

## Evidencias de una zona de cizalla dúctil en el basamento pre-pérmico de la región de Bahía Laura, Macizo del Deseado, Santa Cruz

Raúl Giacosa<sup>1,2</sup>, Ramiro Lopez<sup>3</sup> y Diego Guido<sup>3</sup>

**RESUMEN.** Se describe un conjunto de estructuras y fábricas tectónicas en las rocas del basamento ígneo-metamórfico pre-pérmico de la región de Bahía Laura, que permiten interpretar una zona de deformación dúctil (> 2 km). Esta zona, a la que denominamos Zona de Cizalla Bahía Laura (ZCBL) tiene un rumbo NNO y está integrada por ortogneises, pegmatitas graníticas, esquistos cuarzo-micáceos y micáceos, con fábricas miloníticas en facies de esquistos verdes, lineaciones de estiramiento y mineral, foliaciones S-C, C', bandas C, lineaciones de estiramiento y mineral y micropliegues asimétricos. Dentro de la zona de deformación, un stock granítico epizonal (granito Bahía Laura) intruye a los esquistos miloníticos. El centro de la ZCBL, donde afloran ortogneises, tiene una cinemática inversa-dextral, en tanto que en el sudoeste, caracterizado por esquistos miloníticos, domina una cinemática dextral. Los datos recolectados hasta el momento sugieren un acortamiento regional en dirección NE-SO, con una dirección de transporte tectónico hacia el SSO y un régimen tectónico compresivo, con componentes transpresivos. Sus relaciones con el granito Bahía Laura cuya edad de cristalización es de  $393 \pm 2$  Ma, indica que la deformación de la ZCBL es anterior al Devónico medio. La edad de la deformación y la dirección de acortamiento general, pueden ser correlacionadas con la fase principal de deformación dúctil y metamorfismo en el NE del Macizo del Deseado (estancia Tres Hermanas).

**Palabras claves:** Zona de cizalla, Basamento, Macizo del Deseado, Patagonia.

**ABSTRACT.** *Evidences of a ductile shear zone in the pre-Permian basement of the Bahía Laura region, Macizo del Deseado, Santa Cruz.* The igneous-metamorphic rocks of Bahia Laura region, belong to the pre-Permian basement of the Macizo del Deseado. A group of structures and tectonic fabrics outcropping in this area define a >2 km wide NNW-belt of ductile deformation. The belt designed as "Bahía Laura Ductile Shear Zone (ZCBL)", is integrated by ortogneisses, granitic pegmatites, micaschists and quartz-micaschists with mylonitic fabrics in greenschists facies, stretching and mineral lineations, S/C and C foliations, C bands and asymmetric folds. An undeformed epizonal granitic stock (Bahía Laura granite) intruded the mylonitic schists of the deformation belt. The Center of the ZCBL, with outcrops of ortogneiss, has a reverse-dextral kynematic, while the southwest, characterized by mylonitic schists has a dextral sense. These data suggest a NE-SW general shortening direction with a SSW general tectonic transport, in a compressive tectonic regime with transpressional components. The relationship between the mylonites and the  $393 \pm 2$  My Bahia Laura granite, indicates that the ductile deformation was prior to Middle Devonian. The age deformation and the general shortening direction is coherent with the main ductile phase and metamorphism in the northeastern part of the Macizo del Deseado ( Tres Hermanas farm).

**Key words:** Shear zone, Basement, Macizo del Deseado, Patagonia.

### Introducción

Las rocas ígneo-metamórficas del sector nororiental del Macizo del Deseado afloran en reducidos afloramientos desconectados geográficamente entre sí (Fig. 1). Formalmente

<sup>1</sup> SEGEMAR-IGRM, CC 38B, Km 8, Comodoro Rivadavia (9003).

