

ESTRUCTURA DEL TRIÁSICO DE LA REGIÓN NORTE DEL MACIZO NORDPATAGÓNICO (40°-41°S, 67°30'-69°45' O) RÍO NEGRO

Raúl GIACOSA^{1,2}, Hebe LEMA¹, Alicia BUSTEROS¹, Mario ZUBIA^{1,2}, Rubén CUCCHI¹ e Inés DI TOMMASO¹

¹Instituto de Geología y Recursos Minerales - Servicio Geológico Minero Argentino;

²Departamento de Geología - Universidad Nacional de la Patagonia.

E-mail: giacosaraul@yahoo.com.ar

RESUMEN

Se describen las características geométricas y cinemáticas de las estructuras que se observan en la región de Los Menucos, en la parte norte del macizo nordpatagónico, caracterizada por extensos afloramientos de rocas volcánicas e intrusivas y sedimentarias del Triásico. Estas estructuras son fallas de rumbo O-E, cuyas longitudes superan los 120 km, y que presentan evidencias de desplazamientos dextrales de al menos 7 kilómetros.

Es posible establecer claras relaciones genéticas entre la evolución geométrica y cinemática de las fallas y algunos componentes del complejo volcánico, tales como lavas andesíticas, domos dacíticos y venas epitermales; asimismo, la ubicación de sedimentitas clásticas gruesas sugiere un control por parte de las fallas. Por el contrario, las rocas más jóvenes, como las sedimentitas del Cretácico y las sedimentitas y flujos basálticos del Terciario, no se observan afectadas por este fallamiento.

Las relaciones entre volcanismo y fallamiento y la falta de cizallamiento en rocas más jóvenes, sugieren que la deformación habría ocurrido principalmente en el Triásico tardío, en tanto que algunas de las fallas principales, tienen la misma orientación que fallas y estructuras penetrativas que caracterizan al basamento paleozoico de la región. Esta característica, en conjunto con la distribución de rocas paleozoicas y triásicas, permite inferir una morfología de tipo *rift* para el borde norte de la cuenca durante el Triásico.

Desde el punto de vista de la deformación regional, la geometría y la cinemática de las fallas, sugieren una dirección de extensión oblicua regional NNE-SSO a NE-SO, en acuerdo con las relaciones entre vetas mineralizadas y fallas, que permite establecer características específicas de la deformación al momento de la formación de las vetas (régimen transtensional dextral).

Palabras clave: *Fallas transcurrentes, tectónica, volcanismo, vetas mineralizadas.*

ABSTRACT: *Structure of the Triassic in the northern region of the Northpatagonian Massif.* This paper describes the geometry, kinematic and geologic relationships of the structures of the Los Menucos region, in the northern part of the Northpatagonian Massif that is characterized for the extensive outcrops of Late Triassic volcanic rocks accompanied by intrusive and sedimentary rocks. Their structure are characterized by large (>120 km) W-E dextral strike-slip faults that show evidence of kilometeric displacements (> 7 km).

Rocks associated with the Triassic volcanism as clastic sediments, andesitic flows, dacitic domes and extensional epithermal veins, show geometric and kinematic relationships with the faults. Younger rocks, including Cretaceous and Cenozoic sedimentary rocks and Tertiary flow basalts, are not deformed.

Our interpretation of the relationships between faulting and volcanism, sedimentation and mineralization and the lack of the significant post-Triassic shearing, suggest that the age of the deformation was mainly Late Triassic, and some faults would be the shallow expression of Paleozoic basement structures. In this framework it is possible to infer a rift morphology for the northern border of the basin. Faulting shows geometric and kinematic relationships that allow inferring a NNE-SSW to NE-SW regional oblique extension direction. It is consistent with the relationships between hydrothermal veins and faults, which suggest a specific type of the deformation regime at the time of vein formation (dextral transtension).

Keywords: *Strike-slip faults, tectonic, volcanism, mineralized veins.*

INTRODUCCIÓN

En la región de Los Menucos aflora un extenso complejo eruptivo con intercalaciones sedimentarias del Triásico medio a tardío, cuyas rocas constituyen uno de los registros de esa edad más extensos de la Patagonia. Los mismos han sido considerados

como integrantes de la cuenca de Los Menucos (Kokogian *et al.* 1999) o bien como parte del plateau ignimbrítico del macizo nordpatagónico (Llambías *et al.* 1984). Su evolución tectomagmática fue relacionada con el *rifting* del Gondwana (Uliana y Biddle 1987) o con procesos de trasarco sobre el margen protopacífico del Gondwana (Spa-

lletti 2001), habiéndose señalado su afinidad petrogenética con las plutonitas del batolito de la Patagonia Central y su desvinculación de la provincia volcánica mesojurásica de la Patagonia (Rapela *et al.* 1996). Dalla Salda *et al.* (1991), en su interpretación tectomagmática de la asociación plutónico-volcánica triásica de la región de Chasicó-Mencué,

señalaron un modelo de formación por calderas en un ambiente de extensión y fusión cortical.

Los afloramientos ocupan la parte centro-norte del macizo nordpatagónico, en cercanías del borde septentrional, región que durante el Triásico tardío estuvo enmarcada por procesos de subducción sobre el margen protopacífico ubicado al oeste. El basamento pre-triásico, situado en cercanías del curso del río Limay, separaba el borde norte del macizo nordpatagónico del sector sur de la cuenca marginal neuquina. Esta estructura habría constituido un borde geotectónico de primer orden en la organización tectonoestratigráfica del norte de la Patagonia (Franzese y Spalletti 2001), en un período que marca el fin del ciclo gondwánico y los prolegómenos del desmembramiento del Gondwana.

El objetivo de este trabajo es contribuir a la caracterización tectónica de la región, apuntando a sustentar interpretaciones tectomagmáticas y geodinámicas más detalladas,

ya que se interpreta que existen relaciones entre algunas estructuras y elementos del complejo eruptivo que contribuyen a caracterizar estructuralmente al Triásico mediotardío.

Los datos fueron obtenidos durante el relevamiento regional a escala 1:100.000 de las hojas 4169-17 y 18 (Cerro Abanico y Colonia Ganzu Lauquen) por cuenta del SEGEMAR - IGRM en el marco del proyecto GEOSAT-AR (Lema *et al.* 2004, Busteros *et al.* 2005). Algunos datos e interpretaciones preliminares ya fueron dados a conocer recientemente por los autores (Giacosa *et al.* 2005).

GEOLOGÍA REGIONAL

La región centro-norte del Macizo Nordpatagónico, al norte de la meseta de Somuncurá (Fig. 1), se caracteriza por afloramientos de rocas ígneas y metamórficas paleozoicas. Del Paleozoico inferior afloran metamorfitas de grado bajo a medio y plu-

tonitas, en tanto que las plutonitas pertenecientes al ciclo eruptivo gondwánico (Llambías *et al.* 1984) tienen edades del Neopaleozoico hasta el Triásico (Fig 1).

En esta región está incluido el sector estudiado, ubicado entre los 40°- 41°LS y los 67°30' - 69°45' LO, con una superficie de 20.000 km² (Fig. 2). Sus antecedentes geológicos están en las hojas geológicas Piedra del Águila (Cucchi *et al.* 1998) y Los Menucos (Cucchi *et al.* 2001). En este sector, las rocas más antiguas son las metasedimentitas de bajo grado de la Formación Coloyeu (Labudía y Bjerg 1994) que por correlación con rocas similares de Valcheta se asignan al Eopaleozoico. Las eruptivas gondwánicas, cuyas edades alcanzan al Triásico temprano, están constituidas por varios plutones reunidos en los Complejos La Esperanza (Llambías y Rapela 1984) y Cayupil (Cucchi 1992).

