

TECTÓNICA EXTENSIONAL TRIÁSICA EN EL SECTOR NORTE DE LA CUENCA CUYANA: PRIMEROS DATOS CINEMÁTICOS

María S. JAPAS^{1,2}, José M. CORTÉS^{1,2} y Mercedes PASINI²

¹ CONICET - FCEyN - Universidad de Buenos Aires, Pabellón 2, Ciudad Universitaria, C1428EHA, Buenos Aires.
Email: msjapas@gl.fcen.uba.ar.

² Laboratorio de Neotectónica (LANEO), FCEyN, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, Pabellón 2, C1428EHA Buenos Aires. Emails: cortes@gl.fcen.uba.ar, mercedespasini@yahoo.com.ar

RESUMEN

En el ámbito precordillerano, las sucesiones clásticas y volcánicas que rellenan el *rift* triásico de la cuenca Cuyana han sido afectadas por la tectónica contraccional y transpresiva andina. En la Precordillera Sur, la deformación neógena sobrepuesta a las estructuras extensionales que formaron la cuenca condujo a la inversión tectónica de los hemigrábenes y al ascenso y desmembramiento del relleno, configurando afloramientos aislados cuya distribución presenta un neto control tectónico. El grado de inversión tectónica y la complejidad de la deformación neógena varía en los distintos sectores de la cuenca. A escala regional, tales variaciones en el estilo estructural andino están fuertemente influenciadas por la presencia de anisotropías oblicuas de primer orden, como los bordes de la cuenca Cuyana o extensas fajas de cizalla sanrafaélicas. Por ello, el estudio de la cinemática extensional triásica se ha iniciado en el sector central de la Precordillera Sur, sobre la lámina de corrimiento Cerro Manantial, en el cordón San Bartolo, donde los efectos de la inversión tectónica son menos severos y la influencia de la cizalla simple ejercida por las anisotropías oblicuas es menor. En la sucesión de estratos de la Formación Cielo del Grupo Uspallata, que aflora en ambos márgenes de la quebrada El Salto, se reconocen cuatro juegos de fallas normales; el rechazo de los bancos por las fallas es del orden de decenas de centímetros a varios metros. Indicadores cinemáticos mesoscópicos como grietas escalonadas, cizallas de Riedel y fracturas sigmoidales se asocian a los planos de falla allí expuestos. Restando los efectos de la rotación neógena asociada a la falla Cerro Manantial, el análisis cinemático de esa población de estructuras frágiles indica una dirección de extensión NNE. Tomando en cuenta la orientación general al NNW (Az. 150°) del tramo norte de la cuenca Cuyana y la dirección de extensión NNE (Az. 35°- 40°) obtenida en los afloramientos de la quebrada El Salto, se infiere en forma preliminar una importante componente sinistral durante la extensión en el tramo norte de la cuenca.

Palabras clave: *Cuenca Cuyana, Precordillera sur, Extensión triásica oblicua, Cinemática, Análisis de fábrica estructural.*

ABSTRACT: *Triassic extensional tectonics at the northern branch of the Cuyana basin (South Precordillera): First kinematic data.* Triassic clastic and volcanic rocks from the Precordillera were deposited in the Cuyana rift basin filling half-graben systems. Contraccional/transpressional Andean tectonics leads to the almost complete inversion of some portions of the basin which resulted in present-day isolated, structurally controlled outcrops of these Triassic rocks. In the Southern Precordillera both the degree of Neogene tectonic inversion and structural complexities are variable. At the regional scale, these variations in Andean deformation are related to first order anisotropies like the Cuyana basin borders and previous shear zones of Permian age (San Rafael orogenic phase). This paper focuses on the kinematic analysis done in the Cerro Manantial thrust sheet area (Cordón San Bartolo, central sector of the South Precordillera) where tectonic inversion was not that strong and the influence of oblique strain zones is practically null. Four sets of extensional / transtensional faults were recognized affecting Triassic sedimentary rocks of the El Cielo Formation (Uspallata Group) at the Quebrada El Salto. Fault displacements are of decimetric to metric scale. Mesoscopic kinematic indicators (*en-échelon* tensional gashes, Riedel shear fractures, sigmoidal fractures) were measured. Once Andean deformation was restored, a NNE direction for the Triassic extension was determined. Considering a northern branch of the Cuyana basin trending NNW (Az. 150°) and oblique to the direction of extension (Az. 35-40°), a sinistral strike-slip component could be inferred for this portion of the basin.