<sup>2</sup>Dpto. Geología, Universidad Nacional de la Patagonia:

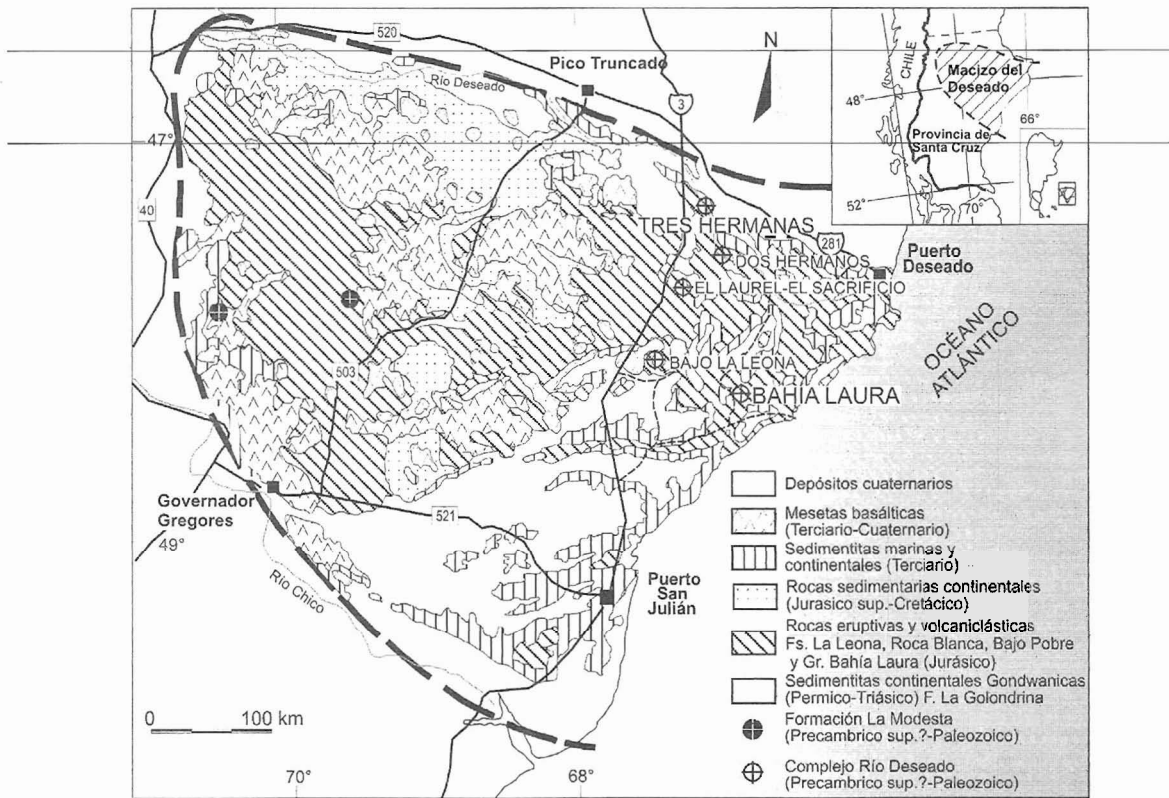
E-mail: giacosaraul@yahoo.com.ar

<sup>3</sup>CONICET-UNLP, Instituto de Recursos Minerales, Calle 62 e/ 119 y 120. La Plata (1900).

E-mail: instituto@inremi.unlp.edu.ar

son referidas al Complejo Río Deseado (Viera y Pezzuchi 1976) y son parte de un orógeno desarrollado con anterioridad al *rift* pérmico del Deseado (véase Homoc y Constantini 2001).

La interpretación tectónica de estos terrenos ígneo-metamórficos paleozoicos, resulta particularmente dificultosa por las condiciones de afloramiento mencionadas. Hasta años recientes todos los estudios estructurales estaban basados principalmente en la orientación de pliegues a diferentes escalas (véase Giacosa *et al.* 2002). Teniendo en cuenta que la presencia de zonas de cizalla y en particular la información proporcionada por su análisis reológico y cinemático.