Desde Fita Ruín al oeste y hasta Sierra Colorada al este, cubriendo un área de 9.000 km², apoyan sobre el basamento paleo-

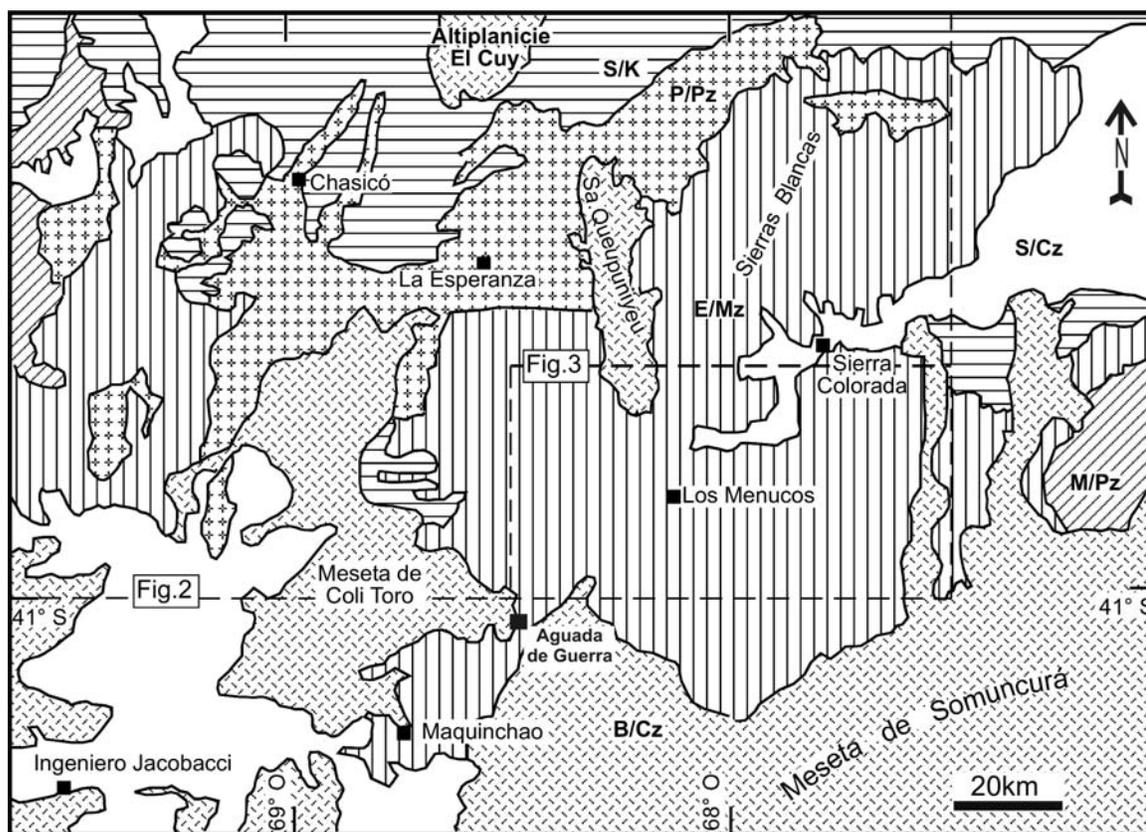


Figura 1: Mapa geológico regional de la región centro-norte del macizo nordpatagónico (tomado del mapa geológico de la provincia de Río Negro). Referencias: M/Pz (metamorfitas paleozoicas); P/Pz (granitoides paleozoicos); E/Mz (eruptivas y sedimentitas del Mesozoico inferior); S/K (sedimentitas del Cretácico); S/Cz (sedimentitas del Cenozoico) y B/Cz (basaltos cenozoicos).

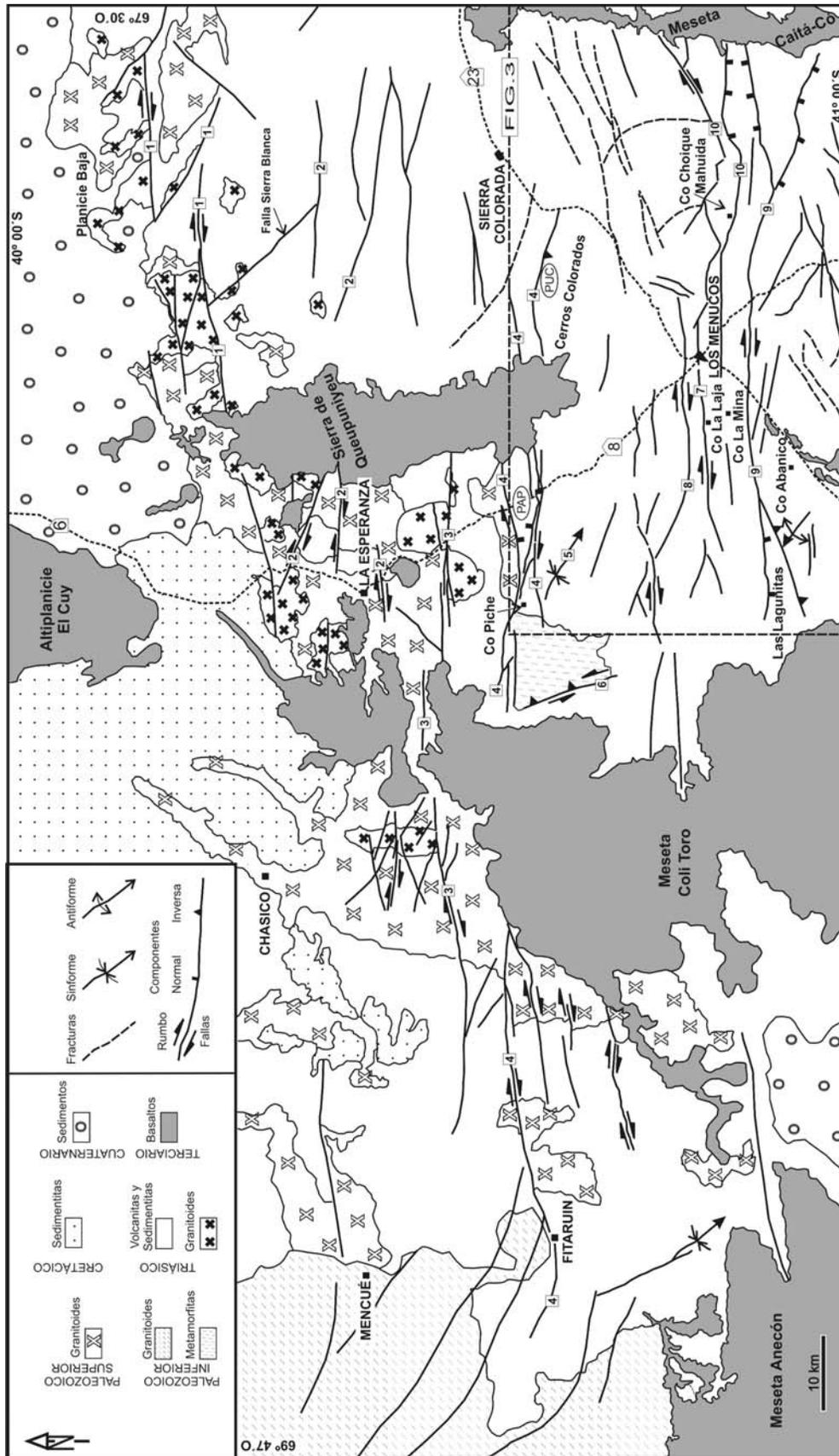


Figura 2: Mapa estructural de la región de Meneu, Los Menucos y Sierra Colorada. Ubicación en figura 1. Referencias: 1) sistema de fallas Planicie Baja, 2) fallas La Esperanza; 3) falla Loma Blanca; 4) fallas del sistema Piche; 5) sinforme Piche; 6) falla Lenzaniyey; 7) falla Cerro La Laja; 8) falla Cerro La Laja; 9) falla Choique; 10) falla Lagunitas; 11) falla Apartado Piche; PUC) *push-pull* Caledonia. Adviértase que las fallas afectan exclusivamente a rocas pre-cretácicas.

ozoico, rocas volcánicas del Triásico acompañadas por sedimentitas clásticas e intrusiones someras. Éstas, fueron referidas como Formación Los Menucos, Formación Sierra Colorada y sedimentitas continentales con Dicroidium (Stipanovic *et al.* 1968), como Formación Garamilla (Nullo 1978), como Grupo Los Menucos (Labudía *et al.* 1995) y como Complejo Los Menucos (Cucchi *et al.* 2001). En el área de Los Menucos y Sierra Colorada se reconocen varias litofacies (Lema *et al.* 2005): (a) facies de ignimbritas, (b) facies de sedimentitas y volcánicas, (c) facies lávicas a subvolcánicas, (d) cuerpos epizonales a subvolcánicos de dioritas/monzonitas y leucogranitos y, (e) facies de diques riolíticos. Sobrepuestas a la mayoría de estas litofacies hay extensas zonas de alteración con mineralización, relacionadas con los episodios hidrotermales tardío-volcánicos.

