

GEOLOGÍA DE LA REGIÓN DEL RÍO BONETE EN EL ANTEPAÍS ANDINO (27°30'LS): EXTREMO NORTE DEL TERRENO DE PRECORDILLERA

Federico MARTINA y Ricardo A. ASTINI

Laboratorio de Análisis de Cuencas, CICTERRA, CONICET-Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.
Emails: fmartina@efn.uncor.edu; raastini@efn.uncor.edu

RESUMEN

En la región del antepaís andino en la provincia de La Rioja (28°31'S - 68°30'W) aflora una faja de deformación dúctil con orientación NW, parcialmente expuesta en el río Bonete, conocida con el nombre de faja de deformación de Jagüé. Trabajos previos sugieren que constituiría el límite norte del terreno de Precordillera. Está fundamentalmente compuesta por ortoamfibolitas intensamente foliadas que gradan a gabros, granitos milonitizados y ultra-milonitizados de edad grenviliana y lentes de mármol bandedado y de grano fino, cálcicos y dolomíticos. El conjunto fue tradicionalmente incluido dentro de la Formación Río Bonete, separándose a los mármoles como Miembro Caliza Las Damas. La Formación Río Bonete incluía, además, una sucesión de areniscas y pelitas con arreglo rítmico y afectado por muy bajo grado metamórfico de edad ordovícica superior. De acuerdo a un nuevo mapeo, se trataría de dos unidades distintas separadas por discordancia, considerando conveniente utilizar el término Complejo Metamórfico Río Bonete para la unidad con deformación dúctil y Formación Chuscho para las metasedimentitas interdigitadas con vulcanitas básicas incluidas en la faja ofiolítica famatiniana. Por su parte, y para evitar confusiones, se propone reemplazar el término Miembro Calizas Las Damas por el de Mármol Las Damas que refleja mejor su composición. Considerando que la Formación Chuscho, a pesar de su muy bajo grado de metamorfismo, no ha sido involucrada en la deformación dúctil y que los mármoles por su bandedado composicional se correlacionarían con unidades cámbricas de la plataforma del terreno de Precordillera, la edad de la faja quedaría acotada al Paleozoico inferior, consistente con la orogenia oclóyica. Análisis estructurales permiten interpretar una cinemática sinistral a normal para esta cizalla dúctil que, desde el punto de vista regional, se vincularía con el emplazamiento del terreno de Precordillera al margen occidental de Gondwana. El marcado contraste geológico observado al norte y sur de la faja de deformación de Jagüé es consistente con la hipótesis de límite norte del terreno de Precordillera.

Palabras clave: *Faja de deformación de Jagüé, Límite norte de la Precordillera Argentina, Paleozoico inferior, estratigrafía.*

ABSTRACT: *Geology of the region of Río Bonete: Northern edge of the Precordillera terrane.* The Jagüé shear zone is an important structure with NW strike within the Andean foreland in the La Rioja Province (28°31'S - 68°30'W), partly exposed along the Río Bonete. It has been suggested that this structure represents the northern boundary of the Precordillera Terrane. Consists of intensely deformed foliated ortho-amphibolites locally grading into gabbros, Grenville mylonitized and ultramylonitized granites and pods of banded, fine grained, calcitic and dolomitic marbles. These rocks were traditionally included within the Río Bonete Formation, whereas the marbles were separated as Member Caliza Las Damas. In addition, the Río Bonete Formation included a rhythmic succession of greywackes and shales of Late Ordovician age, affected by very low-grade metamorphism. According to new mapping these would represent two different units separated by an unconformity. For this reason, we suggest the use of Río Bonete Metamorphic Complex for the highly-sheared metamorphic unit and Chuscho Formation for the metasedimentary rocks, which are in turn, overlain by basic pillow lavas included in the Famatinan ophiolite belt. Also in order to avoid confusions, we propose replacing the term Caliza Las Damas for Mármol Las Damas that better represents their composition. Considering that the Chuscho Formation, despite its subgreenschist facies metamorphism, has not been affected by the ductile deformation and the fact that given the banded composition the marbles would correlate with the Cambrian units of the Precordillera terrane platform, the age of the shear zone is restricted to the Lower Paleozoic, and included within the Oclóyic Orogeny. Structural analysis allows interpreting a left-lateral to normal kinematics for the regional ductile shear linked to the emplacement of the Precordillera terrane with the western margin of Gondwana. The striking geological contrast observed to the north and south of the Jagüé Shear Zone is consistent with the hypothesis that indicates this region as the northern boundary of the Precordillera terrane.

Keywords: *Jagüé Shear-zone, Northern boundary of the Argentine Precordillera, Early Paleozoic, Stratigraphy.*

INTRODUCCIÓN

Durante el Paleozoico inferior el margen protoandino de Gondwana estuvo caracterizado por la acreción de diferentes terrenos, algunos de los cuales serían exóticos al continente (Mpodozis y Ramos, 1989). El ejemplo mejor estudiado es el de la Precordillera Argentina (e.g., Ramos *et al.* 1986, Dalla Salda *et al.* 1992, Astini *et al.* 1995, 1996, Thomas y Astini 1996, 2003). Sin embargo, subsisten dudas acerca de sus límites (cf. Ramos 2004). La región del Río Bonete, noroeste de Argentina, ha sido tradicionalmente considerada el extremo norte de Precordillera por contener unidades calcáreas (Aceñolaza *et al.* 1971). Asimismo, la presencia de lavas almohadilladas con signatura E-MORB permitiría incluirla dentro de la faja ofiolítica famatiniana que caracteriza a la tectofacies occidental de la Precordillera (Kay *et al.* 1984, Astini *et al.* 2000, Fauqué y Villar 2003). Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre en Precordillera donde la plataforma carbonática presenta miles de metros de espesor y buena continuidad lateral (véase Thomas y Astini 1999), las calizas del río Bonete están intensamente deformadas y metamorfizadas, correspondiendo en realidad a cuerpos lenticulares de mármol íntimamente asociados a granitos y ortoanfíbolitas, milonitizados en conjunto. Estas rocas fueron incluidas dentro de la faja de deformación de Jagüé (Martino y Astini 1998), un importante lineamiento de rumbo NO que trunca las unidades del Paleozoico inferior sin afectar la continuidad de los depocentros neopaleozoicos y cenozoicos (Astini y Dávila 2004). La faja de deformación de Jagüé ha sido interpretada como posible límite norte del terreno de Precordillera (Martino y Astini 1998, Astini y Dávila 2004). Sin embargo, a pesar de su importancia geotectónica, pocos estudios han avanzado en el conocimiento de esta región (e.g., Astini *et al.* 2000, Zimmermann y Van Staden 2002, Fauqué y Villar 2003) y en la adecuada delimitación del terreno exótico de Precordillera.

El objetivo de este trabajo es presentar la cartografía detallada de la región del Río Bonete y determinar las relaciones estratigráficas y estructurales que posibiliten establecer inferencias acerca de la evolución paleogeográfica de esta región durante el Paleozoico.

MARCO GEOLÓGICO

La Precordillera de Jagüé es un extenso cinturón orográfico (Aceñolaza *et al.* 1971) de orientación norte-sur, desarrollado en la zona de transición entre el segmento de subducción normal y de bajo ángulo de los Andes Centrales (cf. Allmendinger *et al.* 1982). Limita al este con el bolsón de Jagüé y al oeste con la Cordillera Frontal. Hacia el norte se hunde por debajo de las sucesiones volcánicas cenozoicas del Cerro Bonete. Está formado exclusivamente por rocas precámbricas y paleozoicas y su importancia radica en que representa el punto tripartito entre las provincias geológicas de Precordillera, Famatina y Puna Austral (Fig. 1). La región del río Bonete se ubica aproximadamente 25 km al NO de la localidad de Alto Jagüé, en la provincia de La Rioja (28°31'S - 68°30'O). Cuenta con los mejores afloramientos de la Precordillera de Jagüé y es de fácil acceso (Fig. 2). El ingreso se realiza a través del camino que une la localidad de Alto Jagüé con Potrero Grande, desviando luego hacia el NO por la quebrada del río Bonete unos 13 km.

ANTECEDENTES

Existen pocos antecedentes de estudios geológicos llevados a cabo en la región. Entre los primeros trabajos se destacan los de Aceñolaza (1969, 1970), Aceñolaza y Bernasconi (1969a y b), Caminos (1972) y el trabajo de síntesis de Aceñolaza *et al.* (1971). Estos últimos autores describen una serie de metamorfitas de bajo grado y rocas calcáreas que agruparon bajo el nombre de Formación Río Bonete, integrada por los miembros Esquistos Cerro Cándor y Calizas Las Da-

mas, respectivamente. El contacto basal de la unidad es desconocido (Aceñolaza *et al.* 1971); sin embargo, Maisonave (1979) describe en proximidades del cerro de la Escarcha (Fig. 3) la presencia de esquistos y calizas apoyados en discordancia por sobre rocas de la Formación Espinal, de posible edad grenviliana (cf., Varela *et al.* 2003, Casquet *et al.* 2006). En base al contenido de graptofaunas, halladas en secuencias pelíticas atribuidas al Miembro Esquistos Cerro Cándor, Aceñolaza y Bernasconi (1969b) y Aceñolaza (1970) le asignaron una edad llanvirniana, correlacionando al Miembro Calizas las Damas con la Formación San Juan de la Precordillera (Aceñolaza *et al.* 1971). Mas tarde, una revisión crítica de los graptolitos presentes en esta unidad sugeriría un rango de edades más compatible con el intervalo caradociano superior-ashgilliano (Ortega *et al.* 1991, Frigerio *et al.* 2005) comprendidos en la Serie Ordovícico Superior de la más reciente Carta Estratigráfica Internacional. Astini *et al.* (2000) compararon estas graptofaunas con otras del ámbito occidental de Precordillera incluidas en complejos turbidíticos de las formaciones Yerba Loca y Alcaparrosa. Por su parte, Cravero *et al.* (1984) separaron las pelitas portadoras de fósiles de las metamorfitas de la Formación Río Bonete y propusieron el nombre de Formación Quebrada Seca para esta unidad. Los niveles pelíticos están íntimamente asociados a rocas básicas con texturas almohadilladas pertenecientes a la Formación Chuscho (Toselli y Durand 1996) de edad Ordovícico superior (454 ± 35 Ma; Fauqué y Villar 2003). Esta datación es consistente (considerando el margen de error) con la edad faunística corregida. Las volcanitas de la Formación Chuscho son incluidas dentro de la faja ofiolítica famatiniana propia de la tectofacies occidental de la Precordillera (Haller y Ramos 1984, Kay *et al.* 2005).