**Figura 1:** Mapa geológico del Macizo del Deseado (Santa Cruz). Se observa la ubicación de la región estudiada y de los restantes afloramientos del basamento ígneo-metamórfico pre-pérmico ubicados en el sector noreste.

proporciona información crucial para cualquier reconstrucción geodinámica, la búsqueda de estas zonas ha sido un objetivo constante en las investigaciones de los últimos años.

En este sentido, en dos sectores del noreste de la comarca del Deseado fueron identificadas recientemente rocas asociadas a zonas de alta deformación (Fig. 1): uno está ubicado en cercanías de Bahía Laura (Guido *et al.* 2000) y el restante, a unos 150 km en dirección NNO, en cercanías de la estancia Tres Hermanas (Fracchia 2002).

El objetivo de este trabajo es caracterizar la geometría y las fábricas tectónicas presentes en la primera de las zonas, que denominamos Zona de Cizalla Bahía Laura (ZCBL) y proporcionar una interpretación preliminar de su cinemática y sus posibles implicancias tectónicas. Los estudios estructurales realizados hasta el momento en la ZCBL consistieron en el reconocimiento de campo de los sectores con rocas deformadas, mediciones de estructuras planares y lineales, así como el estudio microtectónico de muestras orientadas.

El área de trabajo se encuentra ubicada a unos 30 km al NO de la Bahía Laura en inmediaciones de las coordenadas 48° 19' Lat. S y 66° 52' Long. O, en la provincia de Santa Cruz (Fig. 1).

## Geología del área

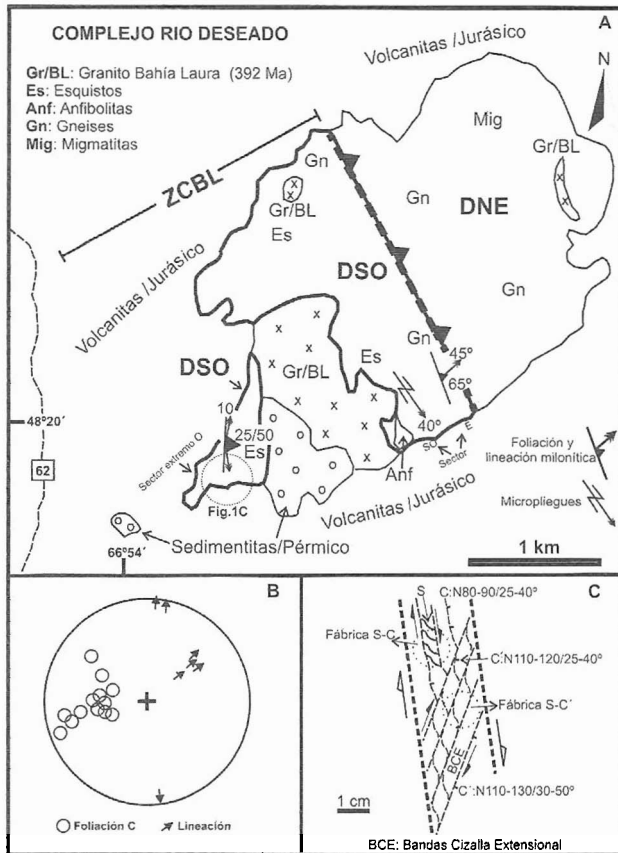
El basamento del área de Bahía Laura está integrado por rocas ígneo-metamórficas, tales como esquistos (micáceos y cuarcíticos), anfíbolitas, gneises (micáceos, granatíferos, granodioríticos y hornblendíferos), migmatitas, escasas

rocas calcosilicáticas y diques y pequeños plutones. Las metasedimentitas fueron interpretadas como sedimentos marinos, en tanto que las rocas ortoderivadas de composición granítica sugieren su pertenencia a un arco magmático, mientras que las anfíbolitas se comparan con rocas de un arco de islas inmaduro (Guido *et al.* 2004).

