

# DEPÓSITOS VOLCÁNICO-SEDIMENTARIOS DEL TREMADOCIANO INFERIOR EN LA SIERRA DE NARVÁEZ, EPISODIOS VOLCÁNICOS TEMPRANOS DEL ARCO MAGMÁTICO ORDOVÍCICO, SISTEMA DE FAMATINA

Clara Eugenia CISTERNA<sup>1,2</sup>, Beatriz COIRA<sup>2</sup> y Edsel BRUSSA

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillio, Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán.

E-mail: claracisterna@conicet.gov.ar

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. E-mail: bcoira2004@yahoo.com.ar

## RESUMEN

En este trabajo se estudia la sección ubicada en el tramo de Las Angosturas (27°42'10,2''-27°42'10,4''S y 67°57'20,5''-67°56'5,8''O), sierra de Narváez, donde aflora una sucesión volcánica-sedimentaria asignable al Tremadociano temprano, la que reúne a las manifestaciones volcánicas sinsedimentarias de esa edad de mayor volumen conocidas a la actualidad en el norte del Sistema de Famatina. En el perfil realizado se han reconocido niveles de lavas ácidas y básicas, intercaladas con areniscas y pelitas masivas y laminadas, con graptolitos. Estas rocas están intruidas por la granodiorita de Las Angosturas habiéndose reconocido en ellas asociaciones minerales que ponen de manifiesto los efectos del metamorfismo de contacto superpuesto. La descripción de las relaciones de campo, petrografía y contenido fosilífero de esta sucesión brinda las evidencias necesarias para atestiguar que la actividad volcánica efusiva sin-sedimentaria se inició durante el Tremadociano temprano en el norte del Sistema de Famatina. La caracterización de estos registros respecto de los depósitos arenigianos, también permite asegurar que en esta región la columna ordovícica se desarrolló como resultado de dos eventos de volcanismo y sedimentación y es posible establecer nuevos parámetros de correlación con secuencias del Paleozoico inferior en el noroeste de Argentina.

Palabras clave: *Volcanismo, Tremadociano temprano, sierra de Narváez, Sistema de Famatina, Argentina.*

**ABSTRACT:** *Volcano-sedimentary deposits of Lower Tremadocian age in sierra de Narváez. Early volcanic episodes of the Ordovician magmatic arc, Famatinian System.* This study is focused on the analysis of the Las Angosturas section (27°42'10.2''-27°42'10.4''S and 67°57'20.5''-67°56'5.8''W), sierra de Narváez, north of the Famatina System, where a volcanic-sedimentary sequence of early Tremadoc age crops out and represents the major volumes of synsedimentary volcanites along the same regional context. We have recognized basic and acidic lavas, intercalated with massive and laminated sandstones and siltstones, locally hosting graptolites levels. These Ordovician rocks were intruded by the Las Angosturas granodiorite and some pelitic levels show typical contact metamorphism mineral assemblages. Field relations, petrography and the fossiliferous content of this sequence suggest that the effusive sin sedimentary activity along the northern Famatina System marine basin began at the early Tremadoc. The characterization of these records for Arenig deposits also ensures that the Ordovician column region developed as a result of two events of volcanism and sedimentation and it is also possible to establish new parameters for correlation with the Lower Paleozoic sequences in the northwestern Argentina.

Keywords: *Volcanism, early Tremadoc, sierra de Narváez, Famatina System, Argentine.*

## INTRODUCCIÓN

En el Sistema de Famatina han sido descritos registros volcánicos acotados temporalmente por su contenido fosilífero, esencialmente asociados a sucesiones arenigianas (Formación Suri, Turner 1958, Harrington 1957; Formación Las Planchadas, Turner 1958 y 1967; Formación La Alumbra, Aceñolaza *et al.* 1976; For-

mación Los Molles, Harrington 1957; Formación Portezuelo de las Minitas, Lavandaio 1973). Sin embargo, la participación volcánica más temprana solamente ha sido consignada con carácter restringido y en gran medida de naturaleza epiclástica, como ha sido mencionado por Esteban (1993, 1999) en secuencias asignadas al Tremadociano tardío - Arenigiano temprano e incluidas en la Formación

Bordo Atravesado (Astini 2003, Esteban 2003), así como en la Formación Chuschín (Mannheim 1993). Por otra parte Aceñolaza (1978), en base a la existencia de graptolitos, asigna una edad tremadociana a los niveles epiclásticos vinculados con volcanitas en el norte del Sistema de Famatina. Más tarde, y para la misma región, Ortega *et al.* (2005) estudian la graptofauna proveniente de la zona de Las

Angosturas la que asignan al Tremadociano temprano. En la misma zona, Cisterna *et al.* (2006) indican la presencia de registros efusivos sin-sedimentarios intercalados con las pelitas fosilíferas.

En el contexto geológico regional del noroeste de Argentina, el análisis comparativo de la evolución volcánica ordovícica de Puna en relación con la del Sistema de Famatina ha estado signado, hasta el presente, por la existencia de importantes registros magmáticos tremadocianos tempranos en la Puna Occidental (Moya *et al.* 1993, Koukharsky *et al.* 1996) y cámbricos tardíos-tremadocianos tempranos en la Puna Oriental (Viramonte *et al.* 2005, Hauser *et al.* 2008). En contraposición, los depósitos volcánicos de edad arenigiana se presentan tanto en Puna (Coira *et al.* 1999) como en el Sistema de Famatina (Cisterna *et al.* 2005, 2010).

Este trabajo está dirigido a la caracterización de la sucesión ordovícica que aflora en la zona de Las Angosturas, en el tramo comprendido entre los 27°42'10,2'' y 27°42'10,4'' S y los 67°57'20,5'' y 67°56'54,8'' O (Figs. 1a, b). La misma incluye niveles efusivos intercalados con psamitas y pelitas fosilíferas. Estas volcanitas sin-sedimentarias y de probada edad tremadociana temprana, representan los únicos afloramientos que se asignan al Ordovícico más antiguo, conocidos hasta la actualidad en el norte del Sistema de Famatina. El objetivo de este análisis es caracterizar tanto los litotipos que representan el magmatismo efusivo como las facies epiclásticas asociadas, indicando sus relaciones de campo, el contenido paleontológico, características petrográficas y estructurales. Esta información también tiene como finalidad establecer las diferencias respecto de las sucesiones de edad arenigiana, que se presentan hacia el oeste de la zona de estudio, en la sierra de Las Planchadas, así como de los depósitos de igual posición estratigráfica que afloran en el tramo medio del Sistema de Famatina. Este trabajo permite plantear una nueva interpretación para la evolución de los terrenos asignados al Ordovícico en el norte del Sistema de Famatina y brinda ele-

mentos de correlación en relación con unidades de igual posición estratigráfica que afloran en Puna.

## MARCO GEOLÓGICO

En el tramo norte de la sierra de Narváez, la columna estratigráfica está constituida casi en su totalidad por unidades correspondientes al Paleozoico. Entre los primeros estudios realizados en la región se destaca el trabajo de Turner (1958), quien definió la Formación Las Planchadas como una secuencia efusiva dacítica, que aflora específicamente en la ladera noroccidental de la sierra de Narváez y se apoya en discordancia sobre las rocas graníticas de la Formación Narváez (Turner 1967) y sobre la Formación Suri (Harrington y Leanza 1957).