La edad de este complejo está acotada por la presencia de una flora de Dicroidium extensamente distribuida en la facies de sedimentitas intercaladas en las rocas volcánicas, y además, por una edad isotópica Rb-Sr de 222 ± 2 Ma, en ignimbritas dacíticas ubicadas a 23 km en dirección N40°O de la localidad de Los Menucos (Rapela *et al.* 1996). Este valor coincide con el piso cortaderitano en el que Spalletti (2001) ubica la zona florística.

Entre las rocas atribuidas al Jurásico, afloran andesitas y basandesitas; hacia el límite norte del área comienzan a ser importantes los afloramientos de sedimentitas jurásicas y especialmente de rocas cretácicas de origen continental y marino de la cuenca neuquina.

Las rocas terciarias están representadas por varias unidades sedimentarias de naturaleza continental y marina cuyas edades van desde el Paleoceno hasta el Mioceno y por numerosas intercalaciones de flujos basálticos, así como por las intrusiones subvolcánicas alcalinas de la sierra de Queupuniyeu.

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El rasgo estructural más notorio de la zona de estudio y de la región, es una intensa fracturación, en la que son dominantes las fallas de rumbo O-E y, en menor medida, de rumbos ONO y ENE a NE. Algunas de

estas variaciones de rumbo están vinculadas con sistemas de fallas que interactúan formando zonas dilatantes y antidilatantes, con depresiones tectónicas y altos estructurales, respectivamente (Fig. 2). Las fallas se observan claramente en las imágenes satelitales como lineamientos kilométricos, presentando muchas de ellas, evidencias de un importante componente de transcurrencia dextral.

Las fallas afectan a los metasedimentos eopaleozoicos, a los granitoides gondwánicos y a las rocas del Complejo Los Menucos. Las sedimentitas del Cretácico inferior y rocas más jóvenes no muestran evidencias de deformación cizallante. Se presentan como fallas individuales o como asociaciones de fallas genéticamente vinculadas conformando sistemas de fallas. Las principales son (Fig. 2): el sistema de fallas Planicie Baja, las fallas de La Esperanza, la falla Loma Blanca, el sistema de fallas Piche, las fallas Cerro La Laja y Cerro La Laja Norte y la falla Lagunitas. Estructuras relacionadas con el fallamiento son, entre otras, el *pull-apart* Piche, el *push up* Caledonia y el sinforme Piche. Por su longitud, la falla Loma Blanca, el sistema de fallas Piche y la falla Lagunitas son regionalmente las más importantes, adquiriendo relevancia ésta última dado que a ella se vinculan numerosas áreas de alteración hidrotermal.

Las evidencias de fallamiento en el terreno -con excepción de algunas áreas de alteración- son muy escasas. La inclinación general de los mantos volcánicos oscila entre 15 y 25° (Fig. 3b), alcanzando mayores valores en sectores próximos a las fallas importantes, como el caso de la serranía cercana a la estancia La Caledonia (45°/50° al SSO) o en inmediaciones de la falla sur del sistema Piche (35°/45° al E-ESE), resultando frecuentes las modificaciones en los rumbos en las inmediaciones de las fallas (Fig. 3a). Finalmente, se mencionan otras estructuras citadas en la literatura, como las fallas de la sierra de Queupuniyeu y el lineamiento Aguada de Guerra-Sierra Colorada (Rosenman 1975, Corbella 1975).

GEOMETRÍA DE LAS FALLAS

Sistema de fallas Planicie Baja: Está formado

por una falla de rumbo O-E de más de 50 km de longitud, que controla el contacto entre los granitoides neopaleozoicos y las rocas triásicas, y un grupo de fallas menores subparalelas y diagonales. El desplazamiento de las rocas indica una cinemática dextral. Una de las estructuras diagonales, la falla Sierra Blanca, de rumbo NO, tiene evidencias de cinemática dextral (Fig. 2).

Fallas de La Esperanza: Son tres fallas subparalelas de rumbo O-E y cinemática dextral. La deformación involucra principalmente al basamento granítico de La Esperanza y en menor medida a vulcanitas e intrusivos triásicos, sector donde puede estimarse un desplazamiento de rumbo de al menos 2 km. Al igual que el sistema Planicie Baja, estas fallas no afectan a las sedimentitas cretácicas ubicadas al pie de la altiplanicie de El Cuy.

Falla Loma Blanca: Esta estructura fue señalada y nominada por Corbella (1975). Tiene una longitud de 120 km, alcanzando hacia el oeste el cañadón Fita Ruín. Afecta rocas de los Complejos La Esperanza y Cayupil, del Complejo Los Menucos y de Vulcanitas Loma Blanca, aunque se observan sus mejores evidencias en un plutón del Granito Calvo (Fig. 2). Está cubierta por los basaltos de Pillahuincó y de Bajo Hondo. No presenta muchas evidencias de campo, aunque a unos 2 km al este de la ruta 8, en un sector de 30-40 m de ancho, afloran brechas de falla asociadas a un conjunto de fallas secundarias de rumbo E-O.

Se reconoce una falla principal y fallas secundarias situadas a bajo ángulo con aquella; las ubicadas al sur de la traza principal podrían corresponder a cizallas P, en tanto que algunas ubicadas al norte, podrían interpretarse como cizallas R1 (ambas sintéticas con la cinemática de la falla principal; cf Giacosa *et al.* 2005, Fig. 2). La falla tiene una cinemática dextral y, en el sector del plutón granítico ubicado sobre la ruta, su desplazamiento medido como componente de rumbo es de 7 kilómetros.

Sistema de fallas Piche: Son varias estructuras de rumbo dominante O-E, que a lo largo de unos 40 km delimitan la depresión estructural denominada por Corbella (1973) graben del cerro Piche. Son dos fallas principales que en la parte más ancha de la depresión, al este de la ruta 8, distan 4 km entre sí, en