GEOLOGÍA DE LA REGIÓN DEL RÍO BONETE

Los afloramientos del río Bonete (Figs. 3

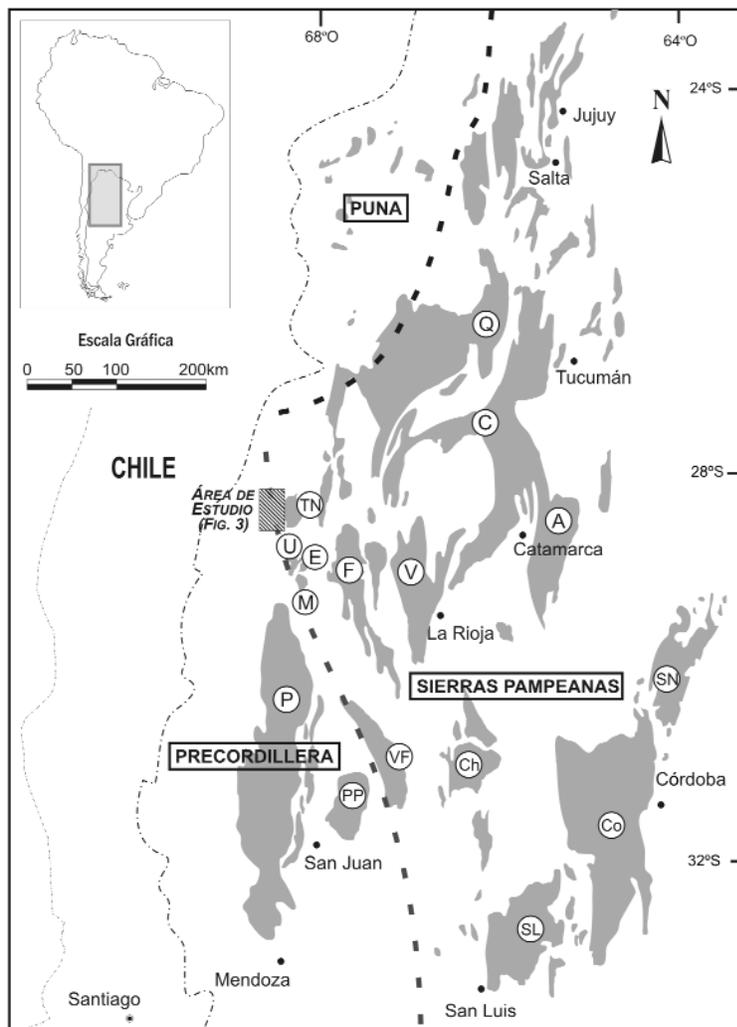


Figura 1: Mapa de sierras y relieves principales en el antepaís andino central y delimitación de las principales regiones geológicas mencionadas en el texto. SL: San Luis; Co: Córdoba; SN: Norte; Ch: Chepes; VF: Valle Fértil; PP: Pie de Palo; A: Ancasti; V: Velasco; F: Famatina; M: Mas; U: Umango; E: Espinal; TN: Toro Negro; C: Quilmes.

y 4) comprenden esencialmente una mezcla heterogénea de rocas de basamento, intensamente deformadas y metamorfizadas, incluidas dentro de la faja de deformación de Jagüé. Los únicos protolitos claramente sedimentarios de la región, y fuera de la faja de deformación dúctil, constituyen una asociación de vaques gradados y pelitas verdes y negras dispuesta con arreglo rítmico. Esta última se dispone interdigitada con rocas básicas almohadilladas de edad ordovícica superior (Fauqué y Villar 2003). En discordancia angular por sobre estas unidades se disponen las sucesiones silicoclásticas carboníferas.

La faja de deformación de Jagüé es una importante faja milonítica de rumbo SE, expuesta a lo largo del río Bonete, entre la localidad de Alto Jagüé y la confluencia de los ríos Bonete y Ciénaga Grande ($28^{\circ}30'53,5''S$ - $68^{\circ}30'2,6''O$ y $28^{\circ}26'37,9''S$ - $68^{\circ}33'37,1''O$). Limita al O-SO con sucesiones volcano-sedimentarias ordovícicas y secuencias clásticas carboníferas y por el NE es intruída por el Granito Potrerillos (Carbonífero; 313 ± 17 Ma, en Llambías 1999). Hacia el NE (Fig. 3) el conjunto es sobrecorrido por la Formación Espinal, compuesta por esquistos, gneises, anfíbolitas y metacuarcitas (Maisonave 1979).

En detalle, la faja de deformación de Jagüé está compuesta por: ortoanfíbolitas intensamente foliadas que localmente gradan a gabros, granitos milonitizados y ultra-milonitizados, filitas y filonitas ácidas y básicas, localmente serpentinizadas, y lentes bandeados de mármol cálcico y dolomítico.

Las calizas, descritas originalmente por Aceñolaza (1969) como Miembro Calizas Las Damas, son en realidad cuerpos lenticulares de mármol de variada potencia (entre decenas de metros y centímetros), dispuestos subparalelos a la foliación dominante (Fig. 5a). Los contactos son en general netos o transicionales. En este último caso están representados por un bandeo con anfíbolitas paraderivadas (Fig. 5b) indicando la existencia de protolitos pelíticos en algunos de estos cuerpos. A diferentes escalas forman pliegues isoclinales apretados y abudnados o desmembrados (intrafoliares a nivel de la faja de deformación) con charnelas engrosadas y flancos fuertemente adelgazados con terminaciones en rosario de ojos alineados paralelamente a la foliación (Fig. 5c). A excepción de los mármoles dolomíticos (sacaroides, generalmente amarillentos y fracturados), la totalidad de los mármoles cálcicos (grises y blanquecinos) desarrollan un notable bandeo milimétrico a centimétrico de origen metamórfico (dúctil), con anterioridad confundidos con laminación algal o estructuras de deformación sinsedimentaria (*slumps*; Zimmermann y Van Staden 2002). Localmente, la presencia de delgadas capas de anfíbolitas (1-2 mm) intercaladas dentro de los mármoles dan origen a texturas similares a estilolitos (Fig. 5d). En general, se trata de mármoles de grano fino sin contenido clástico evidente e íntimamente asociadas con patrones de dolomitización posiblemente derivados del protolito. Esta alternancia regular entre tipos cálcicos y dolomíticos es comparable con el arreglo rítmico propio de las unidades cámbricas no metamorfizadas de la Precordillera de San Juan. Internamente se destacan estructuras en ojos, constituidas preferencialmente por

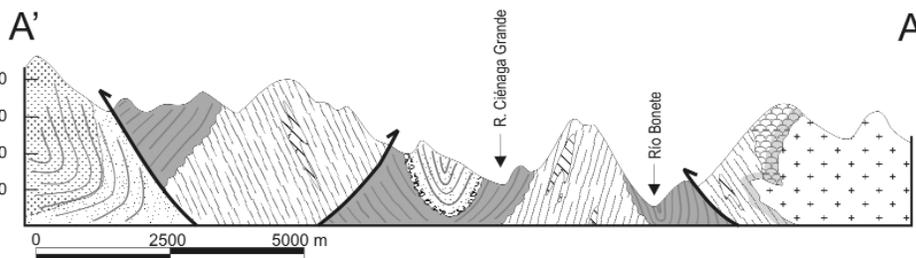
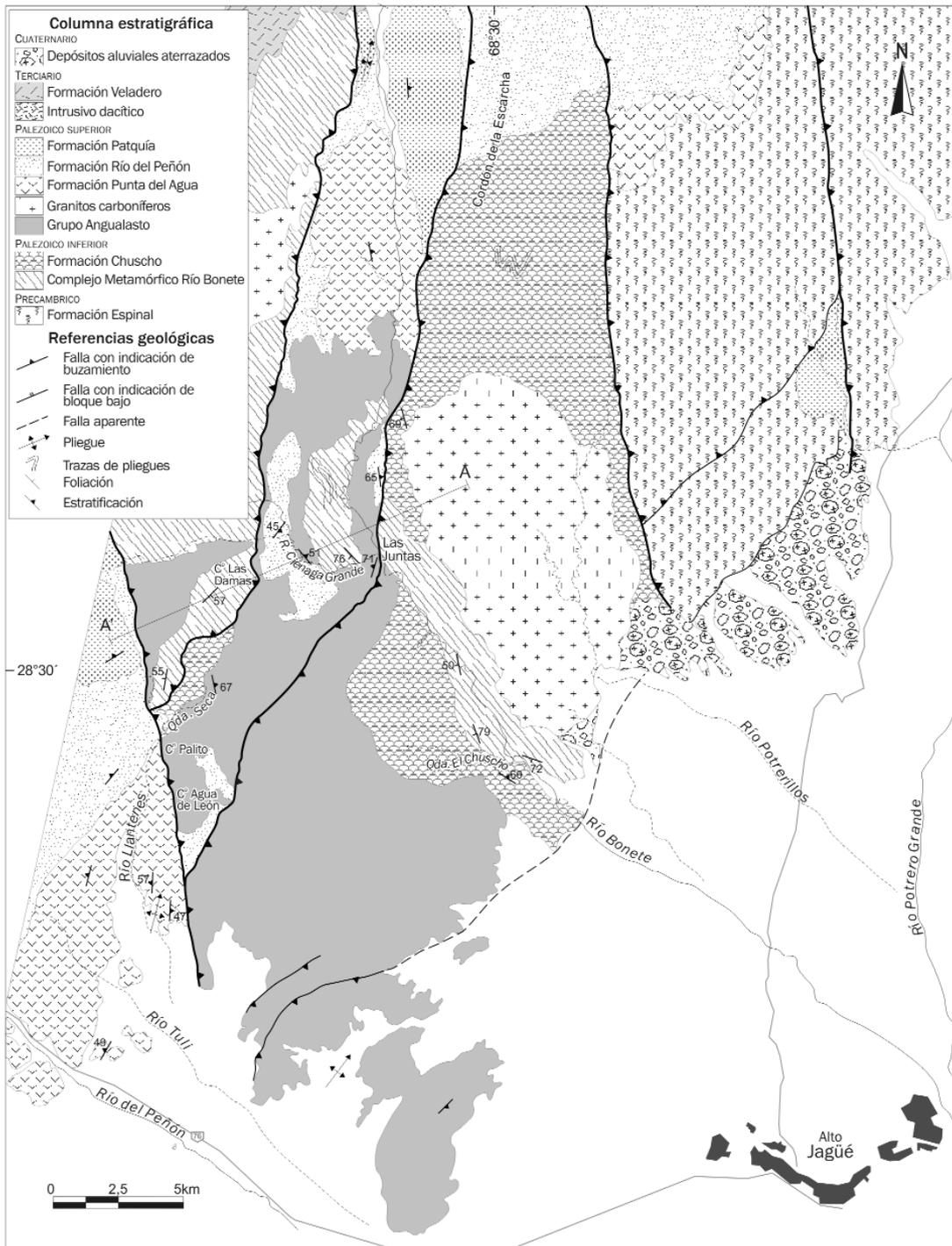


Figura 3: Cartografía geológica y perfil estratigráfico de la región del río Bonete.

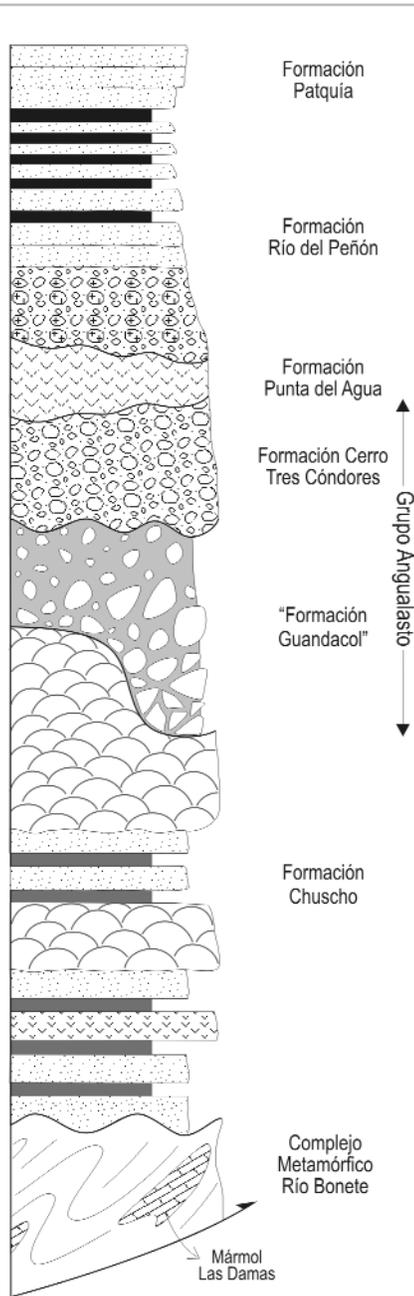


Figura 4: Columna Estratigráfica representativa de la región del Río Bonete (véase Fig. 3). No a escala.