En la misma región, la sucesión volcánica-sedimentaria analizada se ubica en el tramo denominado Las Angosturas y se extiende con dirección este-oeste a lo largo de 2 km aproximadamente, sobre las márgenes del río Chaschuil (Figs. 1b, c). Estas rocas fueron reconocidas por primera vez por Turner (1967), quien las define como parte de la Formación Suri (Harrington y Leanza 1957). Sus afloramientos forman un bloque con forma de cuña, limitado por fallas regionales que los ponen en contacto, tanto hacia el este como hacia el oeste, con las capas continentales del Carbonífero y Pérmico.

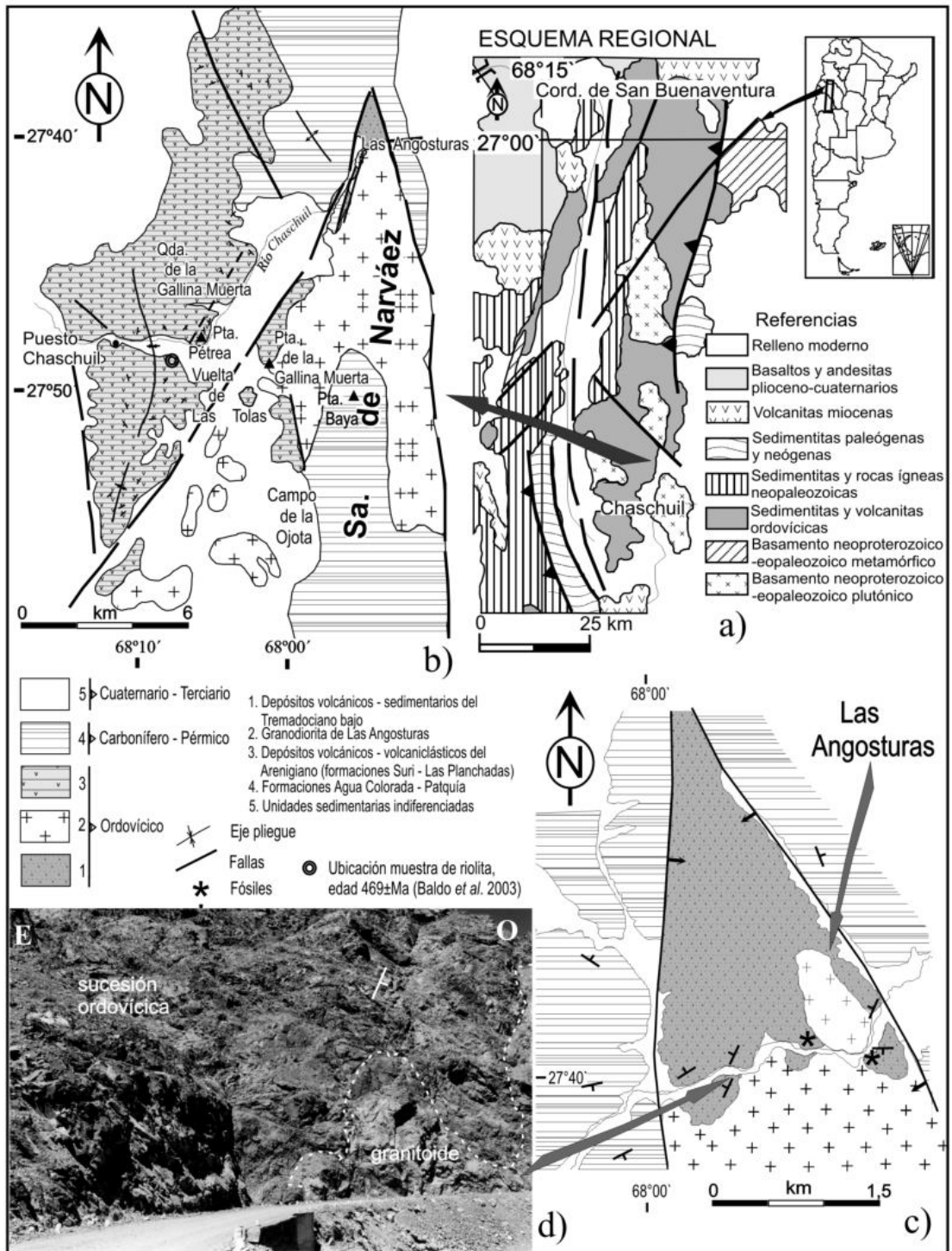
Aceñolaza (1978) indica que en el norte de la sierra de Narváez, los granitoides intruyen los depósitos de edad ordovícica. En el área analizada, la sucesión está intruida por la granodiorita de Las Angosturas (Figs. 1d, 2a), que genera una textura moteada en los niveles pelíticos inmediatos al contacto y que se pueden observar claramente en escala microscópica. También se describe para las mismas rocas (Cisterna 1994) un metamorfismo de muy bajo grado, caracterizado por la asociación tremolita-actinolita clorita-cuarzo. Respecto a la edad de los depósitos estudiados, Cisterna *et al.* (2006) señalan en las facies lutíticas de la sucesión que aflora en el este del tramo Las Angosturas, la

presencia de *Rhabdinophora flabelliformis flabelliformis* (Eichwald) y de *Anisograptus matanensis Ruedemann*. También mencionan algunas formas que, tentativamente, fueron referidas a *Rhabdinophora flabelliformis anglica* (Bulman) y que estarían indicando una edad tremadociana temprana, en coincidencia con lo descrito por Ortega *et al.* (2005). Por otra parte, Rubiolo *et al.* (2002) indican una edad U/Pb de  $485 \pm 7$  Ma para los granitoides que describen intruyendo las pelitas portadoras de graptofauna y que, según Ortega *et al.* (2005), presentan analogías respecto a la parte inferior a media del miembro superior de la Formación Volcancito de edad tremadociana temprana.

En la región de Chaschuil, en las sedimentitas pelíticas asignables a la Formación Suri, se describe el hallazgo de trilobites (Vaccari y Waisfeld 1994) y de conodontes (Albanesi y Vaccari 1994) a partir de los cuales se interpretó una edad arenigiana media para las mismas. Asimismo Benedetto (1998), en base a una rica fauna de braquiópodos, sugiere para las mismas secuencias una edad arenigiana. Mángano y Buatois (1994, 1996) realizan un análisis litofacial de los registros volcánicos - sedimentarios ordovícicos en la misma zona, definiendo en la Formación Suri los miembros Vuelta de Las Tolas, Loma del Kilómetro y Punta Pétra.

Cisterna *et al.* (2005) identifican y caracterizan registros volcánicos ordovícicos en el área de Chaschuil, reconociendo una secuencia volcánica-sedimentaria de edad arenigiana media, constituida por ignimbritas, flujos de detritos piroclásticos y tobas resedimentadas; junto a lavas ácidas y básicas, alternantes con miembros epiclásticos de naturaleza volcánica portadores de registros fosilíferos de edad arenigiana. Baldo *et al.* (2003) obtienen una edad U-Pb de  $469 \pm 3$  Ma sobre una riolita porfírica que aflora en la proximidad de Puesto Chaschuil y que integran en la Formación Las Planchadas.

