



Geología del Segmento Chaschuil - Las Angosturas entre los 27° y 28° LS: petrología y estratigrafía del norte del Sistema de Famatina, Catamarca

Eber A. CRISTOFOLINI^{1,2}, María P. ARMAS^{1,2}, Facundo A. ESCRIBANO^{1,2}, Clara E. CISTERNA^{2,3}, Juan E. OTAMENDI^{1,2}, Matías G. BARZOLA^{1,2}, Giuliano C. CAMILLETI^{1,2}, Alina M. TIBALDI^{1,2}, Julien R.D. CORNET⁴

¹ Universidad Nacional de Río Cuarto, Departamento de Geología, Río Cuarto, Córdoba.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina.

³ Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Tucumán.

⁴ Institute of Geochemistry and Petrology, D-ERDW, ETHZ, Zurich, Suiza.

E-mails: ecristofolini@exa.unrc.edu.ar; parmas@exa.unrc.edu.ar; fescribano@exa.unrc.edu.ar; claracisterna@hotmail.com; jotamendi@exa.unrc.edu.ar; mbarzola@exa.unrc.edu.ar; gcamilletti@exa.unrc.edu.ar; atibaldi@exa.unrc.edu.ar; julien.cornet@erdw.ethz.ch

Editor: Pablo Caffè

Recibido: 22 de enero de 2020

Aceptado: 27 de abril de 2020

RESUMEN

Las sierras de Narvéez y Las Planchadas exponen una serie de rocas plutónicas, volcánicas-subvolcánicas y sedimentarias, cuyas relaciones petrológicas, estratigráficas y geoquímicas permiten su agrupación en tres unidades litoestratigráficas: Formación Narvéez, Formación Suri (I-Miembro Vuelta de las Tolas, II-Miembro Loma del Kilómetro/Punta Pétreá) y Formación Las Planchadas (I-Miembro Pastos Largos, II-Miembro Punta Colorada). La cartografía de detalle y el estudio geológico de las relaciones presentes entre estas formaciones, permitió a su vez definir una unidad de rango superior para el Sistema de Famatina norte denominada Grupo Chaschuil. Los granitoides de la Formación Narvéez (482-485 Ma) intruidos en secuencias volcansedimentarias cámbricas-tremadocianas, corresponden a los primeros estadios del arco Famatiniano entre los 27° y 28° de latitud Sur. Posteriormente se desarrollaron cuencas adyacentes a los edificios volcánicos ubicados en el segmento oeste del área de estudio, rellenas con depósitos de apron volcanogénico y de plataforma aquí comprendidos dentro de la Formación Suri, de edad ordovícica. El último estadio del magmatismo Famatiniano comprende a la Formación Las Planchadas (468-471 Ma). Los batolitos plutónicos, cuerpos subvolcánicos y flujos de lavas riolíticas, dacíticas y basálticas de la Formación Las Planchadas intruyeron, asimilaron y deformaron a la sucesión volcansedimentaria de la Formación Suri. La asociación de estas unidades litoestratigráficas presentan una correlación temporal y afinidades litológicas claras con las unidades definidas en la Puna Occidental, el Cordón del Lila y en el Sistema de Famatina central-oeste, siendo el registro de la sedimentación y magmatismo del arco Famatiniano.

Palabras clave: Rocas volcansedimentarias y magmáticas, Grupo Chaschuil, sierra de las Planchada y Narvéez, magmatismo Famatiniano.

ABSTRACT

Geology of the Chaschuil - Las Angosturas segment between latitudes 27° and 28° South: petrology and stratigraphy of the northern Famatina System, Catamarca, Argentina.

Within the northern Famatina system, the Narvéez and Las Planchadas ranges expose an almost complete series of plutonic, volcanic-subvolcanic, and sedimentary rocks. Petrologic, stratigraphic and geochemical features allow to define three lithostratigraphic units: Narvéez Formation, Suri Formation including two members I-Vuelta de las Tolas, II-Loma del Kilómetro/Punta Pétreá and Las

Planchadas Formation, with two members such as I-Pastos Largos and II-Punta Colorada. The detailed geological mapping and the geological relationships between the three lithostratigraphic units enable to define a high rank entity in the northern Famatina System named Chaschuil Group. The Narv ez Formation (482-485 Ma) intruded into Cambrian-Tremadocian volcano-sedimentary sequences represents the first stages of the Famatinian magmatic arc between latitudes 27° and 28° South. Then, peri-volcanic basins of Ordovician age were filled by a volcanogenic apron and shelf volcano-sedimentary deposits from the Suri Formation. The last stage of Famatinian magmatism comprises the Las Planchadas Formation (468-471 Ma). During Las Planchadas evolution, plutonic batholiths, subvolcanic bodies, and lava flows of rhyolitic, dacitic and basaltic composition intruded into, assimilated, and deformed the volcano-sedimentary successions of the Suri Formation. The three lithostratigraphic units of Chaschuil Group temporally and lithologically correlate with Ordovician sequences of the Puna Western, the Cordón de Lila, and the central Famatina System. Overall, it is the geological record of sedimentation and magmatism over the Famatinian arc.

Keywords: Volcano-sedimentary and magmatic rocks, Chaschuil Group, sierra de Las Planchadas and Narv ez, Famatinian magmatism.

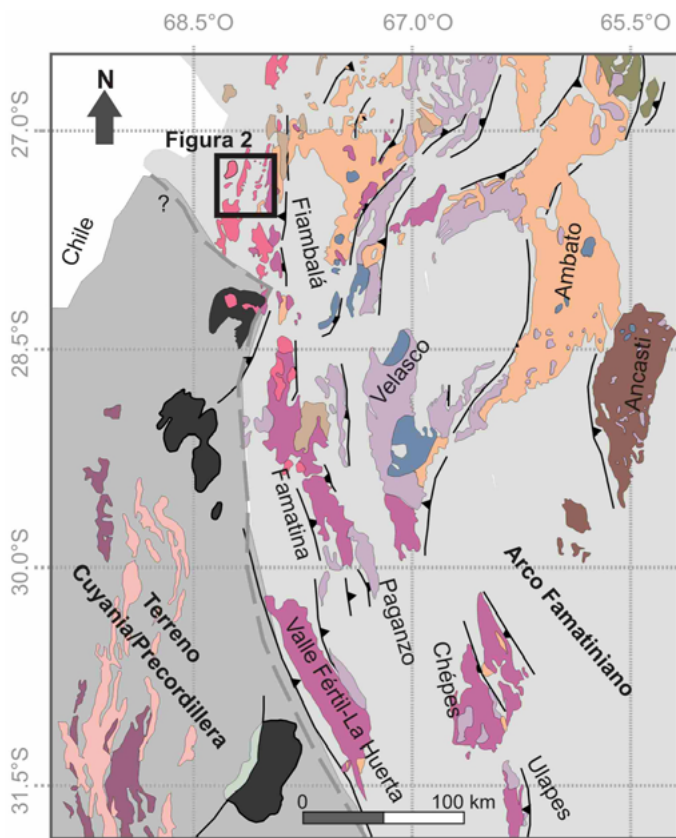
INTRODUCCIÓN

El basamento metamórfico que aflora en el margen occidental de Sudamérica, antiguo margen occidental del supercontinente Gondwana, presenta emplazadas rocas ígneas ligadas a episodios de subducción acaecidos durante el Paleozoico inferior. En Argentina, entre los 27° y 31° S, estas rocas corresponden al denominado Sistema de Famatina (Petersen y Leanza 1953) que incluye el magmatismo y metamorfismo propio del orógeno Famatiniano vinculado a la acreción del terreno Cuyania (Fig. 1, Aceñolaza et al. 1996, Pankhurst et al. 1998, Quenardelle y Ramos 1999, Otamendi et al. 2008). Las rocas metamórficas evidencian condiciones de metamorfismo de baja presión y alta temperatura sincrónico al magmatismo (Otamendi et al. 2008, Collo et al. 2009, Verdecchia et al. 2011). En cuanto a las rocas plutónicas, se identificaron tres tipos de granitoides emplazados entre 484-463 Ma: a) Tipo I de forma dominante, b) Tipo S, c) Tipo tonalita-tronjemita-granodiorita (TTG) en menor escala (Pankhurst et al. 2000, Ducea et al. 2010, Otamendi et al. 2012, Dahlquist et al. 2013). Con respecto a las secuencias supracorticales que presenta el Sistema de Famatina, éstas se asocian a una gran cuenca de retroarco cuyo relleno corresponde a depósitos lávicos, epiclásticos y volcanoclásticos. Los sistemas depositacionales fueron controlados por la influencia de la actividad volcánica-tectónica, coetánea a la sedimentación vinculada al desarrollo de cuencas aledañas a los edificios volcánicos (Aceñolaza y Toselli 1988, Mángano y Buatois 1994, Astini 1998, Cisterna y Coira 2014).

La sierra de Narv ez en su extremo septentrional, en la región de Chaschuil, muestra una asociación de granitoides calcoalcalinos (monzogranitos, granodioritas, tonalitas) que presentan abundantes enclaves máficos tonalíticos-dioríticos (ver Cisterna 1994, Cisterna et al. 2004). Estos granitoides evidencian procesos de hibridación en su génesis, han

sido vinculados a un ambiente tectónico de arco volcánico e intruyen secuencias de metapelitas fosilíferas de edad tremadociana s.l. intercaladas con niveles efusivos sinsedimentarios (Turner 1958, 1967, Cisterna 1994, 1998, Cisterna et al. 2010a, b, 2017, Fig. 2a). En la sierra de Las Planchadas yacen los depósitos volcánico-sedimentarios definidos como Formación Suri (Harrington y Leanza 1957) y Formación Las Planchadas (Turner 1958, 1967). En este sector Mángano y Buatois (1994) reconocieron en la Formación Suri una potencia > 750 m integrada por brechas volcanoclásticas, areniscas, areniscas tobáceas y fangolitas, dispuestas en contacto basal con basaltos, brechas autocl sticas y hialoclásticas basálticas (Cisterna y Coira 2017). En esta localidad la Formación Suri (Fig. 2a) presenta pavimentos de trazas fósiles y es portadora de braquiópodos inarticulados, trilobites, bivalvos, gastrópodos, cefalópodos y conodontes, de tal modo que el estudio específico de la trilobitofauna y conodontes permite asignarle la edad de Dapingiano-Darriwiliano temprano (Vaccari y Waisfeld 1994). La Formación Suri ha sido caracterizada como una megasecuencia regresiva integrada por depósitos de talud, plataforma y abanicos volcanoclásticos, en una cuenca adyacente al arco volcánico (Mángano y Buatois 1994, Armas et al. 2017). La Formación Las Planchadas (Turner 1967) involucra, además de extensos afloramientos de monzogranitos, facies volcánicas coherentes de composición riolítica, riodacítica, dacítica, basáltica y facies hialoclásticas riolíticas interdigitadas con la Formación Suri (Such 2006, 2009, Such y Castro 2009, Cisterna y Coira 2014, 2017).

Desde la década de 1960 los estudios petrológicos, sedimentológicos y paleontológicos llevados a cabo en los alrededores del valle del río Chaschuil, aportaron información sustancial para el entendimiento global de la geología del sector. A pesar de esto, se ha utilizado una variada denominación de las unidades litoestratigráficas y persiste un escaso consenso sobre la edad y evolución de las mismas. En base a esta



Unidades Litoestratigráficas pre-Carboníferas Peri-Gondwánicas

- Rocas plutónicas del Devónico al Carbonífero
- Rocas plutónicas (Tipo-I) del Ordovícico
- Rocas plutónicas (Tipo-S) del Ordovícico
- Rocas volcánicas y volcanoclásticas del Ordovícico
- Rocas metasedimentarias del Cámbrico-Ordovícico
- Rocas sedimentarias del Cámbrico-Ordovícico
- Rocas metasedimentarias de medio a alto grado del Neoproterozoico-Cámbrico
- Rocas metasedimentarias de bajo grado del Neoproterozoico-Cámbrico

Unidades litoestratigráficas principales del terreno Cuyania/Precordillera

- Rocas sedimentarias del Silúrico-Devónico
- Rocas sedimentarias del Cámbrico-Ordovícico
- Rocas metasedimentarias del Neoproterozoico-Cámbrico
- Basamento cristalino del Mesoproterozoico
- Falla Cenozoica

Figura 1. Mapa litoestratigráfico regional donde se muestran las diferentes unidades geológicas pre-carboníferas peri-Gondwánicas del segmento comprendido entre los 27° y 31.5° de latitud Sur. Tomado y modificado de Coira et al. (1999), Astini y Davila (2004), Cristofolini et al. (2012) y Camilletti et al. (2020). Se muestran también las regiones que comprenden al terreno Cuyania/Precordillera con sombreado gris oscuro y al arco y retroarco Famatiniano en gris claro. El recuadro indica el área del trabajo.

problemática, y a partir del estudio geológico de las unidades presentes, se pretende realizar nuevas consideraciones estratigráficas, integrando y estableciendo las relaciones temporales y espaciales que muestran dichas unidades.

En este trabajo se presenta la geología del área de las sierras de Narvéez y Las Planchadas, en el segmento geográfico que une las localidades de Las Angosturas y el Puesto Chaschuil y áreas aledañas, perteneciente al denominado Sistema de Famatina (Fig. 2a, b). El relevamiento geológico de detalle realizado y la base cartográfica elaborada por Harrington y Leanza (1957), Turner (1958, 1960, 1967), Maiso-nave (1973), Aceñolaza y Toselli (1977), Toselli et al. (1990), Cisterna (1994, 1998, 2001), Mángano y Buatois (1994, 1996, 1997), Cisterna et al. (2004, 2010a, 2017), Cisterna y Coira (2014, 2017) y Armas et al. (2017), junto con la cartografía de detalle elaborada en este trabajo, permitió diferenciar y unificar las diferentes litologías presentes en el área en tres formaciones con distintos miembros. Las mismas se denominan: 1) Formación Narvéez, 2) Formación Suri (I-Miembro Vuelta de las Tolas, II-Miembro Loma del Kilómetro/Punta Pé-trea), y 3) Formación Las Planchadas (I-Miembro Pastos Largos; II-Miembro Punta Colorada). El conjunto de estas unidades litoestratigráficas se ha agrupado dentro del denominado Grupo Chaschuil (Fig. 2a). Siguiendo el criterio del Código Argentino de Estratigrafía (Código Argentino de Estratigrafía 1992) cada formación se distinguió por la presencia constante y mapeable de varios tipos litológicos que afloran espacial y genéticamente relacionados.