nores de conglomerados. Estas rocas están afectadas por metamorfismo de bajo grado (Astini *et al.* 2000), caracterizado recientemente como producto de epimetamorfismo regional (Robinson *et al.* 2005). En la zona relevada, las mejores exposiciones corresponden al tramo inferior de la quebrada El Chuscho. Sin embargo, afloramientos menores se ob-

servaron también a lo largo de la quebrada del río Bonete. En detalle, la metarenisca es una roca oscura y maciza, dispuesta en paquetes tabulares de entre 0,2 y 5 m de espesor y bordes netos. Internamente las capas desarrollan gradación normal, desde arena gruesa y muy gruesa en la base hasta fina en el tope. Son areniscas inmaduras, pobremente seleccionadas, con abundante matriz intersticial que permiten clasificarlas como grauwacas. Los niveles pelíticos forman bancos tabulares de hasta 60 cm de espesor finamente laminados. La relación areniscas/pelitas varía entre 3:1 y 20:1 de acuerdo al tramo de la sección considerado. Intercalados en la secuencia rítmica se disponen cuerpos lenticulares de conglomerado de hasta 5 m de espesor y contactos netos. Se trata de conglomerados medios a gruesos, generalmente clasto soportados, mal seleccionados y de composición polimíctica. Internamente las capas son macizas y no desarrollan gradación. Los clastos son subredondeados a subangulares y de tamaño variable entre pocos centímetros y 2 metros. Están compuestos esencialmente por areniscas, mármoles y anfibolitas foliadas. Algunos niveles presentan también intraclastos pelíticos. En conjunto estas rocas son atribuidas al Caradociano Superior (Ortega *et al.* 1991) en base al contenido de graptofaunas. Su espesor es de difícil determinación debido al plegamiento apretado que las afecta. A pesar del origen sedimentario de estas sucesiones, el desarrollo de un clivaje penetrativo torna difícil la preservación de restos fósiles en estas rocas que fueron interpretadas como complejos turbidíticos, comunes en la tectofacies occidental de Precordillera (Astini *et al.* 2000). Al norte del granito Potrerillo se observa la presencia de pliegues apretados de más de 100 metros de longitud de onda afectando a sucesiones metasedimentarias incluidas en este trabajo dentro de la Formación Chuscho (véase Fig. 3). Localmente estas sucesiones presentan un moteado característico de metamorfismo de contacto, particularmente acentuado en las proximidades del intrusivo Potrerillos.

En contacto neto (Fig. 4) se disponen lavas almohadilladas de la Formación Chuscho compuestas por basaltos, diabasas y traquitas (Fig. 8d). Fauqué y Villar (2003) determinaron una edad U-Pb en circones de 454 ± 35 Ma para esta unidad que desarrolla potencias $\gg 200$ m al sur y oeste de la faja. Se trata de tholeíticas oceánicas levemente alcalinas con signatura de elementos trazas y mayoritarios tipo E-MORB (Kay *et al.* 1984, Fauqué y Villar 2003). Las lavas almohadilladas de la Formación Chuscho no presentan deformación penetrativa producto de su contraste reológico con el conjunto sedimentario. Dada la similitud que presentan con los basaltos de la precordillera occidental son incluidas dentro de la faja ofiolítica famatiniana (Haller y Ramos 1984, Kay *et al.* 2005). Estas rocas se habrían originado en un ambiente de rift en un estadio temprano de su desarrollo próximo al margen continental (Kay *et al.* 1984, Kay *et al.* 2005), similar al propuesto por Davis *et al.* (1999) para las sucesiones máficas del norte de Mendoza y sur de San Juan.

Atraviesan al conjunto diques básicos no deformados con rumbos general este-oeste y disposición subvertical. Estos diques se encuentran bien expuestos en ambas márgenes del río Bonete donde están íntimamente asociados con fallas normales (Fig. 8e). Su origen podría vincularse con el volcanismo de la Formación Chuscho o alternativamente con el volcanismo carbonífero representado en la Formación Punta del Agua (véase Fig. 3).

Por último, espesas sucesiones carbonífero-pérmicas se apoyan en discordancia por sobre las volcanitas de la Formación Chuscho y localmente (e.g., en la quebrada del río Bonete al norte de Las Juntas) sobre las milonitas de la faja de deformación de Jagüé (Fig. 3 y Fig. 9a). Una revisión estratigráfica de estos depósitos realizada por Azcuy *et al.* (1999) reconoce cuatro formaciones que de base a techo son: 1) Formación Agua de Lucho, compuesta por areniscas y pelitas con desarrollo de clivaje en lápiz de edad carbo-

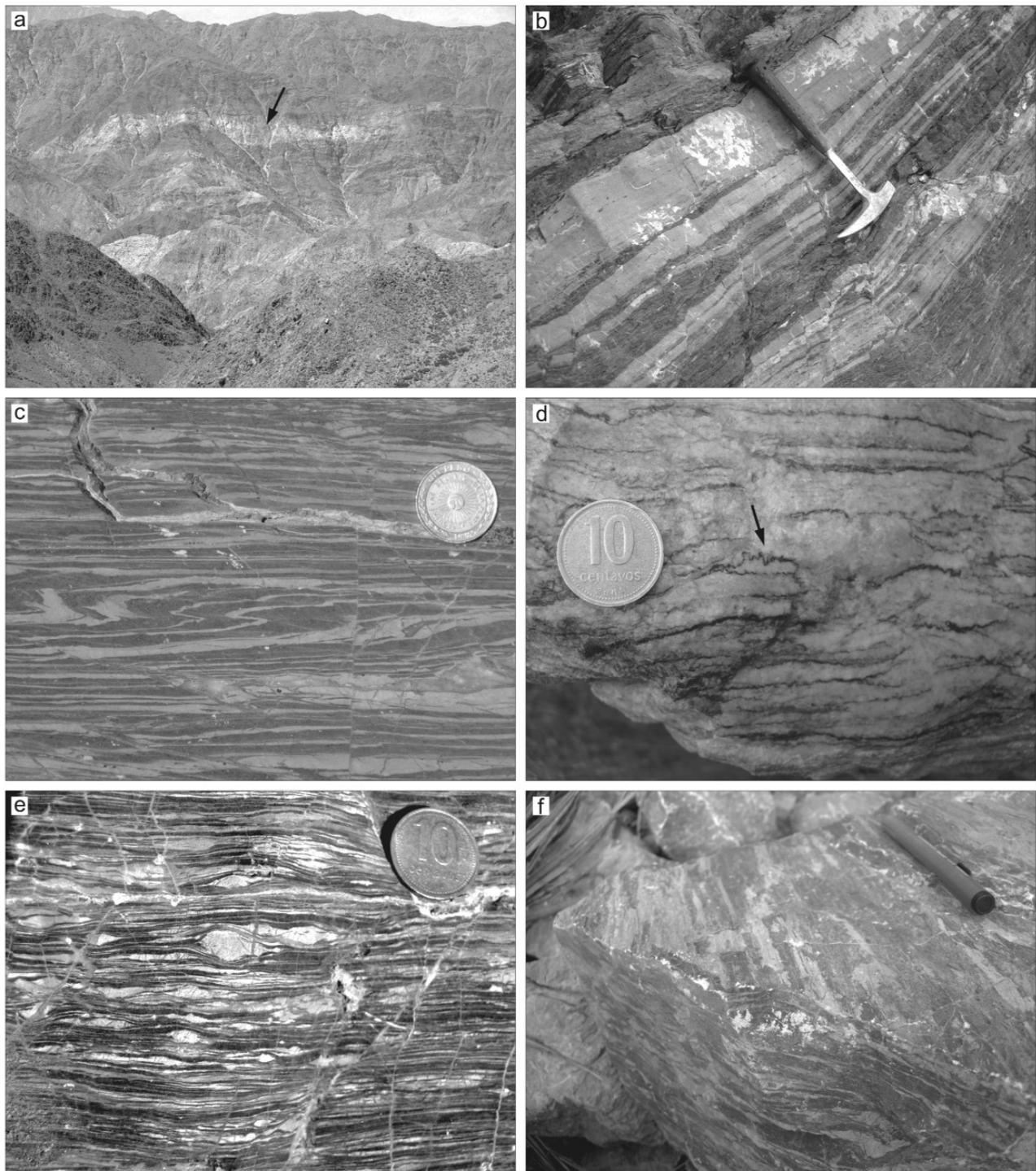


Figura 5: a) Vista general hacia el E de la faja de deformación de Jagüé en la zona de Las Juntas (véase Fig. 3). Nótese la geometría lenticular que presentan los cuerpos de mármol indicada por la flecha; b) bandeo de mármol y paranfibrolitas en la zona de borde de un bloque; c) pliegues en S en mármoles bandeados de grano fino indicando cizalla sinistral. Bandas oscuras mármol cálcico y bandas claras mármol dolomítico d) estructuras de presión disolución en la zona de borde de un colgajo de mármol; e) ojos asimétricos de dolomía (gris claro) con morfologías sigma y delta en el mármol cálcico (gris oscuro); f) lineaciones minerales (indicadas por el lápiz) sobre el plano de foliación de mármoles bandeados. Nótese el desarrollo de ojos en un plano perpendicular oblicuo a las lineaciones.

nífera inferior; 2) Formación Cerro Tres Cóndores, formada esencialmente por conglomerados gruesos de composición

polimíctica y que junto con la anterior forman el Grupo Angualasto; 3) Formación Punta del Agua, constituida por an-

desitas y depósitos volcano-sedimentarios y, 4) Formación Río del Peñón, compuesta por arcosas blanquecinas con in-