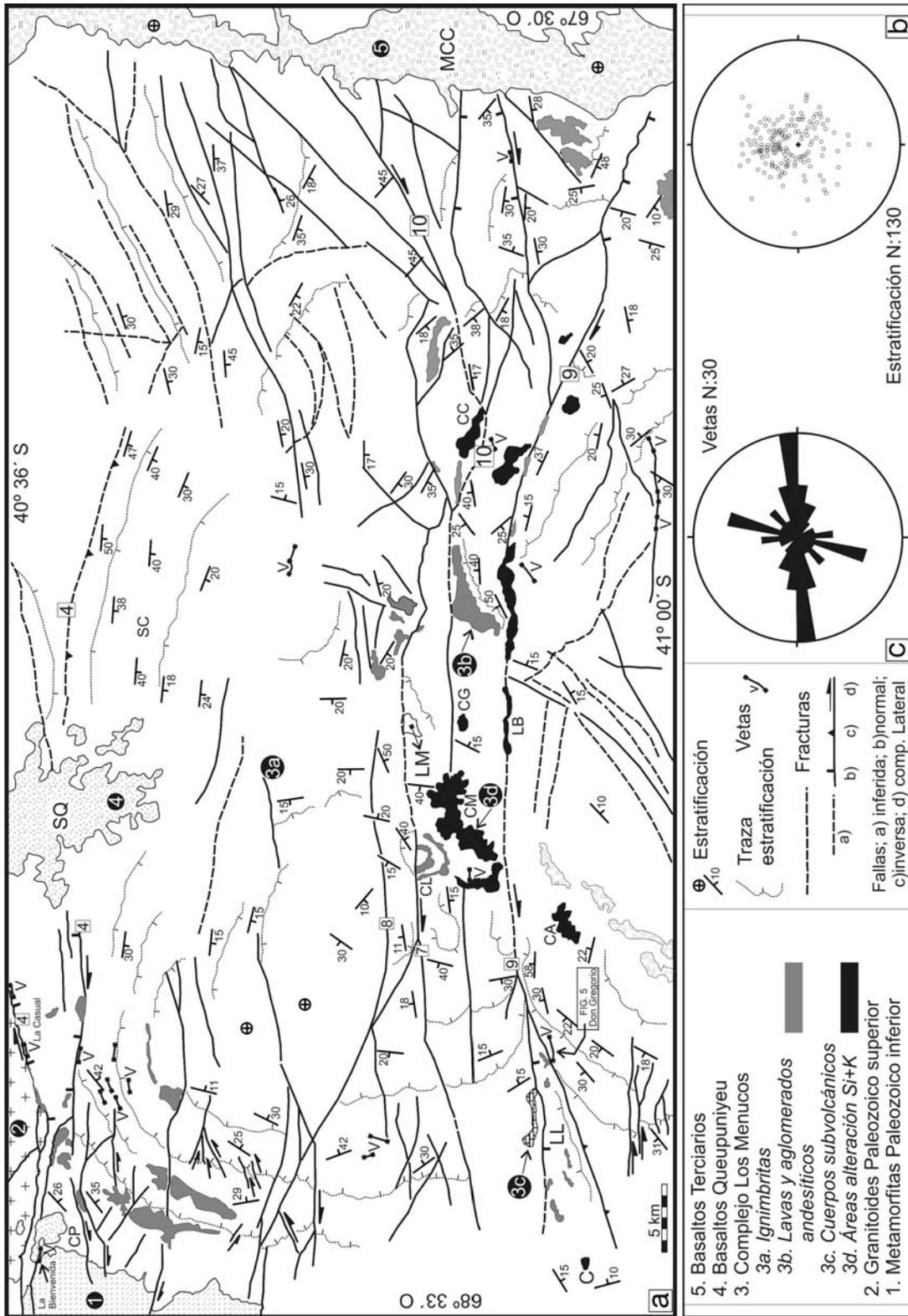


Figura 3: A. Mapa estructural de las hojas Cerro Abanico y Colonia Ganzú Lauquén (geología en Lema *et al.* 2004 y Busteros *et al.* 2005). Ubicación en figuras 1 y 2; referencias de las fallas igual a la figura 2. Referencias: LM (localidad de Los Menucos), MCC (meseta Caíta-Co), SQ (sierra Queupuniyeu), LL (bajo Las Lagunitas), SC (sierra Queupuniyeu), CC (sierra Queupuniyeu), CC (prospecto Cuyas), CC (prospecto Choyico Mahuida o Cerro Choyico), LB (prospecto La Brecha), CG (cerro Guacho). En el sector NO fueron señaladas las vetas La Bienvenida y La Casual, ambas citadas en el texto, otras vetas están señaladas con la letra V. Nótese: a) la ubicación de las zonas de alteración silíceas (Si) y arcillosas (K) en relación con el trend estructural O-E controlado por las fallas Cerro La Laja y Lagunitas; b) afloramientos de lavas y aglomerados andesíticos en los planos de fallas y en algunos bajos estructurales y, c) la relación espacial de algunas vetas con las fallas. B. Proyección estereográfica de polos de estratificación en el Complejo Los Menucos; nótese que las mayores concentraciones corresponden a planos de estratificación de ángulos bajos a intermedios. C. Diagrama de rumbos de las vetas ubicadas en la zona comprendida en la figura 3A.

tanto que hacia el oeste, en proximidades del cerro Piche, tienden a unirse en una sola zona de falla. La traza se interrumpe en la meseta de Coli Toro para reaparecer al oeste en los afloramientos de granitos pérmicos y continuar hasta los $69^{\circ} 30' O$, en inmediaciones del cañadón Fita Ruín, (Fig. 2). La sierra de Queupuniyeu interrumpe la observación de este sistema hacia el este, pero podría inferirse su continuación en el sector norte del bloque de ignimbritas de la sierra de La Caledonia. Con estas evidencias se puede estimar una longitud mínima de 100/120 kilómetros.

Las fallas afectan a rocas plutónico-volcánicas de varios complejos: La Esperanza, Cayupil y Los Menucos, y en el oeste, a aquellas del basamento metasedimentario. En el bloque norte, diques graníticos de rumbo NE, intrusivos en la granodiorita Prieto, se encuentran curvados (en sentido horario) en inmediaciones de la falla norte, lo que sugeriría arrastre durante la transcurriencia. Regionalmente, el sistema de fallas Piche, junto con la falla Loma Blanca, separan un ambiente de rocas plutónicas gondwánicas intruidas por diques y stocks del Complejo Los Menucos, de un sector sur con un dominio de las rocas extrusivas y sedimentarias de este complejo, junto con sus principales zonas de alteración y mineralización. Los cambios de rumbo originan zonas dilatantes (*pull apart* Piche) y de levantamiento (*push-up* Caledonia).

Aunque los sedimentos cuaternarios ocultan en gran medida a los depósitos del *pull apart* Piche, se advierte que dentro y sobre los bordes de la depresión afloran conglomerados y andesitas triásicas (Corbella 1973, Cucchi *et al.* 2001), posiblemente relacionados con la evolución de la depresión estructural.

Los flujos ignimbriticos y andesíticos del Complejo Los Menucos ubicados al sur del *pull apart* Piche, tienen una disposición estructural caracterizada por inclinaciones hacia el E, que progresivamente cambian al SE y SO, en inmediaciones del borde sur de la depresión (Fig. 3a). Esta estructura buzante al SE (Figs. 2, 5), y denominada sinforme Piche (Giacosa *et al.* 2005), fue atribuida a efectos de arrastre durante la transcurriencia. Sin embargo, podría tratarse también de un sinclinal en el bloque de techo de

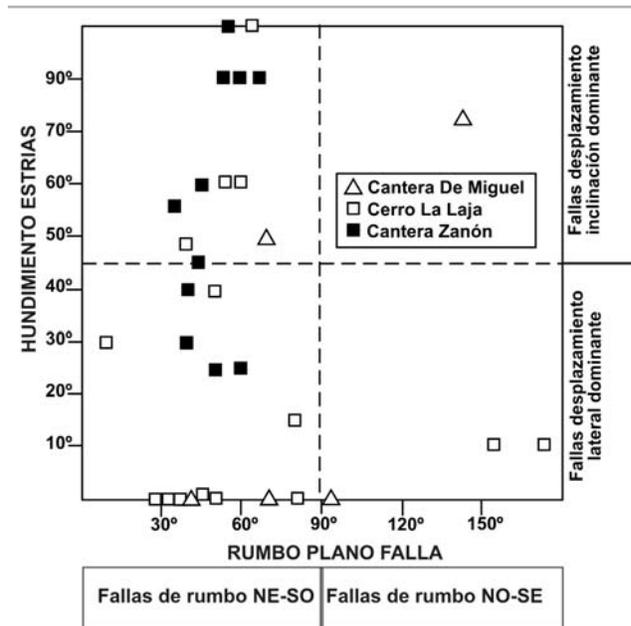


Figura 4: Clasificación del rumbo de fallas menores con respecto al hundimiento de las estrías, para estructuras localizadas en canteras cercanas a fallas mayores. Varias de ellas se encuentran ilustradas en la figura 6.

la falla Piche (sur) generado como consecuencia de la componente de inclinación durante la extensión oblicua.

Falla Lenzaniyeu: Esta falla se expresa como un lineamiento $N20^{\circ}O$ de unos 15 km de longitud, que constituye el límite occidental de un bloque de basamento con metamorfitas de la Formación Colo Niyeu intruidas por granitoides del Neopaleozoico (Fig. 2). La relación angular con la falla sur del sistema de fallas Piche (80°), estructura con la cual se relaciona, induce a considerarla una falla sinistral (cizalla antitética, R2), en tanto que las consecuencias estratigráficas que produce al exponer la base de la secuencia volcánica triásica, apoyando en discordancia sobre el basamento, sugiere una componente de inclinación.

Falla Cerro La Laja: Es una falla de rumbo O-E con desplazamiento dextral, de unos 35 km de longitud, cuyas evidencias cinemáticas son claras en el cerro La Laja (Figs. 2 y 3a), donde el desplazamiento de rumbo en las tobas y andesitas del Complejo Los Menucos es cercano a 1 km. Cizallas secundarias sintéticas se hallan en el sector oeste del cerro La Laja (Figs. 3a y b). La presencia de rocas con foliación de flujo en las inmediaciones de su traza sería un indicio de actividad durante el desarrollo del campo volcánico.