GRUPO CHASCHUIL

Formación Narvéez

Esta formación se presenta de manera generalizada en el segmento centro-oriental del área estudiada, y ha sido definida por la presencia constante y extendida de un conjunto de granitoides inicialmente agrupados por Cisterna (1994) y Cisterna et al. (2004) como parte del complejo intrusivo Las Angostura (Fig. 2a). Los granitoides de la Formación Narvéez (denominación propuesta inicialmente por Turner 1967 y mantenida en este trabajo), muestran una relación estratigráfica de intrusividad con las secuencias volcansedimentarias cámbricas-tremadocianas tanto en la localidad de Las Angosturas, como en sectores aledaños a la quebrada Las Lagartijas en proximidades al paraje Los Jumes y a la mina Cristina (Fig. 2a). Estos granitoides son cubiertos en relación de discordancia por las sedimentitas continentales del Paleozoico superior, esto último visible en las nacientes de

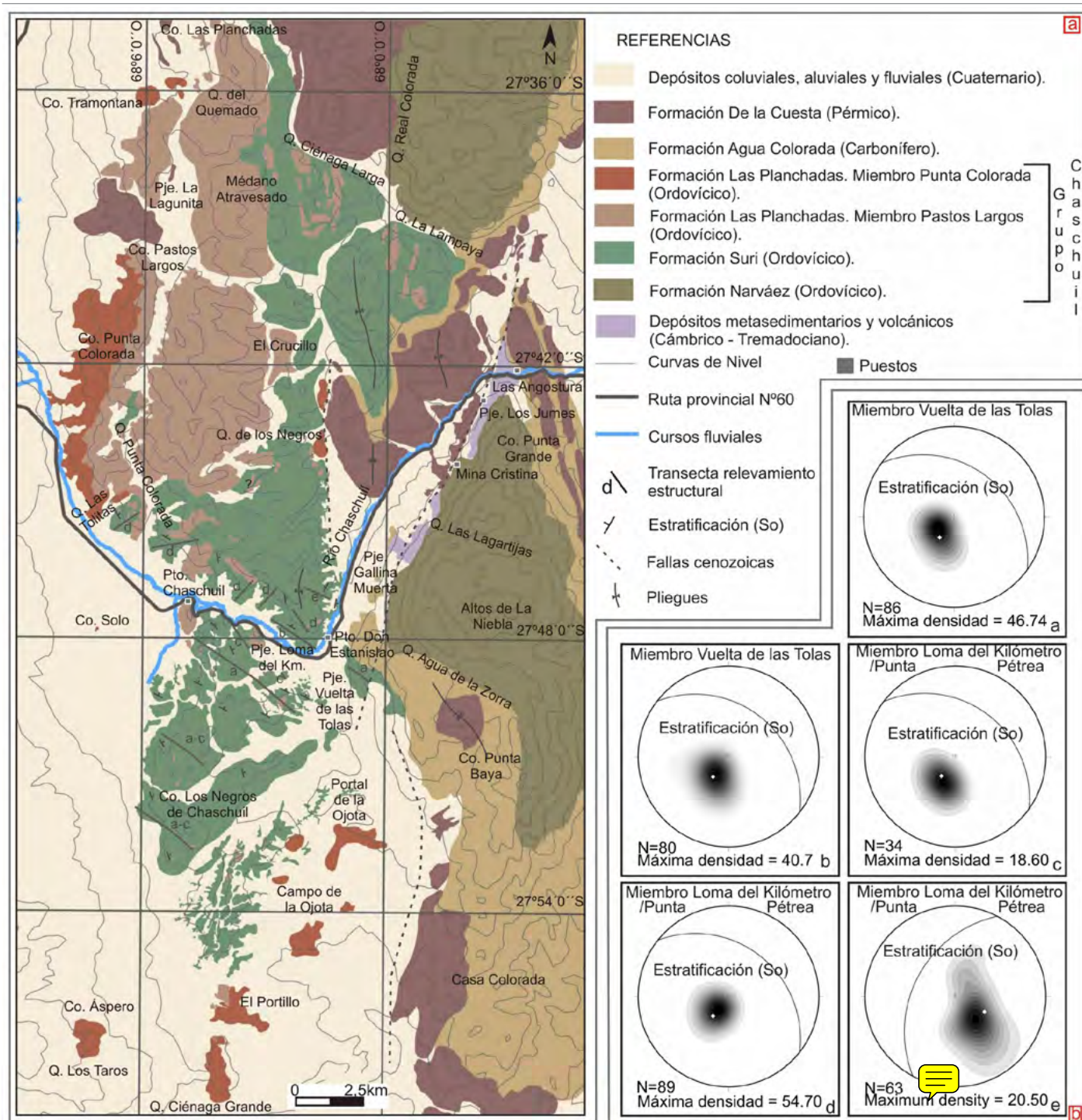


Figura 2. a) Mapa litoestratigráfico del Grupo Chaschuil, donde se representan las diferentes formaciones y miembros que componen la geología del segmento estudiado; b) Representaciones estereográficas del hemisferio inferior de la red de Schmidt, donde se proyectan en diagramas de densidad las orientaciones de la estratificación sedimentaria S_0 relevadas en la Formación Suri. Se proyecta también el polo y plano medio de dicha fábrica.

la quebrada Agua de la Zorra (Fig. 2a, ver Cisterna 1994). Dentro de la Formación Narvéez han sido diferenciados tres grupos de granitoides: (i) granitoides grises de Punta Grande; (ii) granitoides rojos de Agua de la Zorra y (iii) diques y/o sills granófiros y pórfidos de Las Angosturas (ver Cisterna et al. 2004, Alasino et al. 2017), cuya relación espacial de contactos sugiere una clara vinculación genética y temporal. Asimismo,

cabe destacar la presencia generalizada de enclaves microgranulares (tonalíticos-dioríticos), incluidos esencialmente en los granitoides grises Punta Grande y en menor medida en el resto de las facies. La Formación Narvéez corresponde a un batolito de dimensiones medias, dominado por un cuerpo intrusivo principal actualmente en forma de cuña que agrupa a los granitoides aquí denominados Punta Grande, y que se

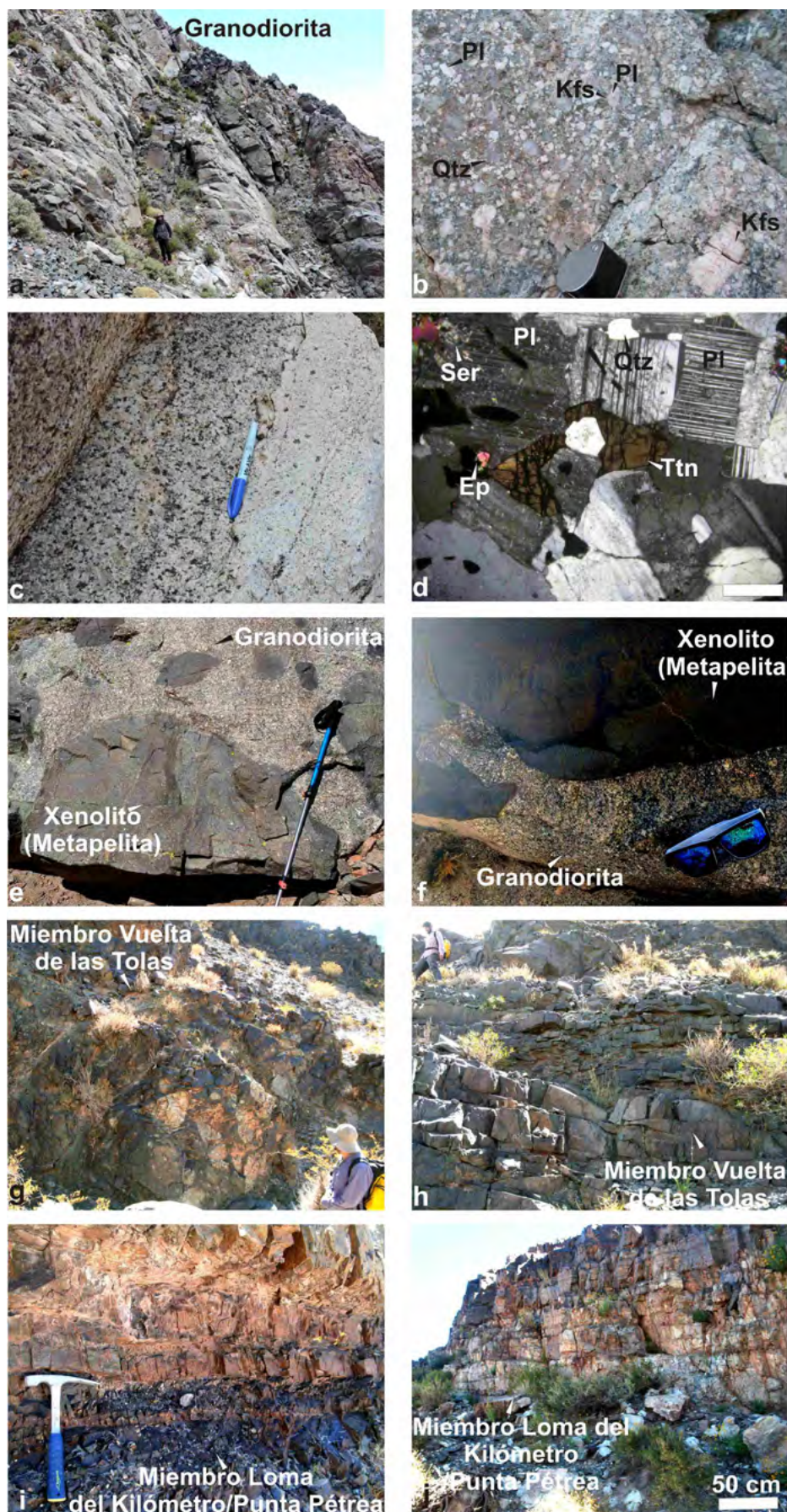


Figura 3. Formación Narvárez: a) Foto panorámica (vista al sureste) en quebrada Agua de La Zorra; se muestran los granitoides grises de Punta Grande (granodiorita) afectados por un intenso diaclasamiento penetrativo de escala métrica; b) Foto de detalle de granodiorita de Punta Grande, indicando la textura porfírica denotada por fenocristales de Kfs de hasta 2 cm; c) Foto de detalle de granitos de Punta Grande con textura inequigranular de grano medio; d) Fotomicrografía con nicolas cruzados de granodiorita mostrando la textura y las fases minerales principales; e-f) Fotos de afloramiento de granodiorita inequigranular (quebrada Las Lagartijas), mostrando la presencia de xenolitos de metapelitas cámbricas-tremadocianas. Los septos de menor tamaño tienen morfología lenticular y bordes subredondeados. Formación Suri: g-h) Fotos de afloramiento del Miembro Vuelta de las Tolas, mostrando las facies brechosas y arenosas/gravosas asociadas; i-j) Foto de afloramiento del Miembro Loma del Kilómetro/Punta Pétreá exponiendo las facies de fangolitas y areniscas. Escalas: lupa 2 cm; fibra: 15 cm; bastón: 70 cm; lentes: 16 cm y barra: 1 cm.

extiende longitudinalmente desde Las Angosturas hasta el Campo de la Ojota cubriendo un área de 160 km² (Fig. 2a). El resto de los granitoides aflora de manera aislada, como cuerpos elongados, lenticulares y/o tabulares de escala métrica (100 m longitud y 10-50 m potencia) los cuales en conjunto no superan arealmente los 5 km² e intruyen a los granitoides de Punta Grande (ver Cisterna 1992, Cisterna et al. 2004). Los granitoides de Punta Grande (i) se definen principalmente como granodioritas grises que pasan transicionalmente a granodioritas y/o tonalitas grises-verdosas, reconociéndose también variedades de monzogranitos grises-rosados porfíricos y leucotonalitas grises-rosadas porfíricas (Fig. 3a, b, c). La textura dominante de todas las variedades es seriada a porfírica, de grano medio a grueso, con variaciones de texturas equigranulares a seriadas de grano fino. Las rocas se componen esencialmente de cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino, con biotita como máfico principal (2-15 % modal) y hornblenda en menor proporción (1-6 % modal) (Fig. 3d). Además, son comunes como fases accesorias titanita, circón, apatita, pirita, calcopirita, magnetita/ilmenita, y sericita, clorita, epidoto y argilominerales como fases secundarias. Se destaca en algunos afloramientos la orientación subparalela de enclaves y/o fenocristales de feldespatos, evidenciando una grosera foliación magmática. Por su parte, los granitoides rojos de Agua de la Zorra (ii) están dominados por granodioritas rojizas-grisáceas y monzogranitos rojos a rosados-verdosos (Fig. 3e, f). La textura es seriada a porfírica de grano medio a grueso, aunque hay variedades con textura equigranular de grano fino. Estas rocas se destacan por presentar características similares a las de Punta Grande, pero evidenciando un marcado proceso de alteración y feldespatización generalizada. Se componen de cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino, con solo biotita como máfico principal (5-10 % modal). Como accesorio presentan circón, apatita, pirita, magnetita/ilmenita, y sericita, clorita, mica blanca (Ms; símbolos según Kretz 1983), epidoto y argilominerales como fases secundarias. Por último, los granófilos y pórfidos de Las Angosturas (iii) se definen esencialmente como monzogranitos rojos a morados-verdosos. La textura es porfírica de grano medio con fenocristales de cuarzo, feldespato (Pl-Kfs) y una matriz afanítica microgranosa a granofírica aunque en ocasiones muestran textura esferulítica y vesículas localizadas. Los minerales esenciales (cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita) son comúnmente acompañados de fases accesorias como apatita y circón (ver detalles en Cisterna 1994, Cisterna et al. 2004).

Formación Suri

En la región norte del Sistema de Famatina la Formación

Suri aflora en una faja con rumbo N-S de aproximadamente 40 km de largo con un ancho máximo de 10 km, precisamente en la región del valle del río Chaschuil (Figs. 2a y 4). La Formación Suri incluye dos miembros, para los cuales debido a las excelentes exposiciones que presentan se ha podido llevar a cabo el reconocimiento e interpretación de las distintas facies (Figs. 4 y 5), rasgos estructurales y relaciones de campo que conllevan a la interpretación paleoambiental de dicha secuencia.

(I)- Miembro Vuelta de las Tolas: Este miembro fue definido como miembro basal de la Formación Suri por Mángano y Buatois (1994) al sur del río Chaschuil en el sector este del área de estudio (Figs. 2a, 4 y 5), con una potencia máxima de 180 m y facies de fangolitas y limolitas muy silicificadas en la base. Estudios recientes realizados al norte del río Chaschuil (Cisterna et al. 2010a, Cisterna y Coira 2014, Armas et al. 2017) contribuyen y aportan mayor información acerca del mismo. El reconocimiento de facies presentado en este trabajo, sugiere que el Miembro Vuelta de las Tolas está conformado por las facies Br/p/m, Br/m/m, Br/p/g F/l y F/m (Figs. 3g, h, 4 y 5). A diferencia del sector sur del río Chaschuil, en el área relevada el Miembro Vuelta de las Tolas inicia con facies brechosas, posiblemente correlacionables con la Asociación de facies 3 definida por Mángano y Buatois (1994). En particular la facies Br/p/m se encuentra en la sección basal de la columna estudiada y conforma arealmente casi el 50 % de los depósitos asignados al Miembro Vuelta de las Tolas, al norte del río Chaschuil. Las facies Br/p/m, Br/p/g y Br/m/m se encuentran asociadas mediante contactos netos, en potentes afloramientos continuos de base cubierta, que alcanzan más de 50 m de espesor y extensión lateral de más de 5 km (Figs. 2a y 4). Estas facies presentan mala selección de los fragmentos líticos que ocasionalmente alcanzan los 80 cm de tamaño y esporádicamente muestran gradación inversa (Fig. 5). Dichas características permiten asignarlos a eventos de colapso del aparato volcánico o de plumas de erupción submarina, bajo condiciones de transporte de flujos de detritos de alta cohesividad (Stewart y McPhie 2004). Las últimas facies corresponden a la sección media del miembro y se presentan en cuerpos tabulares con continuidad de 50 m y potencias de 20 a 25 m. En los niveles superiores yacen las facies F/l y F/m asociadas en estratos tabulares muy discontinuos (escala métrica) y potencias de entre 10 y 15 m.

El arreglo y distribución espacial de las facies asignables al Miembro Vuelta de las Tolas, permiten interpretar un ambiente depositacional vinculado a *apron* volcanogénico submarino, coincidente con lo mencionado por Mángano y Buatois (1994) para los estudios realizados al sur del río

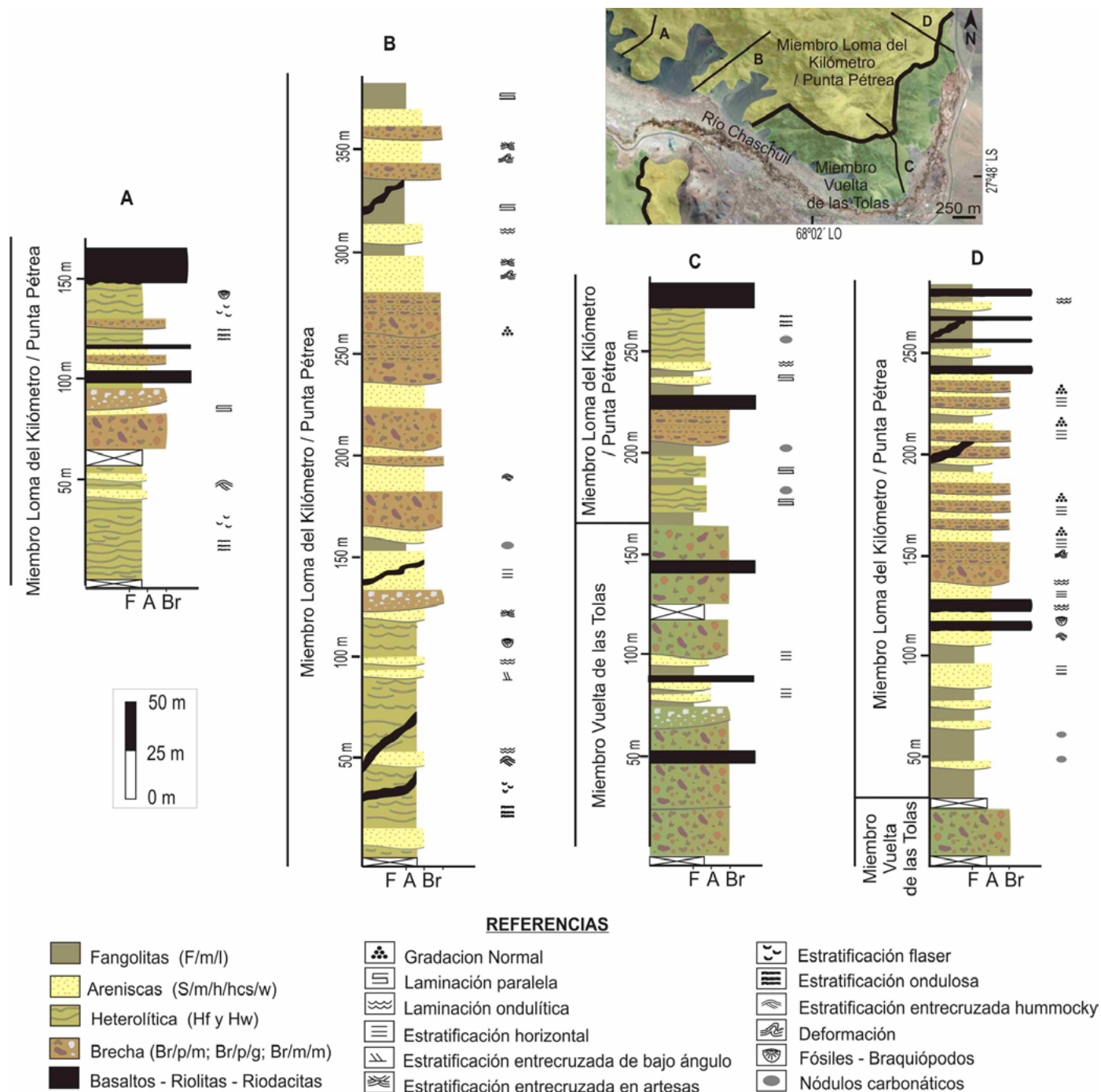


Figura 4. Perfiles sedimentarios de detalle de la Formación Suri y sus miembros, relevados en la sección Las Angosturas-Puesto Chaschuil. Se incluye el mapa litoestratigráfico de la Formación Suri para el segmento norte del río Chaschuil, con la relación entre los miembros de dicha formación.