La columna estratigráfica del área continúa con las sedimentitas continentales de las formaciones Agua Colorada (Turner 1960) y Patquía (Cuerda 1965), asignadas

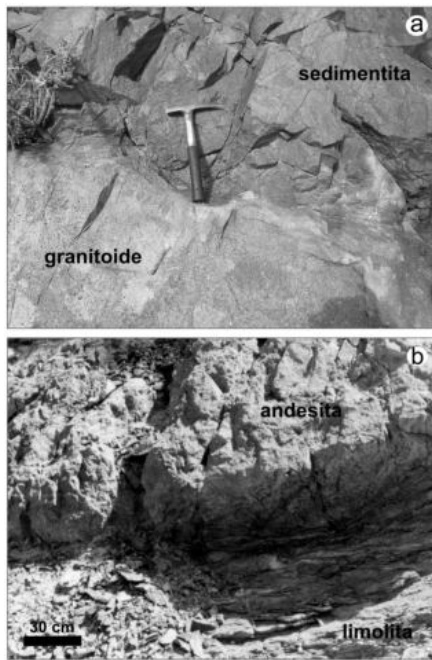


**Figura 1:** a) Bosquejo regional (modificado de Seggiaro et al. 1999); b) mapa del norte de la sierra de Narváez (modificado de Cisterna 1994); c) mapa geológico del tramo Las Angosturas con la ubicación de yacimientos fosilíferos (27°42'10,2"S-67°56'59,0"O); d) afloramiento en el tramo Las Angosturas donde se observa el contacto intrusivo que relaciona los granitoides con los depósitos ordovícicos con graptolitos.

al Carbonífero y Pérmico, respectivamente. Estas sucesiones apoyan en discordancia angular sobre las unidades ordovícicas, como puede reconocerse en el área de Punta de la Flecha (sierra de Narváez). También se han reconocido fallas submeridionales, en muchos casos de

carácter regional, que vinculan las diferentes unidades del Paleozoico. Un importante séquito de diques básicos intruye las unidades paleozoicas (Cisterna 1994). Regionalmente la secuencia ordovícica arenigiana está afectada por un intenso

plegamiento levemente vergente hacia el oeste, lo que ha sido observado por Cisterna y Mon (2004) en el sector cercano a Punta Pétra. La tectónica andina imprime en la zona una estructura de láminas falladas y cabalgamientos hacia el este.



**Figura 2:** a) Contacto entre la granodiorita de Las Angosturas y psamitas finas, masivas y silicificadas que integran la sucesión de edad tremadociana temprana. Este contacto está plegado; b) se observa el plegamiento que afecta tanto al cuerpo andesítico como a la limonita en contacto.

## SUCESIÓN DE LAS ANGOSTURAS

Los depósitos de naturaleza volcánica-sedimentaria que se estudian en este trabajo están integrados por dacitas, andesitas y basaltos, intercalados con facies epiclásticas finas, correspondientes a pelitas y psamitas. Ellos integran una sucesión que está plegada y afectada por un intenso fallamiento, sin embargo es posible reconocer en diferentes tramos del área su estratificación ( $S_0$ ) (Fig. 1d). También se puede observar, especialmente en los niveles epiclásticos más finos, el desarrollo de una foliación ( $260^\circ/45^\circ$ ,  $250^\circ/56^\circ$ ) y, localmente, ha sido posible la identificación de pliegues en escala de afloramiento y un clivaje de plano axial moderadamente desarrollado y oblicuo a la foliación mencionada. El plegamiento afecta tanto a las sedimentitas como a las rocas volcánicas intercaladas en ellas (Fig. 2b), también se pueden observar a escala microscópica.

### Facies lávicas

Constituyen cuerpos generalmente tabulares, que son concordantes con los niveles epiclásticos, en cuyos contactos no se han podido observar fenómenos térmicos.

Las dacitas y andesitas son grises-verdosas oscuras a moradas y constituyen cuerpos con espesores de 5 a 8 metros. Las dacitas presentan abundante pasta microgranosa y fenocristales de plagioclasa (5 a 15 % aproximadamente) de hasta 3 mm, acompañados por cuarzo (1 mm) y biotita alterada. La matriz está constituida por cuarzo y feldespatos caolinizados, siendo común la biotita anhedral, cloritizada parcial o totalmente, carbonatos y opacos. La sericita puede ser abundante, al igual que el epidoto. Los fenocristales de plagioclasa subhedral suelen estar reemplazados por sericita, carbonatos y clorita. Este feldespato se presenta tanto con individuos levemente alterados y con buen desarrollo de la macla que lo caracteriza (Fig. 3a); como con cristales con zonación, con avanzado grado de alteración diferencial, con inclusiones y corroído por la matriz de la roca (Fig. 3b). El cuarzo es anhedral, con profundos engolfamientos y puede presentarse rodeado por concentraciones de clorita de la pasta (Fig. 3c). El mineral máfico dominante es biotita parda, que generalmente presenta sus bordes corroídos (Fig. 3d) y reemplazados por pasta donde se concentran opacos. Son accesorios comunes cristales de opacos y muy raros apatita y circón.

También se desarrollan vesículas irregulares, de hasta 3 mm, y con desarrollo de minerales secundarios como cuarzo, clorita y calcita, que incluso pueden mostrar zonación.

Las andesitas están constituidas por un mosaico de cristales idiomorfos de plagioclasa de tamaños seriados junto a fenocristales del mismo feldespato, subhedrales, de aproximadamente 1 mm. La plagioclasa está parcialmente reemplazada por sericita, caolinita y/clorita, junto a gránulos de carbonato. En los intersticios del mosaico se presentan minerales opa-