Keywords: *Cuyana basin, Southern Precordillera, Oblique triassic extension, Kinematics, Structural fabric analysis.*

INTRODUCCIÓN

Durante el Paleozoico temprano el mar-

gen sudoccidental del Gondwana (28°-36°S) estuvo sometido a diferentes regímenes tectónicos, los cuales dejaron una

impronta que condicionó la posterior deformación. Ciclos de subducción que culminaron con la acreción de terrenos

alóctonos (Córdoba, Pampia, Famatina, Cuyania, Chilenia) sintetizan la historia de este sector del margen activo entre el Precámbrico y fines del Devónico (Ramos 1988, Ramos *et al.* 2001). Hacia comienzos del Carbonífero se inició una nueva etapa de subducción la cual habría continuado, por lo menos, hasta el Pérmico temprano. A consecuencia de la implantación de este régimen tectónico, la orogenia y el magmatismo gondwánicos habrían dominado el escenario geodinámico carbonífero-pérmico temprano del margen pantalásico entre los 28° y los 36°S de latitud. Como resultado del posterior cese de la compresión, se habría producido un fenómeno de recuperación elástica por relajación mecánica postorogénica (Japas y Kleiman 2004, Japas *et al.* 2006). El magmatismo postorogénico, desarrollado bajo un régimen extensional (Zeil 1989), se asociaría a la generación de anomalías calóricas en la litósfera (Kay *et al.* 1989, Legarreta *et al.* 1993, Llambías 1999).

El régimen tectónico bajo el cual se generaron las cuencas extensionales triásicas ha sido motivo de diversas interpretaciones, basadas en general en consideraciones regionales. Charrier (1979) destaca por primera vez el diseño paralelo y escalonado que presentan algunas cuencas triásicas de Chile y Argentina. Sobre la base de la distribución escalonada que presentan las depresiones de tipo tafrogénico que conforman la cuenca Cuyana. Criado Roqué *et al.* (1981) proponen un mecanismo de transtensión a escala regional, resultante del cese de la subducción en el margen occidental. Nullo (1991) considera un modelo de desarrollo regional de las cuencas extensionales del sur de Sudamérica basado en un esquema transpresional. Ramos y Kay (1991) y Ramos (1992) describen el desarrollo de un *rifting* episutural de retroarco, relacionándolo con un modelo de extensión a lo largo de un despegue basal (modelo de cizalla simple). Spalletti (1994, 1995) vincula la apertura del depocentro triásico a la transcurrancia de los sistemas Valle Fértil-Desaguadero y

Atuel. Moreno Peral y Salvarredi (1984), Uliana y Biddle (1987, 1988), Uliana *et al.* (1995) y Tankard *et al.* (1995) entre otros, refieren, en cambio un origen por colapso extensional del orógeno pérmico.

Desde los pioneros trabajos (Rolleri y Criado Roqué 1968, entre otros), mucho se ha avanzado en el conocimiento del régimen extensional triásico. Sin embargo, la estructura extensional de la cuenca Cuyana ha sido descrita e interpretada esencialmente a partir de información sísmica y de perforaciones (véase Kokogian *et al.* 1993, Ploszkiewicz 1993, Moratello 1993, Dellapé y Hegedus 1995, entre otros), de la distribución espacial de rocas y fallas principales (Legarreta *et al.* 1993) y/o de estudios estratigráficos (Kokogian *et al.* 1989, López Gamundi *et al.* 1989, López Gamundi y Astini 1992, López Gamundi 1994, Milana y Alcober 1995, Barredo 2000, 2004, Barredo y Ramos 1997, 2006, entre otros). La escasez de datos referidos a las estructuras triásicas de Precordillera se debe en gran parte a que allí la tectónica cenozoica superpuesta invirtió y desmembró las cuencas extensionales obliterando las estructuras originales. En tal sentido, el levantamiento geológico de la porción sur de la Precordillera (Cortés *et al.* 1999 a y b, Folguera *et al.* 2004) ha brindado información acerca de la existencia de áreas o

bloques con una menor perturbación e influencia de la deformación andina.