Chaschuil. El análisis de facies en este tipo de ambiente proporciona información de la historia eruptiva e inter-eruptiva a largo plazo del vulcanismo, debido a su proximidad a la fuente (Allen et al. 2007). Teniendo en cuenta las características de la facies brechosas identificadas, podría considerarse que las mismas corresponden al sector proximal a medio de los apron volcanogénicos, ya que es donde predominan los eventos de avalancha y el continuo suministro de material grueso y

texturalmente inmaduro (Reading 1991). El crecimiento del aparato volcánico y la actividad sísmica asociada, generan altos gradientes y tasas de sedimentación a partir de los tipos de flujos mencionados anteriormente. Tales depósitos son cubiertos por brechas con alto porcentaje de material pumíceo (Br/p/g) señalando los últimos eventos eruptivos. La columna de este miembro culmina con el desarrollo de las facies F/l y F/m (Fig. 4), vinculadas a ambientes tranquilos y profun-












| FACIES | | DESCRIPCIÓN | INTERPRETACIÓN |
|--|---|--|--|
| Bm Brecha monomítica masiva |  | Matriz soportada, clastos subangulosos de entre 4 cm y 15 cm. Composición riolítica. Disposición caótica y fábrica desorganizada. Matriz: arena media. Cuerpos tabulares de hasta 20 m de potencia, contactos netos. | Flujos de detritos volcanogénicos con alta cohesividad. |
| Brpm Brecha polimítica masiva |  | Matriz soportada, clastos angulosos a subangulosos y subredondeados de entre 3 a 30 cm de tamaño de riolitas, dacitas, basaltos, fangolitas y fragmentos pumíceos. La matriz es de arena fina a media. Fábrica desorganizada a cruda estratificación. Cuerpos irregulares elongados de más de 50 m. | |
| Brpg Brecha polimítica gradada |  | Matriz a clasto soportada, clastos angulosos y subangulosos de entre 1 y 6 cm de fragmentos pumíceos principalmente, y de riolitas, basaltos y fangolitas en menor medida. La matriz es tobacea a lapilítica. Cruda estratificación con gradación inversa en set de hasta 15 cm de potencia. Estratos de 50 a 70 cm de potencia. Cuerpos lenticulares y tabulares de hasta 2 metros de espesor, con extensión lateral de hasta 40 m. | Corrientes de turbidez de alta densidad |
| Sm Areniscas macizas |  | Areniscas de grano medio masivas. Concentraciones en pavimento de braquiópodos articulados de entre 0.5 y 7 cm y gastrópodos de manera subordinada. Presenta componentes piroclásticos en ocasiones. Cuerpos tabulares de hasta 20 m de potencia con contactos netos. | |
| Sh Areniscas con estratificación horizontal |  | Sabulitas y areniscas gruesas a medias, con set de entre 10 y 20 cm de estratificación horizontal y en menor medida estratificación entrecruzada de muy bajo ángulo. Gradación difusa inversa y normal. Estratos tabulares de hasta 70 cm de espesor. Cuerpos de hasta 15 m de potencia. | Depósitos de alto régimen de flujo por corrientes diluidas. |
| Shc Areniscas con estratificación entrecruzada hummocky |  | Areniscas de grano fino a medio, con estratificación entrecruzada hummocky en sets de hasta 20 cm de potencia. Incluye concentraciones en pavimento de braquiópodos articulados de entre 0.5 y 5 cm de tamaño. Se dispone en cuerpos tabulares con contactos netos alcanzando hasta 5 m de potencia. | Combinación de flujos oscilatorios y corrientes unidireccionales. |
| Sw Areniscas con óndulas |  | Areniscas de grano fino con laminación de óndulas simétricas. Conforman estratos de potencias que varían entre 0.5 y 20 cm, en cuerpos tabulares o acuñados lateralmente con contactos netos. Ondulas en superficies estratales. | Acción de oleaje. |
| Hf Heterolítica con estratificación flaser |  | Alternancia de capas de arenisca muy fina y capas de fangolitas conformando estratificación flaser con ondulas de entre 0.3 y 0.5 cm de alto y hasta 3 cm de longitud de onda. Se dispone en estratos con morfologías tabulares, límites netos, y potencias que no superan los 5 m. | Acción de oleaje y procesos alternantes tracción |
| Hw Heterolítica con estratificación ondulosa |  | Alternancia de capas de arenisca muy fina y capas de fangolitas, estratificación ondulosa en sets que varían de entre 0.3 a 0.9 cm de potencia. Estratos tabulares con límites netos y potencias de hasta 4 m. Concentraciones en pavimento de braquiópodos articulados que presentan tamaños entre 0.5 y 3 cm. Estructuras de marcas de cargas y laminación convoluta. | Oleaje. Tracción - decantación. Tormentas y depositación repentina de materiales |
| Fl Fangolitas y limolitas con laminación paralela |  | Alternancia de sets de entre 5 y 10 cm de limolitas con componentes piroclásticos, con niveles de hasta 3 cm de fangolitas conformando laminación plano paralela. Se dispone en estratos tabulares de entre 20 y 50 cm de potencia y extensión lateral de cientos de metros. | Decantación y flujos de corrientes de turbidez de baja concentración. |
| Fm Fangolitas y limolitas masizas |  | Estratos tabulares de 40 cm en cuerpos de hasta 2 m de potencia y con gran extensión lateral. Concentraciones de fósiles en pavimento de braquiópodos articulados con tamaños de entre 0.5 y 4 cm. | Decantación del material en suspensión. |

Figura 5. Tabla de facies definidas para los miembros Vuelta de Las Tolas y Loma del Kilómetro/Punta Pétreo (Formación Suri) para la sección sur del río Chaschuil, donde se detallan sus características e interpretaciones.

dos de sedimentación, en los que domina la decantación y corrientes muy diluidas. La disposición de tales facies en el tramo superior del miembro, indica disminución en la actividad volcánica y consecuente calma tectónica con ascenso del nivel mar (Armas et al. 2017).

El relevamiento estructural sistemático realizado en todos los afloramientos de este miembro, tanto al norte como al sur del Chaschuil, evidencia que los planos de estratificación (S0, ver Fig. 2b), muestran una disposición espacial recurrente con rumbo dominante NO-SE (plano medio estadístico 307° N) y buzamiento constante de mediano a bajo ángulo (buzamiento medio estadístico 30°) hacia el NE. Cabe destacar, que la fábrica S0 en el Miembro Vuelta de las Tolas tanto en su localidad tipo (sur de río Chaschuil, alrededores del paraje homónimo) como en los segmentos aledaños al puesto Don Estanislao (norte río Chaschuil, ver Fig. 2a, b), exhiben solo variaciones en los rumbos con una fluctuación entre 280° y 355° N, revelando solo de manera local un leve plegamiento suave y abierto (*gentle fold*: ángulo interlimbo 160° - 175°).

(II) - Miembro Loma del Kilómetro / Punta Pétreá: El miembro medio de la Formación Suri fue denominado Loma del Kilómetro por Mángano y Buatois (1994), quienes proponen que al sur del río Chaschuil se encuentra la sección basal y media del mismo, mientras que al norte del río se expone la sección superior alcanzando una potencia total de 150 m. Por su parte el miembro superior de la formación llamado y definido como Punta Pétreá por Mángano y Buatois (1994), sólo está determinado al norte del río Chaschuil frente a la localidad de Loma del Kilómetro (Figs. 2a y 4), con una potencia máxima de 100 m. El análisis sedimentológico realizado al norte del río Chaschuil revela que tales miembros se interdigitan, definiendo entre ambos un tramo grano-estratocreciente y un tramo con tendencia grano-estratodecreciente (Figs. 4 y 5). Por esta razón y basados en las relaciones estratigráficas-sedimentológicas que los caracterizan, en este trabajo se los agrupa bajo una sola denominación: Miembro Loma del Kilómetro/Punta Pétreá.

El tramo inferior del miembro se inicia al sur del río Chaschuil, con cuerpos potentes tabulares de más de 50 m de espesor y continuidad lateral de decenas de metros (Fig. 3i, j), conformado principalmente por las facies F/m y F/l (Fig. 5), tendiendo al incremento de la facies S/w en los niveles superiores. Esta asociación y arreglo facial sugiere el pasaje de depósitos por decantación en ambiente de plataforma externa a sectores de plataforma media, por encima del nivel de base de olas de tormentas, demostrado por la preservación de las óndulas de oleaje en los topes de los estratos. Supra-

yacen a estos cuerpos una asociación que incluye las facies S/hcs, S/m, S/w, H/w y H/f (Figs. 4 y 5) expuesta especialmente al norte del río Chaschuil, donde alcanza más de 100 m de potencia y presenta una continuidad lateral de más de 5 km (Figs. 2a y 4). La buena preservación de esta asociación permite delimitar contactos netos entre las facies, sugiriendo la alternancia de eventos de tormentas (Shcs) y el retrabajo por acción de oleaje en el tope de los cuerpos (Sw), con la depositación de fangolitas en periodos de aguas calmas. El desarrollo de facies heterolíticas indica condiciones de baja y alta energía asociadas a tales eventos de tormentas. Por otro lado, los pavimentos de fósiles en el tope de areniscas muy finas a finas con estratificación entrecruzada hummocky, se interpretan como depósitos desarrollados con posterioridad a un evento de sedimentación episódica. Dicha asociación de facies corresponde a procesos de sedimentación en el sector de plataforma interna (Ando 1990) a *shoreface* inferior (Einsele 2000), por debajo del nivel de olas de buen tiempo.

Considerando la propuesta de organización estratigráfica de Mángano y Buatois (1994), el tramo superior del miembro con tendencia grano-estratodecreciente, involucra los depósitos referentes al Miembro Punta Pétreá expuesto únicamente en el sector noroeste del área al norte del río Chaschuil, y culmina con depósitos correspondientes al Miembro Loma del Kilómetro (Figs. 2a y 4). La sección basal de este tramo está integrada por cuerpos con potencias aproximadas de 50 m y reducida continuidad lateral (20 a 150 m), constituidos por las facies Br/m/m, Br/p/m, Br/p/g y S/m (Figs. 4 y 5). Estas facies se asocian mediante contactos netos y en ocasiones presentan geometría cóncava, sugiriendo el pasaje y transformación de flujos de detritos con una considerable densidad (Brmm y Brpm) a corrientes de turbidez (Sm). En el caso de Br/m/m, la composición monomítica y la morfología de los litoclastos que componen dicha facies sugieren proximidad al aparato volcánico, mientras que el resto de las facies representa el transporte en sectores más distales con variaciones del material aportado y retrabajo de componentes piroclásticos de caída (Fig. 5). La disposición de las mencionadas facies indica la progradación de detritos volcánicos sobre la plataforma adyacente al centro efusivo. Este tramo superior culmina con cuerpos potentes tabulares de más de 3 m de potencia y continuidad lateral kilométrica (> 2 km) de facies F/m y F/l (Fig. 5), asignable al retorno de la sedimentación en ambiente de plataforma externa y consecuentemente ascenso del nivel del mar. Las interpretaciones paleoambientales aquí establecidas son coincidentes con aquellas propuestas por Mángano y Buatois (1994).

El análisis estructural en los afloramiento de las secuen-

cias del Miembro Loma del Kilómetro/Punta Pétreo, tanto al sur del río Chaschuil (localidad tipo Loma del Kilómetro) como al norte del río (pedanías de puesto Don Estanislao y en la transecta que une dicho puesto con las quebradas Punta Colorada y Los Negros), revelan una disposición espacial de los planos de la estratificación (S_0 , Fig. 2b) similar a la mencionada para el Miembro Vuelta de la Tolas, con rumbo dominante NO-SE (plano medio estadístico 318° N) y buzamiento constante de mediano ángulo (buzamiento medio estadístico 24°) hacia el NE. Asimismo, el Miembro Loma del Kilómetro/Punta Pétreo también presenta a lo largo de toda el área estudiada recurrentes variaciones en los rumbos entre 295° y 350° N, mostrando un localizado plegamiento abierto (*gentle fold*: ángulo interlimbo 155° - 175°). Cabe señalar, que de manera puntual en la sección al norte del río Chaschuil en un segmento triangular de 1.5 km^2 frente a la quebrada Agua de Las Zorras (ver Fig. 2a, b), este miembro presenta variaciones en su fábrica S_0 . Ésta denota poblaciones de rumbos con planos medios estadísticos 298° N y buzamiento de mediano ángulo (buzamiento medio estadístico 40°) al O. Esto último sugiere para el sector norte del río Chaschuil un plegamiento sinforme abierto de longitud de onda $> 600 \text{ m}$, cuyo eje axial se dispone en dirección N-NE y afecta a una parte del miembro analizado.

Formación Las Planchadas

Esta formación fue definida por Turner (1967), para agrupar solo a las rocas volcánicas lávicas que afloran en los alrededores de los cerros Punta Colorada, en el sector de La Lagunita y en la quebrada Los Negros (Fig. 2a). El estudio desarrollado en el presente trabajo indica que dicha formación se encuentra espacialmente concentrada abarcando gran parte del segmento occidental y centro-occidental de la comarca, constituyendo afloramientos que cubren un área superior a los 170 km^2 (Fig. 2a). Asimismo, su desarrollo se extiende tanto al norte como al sur fuera de los límites del área aquí estudiada. El desarrollo de una cartografía detallada de la zona, aunado a las relaciones de campo entre las diferentes litologías y las características petrológicas, geoquímicas y edades, llevó a agrupar en este trabajo bajo la denominación de Formación Las Planchadas a un conjunto de litologías plutónicas, subvolcánicas y volcánicas que presentan relaciones espaciales y temporales características de una secuencia magmática afín. Debido al análisis conjunto de datos y al vínculo geológico-temporal entre las rocas plutónicas y volcánicas, en el presente trabajo se propone agrupar como parte de la Formación Las Planchadas a rocas que conforman dos miembros geológicamente relacionados: Miembro Punta Co-

lorada y Miembro Pastos Largos (Figs. 2a y 6a-f). El primer miembro congrega al conjunto de rocas plutónicas graníticas y gábricas, en tanto que el segundo miembro involucra esencialmente a las rocas volcánicas y subvolcánicas (riolitas, dacitas, andesitas/basaltos) presentes en la zona.