Hacia el SO (Fig. 2a) los esquistos micáceos y cuarcíticos, están intruidos por un stock de 1,5 km<sup>2</sup> de superficie y de forma elipsoidal, de un granito de dos micas (granito Bahía Laura). Otros cuerpos similares, aunque de menores dimensiones afloran en el resto del área.

Con respecto al grado metamórfico en general, se observan condiciones de bajo grado en el extremo SO, hasta condiciones de alto grado en el extremo NE. En particular, los estudios petrológicos (Guido *et al.* 2004) indican que los esquistos son de bajo grado metamórfico (facies de esquistos verdes), en tanto que en un cuerpo de ortoanfíbolitas ubicado en el sector SO (Fig. 2a), coexisten asociaciones minerales de facies de esquistos verdes y de un grado algo mayor, sugerido por la blastesis del granate a partir de clorita. Gneises hornblendícos ubicados en el sector NE indican condiciones metamórficas de medio-alto grado, en tanto que las migmatitas del extremo NE fueron interpretadas como derivadas de un evento de incipiente migmatización generado por condiciones metamórficas de alto grado.

Sobre los esquistos micáceos apoya un potente estrato subhorizontal de aglomerados (Fig. 2a), con clastos de granitoides y plutonitas del basamento, asignado a la Formación La Golondrina del Pérmico. De manera periférica a las rocas del basamento, se disponen flujos subhorizontales atribuidos al



**Figura 2:** a) Mapa geológico simplificado de los afloramientos de basamento de Bahía Laura; b) Proyección estereográfica de la foliación C y lineaciones de estiramiento y mineral; c) Bosquejo de la disposición geométrica de las fábricas miloníticas en el extremo oeste del Dominio SO (ubicación en círculo).

Grupo Bahía Laura del Jurásico. Varios diques riolíticos de esta unidad intruyen al basamento, preferentemente a los esquistos del sector oeste. Toda la zona está muy penneplanizada y cubierta por depósitos modernos de pedimento, aluviales y coluviales.

### Geología estructural

La presencia de fábricas miloníticas permite separar (Fig. 2a) un dominio estructural en las rocas del sector sudoeste (DSO) de un dominio sin fábricas miloníticas ubicado al noreste (DNE).

#### Dominio Noreste

Está constituido principalmente por gneises en facies de anfibolitas parte alta y en menor medida afloramientos de migmatitas. Estructuralmente no se observan fábricas miloníticas y las estructuras dúctiles se caracterizan por la presencia de varios tipos de pliegues, formados en al menos tres fases de deformación. La Fase 1 está evidenciada por meso a micropliegues con foliación de plano axial; la Fase 2, está representada por mesopliegues cerrados hasta isoclinales que deforman la foliación penetrativa (Figs. 3a y b), en tanto que una suave antiforma que reorienta los pliegues anteriores,

caracteriza la Fase 3 (Fig. 3a)

#### Dominio Sudoeste

En este dominio hay evidencias microestructurales y de campo que indican la presencia de fábricas L-S comprendidas en una zona de alta deformación dúctil de rumbo NNO, que denominamos Zona de Cizalla Bahía Laura (ZCBL) (Fig. 2a). El cuadro 1 resume las principales características de las rocas ubicadas en la zona de deformación.

En el sector oriental de este dominio hay una faja intensamente deformada con ortogneises, esquistos y pegmatitas miloníticas con fábrica S-C y bandas C' (Figs. 3e y f) y una marcada lineación de estiramiento (Le) sobre cuarzo. En promedio, la foliación C se dispone (Rbz) N70°/65° y la Le se ubica según N50°/45° (Fig. 3c).