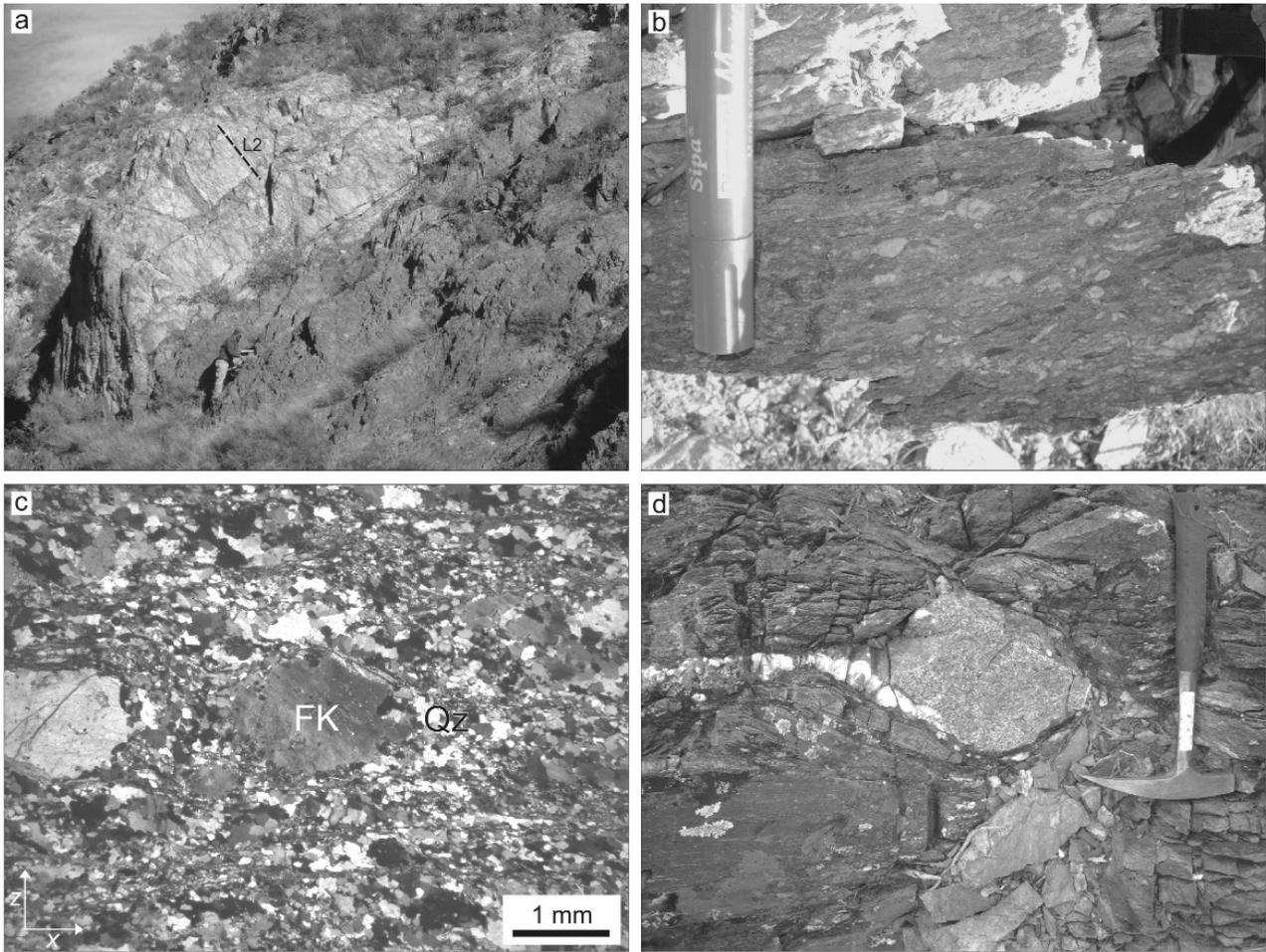


Figura 6: a) Yacencia de un lente granítico en anfibolitas mostrando el desarrollo de una foliación milonítica penetrativa afectando al conjunto. Nótese la lineación de transposición (L2) sobre el plano de foliación del bloque granítico producto del desarrollo de bandas *kink* superpuestas; b) Textura milonítica desarrollada en granito dentro de la faja de deformación. Se observan porfiroclastos de feldespato potásico con morfología sigma y cintas de cuarzo inmersos en una matriz rica en cuarzo, feldespato y micas; c) Microfotografía a nicos cruzados mostrando sombras de presión asimétricas rellenas de cuarzo alrededor de un porfiroclasto de feldespato potásico. Nótese el incipiente desarrollo de fábrica S-C. Ambos indicadores sugieren movimientos sinistres (Muestra FRB7); d) "Ojo" de granito preservando la textura equigranular relicta. La caja es una anfibolita fuertemente bandeada.

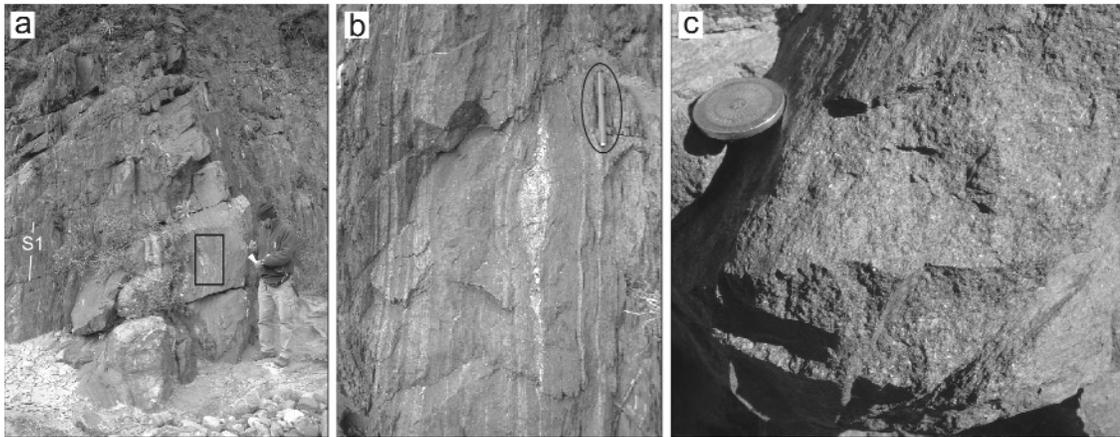


Figura 7: a) Afloramiento de anfibolita ortoderivada en el cauce del río Bonete. Planos de foliación S1 sub-verticales; b) Detalle de la fotografía anterior donde puede observarse la textura milonítica (28°28'52"S - 68°31'45"O); c) Gabro mostrando la textura equigranular relicta incluido dentro de la faja de deformación (28°30'33" - 68°30'41"O).

tercalaciones de conglomerados de composición granítica. Esta última contiene el límite carbonífero-pérmico.

Si bien sucesiones pelíticas expuestas en la quebrada Seca (Fig. 3) desarrollan clivaje de fractura y ligero brillo satinado,

características que llevaron a Cravero *et al.* (1984) a interpretarlas como ordovícicas, el hallazgo de restos de plantas fósiles,

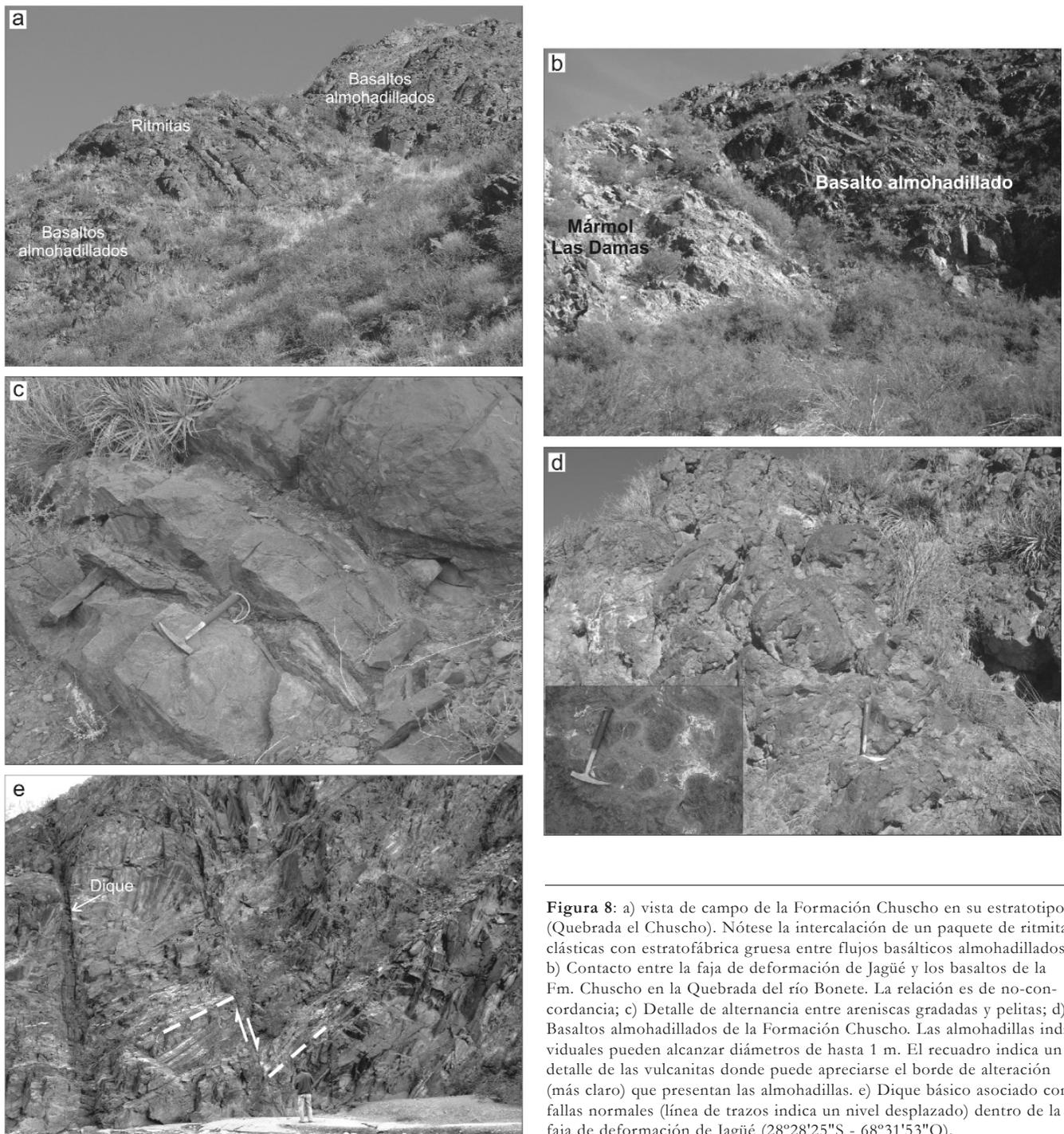


Figura 8: a) vista de campo de la Formación Chuscho en su estratotipo (Quebrada el Chuscho). Nótese la intercalación de un paquete de ritmitas clásticas con estratofábrica gruesa entre flujos basálticos almohadillados; b) Contacto entre la faja de deformación de Jagüé y los basaltos de la Fm. Chuscho en la Quebrada del río Bonete. La relación es de no-concordancia; c) Detalle de alternancia entre areniscas gradadas y pelitas; d) Basaltos almohadillados de la Formación Chuscho. Las almohadillas individuales pueden alcanzar diámetros de hasta 1 m. El recuadro indica un detalle de las vulcanitas donde puede apreciarse el borde de alteración (más claro) que presentan las almohadillas. e) Dique básico asociado con fallas normales (línea de trazos indica un nivel desplazado) dentro de la faja de deformación de Jagüé (28°28'25"S - 68°31'53"O).

les permiten asignarlas al Paleozoico Superior, como inicialmente sugiriera Aceñola (1969) al estudiar el área de Los Llantenes, quien las definió como Formación Guandacol. En consistencia con esta interpretación, cabe remarcar que en nuestro estudio de campo se pudo constatar en la base de dicha unidad la exis-

tencia de diamictitas estratificadas y macizas (Fig. 9b) conteniendo niveles de bloques estriados y pulidos (Fig. 9c) que sugieren un origen glacial.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

La región estudiada es estructuralmente

compleja como resultado de una prolongada historia de deformación y superposición de eventos tectónicos. El objetivo de este apartado es describir e interpretar las distintas fábricas estructurales observadas a lo largo de la quebrada del río Bonete y zonas aledañas tendiente a determinar en forma preliminar la geome-