(I)-Miembro Punta Colorada: Las litologías que definen a este miembro se encuentran espacialmente concentradas abarcando el segmento occidental y centro-occidental de la comarca. Constituyen afloramientos amplios que cubren un área de alrededor de 100 km^2 , conformando cuerpos elongados con rumbo norte-sur y de morfologías subredondeadas. La presencia de este miembro es ubicua en la transecta que une el cerro Pastos Largos, al norte, con la desembocadura de la quebrada Punta Colorada, al sur, sobre la margen oriental del río Chaschuil (Fig. 2a). Cabe resaltar, que fuera del área analizada en el presente trabajo, este miembro también se presenta, cubriendo un área de 50 km^2 en la zona de El Portillo-Ciénaga Grande y en afloramientos menores de 5 km^2 en el cerro Áspero, dentro de la quebrada Los Taros, también al sur del Portal de La Ojota y en el inicio de la quebrada Los Negros (Fig. 2a). Como parte de este miembro se ha agrupado a un conjunto de rocas como (i) *stock* monzogranítico, (ii) diques y/o *sills* aplíticos monzo-sienograníticos y (iii) diques y/o *sills* microgábricos, las cuales originalmente fueron consideradas como parte de la Formación Narvéez por Turner (1967) (Fig. 7a-f). Debido a que presentan características petrológicas, relaciones de campo y edades diferentes a las rocas graníticas aunadas en la Formación Narvéez, aquí se propone darle entidad litoestratigráfica propia y separarlas dentro de una formación distinta. El Miembro Punta Colorada muestra una relación de intrusividad con las rocas de la Formación Suri, esto es claramente visible en la naciente de la quebrada Los Negros y en la desembocadura de la quebrada Punta Colorada (Fig. 6b-d, f). Además, los cuerpos mayores de dicho miembro son intruidos en toda su extensión por diques y/o *sills* riolíticos/dacíticos/basálticos del Miembro Pastos Largos, y pasan localmente en transición hacia el techo a cuerpos esencialmente laminares lávicos. Las rocas del Miembro Punta Colorada están presentes tanto en el cerro Punta Colorada como en las nacientes de la quebrada homónima, así como también al oriente del cerro Pastos Largos en pedanías a La Lagunita y en la naciente de la quebrada Los Negros (Figs. 2a, 6d, f y 7a). Las rocas agrupadas dentro del denominado *stock* monzogranítico (i), se definen principalmente como mozogranitos rosados que pasan transicionalmente y de manera localizada a mozogranitos grises-rosados (Fig. 7b, d, f-h). Se muestran en cuerpos subredondeados con diaclasado intenso, destacándose en la parte cuspidal de



Figura 6. Grupo Chaschuil: a) Foto vista al sureste de las relaciones estratigráficas entre las formaciones del Grupo Chaschuil; b) Foto de los miembros de la Formación Suri en su localidad tipo (vista al suroeste) y su relación con la Formación Las Planchadas; c) Foto del puesto Chaschuil (vista al suroeste), mostrando la intrusividad en la Formación Suri de los domos/criptodomas del Miembro Pastos Largos; d-f) Vista al sur y oeste de la Formación Las Planchadas con la relación estratigráfica de sus miembros; e) La Formación Las Planchadas en la localidad El Portillo; se señala la relación de los miembros plutónicos y volcánicos.

éstos la presencia marcada de vesículas elongadas y orientadas de manera subparalela ($N 85^{\circ}/49^{\circ} O$) (Fig. 7d). Los cuerpos mayores de monzogranitos son intruidos en sectores por enjambres de diques aplíticos sieno-monzograníticos de bordes netos y sin evidenciar reacción alguna, cuyo espesor varía de 0.30 a 2 m y su longitud es superior a 10 m (Fig. 7a-c). Además, muestran relaciones de intrusión y retrointrusión con cuerpos de morfología lenticular a tabular de microgabros o microgabros cuarzosos (0.5 a 2 m espesor y 5-10 m longitud), los cuales poseen desde bordes netos hasta transicionales en zonas donde se evidencia una clara interacción/hibridización entre ambas litologías (Fig. 7b, c). La textura de los monzogranitos es inequigranular predominantemente hipidiomórfica con algunas variaciones a alotriomórfica. Son rocas de grano medio que en sectores se reduce a un tamaño fino. En algunos casos muestran texturas porfíricas, con fenocristales de feldespato alcalino y/o plagioclasa de hasta 1 cm en su eje mayor, inmersos en una matriz alotriomórfica de grano fino (Fig. 7g, h). Se componen esencialmente de cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino, con biotita como mafito común (1-4 % modal), aunque localmente también muestran hornblenda en escasa proporción (< 1 % modal). Son comunes como fase accesoria circón, apatita, muscovita, epidoto y allanita. Usualmente se reconocen también como fases primarias pirita y magnetita/ilmenita, estas determinadas bajo análisis por mi-

crosonda. En muchos casos los monzogranitos muestran un grado alto de alteración hidrotermal, con desarrollo de fases secundarias dominadas por sericita, clorita, epidoto, argilominerales (caolinita) y óxidos de hierro.

Los diques y/o *sills* aplíticos monzo-sienograníticos (ii), se distribuyen de manera generalizada y en abundante proporción, siempre intruyendo y acumulándose con mayor frecuencia en las partes de bordes y techos de los stocks graníticos (Fig. 7a). Localmente también se presentan asociados especialmente a diques de composición riolítica y dacítica (Fig. 7f). Se disponen con morfologías tabulares a sublenticulares, con bordes rectos o localmente curvos. Exhiben una tonalidad rosada clara y su tamaño es variable, aunque el espesor puede ser entre 0.5 a 1 m y su longitud siempre superior a 10 m, logrando alcanzar los 30 m. El contacto con los cuerpos hospedantes es neto y sin evidencias de reacción. Asimismo, en un solo ejemplo donde la potencia del dique es superior a 50 cm, se observa un borde de reacción entre los cuerpos de 10 cm de espesor, destacándose un incremento en el contenido de feldespato potásico y biotita. En algunos sectores se muestra una mayor concentración de diques graníticos, conformando enjambres de 5 a 10 cuerpos tabulares finos, que muestran en conjunto un entramado entrelazado complejo (Fig. 7a). La disposición espacial de los cuerpos es variante, aunque regularmente muestran rumbos NE-SO ($N 25^{\circ}$ a N



Figura 7. Formación Las Planchadas (Miembro Punta Colorada): a) Foto panorámica (vista noroeste), exhibiendo stock monzogranítico intruido en las partes cuspidales por enjambres de diques aplíticos sieno-monzograníticos. La coloración rojiza-anaranjada indica la alteración hidrotermal de las rocas; b) Foto de detalle de stock monzogranítico intruido por diques sin-magmáticos de bordes curvos, ramificaciones y que disectan a los enclaves máficos. Numerosos enclaves de gabros de grano fino indican una mezcla incompleta de lo magmas; c) Afloramiento de monzogranito con mezcla parcial de magmas (*mingling*); los contactos entre el gabro y el monzogranito son irregulares. Se muestran inclusiones de fragmentos de granito en el intrusivo máfico e inyección aplítica tardía-magmática; d) Parte cuspidal de un monzogranito, denotando una textura de afloramiento rugosa dada por la presencia de vesículas elongadas; e) Afloramientos exhibiendo diques de gabro de grano fino que intruyen a los monzogranitos; f) Foto vista al norte de la zona de cúspide de los monzogranitos, intruida por dique dacítico del Miembro Pastos Largos; g) Fotomicrografía a nicols cruzados de monzogranito, exhibiendo la textura hipidiomórfica inequigranular dominante y las fases minerales esenciales. Los feldespatos muestran la alteración marcada a sericita y argilominerales; h) Fotomicrografía a nicols cruzados del contacto neto sin reacción entre un dique sienogranítico de grano muy fino en parte aplítico (extremo inferior izquierdo) y un monzogranito de grano medio (extremo superior derecho); i) Fotomicrografía a nicols paralelos de gabro hornbléndico de grano fino-medio; la Pl posee una sericitización generalizada; j) Fotomicrografía a nicols paralelos de zona de mezcla entre granitos y gabros; se muestra Kfs englobando a Pl-Hbl. Escalas: masa chica: 30 cm; masa grande: 75 cm; piqueta: 30 cm; escala plástica: 10 cm y barras: 1 cm.

80°) y buzamiento de mediano ángulo al E (52° a 60° E). Los diques monzo-sienograníticos muestran textura inequigranular alotriomórfica, con tamaño de grano fino a medio que en sectores se reduce a un tamaño muy fino. Se componen de cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino, con biotita como mafito común (1-2 % modal). Como accesorios predominan circón, apatita, muscovita y allanita. También presentan piritita y magnetita/ilmenita primarias, estas determinadas bajo análisis por microsonda. Se destaca la presencia de sericita, clorita y caolinita como minerales secundarios.

Finalmente, los diques y/o *sills* microgábricos (iii) están en abundante proporción, siempre intruyendo tanto al stock monzogranítico como a los diques aplíticos monzo-sienograníticos. Muestran morfologías lenticulares con bordes curvos o tabulares con bordes rectos. Generalmente son de tonalidades negras que pasan localmente a grises-verdosas (Fig. 7c, e). Los cuerpos de microgabros son de tamaño muy variable, y en general su espesor es de 0.5 a 2 m y su longitud > 10 m. Es de resaltar que algunos cuerpos están desmembrados, llegando a tamaños de 0.20 m de potencia y 0.50 m de longitud. El contacto con los cuerpos hospedantes es variable desde neto y sin reacción, hasta transicional con zonas de interacción, con ejemplos donde hay evidencia de retrointrusión con los monzogranitos (Fig. 7c). En estos ejemplos, lentes gábricos pequeños son rodeados y desmembrados por los magmas graníticos, mostrando una zona de mezcla e hibridación (composición monzogábrica) entre ambas rocas (Fig. 7b). Los diques de microgabro de dimensiones mayores, se disponen con dos rumbos predominantes NE-SO (N 45° a N 60°) y NO-SE (N 285° a N 300°) y buzamiento de mediano ángulo al E (42° a 50° E). La textura de estas rocas es en algunos casos inequigranular bimodal hipidiomórfica, variando por sectores a microporfírica con fenocristales de anfíbol o plagioclasa y pasta microcristalina máfica, y aisladamente texturas lamprofírica y/o diabásica intersectal. Muestran tamaño de grano fino a muy fino, aunque puntualmente es de tamaño medio ligado a la presencia de fenocristales (Fig. 7i, j). Se componen esencialmente de anfíbol (hornblenda) y plagioclasa, y como accesorio común apatita, circón y opacos. Como fases secundarias muestran variada proporción de epidoto, sericita, clorita y argilominerales.

(II)-Miembro Pastos Largos: Este miembro está caracterizado por un conjunto litológico que se dispone abarcando afloramientos amplios dentro de la sección noroccidental del área estudiada. Los afloramientos más destacados se presentan en la zona media y cuspidal de las serranías que comprenden las nacientes de la quebrada Punta Colorada y el cerro Pastos Largos, todos estos en la margen oriental del río

Chaschuil (Figs. 2a y 6d). Sin embargo, también están como afloramientos aislados conformando los pequeños cerros aledaños al puesto Chaschuil o cuerpos decámetros intercalados con las secuencias de la Formación Suri en el segmento centro-oriental del área de trabajo. Es de destacar que fuera del área aquí analizada, este miembro presenta afloramientos que cubren superficies superiores a los 50 km², destacándose sus mayores potencias (> 600 m) en la transecta que une el cerro Las Planchadas, al norte, con El Crucillo, al sur (Fig. 2a). Además, se extiende su desarrollo hacia el sur de la comarca, en la zona cuspidal de los cerros Los Negros de Chaschuil y en El Portillo (Figs. 2a y 6e).

Las rocas que conforman el miembro están caracterizadas por ser todas de naturaleza volcánica y varían desde composiciones riolíticas a dacíticas y andesíticas/basálticas. Algunas de estas rocas fueron definidas por Penck (1920) bajo la denominación de 'felsitas', siendo posteriormente en parte agrupadas formalmente como Formación Las Planchadas por Turner (1967). Dada su íntima relación de campo, su vínculo de contactos, edades e interacción con las rocas plutónicas del Miembro Punta Colorada, en esta contribución se propone agruparlas como el miembro volcánico de la Formación Las Planchadas. Dichas rocas constituyen cuerpos que afloran con tres patrones diferentes: (i) Diques y/o *sills* riolíticos, dacíticos y andesíticos/basálticos; (ii) Domos y criptodomos dacíticos y riolíticos; y (iii) Cuerpos laminares dacíticos y riolíticos (Fig. 6b, c, d, e, f). Las rocas de este miembro (diques y criptodomos) muestran una relación de intrusividad con las rocas de la Formación Suri, lo que es visible en la naciente de la quebrada Los Negros, en el sector El Crucillo y en la desembocadura de la quebrada Punta Colorada. La misma relación espacial se observa en cuerpos aislados presentes dentro de las secuencias volcano-sedimentarias de la margen nor-occidental del río Chaschuil, entre los parajes Vuelta de las Tolas y Gallina Muerta. Asimismo, intruyen como diques al Miembro Punta Colorada y en ocasiones muestran un pasaje tanto transicional como neto, desde los cuerpos graníticos a los cuerpos laminares del Miembro Pastos Largos (Figs. 6d, e y 8a). Estas últimas relaciones se observan con claridad en las pedanías del cerro Punta Colorada, en La Lagunita y en la naciente de la quebrada Los Negros (Figs. 2a; 6d y 8a).

Las rocas del Miembro Pastos Largos agrupadas como diques y/o *sills* (i), son principalmente riolitas y dacitas, aunque también hay otros de composiciones más básicas (andesitas/basaltos) (Fig. 8b, c). Se muestran conformando cuerpos tabulares de 2 a 10 m de potencia y > 50 m de longitud, dispuestos con contactos netos en general discordantes con la superficie estratal de las secuencias volcano-sedimentarias

de la Formación Suri, aunque hay algunos ejemplos en que su relación es de concordancia local. Por otra parte, también conforman cuerpos tabulares a lenticulares, de 5 a 8 m de potencia y > 100 m de longitud, y localmente cuerpos pequeños (~ 50 cm potencia y 10 m longitud) situados en los sectores medios y cumbrales de los *stocks* graníticos del Miembro Punta Colorada (Fig. 7f). La disposición espacial de los diques y/o sills es muy irregular, aunque hay una tendencia general que indica un rumbo E-O (N 80° a N 105°) y buzamiento entre 55° a 75° E. Macroscópicamente, los miembros ácidos (dacitas-riolitas) son de color rosado a ligeramente rojizos, aunque hay variaciones a tonos grises claros y amarillos, en tanto que los básicos (andesitas/basaltos) son esencialmente de coloración negro a negro-verdoso (Fig. 8b, c). Son rocas duras, de fractura irregular y textura predominantemente afanítica (afírica), no obstante hay casos donde se destaca el desarrollo de textura porfírica con fenocristales de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa u hornblenda, piroxeno y plagioclasa de 0.5 cm inmersos en una pasta afanítica o microlítica (Fig. 8d-g). Asimismo, se reconoce la acumulación de cristales en sectores generando agregados glomerofíricos. Normalmente los diques, independientemente de su composición, son masivos, aunque hay ejemplos de diques riolíticos que muestran un bandeado por flujo paralelo al borde de los cuerpos. En muchos casos las vulcanitas son afectadas por procesos de alteración hidrotermal, mostrando cambios mineralógicos con una marcada epidotización, argilitización y cloritización de las mismas.

Por su parte los domos y criptodomas dacíticos/riolíticos (ii) se muestran conformando tres cuerpos, ubicados uno en pedanías al puesto Chaschuil y otros dos sobre la margen occidental del río homónimo, en inmediaciones a la naciente y desembocadura de la quebrada Las Tolitas (Figs. 2a; 6a-d, f y 8h, i). Como generalidad, todos los cuerpos poseen en planta formas elipsoidales a subcirculares, con un eje mayor de 1.5 a 3 km y una potencia aflorante de entre 150 y 630 m, abarcando entre 1.2-3 a 8 km² (Fig. 8h, i). Morfológicamente representan lomadas medias a bajas, redondeadas y cubiertas en sus bordes por material de regolito o derrubios, ocultándose parcialmente su relación con las rocas encajantes. Asimismo, en uno de los cuerpos presentes en la quebrada Las Tolitas se distingue una relación de intrusividad con las rocas volcánico-sedimentarias de la Formación Suri. En este sitio se observa el abovedamiento de los estratos sedimentarios que actúan como parte del techo del pequeño cuerpo ubicado al inicio de la quebrada, caracterizándolo como un típico criptodomo (Fig. 8i). También, se reconoce la intrusión de un enjambre de diques dacíticos que se inicia en el techo

del criptodomo menor, e intruyen al tope y en la lateral a las secuencias volcánico-sedimentarias, asemejando a morfologías de cuerpos tipo apófisis. La roca que compone todos los domos/criptodomas varía desde dacita a riolita y muestra macroscópicamente tonalidad rojiza intensa que se modifica en sectores a blanquecina o pardo-amarillenta. Son rocas de textura afanítica (afírica), aunque localmente muestra un pasaje a dominios con desarrollo de textura porfírica con fenocristales de cuarzo-plagioclasa y escaso feldespato potásico de 0.8-1 cm, inmersos en una pasta afanítica. Se destaca en el domo mayor ubicado en la naciente de la quebrada Las Tolitas, el desarrollo en su borde de típicas texturas esferulíticas, donde las esferulitas llegan a tomar dimensiones de hasta 2 cm de diámetro (Fig. 8j). En las partes basales de los cuerpos dómicos mayores las rocas son masivas, pero hacia las cúspides exhiben superficies onduladas formadas por láminas rojizas y grisáceas que alternan de 1 a 2 cm de espesor, reflejando fluidalidad y un marcado bandeado por flujo. En algunos sectores dicho bandeado se curva, contorsiona y repliega, dando lugar a micropliegues abiertos, asimétricos y/o cerrados. También presentan enclaves de composición básica (andesíticas/basálticas) a modo de glóbulos, con bordes netos, que se disponen tanto orientados en trenes como erráticos dentro de una masa afanítica de composición dacítica/riolítica.