Hacia el sudoeste afloran esquistos miloníticos (cuarcómicáceos) con foliación S-C y micropliegues volcados con eje N145°/40° y geometría "Z" (Fig. 2a). En el extremo oeste del dominio aflora una faja de esquistos miloníticos (micáceos) con fábrica planar S-C y bandas de crenulación C' (Figs. 2b y 3d) y una fábrica lineal. Esta última está integrada por la lineación mineral (L<sub>m</sub>) de la moscovita crenulada, que es parte de la foliación S y una lineación (L<sub>ce</sub>) correspondiente a la crenulación de las bandas C'. Para este sector la foliación C promedio es (Rbz) N90°/25° y la lineación L<sub>m</sub> está dispuesta subhorizontalmente (Fig. 2c).

### Discusión e interpretación

#### Geometría

Un contacto de rumbo aproximado NNO, entre los dos dominios estructurales, señalaría el rumbo general de la ZCBL (Fig. 2a); a su vez este rumbo es similar al rumbo promedio de la foliación milonítica. Basado en la ubicación de la foliación de corte (foliación C) en gneises cercanos al contacto entre los dominios, se asume que en este sector la ZCBL inclinaría 65° al NE. Hacia el SO en especial en todo el sector donde afloran los esquistos miloníticos (micáceos) la inclinación de la ZCBL sería similar o algo menor, dado que la inclinación de la foliación de corte varía entre 25° y 50° al E y NE.

#### Cinemática

Las direcciones de las fábricas lineales varían en los dos extremos del DSO de la ZCBL. La lineación de estiramiento (L<sub>e</sub>: N50°/45°) en los ortogneises y pegmatitas miloníticas del sector este (Figs. 2b y 3c), señala un desplazamiento oblicuo, en tanto que la fábrica S-C indica sentido inverso de movimiento. Por lo tanto este sector de la ZCBL tendría cinemática inversa (con componente dextral), con bloque de techo constituido por las rocas de mayor grado metamórfico del DNE, cabalgando hacia el SO. Hacia el sudoeste, en los esquistos miloníticos (micáceos) hay una mayor componente de desplazamiento lateral, evidenciada en la lineación

|                                 | Rocas  | Estructuras  | Microfábricas  | Figs.  |
|---------------------------------|--|--|--|--------|
| <b>DSO sector este</b>          | Ortogneises y esquistos (biotítico-moscovíticos) y Pegmatitas graníticas | Fábrica L-S;<br>Foliaciones S-C;<br>C'; L <sub>e</sub>                         | S (biotita+moscovita sincinemática)<br>C' (moscovita grano fino + clorita)<br>Porfiroclastos de microclino.  | 3C     |
| <b>DSO sector suroeste</b>      | Esquistos cuarzo-micáceos  | Foliaciones S-C;<br>MP "Z"   | Foliaciones S-C; Si<br>S (moscovita sincinemática)<br>Si (orientación formas de Qz en cintas)<br>Porfiroclastos de feldespato potásico y plagioclasa | 3E y F |
| <b>DSO sector extremo oeste</b> | Esquistos micáceos   | Fábrica L-S;<br>Foliaciones S-C;<br>C'; BSC'; L <sub>m</sub> ; L <sub>ce</sub> | Foliaciones S-C; C';<br>S (moscovita sincinemática)<br>Porfiroclastos de feldespato potásico   | 3D     |

**Cuadro 1:** Resumen de las principales estructuras y fábricas de la Zona de Cizalla Bahía Laura. Referencias: L-S: fábrica lineal-planar; Le: lineación estiramiento; Lm: lineación mineral; Lce: lineación de crenulación extensional; C: foliación de cizalla; S: foliación // a mayor estiramiento; Si: foliación insensitiva; C': foliación cizalla extensional; BSC': bandas SC'; MP: micropliegues asimétricos.