Sobre esta base, se ha iniciado el análisis del fallamiento sinsedimentario en un sector de la cuenca Cuyana con excelentes exposiciones de las estructuras extensionales. Los datos estructurales se han obtenido en afloramientos de rocas triásicas que se encuentran en las nacientes de la quebrada El Salto, margen noroccidental del cordón San Bartolo, provincia de Mendoza (Fig.1).

En el marco de un proyecto general que tiene por objeto caracterizar la conformación estructural de la cuenca Cuyana, se presentan y discuten en esta contribución los primeros resultados cinemáticos recolectados en rocas triásicas del tramo norte de la cuenca Cuyana, región central de la Precordillera Sur. El estudio cinemático y de la fábrica estructural permitió definir la orientación de los ejes cinemáticos principales durante la extensión triásica en el sector estudiado, evaluar el rol de la transcurrancia en la formación de la cuenca Cuyana y reconocer la participación o incidencia de los planos de anisotropía mecánica previos (arquitectura litosférica de la región) durante este evento regional de deformación extensional.

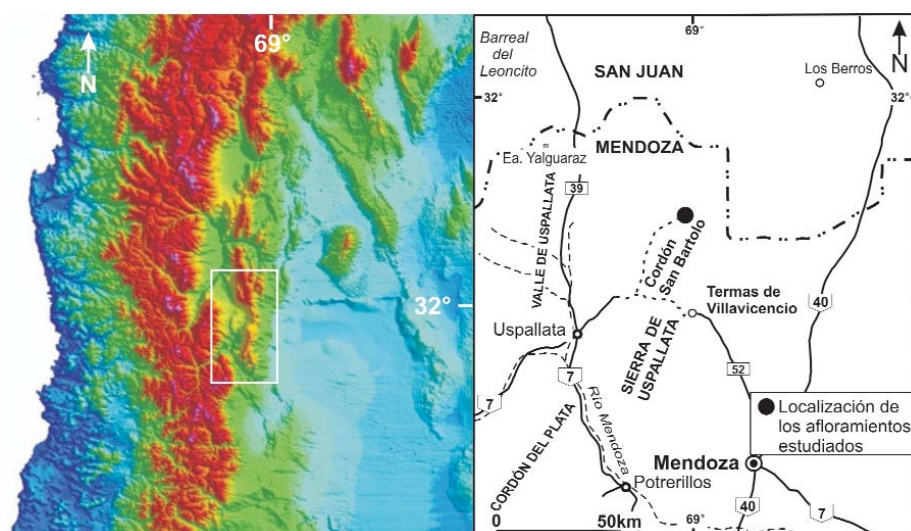


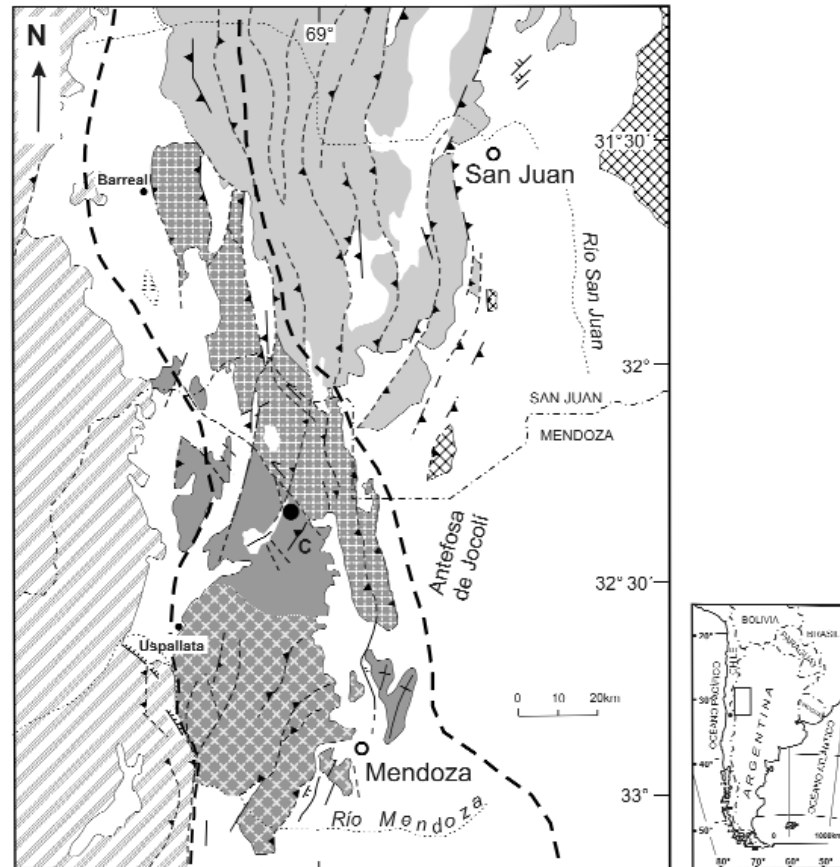
Figura 1: Mapa de ubicación de los afloramientos estudiados.