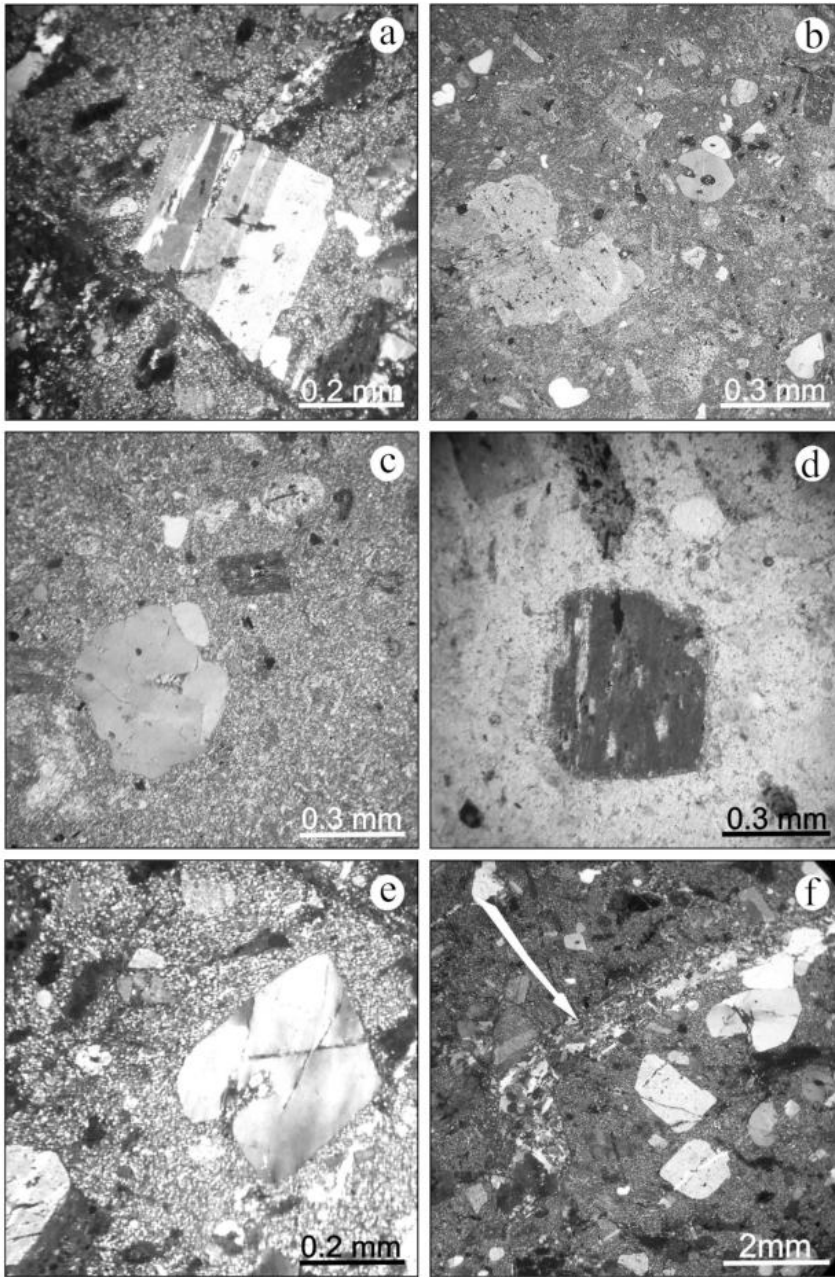
cos y agregados de minerales secundarios como clorita, epidoto y carbonatos.

Las rocas volcánicas descriptas suelen presentar signos de deformación, como el desarrollo de una foliación definida por la orientación subparalela de mafitos, de fenocristales de plagioclasa y cristales de cuarzo con estiramiento paralelo a esta dirección. Es común en el cuarzo la extinción fragmentosa y se destaca un microfracturamiento de los granos (Fig. 3e) que generalmente se repite con el mismo patrón en individuos de diferentes dacitas. También se pueden reconocer micropliegues, que en algunos casos se hacen más evidentes porque afectan venillas de cuarzo (Fig. 3f).

Los basaltos conforman cuerpos de 1,5 a 3 m de espesor, de tonalidades verdosas oscuras a negruzcas, que macroscópicamente se pueden definir como rocas afáníticas. En el microscopio se observan cristales subhedrales, tabulares de plagioclasa intercrecidos con augita, desarrollando textura subofítica (Fig. 4a) y también es posible reconocer, aunque raramente, restos de olivino (Fig. 4b). Es frecuente el desarrollo de agregados de minerales secundarios con predominio de clorita, calcita y/o epidoto y los opacos, en ocasiones se presentan con hábito esquelético. La apatita se halla con hábito acicular y son escasos titanita y circón. En estas volcanitas también es posible reconocer una foliación por deformación, que las afecta de modo heterogéneo. En escala microscópica se manifiesta por la orientación subparalela de las tablillas de plagioclasa (Fig. 4c); se suma además el desarrollo de micropliegues (Fig. 4d).

### Facies epiclásticas

Constituyen bancos de 2 a 6 m de espesor de pelitas y psamitas finas. Sobre estas rocas, Turner (1967) definió un metamorfismo de bajo grado representado por la asociación prenhita-pumpellita, que aún hoy es motivo de discusión debido a la magnitud de los procesos de alteración hidrotermal que se desarrollaron sobre las unidades ordovícicas en esta zona y que generalmente dan lugar a la



**Figura 3:** Fotomicrografías de a) Dacita foliada con un fenocristal de plagioclasa subhedral, microfracturado, cortado por una vena con epidoto y opacos (polarizador intercalado); b) dacita con fenocristales de plagioclasa anhedral, caolinizada y con engolfamientos; y microfenocristales de cuarzo y biotita. La matriz está reemplazada por clorita y caolinita (polarizador intercalado); c) cuarzo corroído y con inclusiones de la pasta, con bordes de clorita (polarizador intercalado); d) biotita corroída y reemplazada por clorita (sin polarizador); e) fenocristal de cuarzo con extinción fragmentosa en dacita, con microfracturamiento (polarizador intercalado); f) vena de cuarzo plegada; y fenocristales de cuarzo y de plagioclasa microfracturados (polarizador intercalado).

formación de calcita, clorita, epidoto y sulfuros diseminados. Sobre algunos de los niveles de sedimentitas se ha podido reconocer la asociación cuarzo-clorita±muscovita±epidota que permitiría

definir un episodio metamórfico de bajo grado.

Las sedimentitas pelíticas que integran la sucesión están representadas principalmente por limolitas masivas y laminadas

con tonos verdosos a negruzcos. Son comunes las limolitas cuarzosas, con abundantes detritos de cuarzo tamaño arena muy fina (30-35%), subredondeados a subangulosos y laminillas de mica, que incluyen muscovita y clorita (<0,025 mm) (Fig. 5a). En las mismas rocas también se presentan cloritas relativamente mayores (<0,1 mm) y redondeadas o como glómerulos, débilmente verdosas y de colores de interferencia azulados, anómalos (Fig. 5b), que pueden asociarse con cristales subhedrales de epidoto. En estas pelitas son comunes los clastos de pirita subangulosos y con engolfamientos (Fig. 5b) y la matriz es cuarzo-arcillosa.

También se intercalan en la sucesión limolitas constituidas por un elevado contenido de detritos criptocristalinos (60%), junto a mica blanca, muy fina, opacos y cuarzo. Estas sedimentitas generalmente están laminadas, presentando variaciones texturales y composicionales, donde las capas más claras muestran mayor contenido de cuarzo y las más oscuras presentan minerales arcillosos y opacos. Es común el desarrollo de microplegues asimétricos (Fig. 5c).

Localmente y en las zonas cercanas al contacto con los granitoides, las limolitas presentan finas motas (alrededor de 1 mm) subredondeadas y constituidas principalmente por muscovita (Fig. 5d). Otro mineral que también se presenta en estas sedimentitas pelíticas, aunque menos común, es la tremolita. Los cristalitas son subhedrales, finos y pueden estar cloritizados (Fig. 5a).