Falla Cerro La Laja Norte: Ubicada 2 km al norte de la anterior, tiene un rumbo O-E por unos 20 km y luego continúa hacia el

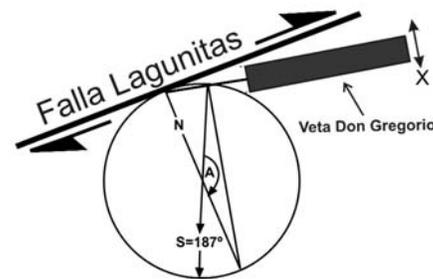


Figura 5: Construcción de McCoss (1986) para la veta Don Gregorio. Referencias: (X) dirección de mayor extensión, (S) vector de desplazamiento (dirección de apertura de la fractura de extensión).

oeste o bien interactúa con una falla de rumbo $N60^{\circ}-70^{\circ}O$ de 18 km de longitud (Fig. 3a). Sus últimos movimientos son claramente posteriores a la alteración de las ignimbritas y sobre su traza se ubican pequeños cuellos volcánicos basálticos, indicando su reactivación por presión magmática en el Cenozoico.

Falla Lagunitas: Esta falla, de 75 km de longitud, tiene un diseño convexo hacia el norte (Fig. 3a); al norte del cerro Abanico tiene un rumbo $N80^{\circ}E$ y hacia el O se asocia a una falla de rumbo $N90^{\circ}E$. Entre ambas limitan la depresión estructural de Las Lagunitas. Al oeste de cerro Abanico, la falla tiene ramas de rumbo $N70^{\circ}-80^{\circ}E$, en tanto que el segmento principal sigue un rumbo $N115^{\circ}$. Todo este sistema queda cubierto por basaltos oligocenos en la meseta Caitá-Có.

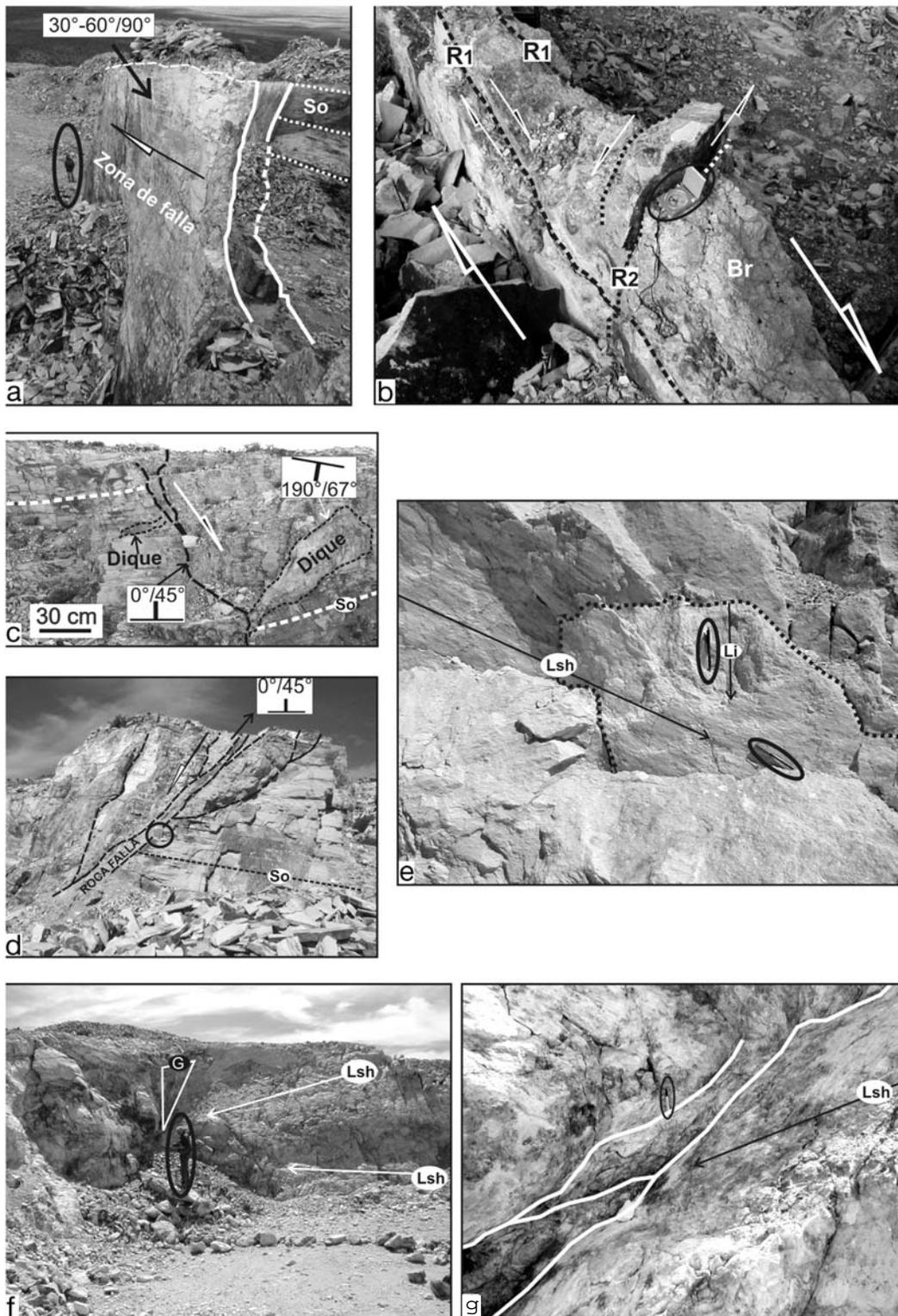


Figura 6: a a d: Canteras Cerro La Laja. a). Zona de falla dextral paralela a la falla Cerro La Laja; So estratificación de las tobas. b) Detalle de la zona de falla, integrada por una brecha de atricción (Br) y cizallas de Riedel sintéticas (R1) y antitéticas (R2). c) Falla de componente normal que desplaza a un dique riolítico intrusivo en las tobas riolíticas. d) Zona de falla con cinemática normal. Nótese que las dos fallas normales son paralelas a la falla Cerro La Laja. e) Canteras Zanón en cerro La Mina. Zona con transtensión caracterizada por un caballo de roca, limitado por planos de falla con estrías subhorizontales (Lsh) y de inclinación (Li). f y g). Cantera Equivocada (caolín) ubicada en la intersección de la falla Lagunitas con una falla secundaria de orientación ENE. f) Planos de falla subverticales a verticales con estrías subhorizontales (Lsh), se señala la ubicación de la fotografía g. g). Zona de falla con componente de inclinación (cinemática indeterminada).

Las principales evidencias del fallamiento son los rasgos lineales de su traza, el arrastre provocado en los mantos volcánicos de la zona de cerro Abanico, e importantes zo-

nas lineales de silicificación en el cerro Bandera (Fig. 3a, LB) Evidencias cinemáticas de desplazamiento dextral, son la curvatura por arrastre en los mantos ignimbríticos y la

ubicación y génesis de la veta extensional Don Gregorio. En algunos sectores afloran andesitas alineadas según el plano de falla, en tanto que continuando hacia el este, sus



Figura 7: Bosquejo interpretativo para el Triásico, que representa el borde norte de la cuenca Los Menucos y su posible relación con el basamento paleozoico a través de fallas normales E-O y N-S.

últimos 20 km delimitan por el norte una depresión estructural ubicada al SO de la meseta Caitá-Có (Figs. 2 y 3a).

Falla Choique: Es una falla de 45 km de longitud que aflora al sur del cerro Choique, donde tiene un rumbo aproximado O-E. Hacia el este se bifurca en dos ramas, una de las cuales (muy rectilínea), con rumbo N75°E y cinemática dextral, finaliza cubierta por las basaltos de la meseta Caitá-Có.