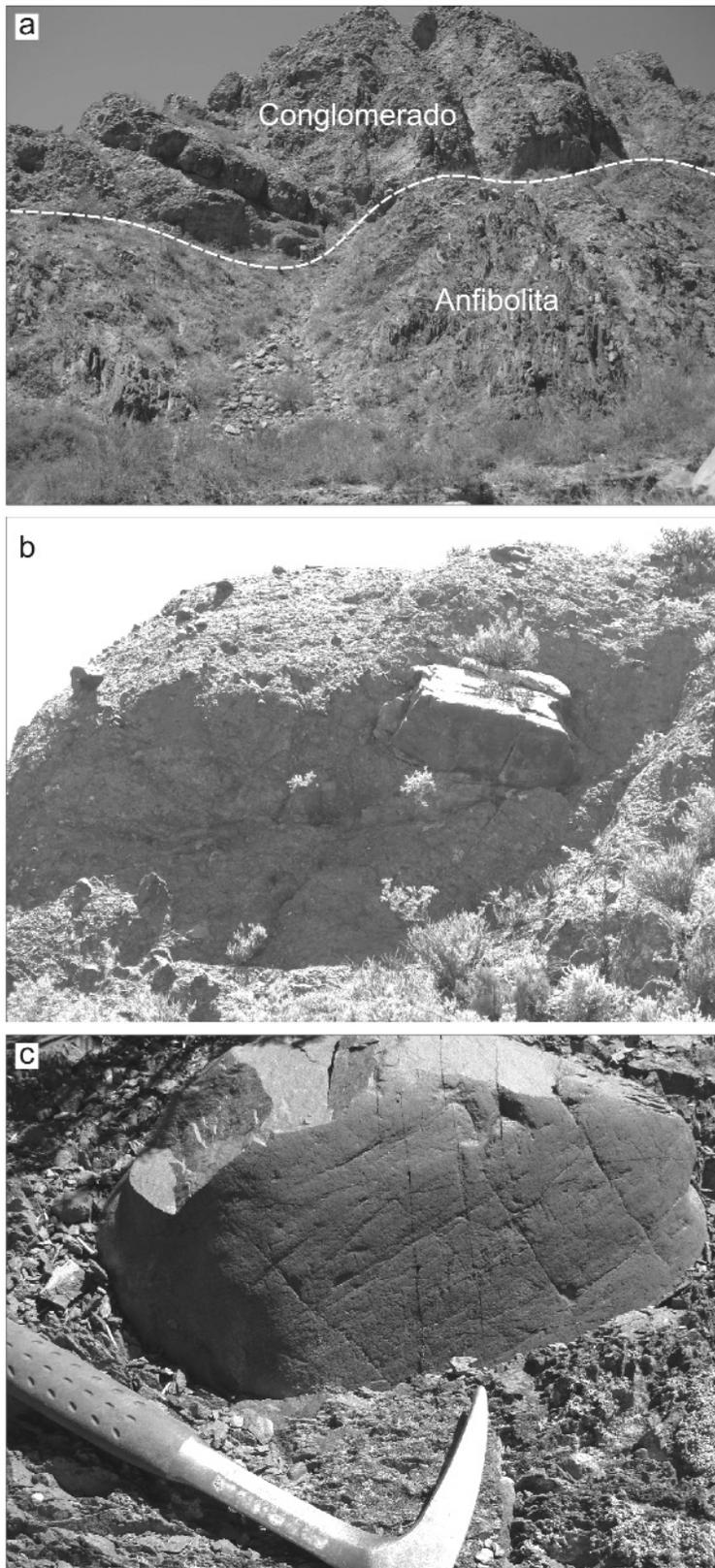


Figura 9: a) No concordancia mostrando conglomerados carboníferos sobre anfibolitas de la faja de deformación de Jagüé en el río Bonete al norte de las Juntas (28°25'22"S - 68°34'34"O). Nótese la foliación subvertical del basamento; b) diamictitas macizas con bloques de gran dimensión (4 m); c) detalle de la anterior mostrando un bloque estriado sobre una cara aplanada en matriz diamictítica.

tría y cinemática de la faja de deformación de Jagüé. Las tareas de campo consistieron en la medición sistemática de orientaciones S1 y L1, así como orientación y plano axial de pliegues tipo *kink*. Además, se recolectaron muestras orientadas para análisis microestructural y cinemático.

A mesoescala la faja presenta una foliación milonítica (S1) bien marcada, con rumbo general N 330° y buzamiento de alto ángulo (75°-80°) tanto al este como al oeste, a la que se le asocia una lineación de estiramiento mineral (L1) variable, orientada N 252°/48° hasta subhorizontal (Fig. 10). Los minerales que constituyen la fábrica D1 varían de acuerdo al tipo de roca. En las anfibolitas, L1 y S1 están definidos por la orientación de los cristales de anfíbol y en menor medida por la orientación de la plagioclasa y la biotita. En los mármoles, la orientación preferencial de los granos de carbonato, especialmente de los "ojos" dolomíticos, caracteriza la fábrica D1. En los granitos milonitizados L1 y S1 están definidos por la orientación preferencial de las micas, como así también de los agregados estirados de cuarzo y feldespato. En algunos casos cintas de cuarzo recrystalizadas remarcen el plano S1. En las zonas de concentración de la cizalla (*high strain*) la foliación está dada por la alternancia de capas de distinta composición.

Dentro del conjunto fuertemente foliado se reconocen a distintas escalas una amplia variedad de indicadores cinemáticos que incluyen porfiroclastos tipo σ y δ (Figs. 5d y 6c), granos microfracturados y abudados, sombras de presión y pliegues asimétricos con formas S o Z (Fig. 5b). En los granitos miloníticos se observaron además incipientes fábricas S-C (Fig. 6b) definidas por bandas discretas de muscovita y finas cintas de cuarzo (planos C) que separan dominios compuestos por granos de cuarzo y feldespato orientados en forma oblicua a la foliación (plano S). Las morfologías δ son más comunes en los mármoles dado el marcado contraste reológico entre los fenocristales dolomíticos y la matriz cálcica.

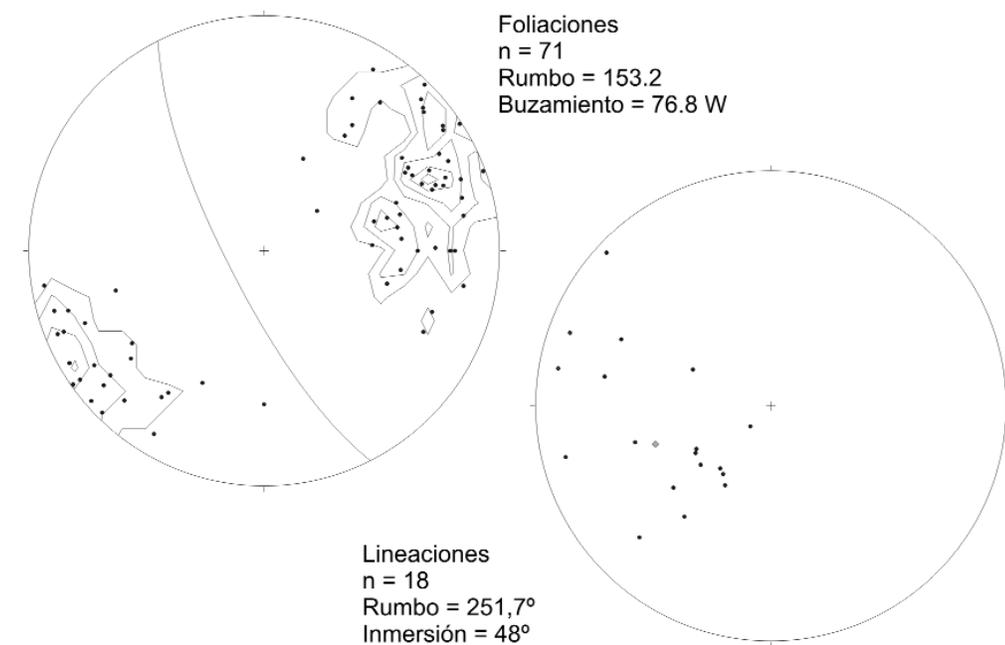


Figura 10: Estereodiagramas de proyección equiareal, hemisferio inferior incluyendo la totalidad de datos de planos de foliación milonítica y lineaciones minerales medidos en la faja. Rombo gris indica valor promedio de las lineaciones.

Estos indicadores, analizados en conjunto con las lineaciones minerales, sugieren movimientos normales a oblicuos con fuerte componente de rumbo sinistral con el bloque alto desplazándose al oeste (Fig. 11). Los resultados presentados en este trabajo no permiten definir una única cinemática sinistral para la faja de deformación de Jagüé (Martino y Astini 1998), mostrando variaciones a lo largo de la quebrada del río Bonete (Fig. 11), que coinciden con los datos obtenidos por Martino y Astini (1998) en la entrada a la quebrada. Estas variaciones pueden alternativamente ser primarias como producto de la partición de los esfuerzos, o bien el resultado de posteriores rotaciones de un dominio estructural con respecto a otro. En este sentido, es necesario aclarar que la faja muestra evidencias de haber sido rotada, como lo sugiere la deformación que afecta a las sucesiones sedimentarias ordovícicas y carbonífero-permianas suprayacentes.

La foliación milonítica S1 está, a su vez, afectada por un profuso desarrollo de pliegues tipo *kink* generalmente conjugados que desarrollan planos de transposición S2 que introducen una lineación de corrugación transversal y oblicua a la lineación de estiramiento (Figs. 6a y 12a). Las bandas de *kink* afectan a la faja de

deformación de Jagüé y también a las sucesiones metasedimentarias ordovícicas (Fig. 12b y c), pero no a las sucesiones carboníferas suprayacentes.

DISCUSIÓN

Los datos expuestos en el presente trabajo permiten afirmar que el conjunto de rocas incluido originalmente dentro de la Formación Río Bonete comprende al menos dos grupos diferentes: por un lado rocas intensamente deformadas y metamorizadas con textura milonítica, correspondientes a la faja de deformación de Jagüé y, por el otro, un conjunto de rocas sedimentarias clásticas, levemente metamorizadas, dispuestas con arreglo rítmico y separadas de las anteriores por discordancia. Esta relación lleva a reconsiderar la validez de la Formación Río Bonete y su inclusión dentro del Ordovícico, dado que el Código Argentino de Estratigrafía (Comité Argentino de Estratigrafía, 1992) establece que no deberían agruparse en una misma formación sucesiones separadas por discordancia. Asimismo, el mismo código reserva el término de complejo (p. 27) para aquellos casos en que no pueda reconocerse la sucesión original de las rocas. Por esta razón se propone el nombre de Com-

plejo Metamórfico Río Bonete (*nom. nov.*) para las milonitas de la faja de deformación de Jagüé, mientras que para las sucesiones sedimentarias suprayacentes consideramos conveniente incluirlas dentro de la Formación Chuscho dada su íntima asociación con las volcanitas básicas de dicha unidad (Fig. 8a). En este contexto, la totalidad del Miembro Caliza Las Damas y gran parte del Miembro Esquistos Cerro Cóndor quedarían incluidos dentro del Complejo Río Bonete, que constituiría el basamento por sobre del cual se depositaron en no concordancia las secuencias turbidíticas de la Formación Chuscho durante el Ordovícico Superior. Asimismo se propone aplicar el nombre de Miembro Mármol Las Damas para la sub-unidad calcárea, evitando así la confusión de considerarlas como calizas cuando en realidad se trata de cuerpos de mármol lenticulares (Fig. 5a) dentro de la faja de deformación de Jagüé.

Una primera aproximación a la edad del basamento incluido dentro de la faja de deformación de Jagüé se obtuvo a partir del análisis de circones extraídos de los granitos miloníticos. La muestra fue analizada por el método LA-ICP-MS en la Universidad de Arizona y arrojó una edad U-Pb promedio de 1118 ± 17 Ma, que corresponde a una típica edad gren-

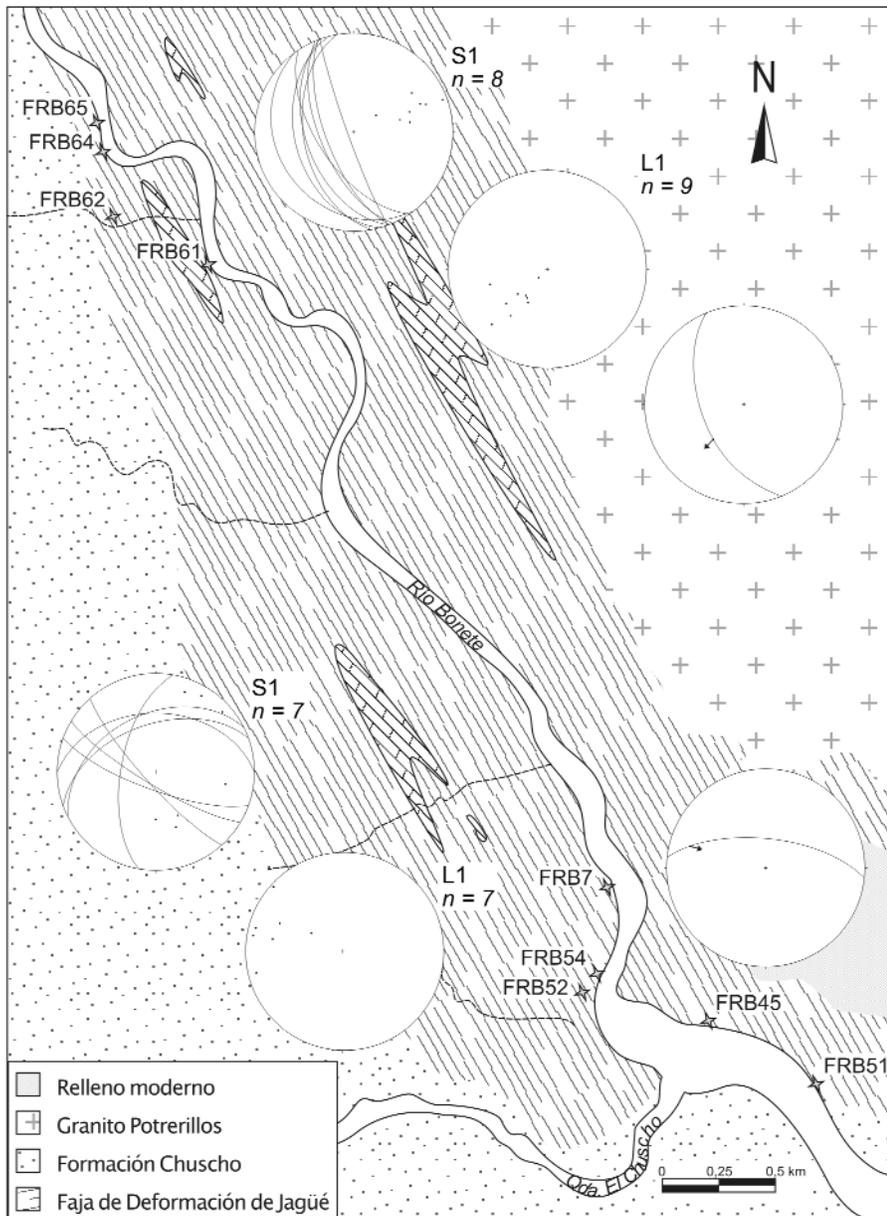


Figura 11: Orientación de los diferentes elementos estructurales a lo largo de la quebrada del río Bonete. Los estereodiagramas S1 y L1 muestran las foliaciones y lineaciones medidas en dos sectores diferentes de la quebrada. Los estereodiagramas a la derecha del dibujo muestran los valores promedios de L1 y S1 y el sentido de cizalla en cada uno de estos dominios. La ubicación de las muestras analizadas está indicada en el mapa. Estereodiagramas de proyección equiareal, hemisferio inferior.