GEOLOGÍA

Deformación cenozoica en rocas triásicas de la Precordillera Sur

Entre los 31° y 35° LS, las sucesiones sedimentarias y volcánicas que constituyen el relleno de la cuenca triásica Cuyana presentan variaciones longitudinales en su estilo de deformación. Los cambios más importantes son coincidentes con el pasaje hacia el sur de un régimen geodinámico asociado a subducción subhorizontal (segmento Pampeano), a un régimen generado por subducción normal (Cahill y Isacks 1992). Así, al sur de los 33° de latitud, dichas sucesiones yacen en el subsuelo. Allí, la contracción cenozoica al este de la Cordillera Frontal (cordón del Plata) dio origen a fajas de deformación subparalelas de orientación noroeste, en las cuales las capas triásicas conforman trenes de pliegues amplios, buzantes y delimitados por fallas, bajo un régimen transpresivo (Rolleri y Fernández Garrasino 1979, Massabie 1998, Cortés *et al.* 2006a). Tales fajas, asociadas a un escaso relieve en superficie, constituyen la unidad morfotectónica denominada Cerrilladas Pedemontanas Mendocinas. Al norte de los 33° LS en cambio, la inversión tectónica de la cuenca Cuyana (Ramos y Kay 1991, Legarreta *et al.* 1993, Cortés *et al.* 1999a), ascendió y desmembró las sucesiones triásicas, dando origen a afloramientos desconectados entre sí, con un fuerte control tectónico en su distribución. Allí, la deformación cenozoica expone en superficie un nivel estructural más profundo y se asocia a un relieve mayor, representado por la unidad morfotectónica Precordillera.

En la porción austral de la Precordillera de Cuyo, la influencia de anisotropías paleotectónicas vinculadas a la deformación Sanrafaélica y a la cuenca Cuyana (Fig. 2), determinan un estilo estructural y un relieve distinto al que presentan la Precordillera Oriental, Central y Occidental de San Juan, dando origen a una subunidad morfotectónica denominada Precordillera Sur (Cortés *et al.* 2005). La



Referencias

- | | |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| ■ Precordillera occidental, central y oriental | ▨ Sierras Pampeanas |
| Precordillera sur: | — Fallas cenozoicas |
| ▨ Región norte | ⤴ Pliegue |
| ■ Región central | — Límite de afloramientos de la cuenca Cuyana |
| ▨ Región sur | ● Localización de los afloramientos estudiados |
| ▨ Cordillera Frontal | C: Corrimiento Co. Manantial |

estructura cenozoica de esta subunidad está caracterizada por fallas inversas de alto y bajo ángulo asociadas a estructuras oblicuas de orientación nor-noroeste y noroeste las cuales indican la participación de un mecanismo de cizalla simple en la deformación contraccional. Sobre la base de sus rasgos morfotectónicos, la Precordillera Sur ha sido subdividida por Cortés *et al.* (2005) en una región norte representada por el cinturón transpresivo Barreal-Las Peñas, de orientación noroeste, una región central constituida por corrimientos y valles intermontanos de orientación norte-sur y una región sur, la

cual conforma un bloque de fallas inversas imbricadas de vergencia este-sureste (Fig. 2). La configuración y estilo de las sucesiones triásicas aflorantes varía en cada una de esas regiones (Cortés *et al.* 2006b). Del conjunto de estos afloramientos, aquéllos que se encuentran en la región central (sucesiones de la cuenca de Paramillos y afloramientos cercanos), evidencian una menor influencia de la deformación e inversión neógena. Los datos obtenidos proceden de afloramientos de la región central de la Precordillera Sur, localizados en las proximidades de la quebrada El Salto, margen

