas en sectores que interpretamos como zonas de cizalla dúctil. Además, se observa que algunas venas de cuarzo paralelas al S_1 experimentan *boudinage* e incluso rotación por cizalla paralela a dichos planos (Fig. 2a). Este conjunto de estructuras es característico de deformación por cizalla simple (cf. Bruhn 1979). En todos los casos, la dirección de transporte tectónico es hacia el NE.

El grado metamórfico alcanzado durante la primera fase de deformación es variable de una unidad a otra. Las rocas de la Formación Lapataia muestran asociaciones de minerales metamórficos de facies de esquistos verdes (cuarzo-cloríticos y actinolíticos, Figs. 2e y 2f). La recrystalización dinámica en esta unidad es intensa. Los porfiroclastos de cuarzo presentan *bulging*, rotación de subgranos e incipiente migración de borde de grano. Los feldespatos también presentan *bulging* y maclas en cuña en plagioclasas (*tapperedtwins*). Las rocas de la Formación Lemaire presentan un grado metamórfico menor, al igual que las pizarras de la Formación Yahgán (ambas fuera de la zona de la clorita). En las facies vol-

cánicas-volcanoclásticas ácidas de Lemaire ocurrió milonitización con porcentajes variables de recrystalización de porfiroclastos de cuarzo y feldespato, principalmente por *bulging*.

La segunda fase de deformación produjo plegamiento de S_1 (pliegues F_2). A escala de afloramiento, las rocas de la Formación Lapataia presentan el menor orden de plegamiento observado, exhibiendo pliegues mesocópicos en algunos casos muy apretados, con vergencia al NE o el SO y eje inclinando suavemente al SE o el NO (Fig. 2b). En la Formación Lemaire identificamos pliegues F_2 con longitudes de onda sensiblemente menores, de escala centimétrica, y en la Formación Yahgán el plegamiento de S_1 también alcanza algunos centímetros de longitud de onda pero está acotado a la zona de contacto tectónico (despegue regional) con la Formación Lemaire. Las tres unidades muestran al microscopio una crenulación zonal, con mejor desarrollo en las rocas de la Formaciones Lapataia y Lemaire.

La tercera fase de deformación forma pliegues (F_3) en las superficies S_1 y patrones de interferencia en los F_2 de las Formaciones Lapataia y Lemaire, con una orientación aproximadamente perpendicular a la de las estructuras preexistentes (Fig. 2c). Éstos son mucho más abiertos y parecen estar relacionados a bandas *kink* y a zonas de cizalla de pocos centímetros a milímetros de espesor, y algunos decímetros de largo.

ZONAS DE CIZALLA Y DE DESPEGUE REGIONAL

Si bien el conjunto del paquete estratigráfico ha sido afectado por cizalla simple, se pueden identificar sectores donde la intensidad de la deformación incrementa dentro de una misma unidad, dando lugar a zonas de falla de decenas o algunos centenares de metros (Fig. 1). Estas fallas han estado activas al menos durante la primera fase de deformación. Las rocas involucradas suelen contener una lineación de estiramiento marcada y sistemas de porfiroclastos σ y δ . En el entorno del contacto entre las Formaciones Lapataia y Lemaire, interpretamos que debe existir una falla, basándonos en la diferencia de grado metamórfico y temperatura durante la deformación que presentan ambas unidades, evidenciando distintos niveles estructurales. Finalmente, el contacto tectónico entre la Formación Lemaire y la Formación Yahgán (Fig. 2d) corresponde a una superficie de despegue regional plegada, relacionada al emplazamiento de un sistema de dúplex en el núcleo orogénico de los Andes Fueguinos desde el Cretácico Superior (Torres Carbonell y Dimieri 2013).

DISCUSIÓN

Las rocas que sin dudas han sido asignadas al basamento pre-jurásico de la Cuenca Rocas verdes en Cordi-