villiana (Martina *et al.*, 2005). La ausencia de bordes de crecimiento más jóvenes en los circones impide determinar una edad para el proceso de milonización. Esto puede significar que la temperatura de cristalización de los circones no fue alcanzada o que no hubo suficientes fluidos en el sistema como para generarlos (Steyrer y Sturm 2002). La ausencia de

blástesis de biotita apoya la primera de estas hipótesis. Otra línea de evidencia para interpretar la edad del basamento la constituyen los mármoles. Los porcentajes relativos de los tipos dolomíticos vs. cálcicos, como así también el bandeo composicional que estos presentan, heredado de la estratofábrica primaria, permite establecer notables similitudes entre

los litotipos incluidos dentro del Mármol Las Damas con las unidades cámbricas de la plataforma precordillerana, representada por las formaciones Zonda y La Flecha, y no con las calizas de la Formación San Juan (Tremadociano Superior-Arenigiano) y otros mármoles descritos en la región próxima de Sierras Pampeanas (Galindo *et al.* 2004). A diferencia de los carbonatos mixtos del Cámbrico (Gómez y Astini 2006), las calizas ordovícicas de la Precordillera son netamente cálcicas y homogéneas, caracterizadas por una estratofábrica mediana a gruesa. A su vez, los mármoles descritos por Galindo *et al.* (2004) en Sierras Pampeanas occidentales son también cálcicos y presentan fracciones de minerales accesorios silicatados que denotan la existencia de proporciones menores clásticas en los carbonatos, diferenciándose de aquellos del río Bonete. Análisis de isótopos de Sr posiblemente permitan conocer con mayor precisión la edad del Mármol Las Damas y su filiación. Cabe mencionar que recientemente Naipauer *et al.* (2005) sugirieron sobre la base de isotopía de Sr una posible correlación entre parte de los carbonatos del Grupo Caucete con el Cámbrico de Precordillera.

La presencia de clastos de mármol y anfíbolita en los conglomerados de la Formación Chuscho implica que el Complejo Metamórfico Río Bonete ya estaba expuesto al momento de su depósito y permite establecer una desvinculación entre los procesos que estructuraron este complejo y los posteriores. De acuerdo a esta interpretación la no concordancia que separa el Complejo Metamórfico Río Bonete de la Formación Chuscho representaría un hiato de ~35-40 Ma, ya que si bien se desconoce la edad precisa de la faja de deformación de Jagüé, los mármoles, interpretados tentativamente como de edad cámbrico medio-superior, han sido involucrados en la deformación mientras que la Formación Chuscho de edad ordovícica superior, cubre la faja en no concordancia. Este intervalo se solapa temporalmente con la fase orogénica

oclógica reconocida en todo el noroeste argentino. Si los mármoles fuesen neoproterozoicos cabe la posibilidad que la faja de deformación de Jagüé estuviese relacionada al ciclo orogénico pampeano. Hasta la fecha, sin embargo, no hay documentadas fehacientemente fajas de deformación pampeanas en esta porción del Gondwana occidental, donde la más antigua conocida es la faja de deformación Las Pirquitas de 515 Ma (Mulcahy *et al.* 2007).

Distintos autores han señalado la presencia de rocas grenvilianas formando parte del basamento de Precordillera (e.g., Dalla Salda *et al.* 1992, Kay *et al.* 1996, Vujovich y Kay 1998, Casquet *et al.* 2001, Varela *et al.* 2003, Vujovich *et al.* 2004). Esto fue considerado un elemento diagnóstico para determinar una procedencia lauréntica dada la correspondencia que tienen con las edades registradas en la provincia grenviliana del este de Norteamérica (Thomas *et al.* 2004). Sin embargo, trabajos recientes han interpretado rocas ígneas mesoproterozoicas formadas en distintos ambiente tectónicos como asociadas al margen occidental de Gondwana (e.g., Loewy *et al.* 2004, Casquet *et al.* 2005, 2006). Esto indicaría que la edad, por si sola, no constituye un elemento diagnóstico como se pensaba con anterioridad y si bien representaría una condición necesaria no sería suficiente para determinar procedencia. En el caso de las rocas de la región del río Bonete, la ausencia de bordes de crecimientos brasilianos y pampeanos en los circones ígneos mesoproterozoicos apoya la idea de un origen exótico para estas rocas. Por el contrario, en la región de Famatina, ubicada inmediatamente al este de la zona de estudio, circones detríticos de edad grenviliana tienen recrecimientos cámbricos (Collo *et al.* 2009). Asimismo, en la región de Sierras Pampeanas las edades detríticas (e.g., Schwartz y Gromet 2004, Adams *et al.* 2005, Escayola *et al.* 2007, Steenken *et al.* 2006) indicarían la presencia de un terreno mesoproterozoico de dimensiones mayores acrecionado al margen de Gondwana (Escayola *et al.* 2007, Rapela *et*

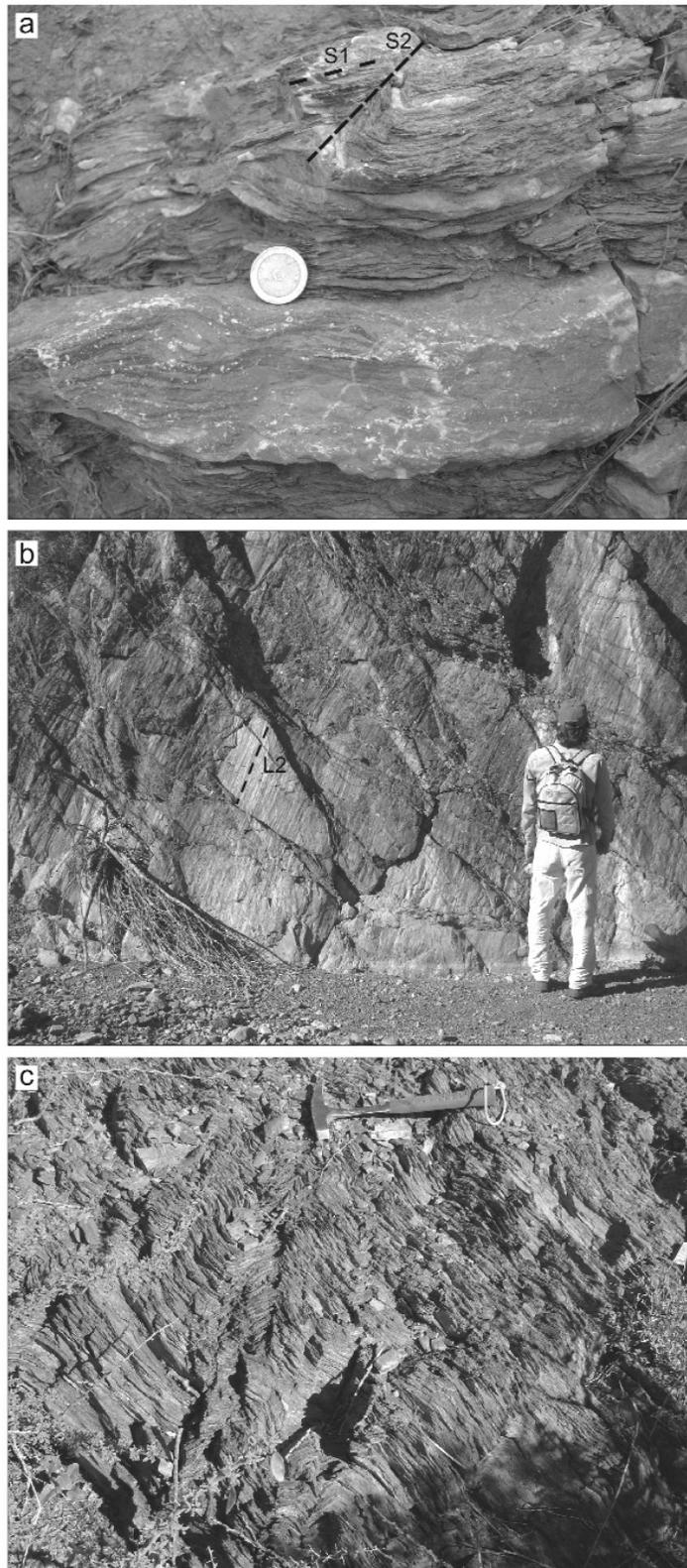


Figura 12: a) Bandas *Kink* afectando a la foliación milonítica S1 en mármoles incluidos dentro de la faja de deformación. Paralelo al plano axial de los pliegues se desarrolla una foliación secundaria S2; b) Lineación de transposición (L2) asociada con el profuso desarrollo de bandas *kink* en metapalitas de la Formación Chuscho (Véase también Fig. 6A); c) Detalle de las bandas *kink* en la anterior.