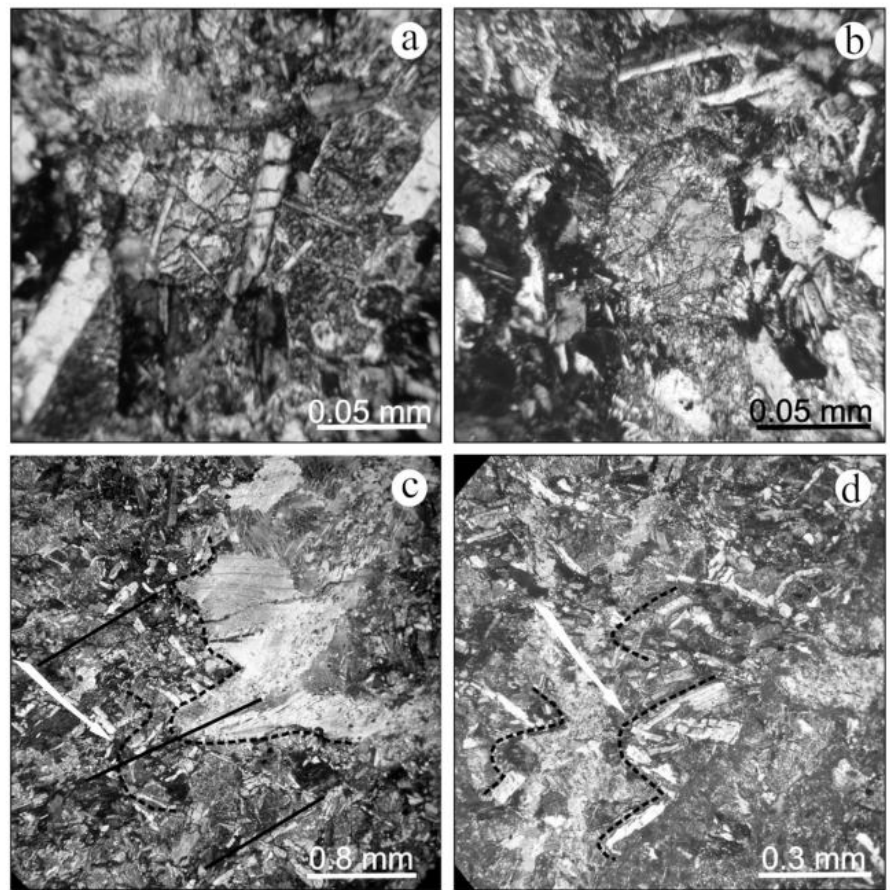
Las pelitas también están representadas por niveles masivos constituidos casi en su totalidad por materiales criptocristalinos opacos, y cementados por calcita. En ellos es donde mejor se reconoce un clivaje de fractura discontinuo, interrumpido por diaclasas (Fig. 5e).

Las facies epiclásticas ordovícicas también incluyen psamitas finas, constituidas principalmente por cristaloclastos de cuarzo (15% aproximadamente), subredondeados a subangulosos y monocristalinos, con extinción normal y de posible origen ígneo. Acompañan al cuarzo finas

láminas de muscovita y biotita detríticas. La clorita generalmente resulta de la alteración de biotita; también se pueden reconocer pirita y apatita. Las psamitas presentan una matriz arcillosa, que posiblemente resulte de la descomposición de feldespatos, y son abundantes los opacos. Sobre algunos niveles de estas sedimentitas se pueden reconocer microplegues, especialmente en las capas ricas en cuarzo (Fig. 5f).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis de los afloramientos ordovícicos que se ubican hacia ambos márgenes del río Chaschuil en el tramo de Las Angosturas (norte de la sierra de Narváez) permite indicar que se trata de una sucesión integrada por facies epiclásticas finas y facies lávicas, en relación de concordancia. El contacto entre sedimentitas y volcanitas es neto, se observan evidencias que ponen de manifiesto contrastes reológicos ante los episodios deformacionales y, al menos en el área estudiada, no existen fallas que vinculen los diferentes litotipos indicados. Sin embargo no se han podido reconocer fenómenos térmicos de base y techo en las sedimentitas en contacto con los niveles lávicos, lo que posiblemente se debe a los procesos tectónicos e hidrotermalismo que afecta al conjunto de estos depósitos. Por otra parte, se debe destacar que el estilo deformacional impreso en la sucesión ordovícica estudiada, con plegamiento y desarrollo de clivaje en las rocas, se repite tanto en las facies epiclásticas como en las lávicas y se refleja en las estructuras que pueden observarse tanto en escala de afloramiento como al microscopio. Es de señalar que estas estructuras no han sido reconocidas en las magmatitas que integran la granodiorita de Las Angosturas y que afloran en la misma área (Cisterna 1994); como tampoco están impresas en los depósitos de edad arenigiana que se presentan hacia el oeste de la zona analizada. En referencia al metamorfismo de bajo grado que afecta las facies epiclásti-



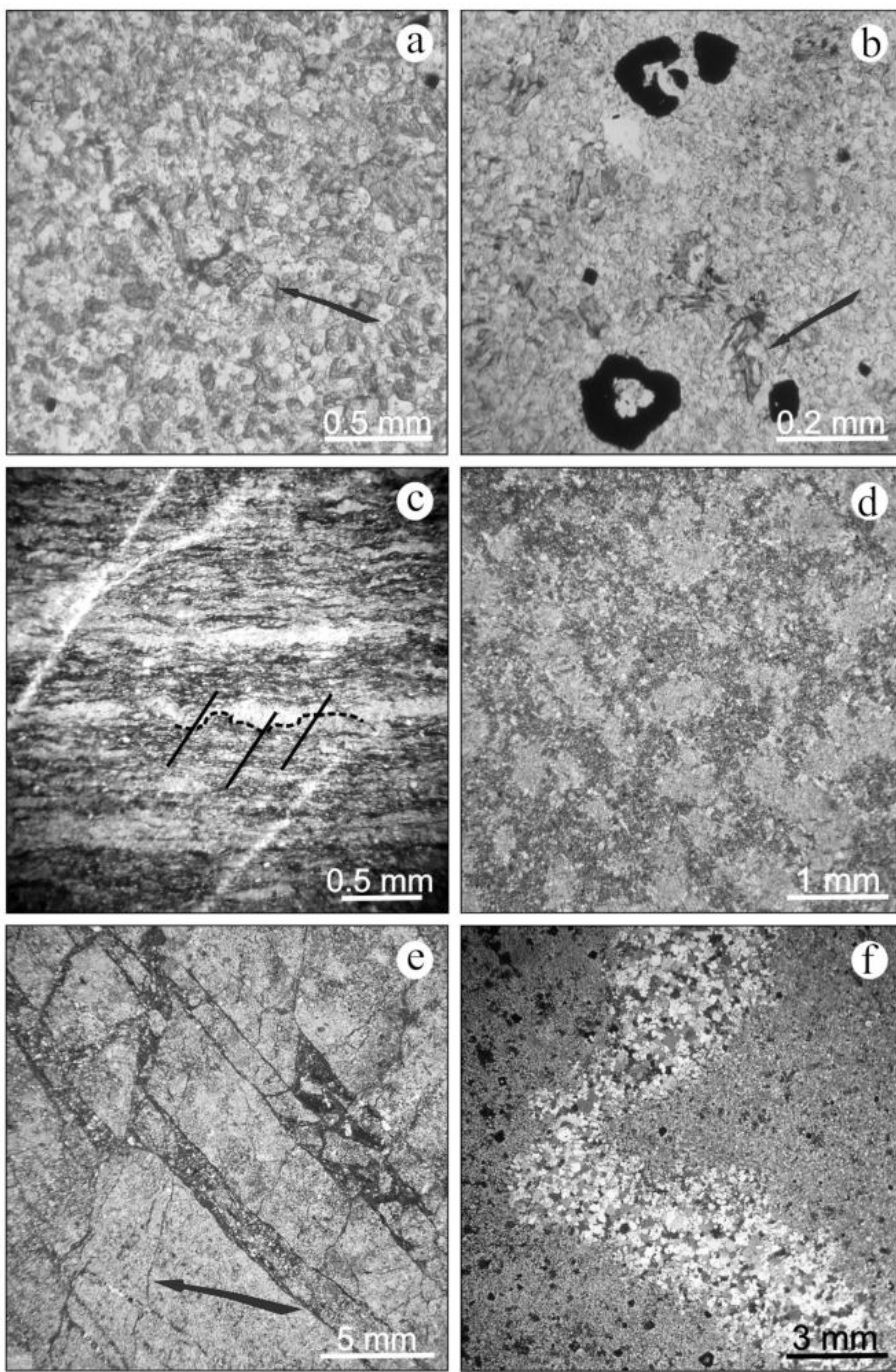
**Figura 4:** Fotomicrografías de a) Textura subofítica entre augita y labradorita en basalto (polarizador intercalado); b) en el centro del mosaico se observa un cristal de olivino parcialmente reemplazado por carbonato (polarizador intercalado); c) microplegamiento en basalto; las tabillas de plagioclasa orientadas definen un clivaje de plano axial poco desarrollado (polarizador intercalado); d) en la misma roca, se observan en detalle microplegues asimétricos (polarizador intercalado).