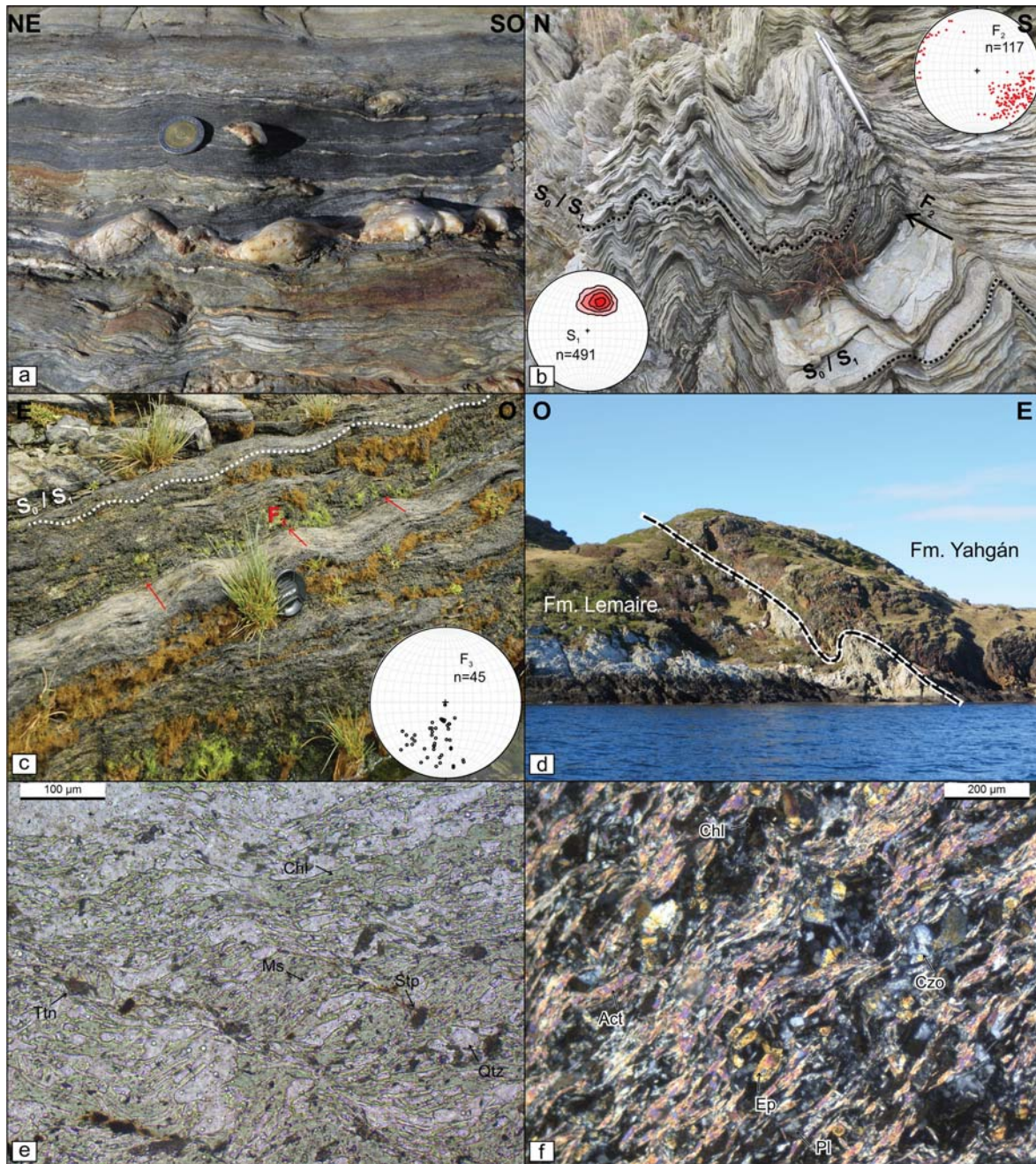


Figura 2. a) Transposición de S_0 por S_1 en la Formación Lapataia, y venas de cuarzo rotadas con boudinage. b) Pliegues F_2 y c) F_3 en la Formación Lapataia. d) Superficie de despegue en Bahía Cucharita. e) Microfotografía de esquistos verdes cuarzo-cloríticos, y f) esquistos verdes actinolíticos de la Formación Lapataia. Chl: clorita, Ms: muscovita, Ttn: titanita, Stp: estilpnomelano, Qtz: cuarzo, Czo: clinozoisita, Ep: epidoto, Act: actinolita, Pl: plagioclasa.

llera Darwin contienen, según Nelson *et al.* (1980), estructuras de basamento previas al primer evento de la orogenia andina (S_1). Es de esperar que dichas estructuras estén presentes de forma generalizada en las rocas del basamento de la cuenca. En nuestra zona de estudio, Bruhn (1979) describió las estructuras de la Formación Lapataia sin acusar estructuras previas al S_1 . En cuanto a

las características petrográficas, Maloney *et al.* (2011) realizaron en Cordillera Darwin una diferenciación entre esquistos de basamento y de la Serie Tobifera (Formación Lemaire), reportando en estos últimos paragénesis metamórficas muy similares a las observadas por nosotros en la Formación Lapataia.

Nuestros datos muestran que el protolito de la Formación Lapataia (rocas clásticas cuarzosas y rocas íg-

neas o volcánicas básicas intercaladas) es notablemente similar al protolito de la Formación Lemaire en la Cordillera Fueguina, donde abundan intercalaciones de volcanitas y volcánicas ácidas y básicas, además de sedimentitas; todas ellas metamorizadas en grados de esquistos verdes inferior o prehnita-pumpellita (Kranck 1932, Bruhn 1979, González Guillot *et al.* 2016). Además, nuestro estudio estructural de detalle no reconoce ninguna fase de deformación previa al desarrollo de S_1 que se pueda considerar equivalente a la observada en el basamento de Cordillera Darwin por Nelson *et al.* (1980). De este modo, la afinidad litológica y estructural sugiere que la Formación Lapataia es parte de la sucesión del Jurásico Superior, deformada a mayor profundidad en la corteza que la Formación Lemaire. El perfil de la Fig. 1 muestra nuestra interpretación en el contexto del emplazamiento de láminas de corrimiento dúctiles en la construcción del orógeno fueguino, poniendo en contacto en el sector estudiado rocas de distintos niveles estructurales.