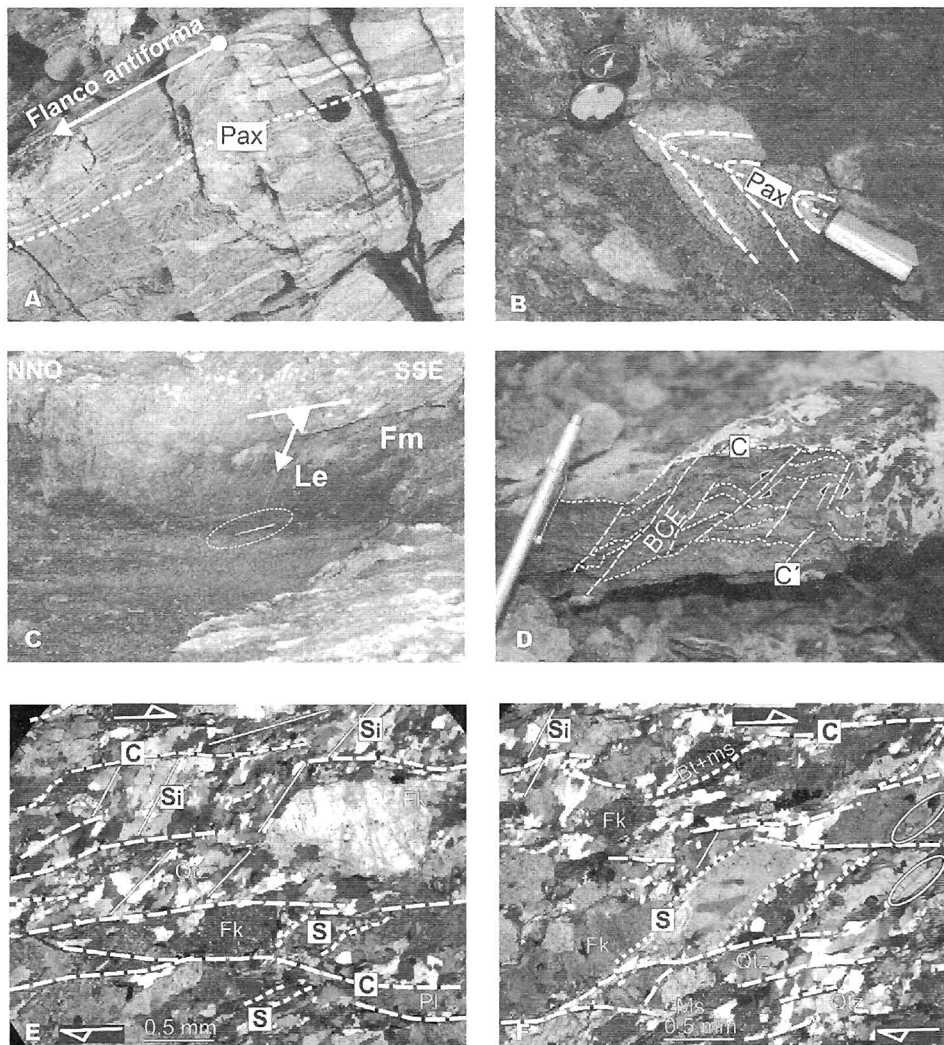


Figura 3: a) Dominio NE. Migmatitas (gneises con inyecciones aplo-pegmatíticas). Pliegues volcados de Fase 2 con indicación de la traza del plano axial (Pax), reorientado en una antiforma de Fase 3. b) Dominio NE. Gneises con pliegues volcados de Fase 2. Pax: (traza plano axial). c) Dominio SO. Ortogneises miloníticos en el sector este. Se observa la lineación de estiramiento (Le: N50/45°) sobre el plano de la foliación milonítica (Fm: N70/65°). d) Dominio SO. Esquisto milonítico (micáceo) en el extremo oeste. Foliación C y C' y bandas de cizalla extensional (BCE). e) Dominio SO. Microfotografía. Esquistos milonítico (cuarzo-micáceo) del sector suroeste. Se indican las foliaciones C y S y la orientación de forma del cuarzo, Si (foliación insensitiva). f) Dominio SO. Microfotografía. Esquistos milonítico (cuarzo-micáceo) del sector suroeste. Se indican las foliaciones C y S y la orientación de forma del cuarzo, Si (foliación insensitiva). La elipse señala los cristales de moscovita que forman la foliación S. Qtz: cuarzo; Pl: plagioclasa; fk: feldespato potásico; bt: biotita; ms: moscovita.

mineral subhorizontal y una cinemática dextral, tal como evidencia la fábrica S-C y las bandas de crenulación extensional (Fig. 2c).