cas y que fuera indicado por Turner (1967), aún hoy es discutido y debe ser objeto de un análisis profundo. Sin embargo sólo podría argumentarse en su favor la existencia de finas laminas de muscovita vinculadas al desarrollo de la foliación en algunas psamitas finas que integran la sucesión y también a la presencia de clorita+mica blanca+cuarzo en las mismas rocas.

Respecto a la edad de estos depósitos, en las lutitas negras del este del tramo de Las Angosturas ( $27^{\circ}42'10,2''S$  -  $67^{\circ}56'59,0''O$ ) existen graptolitos cuya asociación estaría comprendida entre las Biozonas de *Anisograptus matanensis* y *Rhabdinopora flabelliformis anglica* (Fig. 6), de acuerdo a los esquemas globales (Cooper *et al.* 1999), y se la asigna al Tremadociano temprano (Cisterna *et al.* 2006). Esta edad es coinci-

dente con la indicada por Ortega *et al.* (2005), quienes estudian graptolitos provenientes de la misma zona.

Sobre el carácter intrusivo de la granodiorita de Las Angosturas en relación a la sucesión volcánica-sedimentaria tremadociana, éste queda de manifiesto por las características del contacto observadas en las diferentes rocas en el tramo de Las Angosturas y que ya fuera descrito por otros autores (Aceñolaza 1978, Cisterna 1994) no sólo para la misma zona de este trabajo sino también en los afloramientos ubicados en el flanco occidental de la sierra de Narváez, como en Punta Grande (Cisterna 1994). Un argumento extra a favor de lo indicado es el desarrollo de fenómenos de contacto sobre los niveles epiclásticos que integran los depósitos analizados y que están reflejados por el



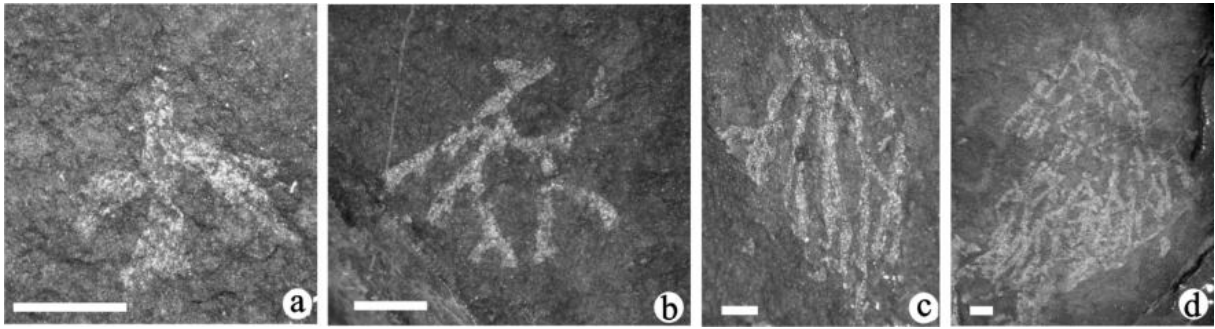
**Figura 5:** Fotomicrografías de a) Limolita constituida por abundante cuarzo y clorita; sección casi basal de tremolita cloritizada (felcha) (sin polarizador); b) limolita con cristales de opacos con contorno corroído e inclusiones de mosaico fino; se señalan los glomérulos de clorita (sin polarizador); c) limolita finamente estratificada, las capas varían en su textura, composición y están microplegadas (sin polarizador); d) pelita con motas de mica blanca (polarizador intercalado); e) fangolita maciza con trazas de clivaje de fractura discontinuo, con microfracturamiento que desplaza la estructura más antigua (sin polarizador); f) arenisca fina con plegamiento de un nivel cuarzoso (polarizador intercalado).

desarrollo de motas de mica blanca, glomérulos de clorita y cristalización de tremolita como se observó en algunos niveles de limolitas.

En relación a las características de los litotipos que integran las facies epiclásticas, testifican en favor de un ambiente de deposición restringido, con predominio

de depósitos pelíticos y fondos anóxicos (lutitas con graptofauna). La participación volcánica está ligada a las efusiones dacíticas-andesíticas y basálticas que se intercalan en la sucesión; mientras que en referencia al posible contenido de material volcanoclástico en las sedimentitas, sólo se puede indicar que los clastos de cuarzo que se observan en las psamitas finas evidencian un indiscutido origen ígneo. La sucesión en consideración ha sido comparada con el miembro superior de la Formación Volcancito por Ortega *et al.* (2005), acorde a las asociaciones faunísticas determinadas. Sin embargo no se ha considerado que los registros volcánicos son inexistentes en la localidad tipo de la Formación Volcancito. Por otra parte, tanto la edad indicada por la graptofauna, como las características litológicas permiten asegurar que los depósitos que afloran en la zona de las Angosturas no integran la Formación Suri, tal como fue indicado por numerosos autores (Turner 1967, Cisterna 1994). En relación a este punto, debe recordarse que la Formación Suri presenta asociaciones faunísticas de edad arenigiana, a lo que se suma la presencia de depósitos volcánicos predominantemente de origen piroclástico, intercalados con sedimentitas volcanoclásticas (Cisterna *et al.* 2005, Mángano y Buatois 1994, 1996, 1997).