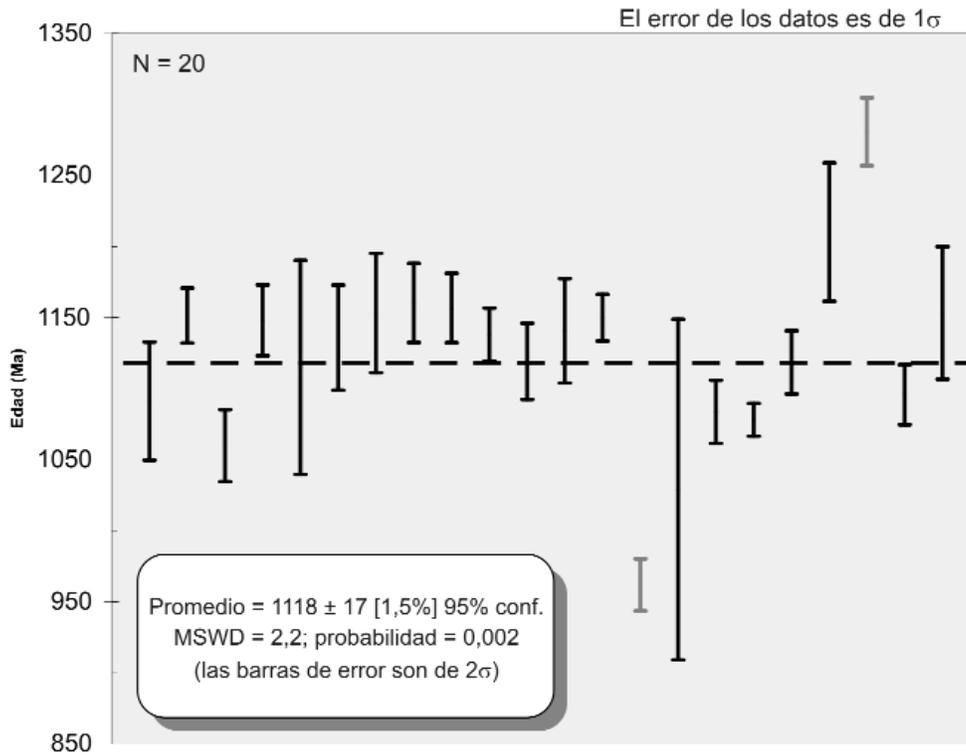


Figura 12: Diagrama de edades U-Pb promedio en circones de una muestra de granito incluido en la faja de deformación de Jagüé (las barras de error están a 2σ).

al. 2007), con anterioridad a la anexión de Precordillera en el Ordovícico medio-superior (Thomas y Astini 2003). Dada las relaciones cartográficas con los granitos grenvilianos, las ortoanfibolitas descritas en la faja de deformación de Jagüé son interpretadas en forma preliminar como parte del basamento de Precordillera y se correlacionarían con rocas similares descritas en las sierras de Pie de Palo y Umango (e.g. Vujovich y Kay 1998, Casquet *et al.* 2001, Vujovich *et al.* 2005). Si bien el evento oclóyico no quedó registrado en los circones analizados en protolitos de la faja de deformación de Jagüé, por no haberse alcanzado la temperatura de cristalización, nuestra interpretación indica que este evento sería el responsable de dicha deformación.

La historia ordovícica culminaría con el depósito de turbiditas y volcanismo básico de la Formación Chuscho durante el Caradociano Superior-Ashgilliano, edad confirmada por evidencias isotópicas y paleontológicas. De confirmarse la naturaleza extensional de las sucesiones ordovícicas, como parecen sugerirlo los datos geoquímicos (e.g. Kay *et al.* 1984, Fauqué

y Villar, 2003), una posibilidad sería vincular esta estratigrafía con la separación de un fragmento cortical parautoctono separado de Precordillera y acrecionado más tarde como Chilenia? (Astini *et al.*, 2000) al margen de gondwana durante el Devónico (Ramos *et al.* 1986, Astini 1996).

La historia de deformación a partir de las observaciones estructurales en la región cartografiada permiten diferenciar al menos dos eventos: uno de deformación dúctil que afectó a granitos, anfibolitas y mármoles y que generó la faja de deformación de Jagüé acotado al Ordovícico, y otro posterior de deformación frágil, relacionado al profuso plegamiento de tipo *kink* de edad pre-carbonífera. Mientras que el primero es localizado y se vincularía con deformación en un nivel estructural profundo durante una etapa de engrosamiento orogénico, el segundo, característico de todo el ámbito occidental de Precordillera, estaría relacionado con un episodio sobrepuesto de deformación frágil reflejando una historia de descompresión tardío-metamórfica que afectó a las unidades metasedimentarias. En el

ámbito occidental de la Precordillera el epimetamorfismo que lo caracteriza ha sido interpretado como de carácter regional y posiblemente vinculado con la acreción del terreno de Chilenia (Astini 1996, von Gosen 1997, Alvarez-Marrón *et al.* 2006). Recientemente Robinson *et al.* (2005) han determinado temperaturas de entre 250° y 300° alcanzadas durante el pico de metamorfismo regional devónico que afecta a la tectofacies occidental. En la región cartografiada el episodio devónico habría generado un importante relieve que contribuyó a incrementar el clima de una glaciación, responsable del labrado de profundos paleovalles (de tipo alpino) durante el Carbonífero.

Nuestro mapeo en el área del Río Bonete claramente contrasta con observaciones preliminares realizadas más al norte, tanto en la Sierra del Toro Negro (noroeste de Famatina) como en el área de Cazadero Grande (Puna austral), donde riolitas ordovícicas y carboníferas apoyan en no concordancia sobre un basamento "pampeano" (Maisonave 1979, Mpodozis *et al.* 1997, Hong y Mon 1999, Martina *et al.* 2007). Esto permitiría sugerir que la

Precordillera no alcanzó estas latitudes. En este sentido, el lineamiento de Valle Ancho - Laguna Verde (Mpodozis *et al.* 1997) posiblemente represente la prolongación hacia el noroeste de la faja de deformación de Jagüé (Martino y Astini 1998) que por su magnitud ha sido considerada como posible zona de emplazamiento (*slip zone*) (Astini y Dávila 2004).

CONCLUSIONES

Las rocas más antiguas de la región lo constituyen una serie de granitos de edad mesoproterozoica, íntimamente asociados con gabros - anfibolitas de edad incierta. Forman parte también de este basamento cuerpos lenticulares de mármol bandeado, interpretados en este trabajo como de edad cámbrica media-superior. El conjunto habría sido intensamente deformado durante el Ordovícico Medio (orogénia oclóyica) y posiblemente se vincularía con el emplazamiento del terreno de Precordillera contra el margen occidental de Gondwana dando origen a la faja de deformación de Jagüé. Lamentablemente, no han quedado preservadas evidencias de continuidad estratigráfica, representando la faja un complejo heterogéneo. Con posterioridad al pico de deformación se habría producido la exhumación de la faja, que actuó como área fuente de los conglomerados incluidos en la Formación Chuscho. Por su parte, la presencia de secuencias turbidíticas formando parte de esta unidad indica el posterior desarrollo de un depocentro marino profundo con profuso volcanismo basáltico durante el Ordovícico Superior. Este último se vincularía con un periodo de extensión que habría afectado al terreno de Precordillera. La asociación de rocas silicoclásticas marinas profundas con volcanismo básico afectadas por metamorfismo de bajo grado y profuso desarrollo de bandas *kink* es una característica común en toda la Precordillera Occidental y se vincula con un episodio deformacional devónico. Este último ha justificado la acreción de Chileña, que en la región cartografiada habría generado

un importante relieve que nucleó la glaciación carbonífera responsable del labrado de profundos paleovalles encajados en el conjunto de unidades descriptas en este trabajo.

Según lo establecido por el Código Argentino de Estratigrafía la Formación Río Bonete carece de validez estratigráfica y en su reemplazo se propone el nombre de Complejo Metamórfico Río Bonete para incluir las unidades metamorfizadas e intensamente deformadas. Igualmente, para agrupar a los lentes calcáreos se propone la denominación Mármol Las Damas, reemplazando el término Miembro Calizas Las Damas que genera confusión e interpretaciones erróneas. De acuerdo al modelo evolutivo planteado en este trabajo, la región del río Bonete quedaría incluida dentro del ámbito de Precordillera. Los datos estructurales junto con el marcado contraste litológico al norte y sur de la región de estudio son consistentes con la propuesta de límite norte para el terreno de Precordillera.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo económico brindado por el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONCyT, PICT 07-11741, PICT 07-33060), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICET, PIP 5783) y la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba (Resol. 197/05). Se agradece al geólogo Juan Ferrero por su asistencia en el campo. Los doctores Tom Becker y William Thomas procesaron las muestras para los análisis geocronológicos y aportaron valiosos comentarios a versiones preliminares del texto. La lectura crítica de los doctores Victor A. Ramos y Cesar Casquet y las agudas revisiones de los doctores Graciela Vujovich y Carlos Cingolani ayudaron a mejorar el manuscrito. FM desea agradecer el apoyo económico brindado por el proyecto IGCP 503. Este trabajo forma parte de los estudios de Tesis Doctoral del primer autor y constituye un nuevo aporte del Laboratorio de Análisis de Cuencas de la UNC.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aceñolaza, F. 1969. Características geológicas y estratigráficas del sector septentrional de la Precordillera riojana. Cuartas Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 1: 1-13.
- Aceñolaza, F. 1970. Fósiles ordovícicos del área de río Bonete, dpto. Jagüé, Provincia de La Rioja. Acta Geológica Lilloana 10(15): 313-328.
- Aceñolaza, F. y Bernasconi, A. 1969a. Nota sobre la edad de intrusivas que afloran en el sector norte de la precordillera riojana: área el Río Bonete. Actas 4º Jornadas Geológicas Argentinas, Actas 2: 61-67.
- Aceñolaza, F. y Bernasconi, A. 1969b. Acerca del primer hallazgo de una fauna ordovícica en el sector norte de la Rioja. Revista de la Asociación Geológica Argentina 24(2): 79-84.
- Aceñolaza, F., Toselli, A. y Bernasconi, A. 1971. La Precordillera de Jague, La Rioja, Argentina: Su importancia geológica y estructural. Acta Geológica Lilloana 11(14): 260-290.
- Adams, J.G., Miller, H. y Toselli, A.J. 2005. Rb-Sr age of metasediments of the Puncoviscana Formation, Northwest of Argentina, and U-Pb detrital zircon age evidence for their provenance. Resúmenes Gondwana 12: 35, Mendoza.
- Allmendinger, R., Jordan, T.E., Palma, M. y Ramos, V.A. 1982. Perfil Estructural de la Puna Catamarqueña (25°-27°S), Argentina. 5º Congreso Latinoamericano de Geología, Actas 1: 499-518.
- Alvarez-Marrón, J., Rodríguez-Fernandez, R., Heredia, N., Busquets, P., Colombo, F. y Brown, D. 2006. Neogene structures overprinting Palaeozoic thrust systems in the Andean Precordillera at 30°S latitude. Journal of the Geological Society 163 (6): 949-964.
- Astini, R.A. 1992. Tectofacies ordovícicas y evolución de la cuenca eopaleozoica de la Precordillera Argentina. Estudios Geológicos 48: 315-328.
- Astini, R.A. 1996. Las fases diastóricas del Paleozoico medio en la Precordillera del oeste argentino: evidencias estratigráficas. 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 5: 509-526.
- Astini, R.A. y Dávila, F.M. 2004. Ordovician back arc foreland and Oclóyic thrust belt develop-