Finalmente, las rocas que conforman los cuerpos laminares dacíticos y riolíticos (iii), se ubican dentro del área estudiada en las zonas aledañas al cerro Punta Colorada, al oeste del paraje La Lagunita y en la naciente de la quebrada Los Negros (Figs. 2a y 6d). En el Cerro Punta Colorada se disponen espacialmente sobre los techos de los cuerpos plutónicos mayores del Miembro Punta Colorada (Figs. 6d y 8a). Además, se presentan en las zonas al este del Médano Atravesado, visible en relación de discordancia respecto a la estratificación *S_v* de las secuencias volcánico-sedimentarias de la Formación Suri (Fig. 2a). Cabe señalar, que éstas rocas desarrollan sus mayores potencias (> 400 m), en los sectores de confluencia de las quebradas Real Colorada-Ciénaga Larga-La Lampaya con composiciones predominantemente riolíticas y localmente dacíticas. Conforman en general cuerpos de morfología laminar de potencias difíciles de estimar debido a la abundante cubierta de derrubios en sus márgenes, aunque pueden variar entre 150 a 300 m, cubriendo en promedio cada afloramiento ~ 2 km². Se presentan como lomadas de baja pendiente constituidas por rocas de colores ocre-amarillentos dada su marcada capa de alteración, aunque en los sectores donde se muestran frescas presentan tonalidades grises. Modalmente varían desde dacitas a riolitas, con tex-

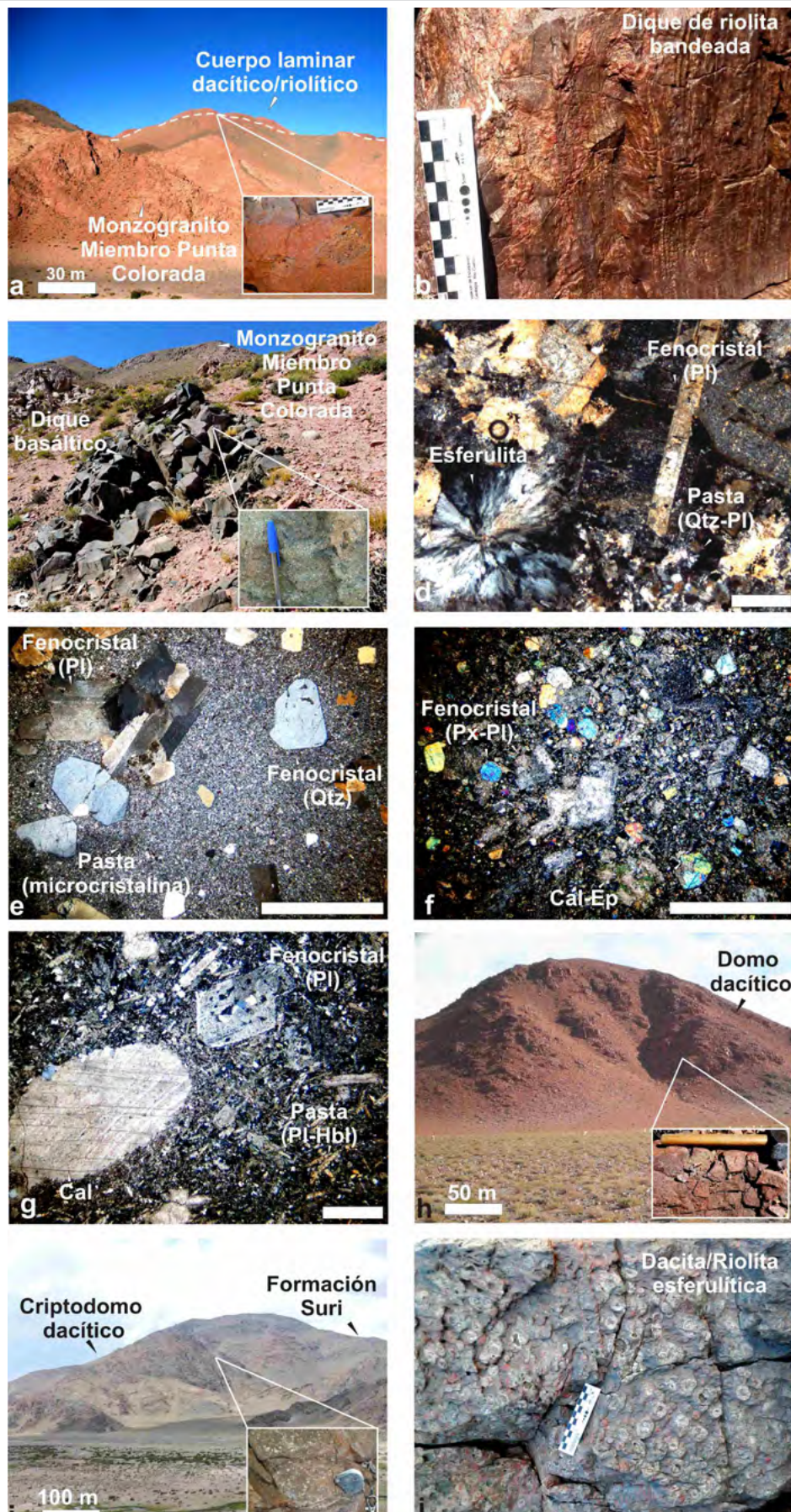
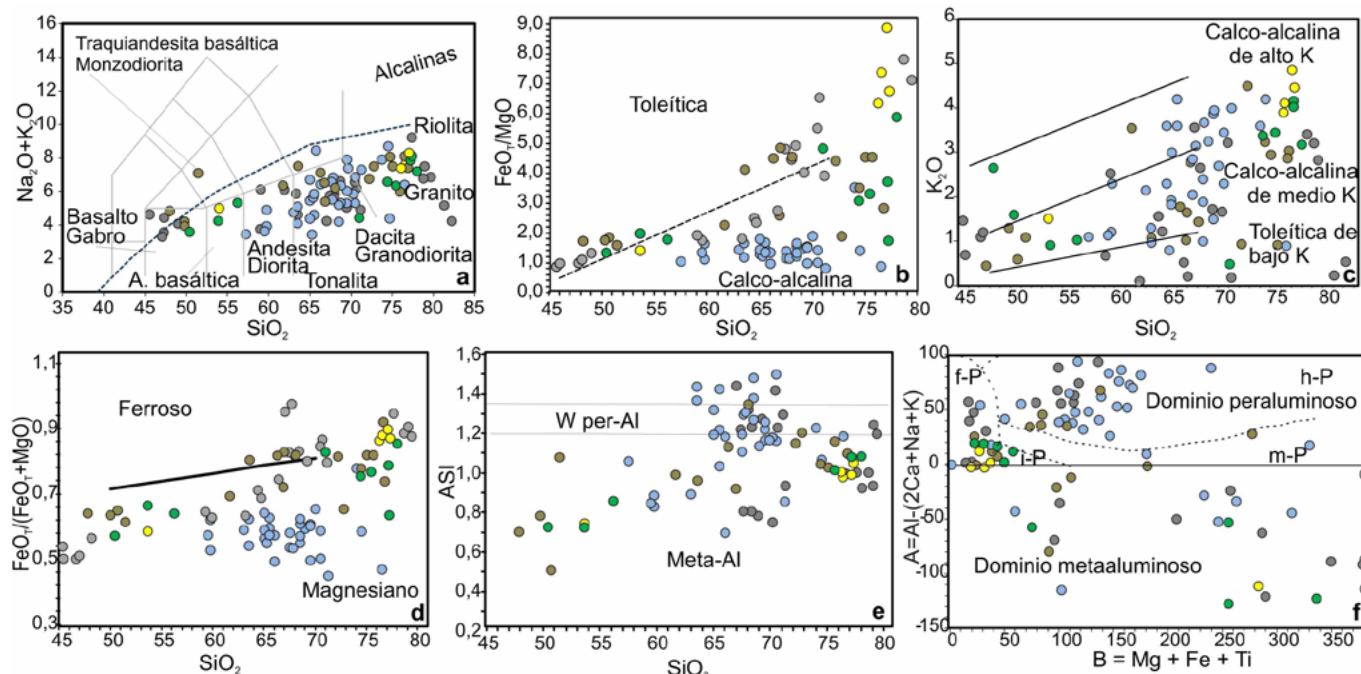


Figura 8. Formación Las Planchadas (Miembro Pastos Largos): a) Foto de la relación entre granitoides del Miembro Punta Colorada y los cuerpos laminares del Miembro Pastos Largos (vista al norte); b) Foto de detalle de dique riolítico, con su coloración rojiza a gris claro, bandeado por flujo y microplegues; c) Dique basáltico intruyendo a granitos del Miembro Punta Colorada; d) Fotomicrografía a nicoles cruzados de riolita con textura esferulítica, con fenocristales euhedrales de Pl y pasta microcristalina; e) Fotomicrografía a nicoles cruzados de dacita con textura porfírica, con fenocristales de Pl-Qtz y pasta microcristalina de Qtz; f-g) Fotomicrografías a nicoles cruzados de dique basáltico de textura microporfírica, con fenocristales en glomérulos de Pl-Px y vesículas rellenas de Cal; h) Foto de domo dacítico al sur del puesto Chaschuil; se muestra un detalle macroscópico de su textura afanítica y tonalidad rojiza; i) Foto de criptodomo en quebrada Las Tolitas con su relación con la Formación Suri (vista al noroeste). Se adiciona un detalle de la textura porfírica con fenocristales de Qtz-Pl en pasta afanítica; j) Domo riolítico-dacítico (naciente de quebrada Las Tolitas), con desarrollo en su borde de textura esferulítica. Escalas: masa chica: 30 cm; lupa 2 cm; lapicera: 15 cm; escala plástica: 10 cm y barras: 1 cm.



- Miembro Punta Colorada (Formación Las Planchadas). Monzogranito, sienogranitos, microgabro.
- Miembro Pastos Largos (Formación Las Planchadas). Riolita, dacita, andesita/basalto intruyendo a Formación Suri
- Miembro Pastos Largos (Formación Las Planchadas). Riolita, dacita, andesita/basalto (Toselli et al. 1990)
- Miembro Pastos Largos (Formación Las Planchadas). Riolita, dacita, andesita/basalto (Cisterna et al. 2010a; 2017)
- Formación Narvéez. Granodioritas, tonalitas, monzogranitos, diorita/gabros, porfidos graníticos (Cisterna et al. 2010a; 2017)

Figura 9. a) Diagrama de Álcalis vs Sílice Total (TAS), con la discriminación entre series de rocas alcalinas y subalcalinas según Irvine y Baragar (1971) tanto para rocas volcánicas como plutónicas (Wilson 1989); b) Diagrama SiO_2 - FeO/MgO de Miyashiro (1974) con la discriminación entre series de rocas calcoalcalinas y toleíticas; c) Diagrama K_2O vs SiO_2 para la subdivisión de la serie subalcalina según Peccerillo y Taylor (1976); d) Diagrama de relación entre $\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})$ vs SiO_2 según Frost et al. (2001); e) Diagrama de índice de saturación de aluminio ASI contra SiO_2 (Shand 1927); f) Diagrama A-B de Debon y Le Fort (1983) modificado por Villaseca et al. (1998) para rocas ígneas. Las divisiones corresponden a: l-P: pobremente peraluminoso; m-P: moderadamente peraluminoso; h-P: altamente peraluminoso; f-P: peraluminoso félsico; metaaluminoso: $A < 0$.

tura por sectores afírica y en otros porfírica con fenocristales de cuarzo, plagioclasa y/o feldespato potásico de 0.6 cm, inmersos en una pasta afanítica o microporfírica. En algunos afloramientos se distingue una alternancia de bandas de 1 cm de potencia de colores rojizos y ocre amarillentos que indica una estructura de flujo magmático.

GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS MAGMÁTICAS DE LAS FORMACIONES NARVÉEZ Y LAS PLANCHADAS

Los datos químicos de óxidos mayoritarios y minoritarios basados en los trabajos de Cisterna (1994, 1998) Cisterna et al. (2004) Cisterna y Coira (2017), indican que las rocas de la Formación Narvéez son clasificadas según el diagrama de álcalis totales vs sílice (TAS) como granodioritas, granitos y en

menor medida tonalitas y dioritas cuarzosas. Todas las rocas de esta formación definen una serie continua de tendencia subalcalina que se ubican en el campo calcoalcalino, con un rango de sílice entre 57.5 % y 76.5 % y un índice de Peacock de 62.5. Muestran valores de álcalis elevados y presentan un índice de aluminosidad (ASI) variante entre 1.0 y 2.1. Son rocas predominantemente peraluminosas con variaciones a metaaluminosas (enclaves tonalíticos-dioríticos) y caen dentro del campo de las rocas magnesianas según la relación $\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})$ vs SiO_2 (Frost et al. 2001). La relación de K_2O vs SiO_2 para la serie subalcalina según Peccerillo y Taylor (1976), muestra que las mismas corresponden a una serie calcoalcalina de medio a alto potasio (Fig. 9a-f). Según la relación A-B del diagrama de Debon y Le Fort (1983) modificado por Villaseca et al. (1998) para rocas ígneas (Fig. 9f), caen en el campo de las rocas altamente peraluminosas con algunas variaciones metaaluminosas, correspondientes a las rocas

Cuadro 1. Datos geoquímicos de concentración de elementos mayoritarios en roca total, para muestras de rocas plutónicas y volcánicas de la Formación Las Planchadas (Grupo Chaschuil). Las determinaciones fueron realizadas en ACTLABS Canadá, utilizando los protocolos para el código Lithoresearch.

| Cuadro 1: Datos geoquímicos del Grupo Chaschuil | | | | | | | | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|
| Litología | Monzogranito | Monzogranito | Monzogranito | Sienogranito | Gabro hornbléndico | Dacita | Basalto | Riolita | Andesita basáltica | Riolita |
| Formación | Las Planchadas | Las Planchadas | Las Planchadas | Las Planchadas | Las Planchadas | Las Planchadas | Las Planchadas | Las Planchadas | Las Planchadas | Las Planchadas |
| Miembro | Punta Colorada | Punta Colorada | Punta Colorada | Punta Colorada | Punta Colorada | Pastos Largos | Pastos Largos | Pastos Largos | Pastos Largos | Pastos Largos |
| Muestra | CHS48 | CHD54 | CHS55 | CHS57 | CHS60c | FI34 | FI38 | FI55 | FI56a | FI56b |
| Óxidos mayoritarios (% en peso) | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 76.23 | 76.54 | 77.29 | 77.06 | 53.62 | 70.98 | 50.41 | 77.99 | 56.21 | 74.40 |
| TiO ₂ | 0.20 | 0.17 | 0.17 | 0.11 | 1.30 | 0.40 | 0.94 | 0.12 | 0.92 | 0.25 |
| Al ₂ O ₃ | 12.39 | 12.29 | 12.19 | 12.23 | 16.46 | 13.87 | 16.68 | 12.44 | 16.70 | 13.16 |
| Fe ₂ O ₃ T | 2.10 | 1.85 | 1.60 | 1.28 | 8.85 | 3.97 | 10.42 | 1.24 | 9.17 | 2.65 |
| MgO | 0.33 | 0.25 | 0.19 | 0.18 | 6.24 | 0.82 | 7.77 | 0.21 | 5.13 | 0.86 |
| MnO | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 0.18 | 0.11 | 0.18 | 0.03 | 0.21 | 0.08 |
| CaO | 1.24 | 1.03 | 0.26 | 0.73 | 7.82 | 5.36 | 9.82 | 0.75 | 6.16 | 1.97 |
| Na ₂ O | 3.53 | 3.71 | 3.83 | 3.49 | 3.83 | 3.98 | 2.04 | 4.02 | 4.30 | 3.24 |
| K ₂ O | 3.90 | 4.09 | 4.41 | 4.86 | 1.46 | 0.44 | 1.55 | 3.18 | 1.03 | 3.34 |
| P ₂ O ₅ | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.24 | 0.08 | 0.19 | 0.02 | 0.16 | 0.04 |
| LOI | 0.63 | 0.61 | 0.73 | 0.42 | 2.26 | 1.28 | 3.14 | 0.28 | 6.53 | 2.77 |
| Total | 100.00 | 100.70 | 100.60 | 100.10 | 99.22 | 99.72 | 100.3 | 99.66 | 100.6 | 99.06 |

LOI = pérdida por calcinación; n.d. = bajo el límite de detección; n.a = elemento no analizado; Fe total: Fe₂O₃T.

| Cuadro 1: Datos geoquímicos del Grupo Chaschuil (cont.) | | | | |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Litología | Riolita | Riolita | Riolita | Basalto |
| Formación | Las Planchadas | Las Planchadas | Las Planchadas | Las Planchadas |
| Miembro | Pastos Largos | Pastos Largos | Pastos Largos | Pastos Largos |
| Muestra | FI56c | CHAS17a | CHAS17b | CHAS12 |
| Óxidos mayoritarios (% en peso) | | | | |
| SiO ₂ | 75.43 | 77.12 | 77.20 | 53.61 |
| TiO ₂ | 0.20 | 0.11 | 0.11 | 0.94 |
| Al ₂ O ₃ | 12.77 | 12.44 | 12.13 | 16.91 |
| Fe ₂ O ₃ T | 2.22 | 1.53 | 1.48 | 9.72 |
| MgO | 0.67 | 0.41 | 0.85 | 4.89 |
| MnO | 0.08 | 0.03 | 0.04 | 0.24 |
| CaO | 2.36 | 0.15 | 0.32 | 9.40 |
| Na ₂ O | 2.77 | 4.09 | 3.83 | 3.23 |
| K ₂ O | 3.45 | 4.11 | 4.03 | 0.89 |
| P ₂ O ₅ | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.16 |
| LOI | 3.12 | 0.81 | 1.05 | 6.77 |
| Total | 98.52 | 98.81 | 100.00 | 100.30 |

LOI = pérdida por calcinación; n.d. = bajo el límite de detección; n.a = elemento no analizado; Fe total: Fe₂O₃T.

menos evolucionadas (enclaves tonalíticos-dioríticos).