Investigaciones anteriores señalaron la presencia de lineamientos en coincidencia con la morfología de la sierra de Queupuniyeu y del trazado rectilíneo de la zona atravesada por la ruta nacional 23. La relación entre la naturaleza lineal de la sierra de Queupuniyeu y fallas o fracturas de rumbo meridiano o submeridiano, fue apuntada por Rosenman (1975), en tanto que Corbella (1975) enfatizó la vinculación entre fallamiento gravitacional y volcanismo alcalino de intraplaca. Si bien ambos autores señalaron la presencia de fallas diagonales y transversales a la sierra, nuestras observaciones no permitieron determinar deformaciones tangenciales relacionadas con estructuras O-E. Si bien no es posible cartografiar fallas, nuestra interpretación apunta a la intrusión de los cuellos volcánicos de basaltos a lo largo de una o más fallas de rumbo N-S coincidentes con la morfología de la sierra (véase discusión).

Estos autores también señalaron un lineamiento regional entre Aguada de Guerra y

Sierra Colorada, de unos 250 km de longitud, que en gran parte coincide con el trazado de la ruta 23. En superficie, no se observan evidencias geológicas que permitan avalar la presencia de una falla de tal magnitud, aunque parcialmente puedan observarse sectores, como aquel entre cerro Abanico y Los Menucos, que sugerirían la presencia de una discontinuidad estructural. Allí afloran ignimbritas dacíticas y basaltos neógenos al sur de la ruta 23 e ignimbritas riolíticas de la zona de alteración y mineralización cerro La Mina-cerro Abanico-Aguada Guerra, al norte. Asimismo, en dicho tramo, el relevamiento aeromagnetométrico, señala una marcada anomalía lineal de rumbo NE, ubicada un poco más al SE de la ruta (cf Giacosa *et al.* 2005, Fig. 1).

Fracturas en ignimbritas: Las ignimbritas que afloran al sur de la ruta 23, entre las localidades de Sierra Colorada y Los Menucos, se caracterizan por una gran densidad de fracturas (Fig. 3a), de rumbo dominante NE, algunas de varios kilómetros de longitud. Estas fracturas no alteran el ordenamiento estratigráfico porque generalmente están restringidas a alguna unidad de flujo y podrían interpretarse como una fracturación relacionada al enfriamiento de los flujos.

ESTRUCTURAS SECUNDARIAS

Fallas mesoscópicas: Además de las fallas secundarias cuya longitud supera el kilómetro, hay muchas otras cuyo tamaño oscila entre la centena y la decena de metros. Son comunes en las inmediaciones de las fallas Cerro La Laja (canteras del cerro La Laja) y Lagunitas (canteras Zanón). En el primer caso, la mayoría corresponde a estructuras de desplazamiento lateral de rumbos N30°E a N90°E (Figs. 4 y 5), en tanto que otras tienen una componente de inclinación con un buzamiento de 45° a 60° (Fig. 4). La zona de falla puede ser muy delgada o puede presentar zonas de hasta 60 cm de ancho con brechas tectónicas (Figs. 6a, b), lateralmente confinadas por planos de fricción y jабoncillo de falla. Entre las fallas de inclinación las hay con cinemática normal, algunas de las cuales desplazan diques riolíticos intruidos (Fig. 6c) en las epipiroclastitas del cerro La Laja. Es común la presencia de

caballos (Fig. 6e) limitados entre fallas de inclinación y de desplazamiento lateral (Figs. 6f y g), lo que sugiere (véase discusión) partición de la deformación a escala mesoscópica.

Vetas: La gran mayoría de las mineralizaciones de la región, son vetas con F, Au-Ag, Mn, Cu, Pb y Ba, incluidas en el Distrito Minero Los Menucos y serían parte del ciclo metalogénico Paleozoico superior-Jurásico (Malvicini y Vallés 1984).

Muchas de estas manifestaciones vetiformes están relacionadas con estructuras mayores, como por ejemplo las vetas de fluorita localizadas sobre la falla que limita por el norte el pull apart Piche (Fig. 3a). Otro conjunto de mineralizaciones y de zonas de alteración tiene una estrecha relación espacial con una franja tectónicamente dominada por las fallas Cerro La Laja y Lagunitas y sus estructuras subsidiarias (Fig. 3a). En esta franja, zonas de silicificación como La Brecha, se ubican directamente sobre la falla Lagunitas, en tanto que zonas de caolinización (canteras de caolín) están en la intersección de dicha estructura con otra de segundo orden.

Con respecto a la relación entre vetas y estructuras frágiles, varias vetas se ubican sobre el plano de estas fallas, en tanto que otras lo hacen en inmediaciones de la misma, más específicamente en la denominada zona de daño de la pared (véase Kim *et al.* 2004); en otro grupo minoritario de vetas no se observan evidencias que permitan vincularlas directamente con fallas mayores. La mayoría de las vetas de F-Qz se formaron por relleno de fracturas extensionales a híbridas, o bien en zonas dilatantes ubicadas dentro de fracturas de cizalla. Los rumbos dominantes son O-E y, en menor medida NNE, (Fig. 3C). Aunque algunos sistemas, como el cateo Cerro Abanico (Fig. 3a), tienen individualmente diseños vetiformes, en conjunto constituyen un sistema de *stock-works* abiertos de grandes dimensiones.

RELACIONES GEOLÓGICAS

Con el objeto de precisar la edad de la deformación y su influencia en los eventos geológicos del Triásico, se describirán de manera separada las relaciones observadas entre las fallas, el volcanismo, la intrusión de

diques y cuerpos subvolcánicos, la sedimentación y la mineralización y alteración.

Volcanismo: Se destaca la presencia, en el cerro La Laja, de lavas andesíticas y rocas con foliación de flujo según el plano de la falla Cerro La Laja; de lavas en los bajos estructurales asociados con zonas dilatantes como en el interior del *pull apart* Piche (Corbella 1973) y en Las Lagunitas; de lavas andesíticas según el plano de la falla Lagunitas (sector oriental) y de aglomerados volcánicos en sus cercanías (Fig. 3a).

Intrusiones: Se observan domos dacíticos en el extremo oeste de la falla Lagunitas (Fig. 3a), en tanto que la geometría radial a hemirradial de los enjambres de diques riolíticos (de longitudes kilométricas), sugiere que su intrusión estaría relacionada a fracturas extensionales causadas por el campo de esfuerzos, durante el emplazamiento de intrusiones subvolcánicas.

Sedimentación: Se ha mencionado entre las sedimentitas clásticas, depósitos de conglomerados dentro del *pull apart* Piche (Fig. 2, Corbella 1973).

Mineralización y Alteración: Los episodios de alteración y mineralización hidrotermal de la región (pertenecientes al distrito minero Los Menucos), están relacionados con el desarrollo del volcanismo triásico. Franco *et al.* (1999) proponen un modelo de alteración-mineralización de tipo epitermal aurífero de alta sulfuración, donde las extensas zonas de alteración estarían relacionadas con intrusiones de domos riolíticos subyacentes a las vulcanitas. Para Gimeno *et al.* (2000), el sistema de cerro Choique tiene características de sistema de baja sulfuración con una mineralización asociada a los procesos de silicificación. Independientemente del modelo correcto, la relación con la estructura puede constatarse de dos maneras. En primer término, por la ubicación de sectores con fuerte alteración hidrotermal en las zonas de intersección de fracturas, con un incremento de la fracturación y la formación de zonas dilatantes. Así, las principales zonas de alteración y mineralización no vetiforme (Cerro La Mina, Cerro Abanico, Cuyas y La Brecha, entre otras) caracterizadas por una fuerte silicificación y argilitización, se ubican en una faja O-E, asociadas a las fallas Lagunitas, Choique y Cerro La Laja (Fig. 3a). Canteras

de caolín y prospectos auro-argentíferos como Choique, se encuentran en la intersección de estas fallas con otras estructuras asociadas, especialmente donde aquellas cambian su rumbo.

Por otro lado, ciertas vetas cercanas a las fallas presentan compatibilidad geométrica y cinemática con respecto a distintos estadios de la evolución progresiva de las principales fallas de rumbo. Tal el caso de vetas de fluorita como Don Gregorio en relación a la falla Lagunitas y de La Casual y La Bienvenida con respecto a las fallas del sistema Piche, estas últimas en el sector NO del área de estudio (Fig. 3a; véase también mapa geológico en Corbella 1973).