Analizada en su conjunto, la ZCBL es una ancha zona de deformación dúctil de rumbo NNO (N340°), desarrollada bajo un régimen compresivo, en condiciones metamórficas de la facies de esquistos verdes. En los esquistos miloníticos la foliación S está señalada principalmente por la blastesis de la moscovita (Fig. 3f) y en menor medida de biotita; en tanto que se encuentra muy desarrollada en los esquistos miloníticos (cuarcíticos) una foliación señalada por cristales elongados de cuarzo (foliación insensitiva; Figs. 3e y f). Cristales de moscovita de grano fino se concentran en los planos de la foliación C; los cristales mayores son porfiroclastos de feldespato potásico y en menor medida plagioclasa, ambos sin evidencias de deformación dúctil. En los ortogneises miloníticos (granodioríticos) no se observan evidencias de recrystalización de feldespatos.

La cinemática inversa-dextral, tendría una mayor participación de componentes laterales (dextral) hacia al extremo oeste. La conformación interna de la ZCBL muestra una consistencia en la dirección de acortamiento regional en dirección aproximada NE-SO (Z N40°) y una dirección transporte tectónico general hacia el SSO (hacia N 200°).

#### Edad

La edad del Complejo Río Deseado en el área de Bahía Laura, al igual que en el resto del sector nororiental del Macizo del Deseado, puede acotarse en base a su relación estratigráfica con sedimentitas asignados a la Formación La Golondrina, del Pérmico inferior (Giacosa *et al.* 2002). Las dataciones radimétricas (Loske *et al.* 1999, Pankhurst *et al.* 2003) indican edades de proveniencia (mínimas) en circones, de 565 Ma en las metasedimentitas de estancia Dos Hermanos (Fig. 1), indicando una edad de sedimentación no más allá del límite Neoproterozoico-Cámbrico. La suite granítica peraluminosa (granitos en: Dos Hermanos, El Sacrificio, Tres Hermanas y Bahía Laura) del Ordovícico superior a Carbonífero inferior, intrusiva en las metasedimentitas, corresponde en su mayoría a condiciones intrusivas posttectónicas con respecto a las fases de deformación dúctil y el metamorfismo. La excepción es el granito Tres Hermanas (423 Ma), un cuerpo con características sintectónicas, metamorfizado en condiciones de grado medio (Giacosa *et al.* 1997). Basado en estas relaciones se ha sugerido que el metamorfismo en estancia Tres Hermanas tuvo lugar en el Silúrico, alrededor del límite wenlockiano-ludloviano (Fracchia y Giacosa 2006).

En Bahía Laura, una reciente datación interpretada como edad de cristalización del Granito Bahía Laura (393 ± 2 Ma U/Pb SHRIMP; Guido *et al.* 2005) señala una edad en el Devónico medio. La intrusión de este granito y el carácter de emplazamiento epizonal, indica que la edad mínima de formación de la ZCBL es anterior al Devónico medio.

La dirección de acortamiento regional NE-SO de la fase principal de deformación dúctil, es similar en los afloramientos

de Bahía Laura y estancia Tres Hermanas (Fracchia y Giacosa 2006), por lo que no debería descartarse una edad similar en ambas zonas (Silúrico).

#### Conclusiones

Varias estructuras y fábricas tectónicas permitieron identificar dentro del basamento pre-Pérmico del Macizo del Deseado en la región de Bahía Laura, una ancha zona de deformación dúctil que fue denominada Zona de Cizalla Bahía Laura.