Por su parte, los datos químicos de óxidos mayoritarios y minoritarios obtenidos en este trabajo (Cuadro 1) para la

Formación Las Planchadas en su Miembro Punta Colorada, muestran que las rocas incluidas en dicho miembro son clasificadas según el diagrama de álcalis totales vs sílice (TAS) como granitos (monzo y/o sienogranitos (i y ii), a partir del conteo modal) y como gabro-diorita (correspondiente a las rocas agrupadas como (iii) diques y/o sills microgábricos), con un rango de sílice entre 54.5 % y 76 %. Las rocas de este miembro definen una serie con tendencia subalcalina según la propuesta de Irvine y Baragar (1971). En general muestran en el diagrama SiO₂-FeO_t/MgO de Miyashiro (1974) una afinidad local a rocas de la serie toleítica, salvo las rocas gábricas que indican típica afinidad calcoalcalina. Cabe mencionar que, para todas las rocas graníticas del miembro, los rangos de SiO₂ (> 75 %) son superiores a los del extremo silíceo del límite del discriminante de series propuesto por Miyashiro (1974). Asimismo, la relación de K₂O vs SiO₂ para la serie subalcalina según Peccerilo y Taylor (1976), muestra que todas las rocas analizadas corresponden a una serie típicamente calcoalcalina de medio a alto potasio. En general los valores de ASI son moderados entre 1.0 y 1.1 para las rocas graníticas y bajos (0.1) para las gábricas. Son rocas predominantemente metaaluminosas según el diagrama ASI vs SiO₂, proyectándose los granitos dentro del campo de las rocas ferrosas y los gabros dentro de las magnesianas según la relación FeO_t/(FeO_t+MgO) vs SiO₂ (Frost et al. 2001). Se-

gún la relación A-B del diagrama de Debon y Le Fort (1983) modificado por Villaseca et al. (1998), los granitos se proyectan en el límite entre rocas peraluminosas y metaaluminosas, salvo los gabros que son típicamente metaaluminosos (Fig. 9a-f), en general desplegando un tren conjunto comparable a típicas rocas de arco magmático. En tanto que las rocas del Miembro Pastos Largos a partir de los datos químicos de este trabajo (Cuadro 1) aunados a datos publicados por Toselli et al. (1990), Cisterna et al. (2010) y Cisterna y Coira (2017), son clasificadas según el diagrama de álcalis totales vs sílice (TAS) como basaltos, andesitas basálticas, andesitas, dacitas y riolitas, con solo tres muestras que se proyectan como traquiandesita basáltica o traquita-traquidacita, con un rango de sílice entre 54 % y 77 %. Las rocas del miembro definen una serie típica subalcalina según la propuesta de Irvine y Baragar (1971), salvo una muestra que entra en el campo de la serie alcalina. En general muestran en el diagrama SiO_2 - FeO_t/MgO de Miyashiro (1974) una afinidad variable entre rocas de la serie toleítica y calcoalcalinas. Asimismo, la relación de K_2O vs. SiO_2 para la serie subalcalina según Peccerilo y Taylor (1976), exhibe que la mayoría de las rocas analizadas corresponden a una serie típicamente calcoalcalina de medio a alto potasio. No obstante, hay nueve muestras que se proyectan dentro de la serie toleítica de bajo potasio, y se puede diferenciar que el porcentaje de K_2O varía de < 1 a 1.5 % en rocas básicas y de 3 a 4.5 % en las rocas más silíceas. En general los valores de ASI son moderados entre 0.5 y 1.2 aunque un número menor de muestras se proyectan con valores superiores a 1.2. Son rocas predominantemente metaaluminosas según el diagrama ASI vs. SiO_2 , con variaciones a peraluminosas y se proyectan tanto dentro del campo de las rocas ferrosas como magnesianas según la relación $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t+\text{MgO})$ vs. SiO_2 (Frost et al. 2001). Según la relación A-B del diagrama de Debon y Le Fort (1983) modificado por Villaseca et al. (1998), se proyectan tanto como rocas peraluminosas como metaaluminosas (Fig. 9a-f).

EDADES, CORRELACIONES ESTRATIGRÁFICAS Y CONSIDERACIONES PETROGENÉTICAS

La estratigrafía expuesta en el presente trabajo, junto a la información de investigaciones previas tanto del segmento geológico estudiado como de áreas adyacentes, muestra una secuencia completa de unidades litológicas vinculadas a la generación y evolución del arco magmático Famatiniano, principalmente ligadas a las unidades supracorticales (Figs. 10 y 11).

En el sector nororiental del área estudiada, se preservan como el registro más antiguo asociado al ambiente geodinámico inicial del arco magmático, los depósitos asignados temporalmente al Cámbrico (Furogiano)-Ordovícico (Tremadociano) basado en la presencia de graptofauna en dichos depósitos (Toro y Brussa 1997, Cisterna 1994, Ortega et al. 2005). Estas rocas corresponden a pelitas y psamitas de ambiente de depositación restringida, intercaladas con niveles efusivos (basálticos y/o riolíticos) sinsedimentarios. Dicho conjunto litológico exhibe evidencias petrológicas que indican que fue afectado por un metamorfismo regional de bajo grado, afirmado en las asociaciones paragenéticas Tr-Chl-Qtz y Qtz-Chl-Ms presentes en dichas metasedimentitas (ver Cisterna 1994). Asimismo, el estudio estructural llevado a cabo por Cisterna y Mon (2014), demuestra que todo el conjunto litológico muestra dos fases de plegamiento que lo distinguen de la Formación Suri, la cual no los registra. La sucesión metasedimentaria y volcánica es intruida por los granitoides que conforman la Formación Narváz, donde las relaciones de campo indican que éstos la han incorporado parcialmente, presentándose como xenolitos cuyos límites se manifiestan localmente difusos (Fig. 3e, f). Asimismo, el análisis petrográfico indica que de manera puntual el calor derivado de los intrusivos genera una textura moteada, con crecimiento de máculas de biotita en los niveles metapelíticos inmediatos al contacto de los cuerpos mayores (Cisterna et al. 2010a, b). Del análisis de la información existente sobre las características geológicas de estas secuencias y basados en las relaciones estratigráficas de campo complejas con las formaciones del Grupo Chaschuil, se propone que a futuro se deberá desarrollar una caracterización profunda de estas secuencias cambro-tremadocianas. Dicha caracterización permitirá evaluar su posible inclusión dentro del Grupo Chaschuil y otorgarle entidad estratigráfica formal.

Tal como se mencionó anteriormente, la Formación Narváz emplazada en las secuencias cambro-ordovícicas, comprende una unidad de granitoides que composicionalmente varían desde tonalitas a granodioritas y/o monzogranitos con algunas rocas dioríticas-gábricas restringidas, los cuales representan la primera evidencia de la presencia de rocas plutónicas supracorticales ligadas al magmatismo Famatiniano. Las características texturales y el análisis petrográfico de detalles junto a la información aportada en distintos estudios confirman que dicha formación intruye niveles corticales someros sugiriendo un emplazamiento a presiones inferiores a 3 Kbar (Cisterna 1994, Cisterna y Coira 2017). El análisis presentado de las características geoquímicas, comparativo con la información de geoquímica de elementos traza y re-

laciones isotópicas ampliamente desarrollada en la literatura ligada al magmatismo Famatiniano (Cisterna 1992, 1994, Toselli et al. 1996, Pankhurst et al. 1998, 2000, Cisterna et al. 2004, Dahlquist et al. 2008, Grosse et al. 2011, Otamendi et al. 2012, Alasino et al. 2017, y citas en estos), demuestra que los granitoides de la Formación Narvéez forman parte del cinturón batolítico de tipo cordillerano que es la expresión más amplia distribuida del arco magmático Famatiniano. Las rocas de la Formación Narvéez son típicamente granitoides calcoalcalinos metaaluminosos de tipo I, que a escala local varían a granitoides félsicos peraluminosos, cuya química indica la incorporación de una proporción variante de corteza en el sistema magmático (ver Cisterna 1992, 1994, Otamendi et al. 2012, 2020). Asimismo, la presencia de enclaves de composición relativamente más básica (dioritas-gabros) en los granitoides de Narvéez, revela que durante la generación y evolución de dicho magmatismo los procesos de *mixing* y *mingling* han sido una parte fundamental en la petrogenesis de las rocas, tal como se ha demostrado para unidades similares del arco Famatiniano (Cisterna et al. 2004, Alasino et al. 2014, Bellos et al. 2015, Otamendi et al. 2012, Camilletti et al. 2020). Los granitoides incluidos en la Formación Narvéez evidencian relaciones de contactos y características petrológicas y químicas, que enseñan una afinidad cogenética entre los mismos, ligados a un único evento magmático típico de arco desarrollado entre los 483 y 470 Ma (Fig. 10). El primer fechado geocronológico de dicha formación fue el realizado por Rubiolo et al. (2002), quienes presentan una edad U/Pb en circón de 485 ± 7 Ma (ver Fig. 10). Recientemente Cornet et al. (2019) publica y acota la temporalidad de una granodiorita de la Formación Narvéez mediante una edad ID-TIMS 482.3 ± 1.1 Ma (Fig. 10), fortaleciendo su vínculo con el magmatismo Famatiniano. Las relaciones temporales y las características petrogenéticas que exhiben las rocas que componen esta formación, permiten su correlación con otros complejos graníticos distribuidos a lo largo del Sistema de Famatina, así como también con aquellos presentes en la Puna Occidental y el Cordón del Lila en Chile (ver Fig. 10), por lo que se revalida que las rocas de la Formación Narvéez son, para la zona de Chaschuil, las fases plutónicas del cinturón batolítico Famatiniano (Figs. 1 y 11).

El segmento geográfico que une la localidad de Las Angosturas con el Puesto Chaschuil y las áreas periféricas a este sector, exhiben una continua sucesión de secuencias volcano-sedimentarias que han sido agrupadas y denominadas formalmente como Formación Suri. La exposición actual de dicha formación impide establecer con claridad su relación estratigráfica con las secuencias metasedimentarias asigna-

das al Cámbrico-Ordovícico (tremadocianas s.l., Cisterna et al. 2010a, Cisterna y Mon 2014). Tomando en cuenta la relación estratigráfica regional entre ambas formaciones en el segmento central del Sistema de Famatina, se asume que luego del Tremadociano la sedimentación estaría vinculada directamente con el desarrollo de la secuencia que aquí se ha denominado Formación Suri, siendo temporalmente correlacionable con la formación homónima definida en dicho segmento central del Sistema de Famatina. El contenido fosilífero (Vaccari 1993, Vaccari y Waisfeld 1994, Benedetto 1994, Mángano y Buatois 1994) hallado en las secuencias que forman la parte basal del Miembro Loma del Kilómetro/Punta Pétreá (Miembro Loma del Kilómetro de Mángano y Buatois 1994), asigna una edad de depositación desde fines del Tremadociano hasta el Dapingiano (Fig. 10). Las características litofaciales especificadas para la parte basal de este miembro, muestran una clara correlación con las facies arenosas definidas en el Sistema de Famatina central para la formación homónima. Por el contrario, las facies definidas en el trabajo para la parte superior del miembro (Miembro Punta Pétreá de Mángano y Buatois 1994) son similares a las de Formación Molle. Esto último no solo se puede inferir por las relaciones sedimentológicas-estratigráficas, sino porque presentan una fauna de braquiópodos común que muestran características similares. Dicha relación también es compartida con la Formación Aguada de la Perdiz presente en la Puna Occidental y con la Formación Quebrada Grande expuesta en el Cordón del Lila en el norte chileno (Benedetto 1994, Astini 1998, González et al. 2007, Niemeyer et al. 2018, Fig. 10). El estudio detallado de las facies que componen la Formación Suri en el área de Chaschuil, indica una sedimentación asociada a *apron* volcánogénico, a ambientes de plataformas con variaciones entre sectores internos a medios, y a variaciones en las tasas de aporte volcánico. El relevamiento realizado en especial para el sector norte del río Chaschuil, muestra como rasgo diferencial con la Formación Suri presente en el Sistema de Famatina central, la mayor participación de facies brechosas en relación con las lutíticas, sugiriendo una mayor preservación del registro del *apron* volcánogénico proximal en el área estudiada. Sin embargo, se concuerda con otros autores, en que las secuencias de la Formación Suri posiblemente correspondan a la depositación en cuencas de intraarco, con desarrollo de plataformas de alto gradiente, cuyas variaciones relativas del nivel del mar fueron controladas por el tectonismo vinculado a los eventos volcánicos (ver Mángano y Buatois 1996, Astini 1998, Fig. 11).

En el segmento occidental del área analizada en el presente trabajo se ha definido un dominio geológico de rocas

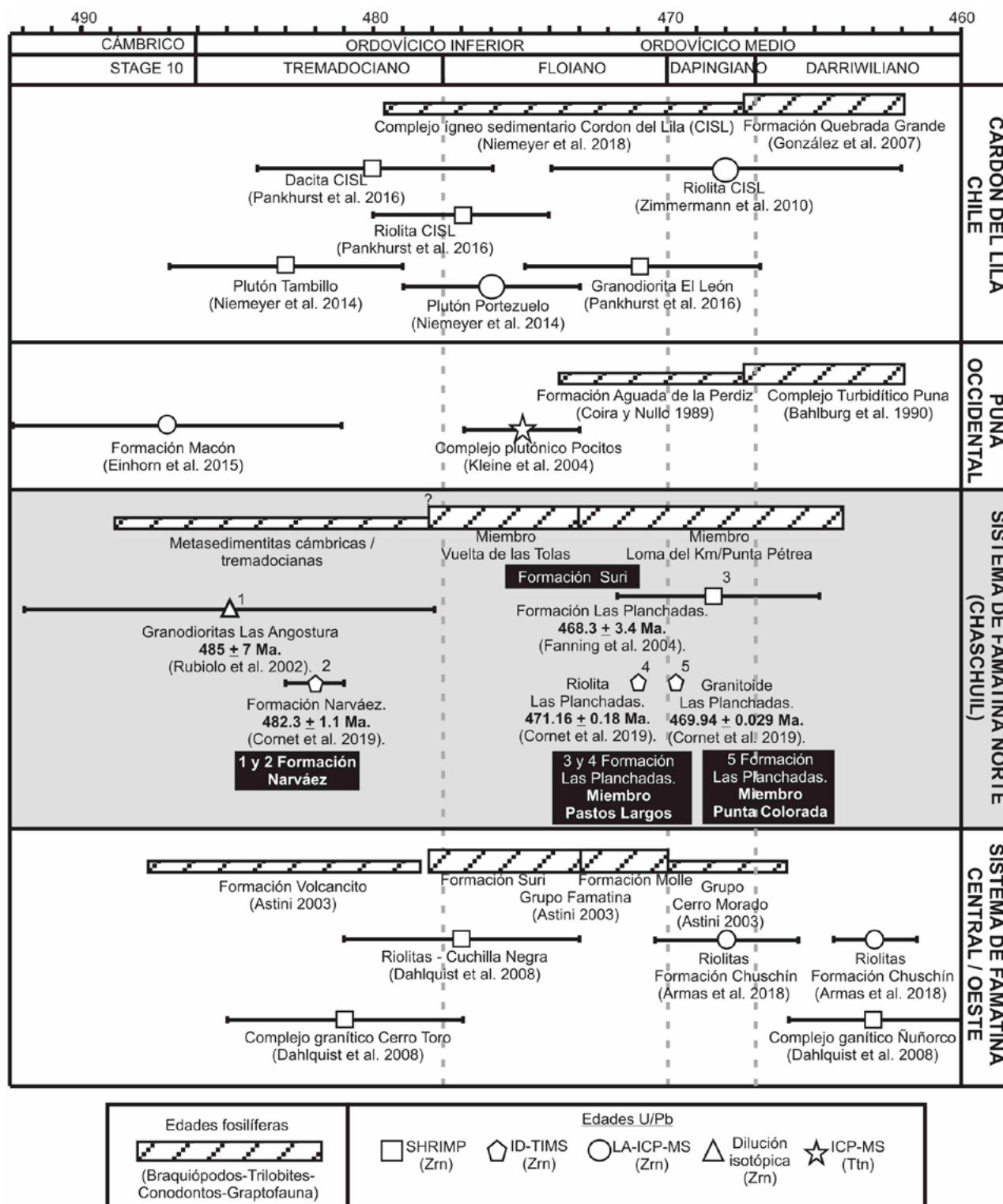


Figura 10. Esquema comparativo de la cronología y relaciones temporales de las formaciones que conforman el Grupo Chaschuil, y su correlación con las unidades geológicas definidas para el norte de Chile, Puna Occidental y Sistema de Famatina central-oeste. El esquema se basa en edades absolutas (U-Pb en circón y titanita métodos SHRIMP; LA-ICP-MS; ID-TIMS y dilución isotópica), edades fosilíferas y la información demostrada en relaciones estratigráficas de campo. Las edades son tomadas de los trabajos de Coira y Nullo (1989), Lork et al. (1989), Bahlburg et al. (1990), Vaccari et al. (1993), Vaccari y Waisfeld (1994), Benedetto (1994), Mángano y Buatois (1994, 1996, 1997), Toro y Brussa (1997), Rubiolo et al. (2002), Astini (2003), Fanning et al. (2004), Kleine et al. (2004), Gonzales et al. (2007), Dahlquist et al. (2008), Zimmermann et al. (2010), Niemeyer et al. (2014, 2018), Einhorn et al. (2015), Pankhurst et al. (2016), Armas et al. (2018), Cornet et al. (2019), y citas en ellos. Las unidades geocronológicas están basadas en la ICS (International Chronostratigraphic Chart; Cohen et al. 2013) y en OCS (Ordovician Chronostratigraphic Chart; Bergstroem et al. 2009).