CONCLUSIONES

La ausencia en la Formación Lapataia de una fase de deformación previa al desarrollo de la foliación regional que afecta a todas las rocas del núcleo orogénico de los Andes Fueguinos, sumado a la similitud litológica y el grado metamórfico de la misma con las metamorfitas jurásicas de Cordillera Darwin sugieren que corresponde a un nivel más intensamente deformado de la secuencia jurásica de la cuenca Rocas Verdes. El cambio abrupto de intensidad en la deformación y el metamorfismo que observamos al E de Ensenada Zaratiegui entre las Formaciones Lapataia y Lemaire sugiere la presencia de un corrimiento entre ambas, colocando rocas de un nivel estructural más profundo sobre uno más somero.

AGRADECIMIENTOS

Los cortes delgados fueron realizados por M. Barbagallo (CADIC-CONICET). Agradecemos a M. Lanche, P. Montero Estaña, F. Rayes y C. Lobo por la colaboración en el campo. A G. Kreps y la tripulación del *Reliance*; y a la tripulación del buque Prefecto García (PNA) por el transporte marítimo. La Administración de Parques Nacionales autorizó esta investigación mediante el permiso 049-CPA-2016. Financiamiento: ANPCyT-

FONCyT PICT 2012 2495, PICT 2105 2982 y 2015 0419; y P-UE 2016-CONICET.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Acevedo, R. D. 1988. Estudios geológicos areales y petro-estructurales en el Complejo Deformado de los Andes Fueguinos. Tesis doctoral. FCEN, UBA.
- Borrello, A. V. 1969. Los geosinclinales de la Argentina. Dir. Nac. Geol. Min. B. A., Anal 14.
- Borrello, A. V. 1972. Cordillera Fueguina. En: A. F. Leanza (Dir. Y Edit.) Geología Regional Argentina. Acad. Nac. Ciencias, 740-753. Córdoba.
- Bruhn, R. L. 1979. Rock structures formed during back-arc basin deformation in the Andes of Tierra del Fuego. Geological Society of America Bulletin 90: 998-1012.
- Caminos, R., Haller, M., Lapido, O., Lizuain, A., Page, R. y Ramos, V. 1981. Reconocimiento geológico de los Andes Fueguinos. Territorio Nacional de Tierra del Fuego. En: 8º Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 759-786. San Luis.
- Dalziel, I. W. D., De Wit, M. J. and Palmer, K. F. 1974. Fossil marginal basin in the southern Andes. Nature 250: 291-294.
- González Guillot, M., Urraza, I., Acevedo R. D. y Escayola M. 2016. Magmatismo básico jurásico-cretácico en los Andes Fueguinos y su relación con la cuenca marginal Rocas Verdes. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 73 (1) : 1-22.
- Hervé, F., Calderón, M., and Faundez, V. 2008. The metamorphic complexes of the Patagonian and Fuegian Andes. Geologica Acta, 6, 43-53.
- Kohn, M. J., Spear, F. S. and Dalziel, I. W. D. 1993. Metamorphic P-T paths from Cordillera Darwin, a core complex in Tierra del Fuego, Chile. Journal of Petrology, 34, 519-542.
- Kranck E. H. 1932. Geological investigation in the Cordillera of Tierra del Fuego. Act. Geographica 4: 1-231.
- Maloney, K. T., Clarke, G. L., Klepeis, K. A., Fanning, C. M. and Wang W. 2011. Crustal Growth during back-arc closure: Cretaceous exhumation history of Cordillera Darwin, southern Patagonia. Journal of Metamorphic Geology.
- Nelson, E. P., Dalziel, I. W. D. and Milnes, A. G. 1980. Structural geology of the Cordillera Darwin-collisional style orogenesis in the southernmost Chilean Andes. Eclogae Geologicae Helvetiae 73 (3) : 727-751.
- Olivero, E., Acevedo, R. and Martinioni, D. 1997. Geología del Mesozoico de Bahía Ensenada, Tierra del Fuego. Revista de la Asociación Geológica Argentina 52: 169-179.
- Torres Carbonell, P. J. y Dimieri, L. V. 2013. Cenozoic contractional tectonics in the Fuegian Andes, southernmost South America: a model for the transference of orogenic shortening to the foreland. Geologica Acta 11: 359-370.