Figura 2: Mapa de localización de la Precordillera Sur con sus divisiones internas. Se indica su relación con la distribución de la cuenca Cuyana (según Cortés *et al.* 2005).

noroccidental del cordón San Bartolo (Fig.1). Allí, esas sucesiones forman parte del bloque del techo del corrimiento Cerro Manantial, de vergencia este, cuya traza delimita el borde oriental del mencionado cordón. Las sucesiones triásicas, que fueron homologadas a la Formación Cielo del Grupo Uspallata (Cortés *et al.* 1999b), se apoyan en discordancia angular sobre rocas epimetamórficas del Paleozoico inferior y soportan en suave discordancia angular sedimentitas neógenas de la Formación Las Cuevas (Cortés *et al.* 1999b). La inclinación de 20° al oeste de estas últimas, indica la rotación mínima que sufrió el conjunto rocoso sobre el corrimiento Cerro Manantial durante el Neógeno. Las fallas normales estudiadas afectan a sedimentitas triásicas de la cuenca Cuyana y son anteriores a la deformación cenozoica. No se conocen en la región evidencias de deformación extensional posterior al Triásico y anterior al Neógeno, por lo cual se vinculan estas fallas a la tectónica generadora de dicha cuenca.

Evolución tectónica gondwánica

El *rift* triásico en el oeste de Argentina siguió al desarrollo de la provincia magmática Choiyoi, de edad pérmica - triásica inferior. Para el Pérmico temprano el sector gondwánico comprendido entre los 28° y los 36°S se hallaba regido por un régimen transpresivo regional resultante de una convergencia oblicua al margen (Rapalini y Vilas 1991, Fuentes *et al.* 1986, Kleiman y Japas 2002, Japas y Kleiman 2004). La orogenia San Rafael (ciclo orogénico gondwánico) representa un evento deformacional de alcance regional, responsable en gran medida de la discordancia angular que relaciona las secuencias sedimentarias neopaleozoicas (Carbonífero tardío - Pérmico temprano) con las sucesiones volcánicas correspondientes al ciclo magmático Choiyoi. Movimientos orogénicos tardíos afectaron también a la sección inferior de este ciclo magmático (Moreno Peral y Salvarredi 1984, Cortés y Kleiman 1999, Kleiman y Japas 2002, Japas y Kleiman 2004). Hacia el Pérmico

tardío, el comienzo de una etapa transtensional previa al *rifting* triásico, registra un importante cambio en el régimen tectónico (Llambías *et al.* 1993, Llambías 1999, Japas y Kleiman 2004, Kleiman y Japas 2005). Este período extensional postorogénico (deformación postsanrafaélica de Japas y Kleiman 2004) se verifica en la reactivación transtensional de estructuras sanrafaélicas (Japas y Kleiman 2004) y culmina durante el Triásico temprano con una extensión generalizada (*rifting* pasivo, Spalletti 1998). Durante esta etapa se desarrollaron cuencas elongadas, angostas y escalonadas, con geometría de hemigraben (Criado Roqué *et al.* 1981, Uliana *et al.* 1986, 1989, López Gamundi 1994), las cuales se emplazaron en la pared colgante de suturas copaleozoicas (Ramos 1992).

ANÁLISIS DEL FALLAMIENTO TRIÁSICO

Geometría de las estructuras

Los afloramientos de sedimentitas triásicas que se encuentran en ambas márgenes de la quebrada El Salto, han preservado localmente una elevada proporción de fallas normales no invertidas por la tectónica cenozoica. Capas guía y conjuntos de estratos de variable espesor y color en la sucesión triásica deformada, junto con indicadores cinemáticos asociados a la zona de falla, han permitido identificar el sentido de los desplazamientos.