El reconocimiento y caracterización de los registros volcánicos que se intercalan con las facies epiclásticas en la sucesión que aflora en la zona de Las Angosturas y que permite asignarles una edad tremadociana temprana, es de sustancial importancia para interpretar la evolución geotectónica del Sistema de Famatina. Su presencia pone en evidencia el inicio del volcanismo en el Tremadociano temprano, que hasta el presente sólo se citaba para el Tremadociano tardío, con registros asociados a las sedimentitas de la Formación Bordo Atravesado (Astini 2003) y en la Formación Chuschín (Mannheim 1993). De tal manera, en el Sistema de Famatina la actividad volcánica asociada con depósitos sedimentarios de ambientes marinos de arcos de islas (Cisterna y



**Figura 6:** Graptolitos de la región de Las Angosturas, Sistema de Famatina, asignados al Tremadociano temprano. a) *Rhabdinopora flabelliformis* ssp. GHUNLPam 23600, estadio astogenético temprano; b) *Anisograptus matanensis* Ruedemann, GHUNLPam 23602, colonia juvenil; c) *Rhabdinopora flabelliformis* ssp. GHUNLPam 23601, colonia adulta; d) *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis* (Eichwald), GHUNLPam 23603, colonia madura. La barra indica 1 mm.

Coira 2008), se inició en el Tremadociano temprano.

En relación con la deformación que afecta estos registros, es posible indicar que los episodios diastróficos descritos por numerosos autores para los inicios de la evolución del arco famatiniano, como los impresos en diferentes unidades pre-orдовícicas del Sistema de Famatina (Collo *et al.* 2006, Collo y Astini 2008), tuvieron continuidad durante el Ordovícico temprano, tal como se reconoce en el plegamiento que afecta los depósitos de la zona de Las Angosturas. Esta deformación aún no fue registrada en el tramo central del Sistema de Famatina, donde se considera a la Formación Volcancito, de edad cámbrica superior-tremadociana superior (Albanesi *et al.* 1999, Esteban 1999, Gutierrez, Marco y Esteban 2003, Albanesi *et al.* 2005), como una unidad sin evidencias de deformación (Collo y Astini 2008). En base a la información expuesta en este trabajo, se plantea la necesaria revisión de los afloramientos ordovícicos que integran el norte del Sistema de Famatina, en las sierras de Las Planchadas y de Narváez y que hasta el presente, han sido asignados por numerosos autores a las formaciones Las Planchadas y Suri. Estos depósitos corresponderían a diferentes episodios de volcanismo y sedimentación de edades tremadociana temprana y arenigiana, tal como lo atestiguan las asociaciones faunísticas presentes en ellos. Finalmente, la información que se brinda permite establecer una estrecha correla-

ción entre el inicio durante el Tremadociano temprano del volcanismo en el Sistema de Famatina, con su contraparte hacia el norte, en las Fajas Eruptiva Occidental y Oriental de la Puna, donde los episodios volcánicos se iniciaron en el Tremadociano temprano y Cámbrico superior-Tremadociano temprano respectivamente, continuando en el Arenigiano en ambas regiones. A su vez estos episodios fueron sucedidos por eventos plutónicos acaecidos en el lapso Tremadociano-Arenigiano (494-472 Ma) (Blasco *et al.* 1996, Lork y Bahlburg 1993, Haschke, 2006, Koukharsky *et al.* 2002). Esta evolución paralela apoya la hipótesis indicada por otros autores (Coira 1975, Conti *et al.* 1996, Mulcahy *et al.* 2007) de una faja magmática que integraría el centro - norte del Sistema de Famatina y la Puna.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está subsidiado por los proyectos ANPCYT PICT 7- 8724 y 21857, CONICET PIP 5112 y 5739, CIUNT 26/G332 y Universidades Nacionales de Tucumán, Jujuy y La Pampa.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aceñolaza, F.G. 1978. El plutonismo eopaleozoico del Sistema de Famatina. Actas Reunión Nacional El Paleozoico de Argentina, Suplemento Acta Geológica Lilloana, 14: 23-26, Tucumán.
- Aceñolaza, F.G., Gorustovich, S. y Solís, J. 1976.

El Ordovícico del Río La Alumbra, Departamento Tinogasta, Provincia de Catamarca. Ameghiniana 13(3-4): 269-288.

- Albanesi, G. y Vaccari, N.E. 1994. Conodontos del Arenigiano en la Formación Suri. Sistema de Famatina, Argentina. Revista Española de Micropaleontología 26(2): 125-146.
- Albanesi, G.L., Esteban, S.B., y Barnes, C.R. 1999. Conodontes del intervalo del límite Cámbrico-Ordovícico en la Formación Volcancito, Sistema de Famatina, Argentina. Temas Geológico-Mineros ITGE 26: 521-526.
- Albanesi, G.L., Esteban, S.B., Ortega, G., Hünicken M.A. y Barnes, C.R. 2005. Bioestratigrafía y ambientes sedimentarios de las Formaciones Volcancito y Bordo Atravesado (Cámbrico Superior - Ordovícico Inferior), Sistema de Famatina, provincia de La Rioja. En Dahlquist, J.A., Baldo, E.G. y Alasino P.H. (eds.) Geología de la provincia de La Rioja, Precámbrico - Paleozoico Inferior. Asociación Geológica Argentina, Serie D, Publicación Especial 8: 42-64.
- 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 (4): 445-460.
- Astini, R.A. 2003. The Ordovician Proto-Andean Basins. En Benedetto, J.L. (ed.) Ordovician Fossils of Argentina. Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba, 74 p., Córdoba.
- Baldo, E.G., Fanning, C.M., Rapela, C.W., Panthurst, R.J., Casquet, C. y Galindo, C. 2003. U-Pb Shrimp dating of rhyolite volcanism in the Famatinan belt and K-bentonites in the