Sus características reológicas y cinemáticas son: a) un rumbo general NNO; b) una deformación dúctil en condiciones de facies de esquistos verdes baja a media, que involucró metasedimentos y rocas ortoderivadas, c) una cinemática inversa con componente dextral, con variaciones en la componente de desplazamiento lateral hacia el oeste.

Desde el punto de vista tectónico su geometría y cinemática indican: a) el dominio de un régimen compresivo NE-SO; b) un importante acortamiento regional en dirección NE-SO y, c) el transporte tectónico en dirección general hacia el SO de los gneises y migmatitas de medio-alto grado sobre rocas de más bajo grado.

La edad de la zona de cizalla no está determinada con precisión, pero de acuerdo a su relación con el granito Bahía Laura, su formación es anterior al Devónico medio.

#### Trabajos citados en el texto

- Fracchia, D., 2002. Tectónica de basamento y análisis estructural de vetas en estancia Tres Hermanas, Macizo del Deseado (Santa Cruz, Argentina). Informe final beca iniciación, SEGEMAR, (Inédito) 35 p, Comodoro Rivadavia.
- Fracchia, D. y Giacosa, R., 2006. Evolución estructural del basamento ígneo-metamórfico en la estancia Las Tres Hermanas, noreste de la Comarca del Deseado, Santa Cruz. Revista de la Asociación Geológica Argentina 61: 118-131.
- Giacosa, R., Martínez, M. y Stöckhert, B., 1997. Tectónica del complejo metamórfico del Macizo del Deseado en el área de Estancia Tres Hermanas (47°17' S-67°12' O), Argentina. Zentralblatt für Geologie und Paläontologie 1(3-6): 621-634, Stuttgart.
- Giacosa, R., Márquez, M. y Panza, J., 2002. Basamento Paleozoico inferior del Macizo del Deseado. En: Haller, M., (Ed.): Geología y Recursos Naturales de la provincia de Santa Cruz, Relatorio del 15° Congreso Geológico Argentino, 1-2, pp. 33-44.
- Guido, D., Tiberi, P., de Barrio, R., Escayola, M. y Schalamuk, I., 2000. Hallazgo de basamento ígneo-metamórfico en Bahía Laura, sector sudoriental del Macizo del Deseado, Santa Cruz, Patagonia Argentina. 9° Congreso Geológico Chileno (International Symposium 4), 731-735.
- Guido, D., Escayola M. y Schalamuk, I., 2004. The basement of the Deseado Massif at Bahía Laura, Patagonia, Argentina: a proposal for its evolution. Journal of South American Earth Sciences 16: 567-577.
- Guido, D., Rapela, C. W., Pankhurst, R. J., y Fanning, C. M., 2005.

- Edad del granito del Afloramiento Bahía Laura, Macizo del Deseado, provincial de Santa Cruz. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 1:85-88, La Plata.
- Homoc, J. y Constantini, L., 2001. Hydrocarbon exploration potencial within intraplate shear related depocenters: Deseado and San Julián basins, southern Argentina. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 85(10): 1795-1816.
- Loske, W., Márquez, M., Giacosa, R., Pezzuchi, H., y Fernández, M., 1999. U/Pb geochronology of pre-permian basement rocks in the Macizo del Deseado, Santa Cruz province, Argentine Patagonia. 14° Congreso Geológico Argentino, Resúmenes 1: 102, Salta.
- Pankhurst, R. J., Rapela, C. W., Loske, W. P., Márquez, M. y Fanning, C. M. 2003. Chronological study of the pre-Permian basement rocks of southern Patagonia. Journal of South American Earth Sciences 16: 27-44.
- Viera, R. y Pezzuchi, H. 1976. Presencia de sedimentitas pérmicas en contacto con rocas del "Complejo metamórfico" de la Patagonia Extraandina, estancia Dos Hermanos, provincia de Santa Cruz. Revista de la Asociación Geológica Argentina 31 (4): 281-283.