Don Gregorio es una veta extensional vertical con fluorita, de 2 km de longitud y rumbo N80°E, ubicada en inmediaciones de la falla Lagunitas, y se localiza en un sector donde esta falla comienza a cambiar de rumbo; entre la veta y la falla hay un ángulo de 10°. Con estos datos es posible conocer la naturaleza del régimen tectónico al momento de formación de una fractura extensional asociada a una estructura mayor, utilizando la metodología propuesta por McCoss (1986). Esta construcción geométrica aplicada a la veta Don Gregorio (ángulo \hat{A} : 153°; Fig. 5), indica que en inmediaciones de la falla, al momento de la formación de la veta, el régimen tectónico dominante (deformación infinitesimal) fue transensional (elipsoide oblado), con un vector de desplazamiento (dirección de apertura de la fractura) hacia el SSO (S: N187°). También es posible conocer la orientación en planta, de los ejes -horizontales- principales máximo y mínimo de *stress* (σ_1 y σ_3) y las direcciones de máximo (Z) y mínimo (X) acortamiento: σ_1 , Z: N80°E; σ_3 , X: S10°E).

La Casual es una veta extensional vertical de fluorita de rumbo N80°E, ubicada en la falla que limita el borde norte del *pull apart* Piche. La construcción geométrica indica que el régimen dominante fue de extensión plana hacia el SSE (azimut vector S: N170°; cf. McCoss 1986).

El análisis de los rumbos dominantes de las vetas extensionales (Fig. 3c) indica dos direcciones azimutales dominantes de fracturación extensión regional al momento de la formación de las vetas: a) fracturación ex-

tensional N-S (350°/0° - 170°/180°) y b) fracturación extensional ONO-ESE (280°/290° - 100°/110°).

DISCUSIÓN

En un reciente trabajo sobre la estructura de la región (Giacosa *et al.* 2005), se describieron muchas de las características geométricas aludidas previamente, enfatizando la vinculación entre la actividad de las fallas de desplazamiento de rumbo y algunos elementos del complejo eruptivo triásico, caracterizando de esta manera un marco tectónico transcurrente para el Triásico tardío. Sin embargo, algunos aspectos tales como la relación entre las fallas de desplazamiento lateral y ciertas litofacies, como la ignimbrítica, que constituye los mayores volúmenes del complejo, no pudieron ser profundizados.

Si bien los desplazamientos de rumbo son muy evidentes, no es menos cierto que las fallas separan las rocas triásicas de su basamento, lo que indica una importante componente de inclinación. Por lo tanto, es importante discutir qué rol le cupo a las fallas transcurrentes en el contexto de la formación de la cuenca Los Menucos, y, si éstas actuaron solas, o asociadas con otro tipo de fallas en un régimen tectónico mixto.

A pesar de que no hemos observado en el campo fallas normales de tamaño cartografiable, otros elementos que citaremos a continuación sugieren su presencia: a) fallas normales mesoscópicas en las canteras cercanas a las fallas Cerro La Laja y Lagunitas (Figs. 6c, d); b) el rumbo de las vetas extensionales, en dos direcciones casi ortogonales (Fig. 3c), sugiere fracturación extensional bidireccional (cf. Angellier 1994); c) fallas como la del borde sur del sistema Piche y las del sistema de Planicie Baja, además de poseer una componente dextral muy marcada, limitan un bloque norte con rocas de basamento de un bloque sur con vulcanitas triásicas (Figs. 1 y 2); d) de manera similar, el diseño cartográfico (cóncavo hacia el sur; Figs. 2 y 3a) de las fallas Lagunitas y del sistema Piche, sugieren fallas que inclinan con alto ángulo al sur; e) la sierra de Queupunyeu, formada por numerosas intrusiones ubicadas en una franja N-S a lo largo de más de 50 km (Fig. 1), separa rocas del

basamento al oeste de rocas volcánicas al este y uniría el sistema de fallas Planicie Baja (al norte) con el sistema Piche (al sur), por lo que inferimos la presencia de una o más fallas N-S, coincidentes con la sierra.

Por lo tanto, inferimos la presencia de una importante componente normal en las fallas citadas y que las mismas habrían tenido un rol significativo en el control de la deposición del Triásico. Fallas normales con una dirección de extensión N-S, combinadas con fallas transcurrentes dextrales O-E, pueden asociarse en un régimen transtensional con extensión regional de dirección NE-SO (Fig. 7). Un intervalo stratigráfico similar al aquí tratado, pero en la cuenca Neuquina, ubicada al noroeste, representa un rift del Triásico tardío, causado por el colapso extensional del orógeno permotriásico, período durante el cual la dirección principal de extensión regional fue NE-SO en una cuenca muy influenciada por estructuras de basamento (Vergani *et al.* 1995).

Se propone, como hipótesis, que el borde norte de los afloramientos tal como se señala en la figura 7, puede considerarse un depocentro en el marco de una configuración de tipo *rift*. Esto no sólo está basado en la configuración rectilínea de fallas que ponen en contacto las rocas triásicas con el basamento, sino que además incluye la consideración de un espesor muy importante de rocas volcánicas en la intersección de las fallas Lenzaniyeu y Piche sur (Figs. 2 y 3a). Recientemente Lema *et al.* (2005) mencionaron en una estimación muy conservadora, un espesor mínimo de 2 km, valor algo mayor que los 1.600 m medidos por Miranda (1966). Si bien no hemos constatado procesos de inversión tectónica positiva, si se considera la altura topográfica de la región (mayor a los 1.000 m s.n.m.) y su proximidad a los Andes, es posible suponer que haya tenido influencias de la compresión andina. Una zona para investigar posibles evidencias de inversión, podría situarse en inmediaciones de la falla Lenzaniyeu, sobre cuyo bloque oriental se encuentra expuesto uno de los mayores espesores de volcanitas triásicas.

En su estudio sobre los basaltos del cerro Piche, Corbella (1973) ubicó, con posterioridad a los depósitos danianos, varios episodios de reactivaciones gravitacionales que

incluyen el hundimiento del denominado graben Piche y elevaciones diferenciales del bloque norte. Nuestras observaciones sobre las rocas cenozoicas ubicadas a ambos lados de la depresión estructural en inmediaciones del cerro Piche, indican que los estratos están dispuestos horizontalmente y a la misma altura topográfica. A esto se agrega que todas las fallas de rumbo O-E están claramente cubiertas por los basaltos oligocenos de las mesetas de Coli Toro y Caitá-Có. Otra evidencia que sugiere ausencia de deformaciones tangenciales importantes durante el Cenozoico es el hecho de que las fallas del sistema Piche no desplazan a las rocas basálticas y sedimentarias de la sierra de Queupuniyeu. Tampoco se reconocieron fallas en los extensos afloramientos de sedimentitas cretácicas del NO de la hoja Los Menucos (Fig. 1), ni en las rocas del Cretácico superior de la Formación Coli Toro que afloran en el borde oriental de la meseta de Coli Toro (Cucchi *et al.* 2001).

Ahora bien, la falla que limita por el norte el *pull apart* Piche muestra en las imágenes satelitales, geofomas triangulares que inclinan hacia el centro de la depresión y que podrían interpretarse como facetas triangulares, lo que podría ser indicativo de algún tipo de reactivación tectónica de esta depresión, característica que fuera señalada por Corbella (1973).

Las relaciones apuntadas entre las fallas y algunos elementos del complejo triásico, nos sugieren que la deformación tiene estrecha relación temporal con el desarrollo del Complejo Los Menucos, que como se mencionó al comienzo, es del Mesotriásico tardío a Neotriásico temprano. Nuestra conclusión es que las estructuras descriptas fueron activas durante este intervalo y hasta la finalización de la actividad hidrotermal, además en zonas de fuerte alteración, como la del cerro La Mina y otras, un gran número de fallas postminerales afectan a las zonas caolinizadas.

La presencia de cuellos volcánicos basálticos asignados al Oligoceno-Mioceno (Corbella 1973, Cucchi *et al.* 2001) en algunos tramos de las fallas o bien en intersecciones entre las mismas, indica una reactivación de las fallas, por presión magmática, lo que implica fracturación extensional local. En el caso de la alta concentración de cuellos ba-

sálticos en la sierra de Queupuniyeu, como se mencionó anteriormente, estas intrusiones habrían sido canalizadas por una o más fallas de rumbo norte-sur, que interpretamos como fallas normales reactivadas.