- Precordillera. En Albanesi, G.L., Beresi, M.S., Peralta, S.H. (eds.) Ordovician from the Andes, Serie Correlación Geológica 17: 41-46, Tucumán.
- Benedetto, J.L. 1998. Early Paleozoic brachiopods and associated shelly faunas from western Gondwana: its bearing on the geodynamic history of the pre- Andean margin. En Pankhurst, R., Rapela, C.W. (eds.) The proto-Andean margin of Gondwana, The Geological Society, Special Publications 142: 57-83, London.
- Blasco, G., Zappettini, E.O. y Hongn, F. 1996. Descripción geológica de la Hoja 566-I San Antonio de los Cobres. Programa Nacional de Cartas Geológicas 1:250.000. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 217, 126 p., Buenos Aires.
- Breitkreuz, C., Bahlburg, H., Delakowitz, B. y Pichowiaki, S., 1989. Paleozoic volcanic events in the Central Andes. *Journal of South America Earth Sciences* 2: 171-189.
- Cisterna, C. 1994. Contribución a la Petrología de los Granitoides del Extremo Norte de la Sierra de Narváz, Sistema de Famatina, Catamarca. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Salta, (inédito), 275 p., Salta.
- Cisterna, C.E. y Mon, R. 2004. Contrastes en el comportamiento reológico de las capas ordovícicas del extremo norte del Sistema de Famatina. 12° Reunión sobre Microtectónica y Geología Estructural, Actas 1: 5, Cafayate.
- Cisterna, C., Coira, B. y Koukharsky, M. 2005. Registros del volcanismo bimodal de la zona de Chaschuil. Una clave para la reconstrucción del arco magmático ordovícico en el Sistema de Famatina, Argentina. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 317-324, La Plata.
- Cisterna, C.E., Coira, B. y Brussa, E. 2006. Registros volcánicos – sedimentarios tremadocianos tempranos en el norte del Sistema de Famatina. Nuevos datos sobre la actividad efusiva en el arco magmático ordovícico del noroeste de Argentina. 11° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 431-434, Antofagasta.
- Cisterna, C., Coira, B. y Koukharsky, M. 2010. Sucesiones volcánicas-sedimentarias tremadocianas y arenigianas en la sierra de Las Planchadas-Narváz: registros evolutivos del arco magmático famatiniano. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 66(1-2): 180-193.
- Coira, B. 1975. Ciclo efusivo ordovícico registrado en la Formación Acoite, Abra Pampa, provincia de Jujuy, Argentina. 2° Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas 1: 37-56, Buenos Aires.
- Coira, B., Kay, S.M., Pérez, B., Woll, B., Hanning, M. and Flores, P. 1999. Magmatic sources and tectonic setting of Gondwana margin Ordovician magmas, northern Puna of Argentina and Chile. En Ramos, V.A. y Keppie, D. (eds.) *Laurentia-Gondwana connections before Pangea*. Geological Society of America, Special Paper 336: 145-170.
- Collo, G., Dávila, F.M., Candiani, J.C. y Astini, R.A. 2006. Plegamiento transversal a la deformación oclógica en rocas pre-ordovícicas del Sistema de Famatina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 61(1): 112-117.
- Collo, G. y Astini, R. 2008. La Formación Achavil: una nueva unidad de bajo grado metamórfico en la evolución cámbrica superior del Famatina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63(3): 344-362.
- Conti, C.M., Rapalini, A.E., Coira, B. y Koukharsky, M. 1996. Paleomagnetic evidence of an early Paleozoic rotated terrane in northwest Argentina. A clue for Gondwana-Laurentia interaction? *Geology* 24 (10): 953-956.
- Cooper, R. A., Maletz, J., Haifeng, W. y Erdtmann, B. 1999. Taxonomy and evolution of earliest Ordovician graptoloids. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 78 (1): 3-32.
- Cuerda, A. 1965. Estratigrafía de los depósitos neopaleozoicos de la Sierra de Maz (Pcia. San Juan). 2° Jornadas Geológicas Argentinas [1 Acta Geológica Lilloana, 3]: 7-15, Tucumán.
- Esteban, S. 1993. Litofacias de plataforma en la Formación Volcancito (Tremadociano) flanco oriental de la Sierra de Famatina, La Rioja, Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 1: 116-120, Mendoza.
- Esteban, S. 1999. Estratigrafía, Geología Sedimentaria y Paleontología del Ordovícico basal del Sistema de Famatina. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Tucumán, (inédito), 217 p., San Miguel de Tucumán.
- Esteban, S. 2003. The early Ordovician in the Sistema de Famatina. Stratigraphic and geotectonic framework. En Aceñolaza, F.G. (ed.) *Aspects of the Ordovician System in Argentina*. Instituto Superior de Correlación Geológica, Serie de Correlación Geológica 16: 27-40, Tucumán.
- Gutiérrez-Marco, J.C. y Esteban, S.B. 2003. Reappraisal of the Tremadocian graptolite sequence of the Famatina System, NW Argentina. En Ortega, G. y Aceñolaza, G. (eds.) *Proceedings 7th IGC-FMSSS*, Serie de Correlación Geológica 18: 39-44.
- Harrington, H.J. y Leanza, A.F. 1957. Ordovician trilobites of Argentina. Department of Geology, University of Kansas, Special Publication 1: 1-276, Lawrence.
- Haschke, M., Deeken, A., Insel, N., Grove, M. y Smichtt, A. 2005. Growth pattern of the Andean Puna plateau constrained by apatite (U/Th)/He, K-feldspar 40Ar/39Ar, and zircon U-Pb geochronology. 6° International Symposium on Andean Geodynamics 446 cs, Extended Abstracts: 360-363, Barcelona.
- Koukharsky, M., Torres Claro, R., Echeverría, M., Vaccari, N. y Waisfeld, B. 1996. Episodios volcánicos del Tremadociano y Arenigiano en Vega Pinato, Puna salteña, Argentina. 13° Congreso Geológico Argentino, Actas 5: 535-542, Buenos Aires.
- Koukharsky, M., Quenardelle, S., Litvak, V., Page, S. y Maisonnave, E. B. 2002. Plutonismo del Ordovícico inferior en el sector norte de la sierra de Macón, provincia de Salta. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 57(2): 173-181.
- Lork, A. y Bahlburg, H. 1993. Precise U-Pb ages of monazites from the Faja Eruptiva de la Puna Oriental and the Cordillera Oriental, NW Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Hidrocarburos, Actas 2: 291-293, Mendoza.
- 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.
- Mannheim, R. 1993. Génesis de las volcanitas eopaleozoicas del Sistema del Famatina, Noroeste de Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de

- Hidrocarburos, Actas 4: 147-155, Mendoza.
- Moya, C., Malanca, S., Hongn, F. y Bahlburg, H. 1993. El Tremadociano temprano en la Puna occidental argentina. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 2: 20-30, Mendoza.
- Mulcahy, S., Roeske, S., McClelland, W., Nomade, S. y Renne, P. 2007. Cambrian initiation of the Las Pirquitas thrust of the western Sierras Pampeanas, Argentina: Implications for the tectonic evolution of the proto-Andean margin of South America. *Geology* 35: 443-446.
- 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: 335-342, La Plata.
- Rubiolo, D., Cisterna, C., Villeneuve, M. y Hickson, C. 2002. Edad U/Pb del Granito de Las Angosturas en la sierra de Narváz (Sistema de Famatina, Provincia de Catamarca). 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 359-362, Calafate.
- Turner, J.M. 1958. Estratigrafía de la Sierra de Narváz, Catamarca y La Rioja. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 12(1): 18-60.
- Turner, J.M. 1960. Estratigrafía del tramo medio de la Sierra de Famatina y adyacencias, La Rioja. *Boletín Academia Nacional de Ciencias* 42: 77-126. Córdoba.
- Turner, J.M. 1967. Descripción geológica de la Hoja 13b, Chaschuil, Provincias de Catamarca y La Rioja. Instituto Nacional de Geología y Minería, Boletín 106, 78 p., Buenos Aires.
- 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(1): 73-86.
- Viramonte, J.M., Viramonte, J.G., Becchio, R.A., Pimentel, M.M. y Martino, R.A., 2005. New U-Pb and Nb-Sm data for the Ordovician magmatism on the eastern border of the Southern Puna. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 191-198, La Plata.

Recibido: 30 de enero, 2009.

Aceptado: 04 de noviembre, 2010.