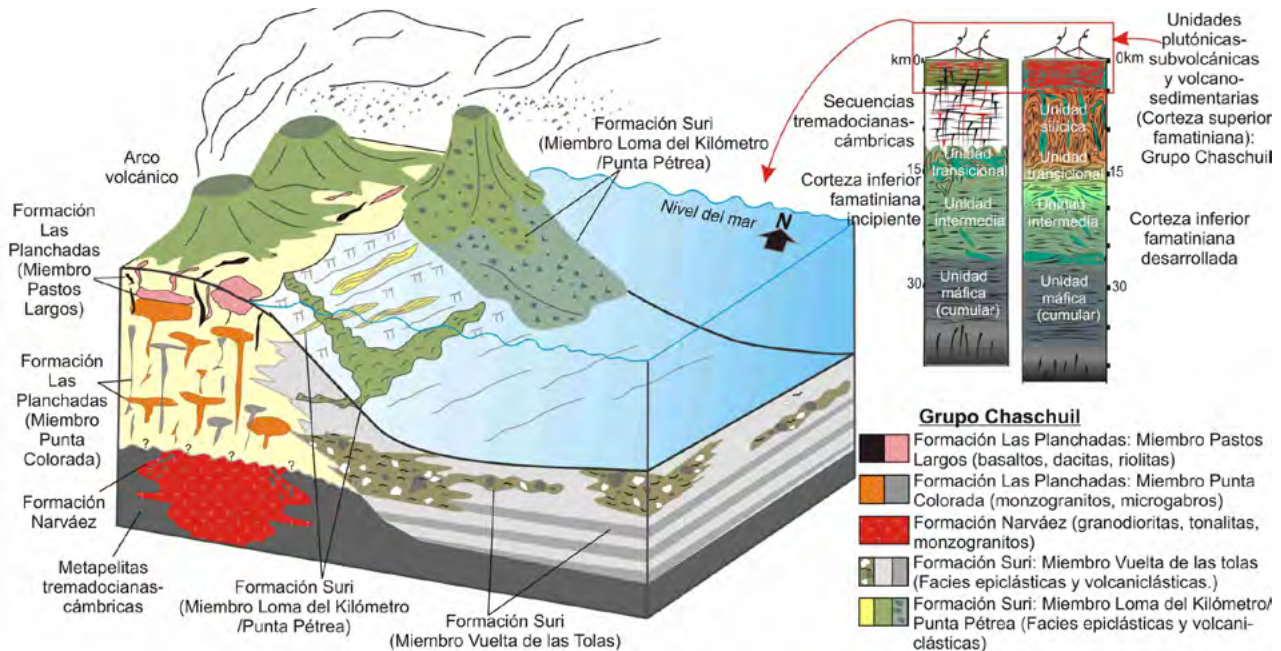


Figura 11. Modelo tridimensional paleogeográfico esquematizado para el arco magmático Famatiniano entre los 27° 27' y 27° 57' latitud Sur (coordenadas actuales), fundamentado en las observaciones realizadas en este trabajo. Modelo basado en Mángano y Buatois (1996), Armas et al. (2017) y Niemeyer et al. (2018). La configuración de la corteza del arco Famatiniano está modificada de Camilletti et al. (2020).

plutónicas, subvolcánicas y volcánicas s.s., las cuales han sido agrupadas como Formación Las Planchadas. La relación estratigráfica entre esta formación y las secuencias de la Formación Suri demuestran que las rocas magmáticas de Las Planchadas intruyen a dichas secuencias. En la sección central del área, dominada por la Formación Suri, se exponen numerosos cuerpos de variada escala y morfología de rocas graníticas, riolíticas, dacíticas y/o basálticas/andesíticas, los cuales muestran una relación clara de discordancia con la estratificación sedimentaria (S_0) ya que esta fábrica es cortada por dichos cuerpos o tienden a domar la cubierta sedimentaria generando deflexiones locales en la fábrica S_0 . Cabe destacar, que de manera localizada algunos cuerpos magmáticos se disponen también sub-concordantes a dicha fábrica (S_0), indicando una parcial relación de temporalidad entre el magmatismo y la sedimentación. Las relaciones estratigráficas muestran que el magmatismo representado en el sector de Chaschuil como Formación Las Planchadas fue recurrente en el tiempo, siendo episódicamente sincrónico a la sedimentación de las secuencias volcanoclásticas de Formación Suri, aunque su desarrollo se prolonga a tiempos post-depositacionales. La Formación Las Planchadas exhibe dos miembros característicos: uno dominado por rocas plutónicas graníticas con presencia de cuerpos discretos de rocas gábricas (Miembro Punta Colorada) y el otro dominado por cuerpos volcánicos y subvolcánicos de composición riolítica, dacítica y andesítica/basáltica (Miembro Pastos Largos). Estos miembros

presentan relaciones de campo, características petrológicas y geoquímicas que indican una conexión con un típico ambiente de arco magmático. Las características geoquímicas (composiciones calcoalcalinas metaaluminosas a peraluminosas de medio a alto potasio) que muestran las rocas de ambos miembros de esta formación y aquella provista en la literatura ligada al magmatismo Famatiniano en general (Cisterna 1992, 1994, Toselli 1996, Pankhurst et al. 1998, 2000, Cisterna et al. 2004, y citas en éstos), revelan que las rocas magmáticas de Las Planchadas forman parte de los niveles subvolcánicos epizonales, directamente ligados a un cinturón batolítico más profundo del arco Famatiniano (Figs. 1 y 11). Es de resaltar que todo el sistema magmático fue a lo largo del tiempo representando por magmas de composiciones contrastadas desde riolíticas, dacíticas hasta andesíticas/basálticas, lo que demuestra la advección constante de magmas provenientes de diferentes niveles corticales y áreas fuentes, a lo largo de toda la evolución del arco. Las rocas expuestas aquí como parte de la Formación Las Planchadas, a pesar de la variación composicional mencionada, en general reflejan un magmatismo bimodal, donde el mayor volumen de magmas es granítico o riolítico/dacítico. De este modo, las características geoquímicas de las rocas de Formación Las Planchadas indican que son típicas de arco, pero existen rocas dentro de ésta que reflejan variaciones locales de su génesis, desde derivadas de la fusión parcial de la corteza intraarco hasta de la mezcla de magmas generados en diferentes niveles corti-

cales o áreas fuentes, siendo en conjunto todos estos procesos comunes en los sistemas magmáticos vinculados a un ambiente de arco (Dahlquist et al. 2008; Armas et al. 2018). Por otra parte, las relaciones de mezcla y/o asimilaciones parciales presentes en el Miembro Punta Colorada entre rocas graníticas y gábricas, demuestran con certeza que durante la generación y evolución del magmatismo de la Formación Las Planchadas, los procesos de *mixing* y *mingling* han sido comunes y fundamentales en el origen de estas litologías. La temporalidad de las rocas de Formación Las Planchadas ha sido acotada para ambos miembros. El Miembro Punta Colorada fue recientemente datado mediante U/Pb en circones presentes en los granitos, obteniendo edades por el método ID-TIMS de 469.94 ± 0.29 Ma (Cornet et al. 2019) acotando precisamente su temporalidad al Dapingiano (Fig. 10). En tanto que el Miembro Pastos Largos ha sido datado tanto en los cuerpos de domos dacíticos/riolíticos indicando una edad U/Pb SHRIMP en circones de 468.3 ± 3.4 Ma (Fanning et al. 2004), como en domos y diques riolíticos/dacíticos mostrando una edad U/Pb ID-TIMS en circones de 471.16 ± 0.18 Ma (Cornet et al. 2019) limitando al miembro al Floiano-Dapingiano (Fig. 10). En base a las edades de las rocas de ambos miembros que constituyen la formación, se puede reafirmar su vínculo genético-temporal con el desarrollo magmático del arco Famatiniano. Por su parte, las relaciones temporales y las características petrogenéticas que exhiben las rocas de Formación Las Planchadas las hacen visiblemente correlacionables con las rocas magmáticas ampliamente distribuidas en el Sistema de Famatina central-oeste (Toselli et al. 1996, Dahlquist et al. 2008; Armas et al. 2018), así como también aquellas presentes en el norte de Chile en la región del Cordón del Lila (Zimmermann et al. 2010, Fig. 10).

CONCLUSIONES

La sección geológica expuesta en el área de Chaschuil-Las Angosturas, demuestra la presencia de una serie de formaciones que incluyen rocas plutónicas, volcánicas, subvolcánicas y sedimentarias, que indican afinidad genética y temporal con los niveles supracorticales ligados al arco magmático Famatiniano. Las relaciones estratigráficas de campo, petrográficas, sedimentológicas, geoquímicas y geocronológicas señalan que todas las formaciones presentes en la zona poseen un vínculo geológico indudable, que han facilitado su congregación dentro de una unidad estratigráfica formal aquí denominada Grupo Chaschuil. Las relaciones geológicas demuestran que el Grupo Chaschuil está consti-

tuido por tres Formaciones: Narvárez, Suri (I-Miembro Vuelta de las Tolas, II-Miembro Loma del Km/Punta Pétrea) y Las Planchadas (I-Miembro Punta Colorada, II-Miembro Pastos Largos). Las relaciones geológicas de campo y los nuevos datos geocronológicos confirman un sincronismo entre el magmatismo agrupado como Formación Las Planchadas y la sedimentación ligada a las secuencias de Formación Suri. La correlación entre las unidades estratigráficas definidas para la región de Chaschuil con aquellas de la región del Sistema de Famatina central, demuestran una génesis ligada al crecimiento de un arco magmático insular desarrollado en su mayor parte durante el Ordovícico. Las relaciones temporales-espaciales entre las formaciones Narvárez, Suri y Las Planchadas, al igual que los estilos depositacionales interpretados ligados al desarrollo de cuencas de intraarco aisladas, confirman el vínculo entre el tectonismo, la sedimentación y los eventos magmáticos ligados al crecimiento y desarrollo de un sistema de arco.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue subsidiado por los proyectos PICT 0958/14 y PICT 0296/17 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica de Argentina y por el Programa de Cooperación Bilateral Nivel (PCB-1) MINCYT-CONICET-SNSF (SUIZA). También a través del fondo de ayuda de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de río Cuarto mediante el proyecto PPI GC18C48. Se agradece la participación y ayuda en las labores de campo de las licenciadas Micaela Martínez y Paula Benito. Asimismo agradecemos las valiosas y acertadas sugerencias y correcciones realizadas tanto por los revisores Dr. Nestor Suzaño y Dr. Hans Niemeyer Rubilar como por el editor Dr. Pablo Caffè, ya que las mismas han sido de gran ayuda para mejorar sustancialmente la calidad de la presente publicación.

REFERENCIAS

- Aceñolaza, F. y Toselli, A. 1977. Observaciones geológicas y paleontológicas sobre el Ordovícico de la zona de Chaschuil, Provincia de Catamarca. *Acta Geológica Lilloana* 14: 55-81.
- Aceñolaza, F.G. y Toselli, A.J. 1988. El Sistema de Famatina, Argentina: su interpretación como orógeno de margen continental activo. *Congreso Geológico Chileno, Actas* 1: 55-67, Chile.
- Aceñolaza, F.G., Miller, H. y Toselli, A. 1996. Geología del Sistema del Famatina. *Münchner Geologische Hefte* A19: 1-411.
- Alasino, P.H., Dahlquist, J.A., Rapela, C.W., Larrovere, M.A., Rocher, S., Morales Camera, M.M. y Macchioli Grande, M. 2017. Magmatismo ordovícico en las Sierras Pampeanas de las provincias de La Rioja

- y Catamarca. En: Muruaga, C.M. y Grosse, P. (eds.). Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA. 20° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 366-399, San Miguel de Tucumán.
- Allen, S.R., Hayward, B.W. y Mathews, E. 2007. A facies model for a submarine volcanoclastic apron: The Miocene Manukau Subgroup, New Zealand. *Geological Society of America Bulletin* 119: 725-742.
- Ando, H. 1990. Shallow-marine sedimentary facies distribution and progradational sequences of the Mikasa Formation, Middle Yezo Group (Upper Cretaceous). *Journal of the Geological Society of Japan* 96: 453-469.
- Astini, R.A. 1998. El Ordovícico de la región central del Famatina (provincia de La Rioja, Argentina): aspectos estratigráficos, geológicos y geotectónicos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 53: 445-460.
- Astini, R.A. 2003. The Ordovician proto-Andean basins. En: Benedetto, J.L. (ed.) *Ordovician Fossils of Argentina*. Universidad Nacional de Córdoba, p. 1-74.
- Astini, R.A. y Davila, F.M. 2004. Ordovician back arc foreland and ocolytic thrust belt development on the western Gondwana margin as a response to Precodillera terrane accretion. *Tectonics* 23: TC4008. <http://dx.doi.org/10.1029/2003TC001620>.
- Armas, P., Otamendi, J., Cisterna, C., Cristofolini, E., Barzola, M., Tibaldi, A. y Camilletti, G. 2017. Análisis de facies del Miembro Vuelta de Las Tolas en la sección norte del río Chaschuil, Formación Suri: Evidencias de la evolución tectono-volcánica del arco Famatiniano. 20° Congreso Geológico Argentino. Actas Resúmenes S13: 6-9 p., San Miguel de Tucumán.
- Armas, P., Cristofolini, E.A., Otamendi, J.E., Tibaldi, A.M., Barzola, M.G. y Camilletti, G.C. 2018. Geochronology and facies analysis of subaqueous volcanism of lower ordovician, Famatinian arc, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 84: 255-265.
- Bahlburg, H., Breitkreuz, C., Maletz, J., Moya, M.C. y Salfity, J.A. 1990. The Ordovician sedimentary rocks in the northern Puna of Argentina and Chile: New stratigraphical data based on graptolites. *Newsletters on Stratigraphy* 23: 69-89.
- Benedetto, J. 1994. Braquiópodos ordovícicos (Arenigiano) de la Formación Suri en la región del río Chaschuil, Sistema de Famatina, Argentina. *Ameghiniana* 31: 221-238.
- Bellos, L.I., Castro, A., Díaz-Alvarado, J. y Toselli, A. 2015. Multi-pulse cotectic evolution and in-situ fractionation of calc-alkaline tonalite-granodiorite rocks, Sierra de Velasco batholith, Famatinian belt, Argentina. *Gondwana Research* 27: 258-280.
- Bergstroem, S.M., Chen, X., Gutiérrez-Marco, J.C. y Dronov, A. 2009. The new chronostratigraphic classification of the Ordovician System and its relations to major regional series and stages and to $\delta^{13}C$ chemostratigraphy. *Lethaia* 42: 97-107.
- Camilletti, G., Otamendi, J., Tibaldi, A., Cristofolini, E., Leisen, M., Romero, R., Barra, F., Armas, P. y Barzola M. 2020. Geology, petrology and geochronology of sierra Valle Fértil - La Huerta batholith: implications for the construction of a middle-crust magmatic-arc section. *Journal of South American Earth Sciences* 97: 102423.
- Comité Argentino de Estratigrafía 1992. Código Argentino de Estratigrafía. Asociación Geológica Argentina, Serie B, Didáctica y Complementaria 20: 1-64, Buenos Aires.
- Cisterna, C.E. 1992. Granitoides Paleozoicos de la Sierra de Narváez, Sistema de Famatina, Argentina: Hibridización de Magmas en un Margen Continental Activo. *Estudios Geológicos* 48: 229-235.
- Cisterna, C. 1994. Contribución a la Petrología de los Granitoides del Extremo Norte de la Sierra de Narváez, Sistema de Famatina, Catamarca. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Salta (inédita), 275 p., Salta.
- Cisterna, C.E. 1998. La Granodiorita de Las Angosturas, Sistema de Famatina, Argentina: caracterización petrográfica y química. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 53: 57-68.
- Cisterna, C.E. 2001. Volcanismo subácueo en el Eopaleozoico del Sistema de Famatina, Noroeste de Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56: 16-24.
- Cisterna, C.E. y Coira, B. 2014. Subaqueous eruption-fed mass-flow deposits: records of the Ordovician arc volcanism in the Northern Famatina Belt, Northwestern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 49: 73-84.
- Cisterna, C.E. y Mon, R. 2014. Episodios diastróficos ordovícicos registrados en las sucesiones volcánicas-sedimentarias del Tremadociano temprano en el norte del sistema de Famatina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 71: 393-403.
- Cisterna, C.E. y Coira, B. 2017. Registros volcánicos del magmatismo ordovícico en las provincias de Catamarca y La Rioja, noroeste de Argentina. Herramientas para la reconstrucción del arco famatiniano. En: Muruaga, C.M., Grosse, P. (eds.): *Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA*. 20° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 414-433, San Miguel de Tucumán.
- Cisterna, C.E., Medina, M.E. y Fernández Turiel, J. 2004. Evidencias de procesos de fraccionamiento y mezcla de magmas en el Complejo Intrusivo Las Angosturas, Sistema de Famatina, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59: 45-56.
- Cisterna, C.E., Coira, B. y Koukharsky, M. 2010a. Sucesiones volcánicas-sedimentarias tremadocianas y arenigianas en la Sierra de Las Planchadas-Narváez: registros evolutivos del arco magmático famatiniano. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 66: 178-191.
- Cisterna, C.E., Coira, B. y Décima, F. 2010b. Efusiones subácueas del arco volcánico ordovícico en el norte del Sistema de Famatina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 66: 223-235.
- Cisterna, C. E., Koukharsky, M., Coira, B. y Ulbrich, H. 2017. Arenigian tholeiitic basalts in the Famatina Ordovician basin, northwestern Argentina: emplacement conditions and their tectonic significance. *Andean Geology* 44: 123-146.

- Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. y Fan, J.X. 2013. The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes* 36: 199-204.
- Coira, B. y Nullo, F. 1989. Facies piroclásticas del volcanismo ordovícico (Arenigiano-Llanvirniano) Salina de Jama, Jujuy. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 44(1-4): 89-95.
- Coira, B., Perez, B., Flores, P., Kay, S.M., Woll, B. y Hanning, M. 1999. Magmatic sources and tectonic setting of Gondwana margin Ordovician magmas, northern Puna of Argentina and Chile. In: Ramos, V., Keppie, J. (eds.) *Laurentia-Gondwana Connections before Pangea*, vol. 336. Geological Society of America Special Paper, p. 145-170.
- Collo, G., Astini, R., Cawood, P.A., Buchan, C. y Pimentel, M. 2009. U-Pb detrital zircon ages and Sm-Nd isotopic features in low-grade meta-sedimentary rocks of the Famatina belt: implications for late Neoproterozoic early Palaeozoic evolution of the proto-Andean margin of Gondwana. *Journal of the Geological Society of London* 166: 303-319.
- Cornet, J., Bachmann, O., Wotzlaw, J.F. y Otamendi, J. 2019. Characterizing an arc magmatic column: Insights from zircon geochemistry and high precision geochronology of the Famatinian arc, Argentina. Meeting Granites 2° (Summer School-ETH), Special Publication, Acta 1: 25-30, Zurich, Suiza.
- Cristofolini, E. A., Otamendi, J. E., Ducea, M. N., Pearson, D. M., Tibaldi, A. M. y Baliani, I. 2012. Detrital zircon U–Pb ages of metasedimentary rocks from Sierra de Valle Fértil: Entrapment of Middle and Late Cambrian marine successions in the deep roots of the Early Ordovician Famatinian arc. *Journal of South American Earth Sciences*, 37: 77-94.
- Dahlquist, J.A., Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Galindo, C., Alasino, P., Fanning, M., Saavedra, J. y Baldo, E.G. 2008. New SHRIMP U-Pb data from the Famatina Complex: constraining Early–mid Ordovician famatinian magmatism in the Sierras Pampeanas, Argentina. *Geológica Acta* 6: 319-333.
- Dahlquist, J.A., Pankhurst, R.J., Gaschnig, R.M., Rapela, C.W., Casquet, C., Alasino, P.H. y Baldo, E.G. 2013. Hf and Nd isotopes in Early Ordovician to Early Carboniferous granites as monitors of crustal growth in the Proto-Andean margin of Gondwana. *Gondwana Research* 23: 1617-1630.
- Debon, F. y Le Fort, P. 1983. A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh Earth Sciences* 73: 135-149.
- Ducea, M.N., Otamendi, J.E., Bergantz, G., Stair, K., Valencia, V. y Gehrels, G. 2010. Timing constraints on building an intermediate plutonic arc crustal section: UPb zircon geochronology of the Sierra Valle Fértil, Famatinian Arc, Argentina. *Tectonics* 29: TC4002. doi:10.1029/2009TC002615.
- Einhom, J.C., Gehrels, G.E., Vernon, A. y DeCelles, P.G. 2015. U–Pb zircon geochronology of Neoproterozoic–Paleozoic sandstones and Paleozoic plutonic rocks in the Central Andes (21S–26S). En: DeCelles, P.G., Ducea, M.N., Carrapa, B. y Kapp, P.A. (eds.), *Geodynamics of a Cordilleran Orogenic System: The Central Andes of Argentina and Northern Chile*. Geological Society of America Memoirs 212: MWR212-06
- Einsele, G. 2000. Sedimentary basins. Evolution, facies and sediment budget. Springer 22: 792 p., Berlin.
- Fanning, C.M., Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Baldo, E.G., Casquet, C. y Galindo, C. 2004. K-bentonites in the Argentine Precordillera contemporaneous with rhyolite volcanism in the Famatinian Arc. *Journal of the Geological Society* 161: 747-756.
- Frost, B., Barnes, C., Collins, W., Arculus, R., Ellis, D. y Frost, C. 2001. A geochemical classification for granitic Rocks. *Journal of Petrology* 42: 2033-2048.
- González, J., Niemeyer, H., Benedetto, J.L. y Brussa, E.D. 2007. The Ordovician Quebrada Grande Formation, Cordón de Lila (Antofagasta Region, northern Chile): stratigraphic and paleogeographic significance. *Andean Geology* 34: 277-290.
- Grosse, P., Bellos, L.I., de los Hoyos, C.R., Larrovere, M.A., Rossi, J.N. y Toselli, A.J. 2011. Across-arc variation of the Famatinian magmatic arc (NW Argentina) exemplified by I, S- and transitional I/S-type Early Ordovician granitoids of the Sierra de Velasco. *Journal of South American Earth Sciences* 32: 110-126.
- Harrington, H.J. y Leanza, A.F. 1957. Ordovician trilobites of Argentina. Department of Geology, University of Kansas, Special Publication 1: 1-276.
- Irvine, T. y Baragar, W. 1971. A guide to the chemical classification of common volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences* 8: 523-548.
- Kleine, T., Mezger, K., Zimmermann, U., Münker, C. y Bahlburg, H. 2004. Crustal evolution along the Early Ordovician proto-Andean margin of Gondwana: Trace element and isotope evidence from the Complejo Igneo Pocitos (northwest Argentina). *The Journal of geology* 112: 503-520.
- Kretz, R. 1983. Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist* 68: 277-279.
- Lork, A., Miller, H. y Kramm, U. 1989. U-Pb zircon and monazite ages of the La Angostura granite and the orogenic history of the northwest Argentine basement. *Journal of South American Earth Sciences* 2: 147-153.
- Maisonave, H.M. 1973. Estratigrafía de los alrededores de Chaschuil, Depto. Tinogasta, prov. de Catamarca. 5° Congreso Geológico Argentino. Actas 4: 75-89, Buenos Aires.
- Mángano, M.G. y Buatois, L.A. 1994. Estratigrafía y ambiente de sedimentación de la Formación Suri en los alrededores del río Chaschuil, Ordovícico del Sistema del Famatina, noroeste argentino. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 1: 143-169.
- Mángano, M.G. y Buatois, L.A. 1996. Shallow marine event sedimentation in a volcanic arc-related setting: the Ordovician Suri Formation, Famatina Range, northwest Argentina. *Sedimentary Geology* 105: 63-90.
- Mángano, M. y Buatois, L. 1997. Slope-apron deposition in an Ordovician arc-related setting: the Vuelta de Las Tolas Member (Suri Formation), Famatina Basin, northwest Argentina. *Sedimentary Geology* 109: 155-180.

- Miyashiro, A. 1974. Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *American Journal of Science* 274: 321-355.
- Niemeyer, H., Meffre, S. y Guerrero, R. 2014. Zircon U–Pb geochronology of granitic rocks of the Cordón de Lila and Sierra de Almeida ranges, northern Chile: 30 my of Ordovician plutonism on the western border of Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences* 56: 228-241.
- Niemeyer, H., Götze, J., Sanhueza, M. y Portilla, C. 2018. The Ordovician magmatic arc in the northern Chile-Argentina Andes between 21° and 26° south latitude. *Journal of South American Earth Sciences* 81: 204-214.
- Ortega, G., Albanesi, G., Collo, G. y Astini, R. 2005. La Formación Volcancito en Las Angosturas (Ordovícico inferior), Sistema de Famatina, Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 227-234, La Plata.
- Otamendi, J.E., Tibaldi, A.M., Vujovich, G.I. y Viñao, G.A. 2008. Metamorphic evolution of migmatites from the deep Famatinian arc crust exposed in Sierras Valle Fértil y La Huerta, San Juan, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 25: 313-335.
- Otamendi, J.E., Ducea, M.N. y Bergantz, G.W. 2012. Geological, petrological and geochemical evidence for progressive construction of an arc crustal section, Sierra de Valle Fértil, Famatinian Arc, Argentina. *Journal of Petrology* 53: 761-800.
- Otamendi, J.E., Cristofolini, E.A., Morosini, A., Armas, P., Tibaldi, A.M. y Camilletti, G.C. 2020. The geodynamic history of the Famatinian arc, Argentina: A record of exposed geology over the type section (latitudes 27°-33° south). *Journal of South American Earth Sciences* 100: 102558.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Saavedra, J., Baldo, E., Dahlquist, J., Pascua, I. y Fanning, C.M. 1998. The Famatinian magmatic arc in the central Sierras Pampeanas: an Early to Mid-Ordovician continental arc on the Gondwana margin. En: Pankhurst, R.J., Rapela, C.W. (eds.) *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geological Society London Special Publication, vol. 142: 343-368 p.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W. y Fanning, C.M. 2000. Age and origin of coeval TTG, and S-type granites in the Famatinian belt of NW Argentina. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences* 91: 151-168.
- Pankhurst, R.J., Hervé, F., Fanning, C.M., Calderón, M., Niemeyer, H., Griem-Klee, S. y Soto, F. 2016. The pre-Mesozoic rocks of northern Chile: U-Pb ages, and Hf and O isotopes. *Earth-science reviews* 152: 88-105.
- Peccerillo, A. y Taylor, S. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contribution of the Mineral Petrology* 58: 63-81.
- Penck, W. 1920. *Der Südrand der Puna de Atacama (NW Argentinien)*. Abhandlungen der Mathematisch-Physikalischen Königlich-Sächsischen Akademie der Wissenschaften, 37: 1-420, 33 fig., 18 perfiles, 1 mapa. Leipzig.
- Petersen, C.S. y Leanza, A.F. 1953. *Elementos de Geología Aplicada*, Editorial Nigar, 475 p., Buenos Aires.
- Quenardelle, S. y Ramos, V.A. 1999. Ordovician western Sierras Pampeanas magmatic belt: record of Precordillera accretion in Argentina. *Special Papers-Geological Society of America*: 63-86.
- Reading, H.G. 1991. The classification of deep-sea depositional systems by sediment caliber and feeder system. *Journal of the Geological Society* 148: 427-430.
- Rubiolo, D., Cisterna, C.E., Villeneuve, M. y Hickson, C. 2002. Edad U/Pb del granito de Las Angosturas en la Sierra de Narváez (Sistema de Famatina, provincia de Catamarca). 15° Congreso Geológico Argentino, p. 359-362. Calafate, Santa Cruz.
- Shand, S.J. 1927. *The Eruptive rocks*. Wiley, New York, p. 488.
- Stewart, A.L. y McPhie, J. 2004. An Upper Pliocene coarse pumice breccia generated by a shallow submarine explosive eruption, Milos, Greece. *Bulletin of volcanology* 66: 15-28.
- Such, P. 2006. Los depósitos volcánicos-sedimentarios ordovícicos del extremo sur de Sierra de las planchadas, sistema de famatina, argentina: caracterización litoestratigráfica y análisis espectrográficos. 11° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 557-560, Antofagasta, Chile.
- Such, P. 2009. Depósitos piroclásticos subácueos ordovícicos, Sierra de Las Planchadas, Famatina: Transporte y depositación sobre el lecho marino. 12° Congreso Geológico Chileno, Actas: 1-3, Santiago, Chile.
- Such, P. y Castro, A. 2009. REE and major elements analyses in volcanic lithoclast of pyroclastic rocks with EDS and laser ablation (LA-ICP-MS) techniques. Planchadas Formation, Famatina System, Argentina. En: Wörner, G., Möller-McNett, S. (eds) *International Lateinamerika-Kolloquium 2009. Abstracts and Program*. Universitätsverlag Göttingen.
- Toro, B.A. y Brussa, E.D. 1997. Graptolitos de la Formación Suri (Arenig) en el Sistema de Famatina, Argentina. *Revista Geológica de Paleontología* 12: 175-84.
- Toselli, A., Saavedra, J., Pelliteró, E., Rossi de Toselli, J., Aceñolaza, F. y Medina, M. 1990. Geoquímica y Petrogénesis del Volcanismo Ordovícico de la Formación de Las Planchadas, Sistema de Famatina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 45: 313-322.
- Toselli, A.J., Durand, F.R., Rossi de Toselli, J.N. y Saavedra, J. 1996. Esquema de evolución geotectónica y magmática Eopaleozoica del Sistema de Famatina y sectores de Sierras Pampeanas. En: Ramos, V. (ed.) 13° Congreso Geológico Argentino 5: 443-462. Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires.
- Turner, J. 1958. Estratigrafía de la Sierra de Narváez, Catamarca y La Rioja. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 12: 18-60.
- Turner, J. 1960. Estratigrafía del tramo medio de la Sierra de Famatina y adyacencias, La Rioja. *Boletín Academia Nacional de Ciencias* 42: 77-126.
- Turner, J.C. 1967. Descripción geológica de la hoja 13b, Chaschuil (Prov. de Catamarca y La Rioja). Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 106.

- Vaccari, N.E. 1993. La fauna de Neseuretus en la Formación Suri. *Revista Española de Paleontología* 8: 185-190.
- Vaccari, N.E. y Waisfeld, B.G. 1994. Nuevos trilobites de la Formación Suri (Ordovícico Temprano) en la región de Chaschuil, provincia de Catamarca. Implicancias bioestratigráficas. *Ameghiniana* 31: 73-86.
- Vaccari, N.E., Benedetto, J.L., Waisfeld, B.G. y Sánchez, T.M. 1993. La fauna de Neseuretus en la Formación Suri (oeste de Argentina): Edad y relaciones paleobiogeográficas. *Revista Española de Paleontología* 8: 185-190.
- Verdecchia, S.O., Casquet, C., Baldo, E.G., Pankhurst, R.J., Rapela, C., Fanning, M. y Galindo, C. 2011. Mid-to Late Cambrian docking of the Río de la Plata craton to southwestern Gondwana: age constraints from U-Pb SHRIMP detrital zircon ages from Sierras de Ambato and Velasco (Sierras Pampeanas, Argentina). *Journal of the Geological Society* 168: 1061-1071.
- Villaseca, C., Barbero, L. y Herreros, V. 1998. A re-examination of the typology of peraluminous granite types in intracontinental orogenic belts. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Earth Sciences*. 89: 113-119.
- Wilson, M. 1989. Review of Igneous Petrogenesis: a global tectonic approach. *Terra Nova* 1(2): 218-222.
- Zimmermann, U., Niemeyer, H. y Meffre, S. 2010. Revealing the continental margin of Gondwana: the Ordovician arc of the Cordón de Lila (northern Chile). *International Journal of Earth Sciences* 99: 39-56.