Las fallas más extensas, con desplazamientos de uno a dos metros, segmentan los afloramientos conformando bloques mayores decamétricos. Fallas secundarias con desplazamientos decimétricos y centimétricos definen a su vez bloques internos menores (Fig. 3a). Las fallas poseen superficies planas algo irregulares, comúnmente con inclinaciones altas de entre 65° y 90° grados. Se observan asimismo en menor proporción algunas fallas de muy bajo ángulo (30° a 45°). En ocasiones, las fallas muestran tramos planos con distinta inclinación. Estas variaciones en la inclinación se asocian comúnmente

a cambios en la competencia de las rocas atravesadas (Fig. 3b). Los problemas de espacio generados por el desplazamiento a lo largo de estos tramos con distinta inclinación se resuelven por medio de pliegues de arrastre y fallas secundarias anti-téticas de ajuste (Fig. 3c). En algunos sectores, las zonas más densamente falladas por la extensión triásica son cortadas por fallas inversas cenozoicas (Fig. 3d). Las fallas normales conforman juegos conjugados de rumbo NNO, ONO, NS y NNE. En su conjunto y a escala del afloramiento en el sector de El Salto, acomodan la extensión mediante una deformación no rotacional en la cual los distintos juegos de fallas muestran un desplazamiento mutuo bajo un desarrollo secuencial (véase Ramsay y Huber 1987).

Análisis cinemático

Con el objeto de llevar a cabo el análisis cinemático de la extensión triásica en la región, se midieron los indicadores de movimiento para cada una de las 21 fallas relevadas. Dado que las estrías observadas sobre los planos de falla podían reflejar movimientos andinos (Fig. 3d), se procedió al relevamiento de estructuras menores que atestiguaran la actividad extensional triásica original tales como grietas escalonadas, estructuras Riedel y fracturas sigmoidales (memoria cinemática de las rocas). En estos casos, la dirección perpendicular a la intersección entre el plano de falla y el plano de la estructura menor considerada define la dirección del movimiento, mientras que el sentido del movimiento es indicado por la asimetría que presentan estas estructuras menores (indicador cinemático).

A partir del *datum* cinemático básico de cada una de las fallas reconocidas, es decir la orientación del plano de falla y la dirección y sentido del movimiento, se calcularon (ver Marrett y Allmendinger 1990) las orientaciones de los ejes cinemáticos de la extensión triásica para cada una de ellas, a través del programa *FaultKinWin* (Allmendinger 2001). El conjunto de datos fue procesado estadísticamente a través