CONCLUSIONES

En la evolución tectónica del Triásico medio a tardío en el sector centro norte del macizo nordpatagónico, se destacan los siguientes aspectos:

- Una marcada tectónica transcurrente de fallas dextrales de rumbo O-E y desplazamientos kilométricos.
- Se infiere que esta tectónica estuvo asociada con extensión con una dirección principal cercana a NE-SO durante el Triásico, conformando un régimen de extensión oblicua (transtensión).
- Este sistema puede interpretarse (al menos en la parte norte) como un rift que controló un depocentro con unos 2 km de espesor mínimo de rocas volcánicas.
- Los integrantes del complejo volcano-sedimentario y especialmente las mineralizaciones y alteraciones que conforman una faja mineralizada de rumbo O-E, están relacionadas con esta tectónica.

AGRADECIMIENTOS

Las investigaciones que dieron lugar al presente artículo fueron financiadas por el Instituto de Geología y Recursos Minerales del Servicio Geológico Minero Argentino. Se agradecen las valiosas sugerencias de los árbitros, la Dra. M. S. Japas y el Dr. J. M. Cortés.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Angelier, J. 1994. Fault slip analysis and paleostress reconstruction. En Hancock, P. (ed.) Continental Deformation, 4: 53-100, Pergamon Press.
- Busteros, A., Lema, H., Giacosa, R., Dalponte, M., Espejo, P. y Zubia, M. 2005. Hoja Geológica 4169 - 18, Ganza Lauquén (prov. de Río Negro). Instituto de Geología y Recursos Minerales - Servicio Geológico Minero Argentino, inédito, 58 p., Buenos Aires.
- Corbella, H. 1973. Basaltos nefelínicos asociados al graben del cerro Piche, Macizo Nordpa-

- tagónico, provincia de Río Negro, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 28(3): 209-218.
- Corbella, H. 1975. Hallazgo de un complejo alcalino vinculado a megatrazas de fracturas corticales en la sierra de Quecupuniyeu, Macizo Nordpatagónico, provincia de Río Negro, Argentina. 2º Congreso Ibero-americano de Geología Económica, Actas 4: 45-68, Buenos Aires.
- Cucchi, R. 1992. Secuencias plutónicas en el margen occidental del Macizo Nordpatagónico, provincia de Río Negro. 8º Congreso Latinoamericano de Geología y 3º Congreso Geológico, Actas 4: 179-183, Salamanca.
- Cucchi, R., Espejo, P. y González, R. 1998. Hoja Geológica 4169-I, Piedra del Águila, provincias del Neuquén y Río Negro. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 242, 74 p., Buenos Aires.
- Cucchi, R., Busteros, A., Lema, H., Dalponte, M. y Espejo, P. 2001. Hoja Geológica 4169-II, Los Menucos, provincia de Río Negro. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 265, 105 p., Buenos Aires.
- Dalla Salda, L., Varela, R. y Cingolani, C. 1991. Los granitoides de Chasico-Mencué, Macizo Nordpatagónico, Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 46(3-4): 189-200.
- Franzese, J. y Spalletti, L. 2001. Late Triassic-Early Jurassic continental extension in southwestern Gondwana: tectonic segmentation and pre-break-up rifting. *Journal of South American Earth Sciences* 14(3): 257-270.
- Franco, S., Puente, N., Varela, C. y Gemuto, I. 1999. Mineralización aurífera del distrito Los Menucos, Río Negro. En Zappettini, E. (ed.), *Recursos Minerales de la República Argentina*. Anales Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, 35: 893-894, Buenos Aires.
- Giacosa, R., Lema, H., Busteros, A., Zubia, M., Cucchi, R. y Di Tomasso, I. 2005. Tectónica transcurrente asociada al Triásico de Los Menucos, Macizo Nordpatagónico (Río Negro). 16º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 363-366, La Plata.
- Gimeno, G., Heredia, T. y Hughes, D. 2000. El sistema epitermal del cerro Choique, Río Negro, Argentina. 9º Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 224-229, Puerto Varas.
- Kim, Y., Peacock, D. y Sanderson, D. 2004. Fault Damage Zones. *Journal of Structural Geology* 26(3): 503-518.
- Kokogian, D., Spalletti, L., Morel, E., Artabe, A., Martínez, R., Alcober, O., Milana, J., Zavatieri, A. y Papú, O. 1999. Los depósitos continentales triásicos. En Caminos, R. (Ed.) *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales 29(15): 377-398, Buenos Aires.
- Labudía, C. y Bjerg, E. 1994. Geología del sector oriental de la Hoja Bajo Hondo, provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 49 (3-4): 284-296.
- Labudía, C., Llambías, E., Rapela, C. y Artabe, A. 1995. El Triásico de Los Menucos: procesos volcánicos y sedimentarios. 2da Reunión del Triásico del Cono Sur, Actas 17-21, Bahía Blanca.
- Lema, H., Busteros, A., Giacosa, R., Dalponte, M., Espejo, P. y Zubia, M. 2004. Hoja Geológica 4169 - 17, Cerro Abanico (prov. de Río Negro). Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, (inédito) 50 p., Buenos Aires.
- Lema, H., Busteros, A., Giacosa, R., Dalponte, M., Godeas, M., Zubia, M. y Cucchi, R. 2005. Geología del Complejo Los Menucos, Macizo Nordpatagónico, Provincia de Río Negro. 16º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 27-32, La Plata.
- Llambías, E. y Rapela, C. 1984. Geología de los complejos eruptivos de La Esperanza, provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 39(3-4): 220-243.
- Llambías, E., Caminos, R. y Rapela, C. 1984. Las plutonitas y vulcanitas del ciclo eruptivo gondwánico. En Ramos, V. (ed.) *Geología y Recursos Naturales de Río Negro*, 1(4): 85-117, Buenos Aires.
- Malvicini, L., y Vallés, J. 1984. Metalogénesis. En Ramos, V. (ed.) *Geología y Recursos Naturales de Río Negro*, 3(5): 649-662, Buenos Aires.
- Miranda, J. 1966. Reconocimiento geológico de la zona situada entre meseta Rentería, Sierra Colorada, Los Menucos, Maquinchao y Chasicó, provincia de Río Negro. YPF informe preliminar 1361, (inédito) 40 p., Buenos Aires.
- McCoss, A., 1986. Simple construction for the deformation in transpresional / transtensional zones. *Journal of Structural Geology* 8: 715-718.
- Nullo, F. 1978. Descripción Geológica de la Hoja 41d, Lipetrén. Servicio Geológico Nacional, Boletín 158, 88 p., Buenos Aires.
- Rapela, C., Pankhurst, R., Llambías, E., Labudía, C. y Artabe, A., 1996. "Gondwana" magmatism of Patagonia: inner cordilleran calc-alkaline batholiths and bimodal volcanic provinces. 3rd International Symposium on Andean Geodynamics, Extended abstract: 791-794, Saint Malo.
- Rosenman, H.L., 1975. Estudio geológico de dos imágenes provistas por el satélite ERTS. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 30(2): 151-160.
- Spalletti, L. 2001. Evolución de las cuencas sedimentarias. En: Artabe, A., Morel, E. y Zamuner, A. (Eds.): *El Sistema Triásico en la Argentina*. Fundación Museo de La Plata Francisco P. Moreno, 5: 81-101, La Plata.
- Stipanovic, P., Rodrigo, F., Baulies, O. y Martínez, C. 1968. Las formaciones presenonianas en el denominado Macizo Nordpatagónico y regiones adyacentes. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 23(2): 67-98.
- Uliana, M. y Biddle, K. 1987. Permian to Late Cenozoic evolution of northern Patagonia: main tectonic event, magmatic activity, and depositional trend. *Gondwana six meeting: structure, tectonics and geophysics*, American Geophysical Union, *Geophysical Monograph* 40: 271-286.
- Vergani, G., Tankard, A., Belotti, H., y Welsink, H. 1995. Tectonic evolution and paleogeography of the Neuquén Basin, Argentina. En Tankard, A., Suarez Soruco, R. y Welsink, H. (eds) *Petroleum basins of South America*. American Association of Petroleum Geologist, *Memoir* 62: 383-401.

Recibido: 25 de julio, 2006

Aceptado: 16 de noviembre, 2006