- ment on the western Gondwana margin as a response to Precordillera terrane accretion. *Tectonics* 23(24): TC4008 1-19.
- Astini, R.A., Benedetto, J.L. y Vacari, N.E. 1995. The Early Paleozoic evolution of the Argentine Precordillera as a Laurentian rifted, drifted and collided terrane: A Geodynamic model. *Geological Society of America Bulletin* 107: 253-273.
- Astini, R.A., Ramos, V.A., Benedetto, J.L., Vacari, N.E. y Cañas, F.L. 1996. La Precordillera: un terreno exótico a Gondwana. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploraciones e Hidrocarburos, Actas 5: 293-324. Buenos Aires.
- Astini, R.A., Brussa, E.D. y Mitchell, C.E. 2000. Revisión estratigráfica y consideraciones paleogeográficas de la tectofacies occidental de la Precordillera Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55: 378-386.
- Azcuy, C.L., Carrizo, H.A. y Caminos, R. 1999. Carbonífero y Pérmico de las Sierras Pampeanas, Famatina, Precordillera Cordillera Frontal y Bloque de San Rafael. En Caminos, R. (ed.) *Geología Argentina*, Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Anales 29: 261-318.
- Caminos, R. 1972. Perfil geológico de la Cordillera entre los 28° 00' y 28° 30' de latitud sur, provincia de La Rioja, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 27(1): 71-83.
- Casquet, C., Baldo, E., Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Galindo, C., Fanning, C.M. y Saavedra, J. 2001. Involvement of the Argentine Precordillera terrane in the Famatinian mobile belt: U-Pb SHRIMP and metamorphic evidence from the Sierra de Pie de Palo. *Geology* 29(8): 703-706.
- Casquet, C., Rapela, C. W., Pankhurst, R. J., Galindo, C., Dahlquist, J., Baldo, E., Saavedra, J., Casado, J. M. G. y Fanning, C. M. 2005. Grenvillian massif-type anorthosites in the Sierras Pampeanas. *Journal of the Geological Society* 162(1): 9-12.
- Casquet, C., R. J. Pankhurst, C. M. Fanning, E. Baldo, C. Galindo, C. W. Rapela, J. M. Gonzalez-Casado, y J. A. Dahlquist 2006. U-Pb SHRIMP zircon dating of Grenvillian metamorphism in Western Sierras Pampeanas (Argentina): Correlation with the Arequipa-Antofalla craton and constraints on the extent of the Precordillera Terrane: Gondwana Research 9: 524-529.
- Collo, G., Astini, R.A., Cawood, P., Buchan, C. y Pimentel, M. 2009. U-Pb detrital zircon ages and Sm-Nd isotopic features in low-grade metasedimentary rocks of the Famatina belt: implications for late Neoproterozoic-Early Paleozoic evolution of the proto-Andean margin of Gondwana. *Journal of the Geological Society* 166: 303-319, London.
- Comité Argentino de Estratigrafía 1992. Código Argentino de Estratigrafía. Asociación Geológica Argentina, Serie B, Didáctica y Complementaria 20: 1-64, Buenos Aires.
- Cravero, O.V., Ríos Gomez, J.A. y Prieri, A.E. 1984. Geología del distrito minero Los Llanthenes, Provincia de La Rioja. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 142-153, Bariloche.
- Dalla Salda, L., Cingolani, C.A. y Varela, R. 1992. Paleozoic belt of the Andes and southwestern South America: Result of Laurentia-Gondwana collision? *Geology* 20: 617-620.
- Davis, J.S., Roeske, S.M., Mc Clelland, W.C. y Snee, L.W. 1999. Closing the ocean between the Precordillera terrane and Chilenia: Early Devonian ophiolite emplacement and deformation in the SW Precordillera. En Ramos, V.A. y Keppie, J.D. (Ed.) *Laurentia Gondwana connections before Pangea*. Geological Society of America, Special Paper 336: 115-138.
- Escayola, M.P., Pimentel, M.M. y Armstrong, R. 2007. Neoproterozoic backarc basin: Sensitive high-resolution ion microprobe U-Pb and Sm-Nd isotopic evidence from the Eastern Pampean Ranges, Argentina. *Geology* 35: 495-498.
- Fauqué, L.E. y Villar, L.M. 2003. Reinterpretación estratigráfica y petrológica de la Formación Chuscho, Precordillera de La Rioja. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58: 218-232.
- Galindo, C., Casquet, C., Rapela, C., Pankhurst, R. J., Baldo, E. y Saavedra, J. 2004. Sr, C and O isotope geochemistry and stratigraphy of Precambrian and lower Paleozoic carbonate sequences from the Western Sierras Pampeanas of Argentina: tectonic implications. *Precambrian Research* 131: 55-71.
- Gómez, F.J. y Astini, R.A. 2006. Sedimentología y paleoambientes de la Formación La Laja (Cámbrico), Quebrada La Laja, Sierra Chica de Zonda, San Juan, Argentina. *Revista Geológica de Chile* 33(1): 19-46,
- Gonzalez, C.R. y Bossi, G.E. 1986. Los depósitos al oeste de Jagüel, La Rioja. 4° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas 1: 231-236.
- Haller, M.A. y Ramos, V.A. 1984. Las ofiolitas famatinianas de las provincias de San Juan y Mendoza. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 66-83, Bariloche.
- Hong, F. y Mon, R. 1999. Estructura del basamento pampeano en el noroeste de Argentina (provincias de Jujuy, Salta, Tucumán y Catamarca). 15° Congreso Geológico Argentino, Relatorio 1: 80-88.
- Kay, S. M., Ramos, V.A. y Kay, R.W. 1984. Elementos mayoritarios y trazas de las vulcanitas ordovícicas de la Precordillera Occidental: basaltos de rift oceánico temprano? Próximos al margen continental. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 48-65, Bariloche.
- Kay, S.M., Orrell, S. y Abbruzzi, J.M. 1996. Zircon and whole rock Nd-Pb isotopic evidence for a Grenville age and a Laurentian origin for the basement of the Precordillera in Argentina. *Journal of Geology* 104(6): 637-648.
- Kay, S.M., Boucakis, K.A., Porch, K., Davis, J.S., Roeske, S.M. y Ramos, V.A. 2005. E-MORB like mafic magmatic rocks on the western border of the Cuyania terrane, Argentina. *Resúmenes Gondwana* 12: 216, Mendoza
- Llambías, E.J. 1999. Las rocas ígneas gondwánicas. En Caminos, R. (Ed.): *Geología Argentina*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Anales 29: 349-376.
- Loewy, S.L., Connelly, J.N. y Dalziel, I.W.D. 2004. An orphaned basement block: The Arequipa-Antofalla Basement of the central Andean margin of South America. *Geological Society of America Bulletin* 116(1): 171-187.
- Maisonave, H.M. 1979. Descripción geológica de la Hoja 14c, Cerros Cuminchango, Provincias de La Rioja y Catamarca. Servicio Geológico Nacional, 86 p., Buenos Aires.
- Martina, F., Astini R.A., Becker T.P. y Thomas W.A. 2005. The Northern boundary of the Precordillera terrane. *Resúmenes Gondwana* 12: 246, Mendoza.
- Martina, F., Viramonte, J.M., Astini, R.A., Pimentel, M.M. y Dantas, E. 2007. Evidence of Early Carboniferous Pre-Choiyoi volcanism in western Gondwana: First isotopic, geoche-

- mical and U-Pb SHRIMP data. 20^o Colloquium on Latin America Earth Sciences, Abstracts: 51. Kiel, Alemania.
- Martino, R. y Astini, R.A. 1998. La faja de deformación de Jagüé: límite septentrional del terreno de la Precordillera. 10^o Congreso Latinoamericano de Geología y 6^o Congreso Nacional de Geología Económica, Actas 2: 433.
- Mpodozis, C. y Ramos, V.A. 1989. The Andes of Chile and Argentina. En Ericksen, G.E., Cañas Pinochet, M.T. y Reinemund, J.A. (Ed.): Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Science Series 11: 59-90.
- Mpodozis, C., Kay, S.M., Gardeweg, M. y Coira, B. 1997. Geología de la región de Valle Ancho-Laguna Verde (Catamarca, Argentina): una ventana al basamento del extremo sur de la zona volcánica de los Andes Centrales. 7^o Congreso Geológico Chileno, Actas 3: 1698-1693, Antofagasta.
- Mulcahy, S.R., Roeske, S.M., McClelland, W.C., Nomade, S. y Renne, P.R. 2007. Cambrian initiation of the Las Pirquitas thrust of the western Sierras Pampeanas, Argentina: Implications for the tectonic evolution of the proto-Andean margin of South America. *Geology* 35(5): 443-446.
- Naipauer, M., Cingolani, C.A., Valencio, S., Chemale Jr., F. y Vujovich, G. 2005. Estudios Isotópicos en Carbonatos Marinos del Terreno Precordillera-Cuyania: ¿Plataforma común en el Neoproterozoico-Paleozoico Inferior? *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 12(2): 89-108.
- Ortega, G., Brussa, E.D. y Astini, R.A. 1991. Nuevos hallazgos de graptolitos en la Formación Yerba Loca y su implicancia estratigráfica, Precordillera de San Juan, Argentina. *Ameghiniana* 28(1-2): 163-178.
- Ramos, V.A. 2004. Cuyania, an exotic block to Gondwana: review of a Historical success and the present problems. *Gondwana Research* 7(4): 1009-1026.
- Ramos, V.A., Jordan, T.E., Allmendinger, R.W., Mpodozis, C., Kay, S.M., Cortés, J.M. y Palma, M.A. 1986. Paleozoic terranes of the central Argentine-Chilean Andes. *Tectonics* 5: 855-880.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Casquet, C., Fanning, C.M., Baldo, E.G., Gonzalez-Casado, J.M., Galindo, C. y Dahlquist, J. 2007. The Rio de la Plata craton and the assembly of SW Gondwana. *Earth-Science Reviews* 83: 49-82.
- Robinson, D., Bevins, R. E. y Rubinstein, N. 2005. Subgreenschist facies metamorphism of metabasites from the Precordillera terrane of western Argentina; constraints on the later stages of accretion onto Gondwana. *European Journal of Mineralogy* 17: 441-452.
- Schwartz, J.J. y Gromet, L.P. 2004. Provenance of a late Proterozoic - early Cambrian basin, Sierras de Córdoba, Argentina. *Precambrian Research* 129: 1-21.
- Steenken, A., Siegesmund, S., Lopez de Luchi, M. G., Frei, R. y Wemmer, K. 2006. Neoproterozoic to Early Palaeozoic events in the Sierra de San Luis: Implications for the Famatinian geodynamics in the Eastern Sierras Pampeanas (Argentina). *Journal of the Geological Society* 163(6): 965-982.
- Steyrer, H.P. y Sturm, R. 2002. Stability of zircon in a low-grade ultramylonite and its utility for chemical mass balancing: the shear zone at Miéville, Switzerland. *Chemical Geology* 187 (1-2): 1-19.
- Thomas W.A. y Astini R.A. 1996. The Argentine Precordillera: A traveller from the Ouachita Embayment of North American Laurentia. *Science* 273: 752-757.
- Thomas W.A. y Astini R.A. 1999. Simple-shear conjugate rift margins of the Argentine Precordillera and the Ouachita embayment of Laurentia. *Geological Society of America Bulletin* 111(7): 1069-1079.
- Thomas W.A. y Astini R.A. 2003. Ordovician accretion of the Argentine Precordillera terrane to Gondwana: a review. *Journal of South American Earth Science* 16: 667-679.
- Thomas, W.A., Astini, R.A., Mueller, P.A., Gehrels, G.E. y Wooden, J.L. 2004. Transfer of the Argentine Precordillera terrane from Laurentia: Constraints from detrital-zircon geochronology. *Geology* 32(11): 965-968.
- Toselli, A. J. y Durand, F.R. 1996. Vulcanismo del Ciclo Precordillerano. En Aceñolaza, F.G., Miller, H. y Toselli, A.J. (eds.) *Geología del Sistema de Famatina*, Münchner Geologische Hafte, 293-295, München.
- Varela, R., Sato, A.M., Basei, M.A.S. y Siga Jr., O. 2003. Proterozoico medio y Paleozoico inferior de la sierra de Umango, antepaís andino (29°S), Argentina: Edades U-Pb y caracterizaciones isotópicas. *Revista Geológica de Chile* 30(2): 265-284.
- Von Gosen, W. 1997. Early Paleozoic and Andean structural evolution in the Rio Jachal section of the Argentine Precordillera. *Journal of South American Earth Sciences* 10(5-6): 361-388.
- Vujovich, G.I. y Kay, M.S. 1998. A Laurentian? Grenville-age oceanic arc/back-arc terrane in the Sierra de Pie de Palo, Western Sierras Pampeanas, Argentina. En Pankhurst, R.J. y Rapela, O.W. (Ed.): *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geological Society, Special Publication 142: 159-180, London.
- Vujovich, G.I., van Staal, C.R. y Davis, W. 2004. Age constraints on the tectonic evolution and provenance of the Pie de Palo Complex, Cuyania composite terrane and the Famatinian orogeny in the Sierra de Pie de Palo, San Juan, Argentina. *Gondwana Research* 7(4): 1041-1056.
- Vujovich, G.I., Porcher, C.C., Chernicoff, C.J., Fernández, L.A. y Pérez, D.J. 2005. Extremo norte del basamento del terreno de Cuyania: nuevos aportes multidisciplinarios para su identificación. *Asociación Geológica Argentina, Serie D: Publicación Especial* 8: 15-38.
- Zimmermann, U. y Von Staden, A. 2002. Río Bonete (La Rioja province, northwest Argentina): a typical ordovician succession? - preliminary sedimentological and paleontological data. 15^o Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 792-796.

Recibido: 19 de mayo, 2008
Aceptado: 2 de marzo, 2009