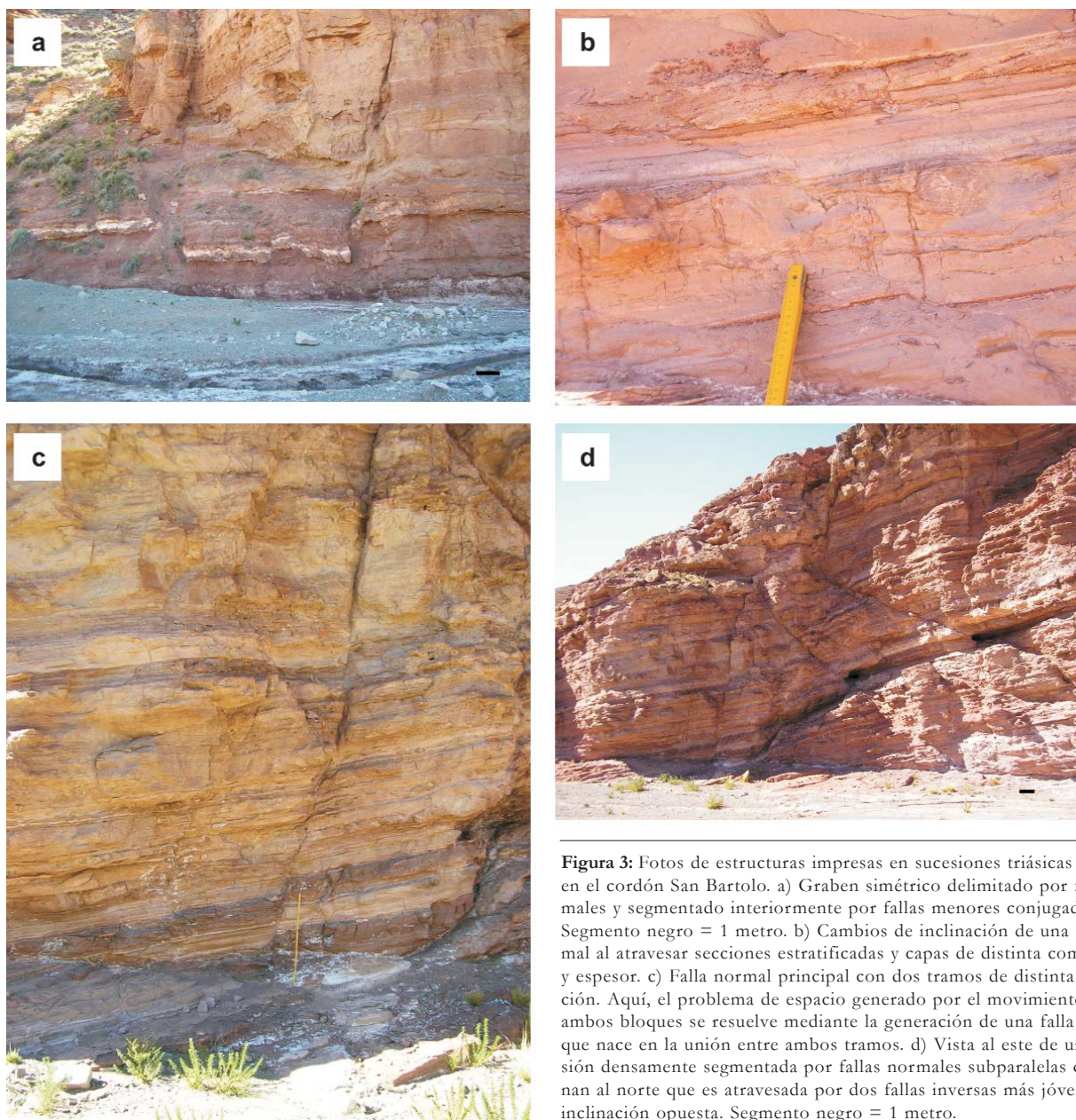


Figura 3: Fotos de estructuras impresas en sucesiones triásicas aflorantes en el cordón San Bartolo. a) Graben simétrico delimitado por fallas normales y segmentado interiormente por fallas menores conjugadas. Segmento negro = 1 metro. b) Cambios de inclinación de una falla normal al atravesar secciones estratificadas y capas de distinta competencia y espesor. c) Falla normal principal con dos tramos de distinta inclinación. Aquí, el problema de espacio generado por el movimiento entre ambos bloques se resuelve mediante la generación de una falla antitética que nace en la unión entre ambos tramos. d) Vista al este de una sucesión densamente segmentada por fallas normales subparalelas que inclinan al norte que es atravesada por dos fallas inversas más jóvenes de inclinación opuesta. Segmento negro = 1 metro.

de este mismo programa.

El análisis mencionado permitió calcular una dirección de extensión principal (eje X) de orientación NNE (Az. 35° - 40°) con una buena definición (Fig. 4b). Al graficar los ejes de acortamiento (eje Z) aportada por cada falla, éstos caen en el diedro de acortamiento mostrando una distribución con una concentración máxima (68%) cercana al eje (eje 3 Fig. 4c) y una población menor (32%) cercana al eje 2.

ESTRUCTURAS TRIÁSICAS A DISTINTAS ESCALAS

A partir de los datos estructurales obtenidos en la quebrada El Salto, se procedió a analizar, a distintas escalas, la información previa referida a estructuras triásicas del sector centro occidental argentino. Estas observaciones se orientan a comparar y ponderar, en este ámbito, el alcance regional y la persistencia de determinadas direcciones estructurales.

A escala local, las estructuras triásicas ob-

servadas presentan las siguientes orientaciones principales: NNO, ONO, N-S y NNE. A escala regional, resulta interesante destacar que en comarcas como Paramillos (véase Cortés *et al.* 1999a y 2005), con una baja influencia de las estructuras andinas, se han reconocido asimismo tres juegos principales de fallas y fajas de fracturamiento (NNO, ONO y NNE), en correspondencia con aquellos obtenidos a través del levantamiento a escala del afloramiento en la quebrada El Salto. Llamativamente, algunas de estas

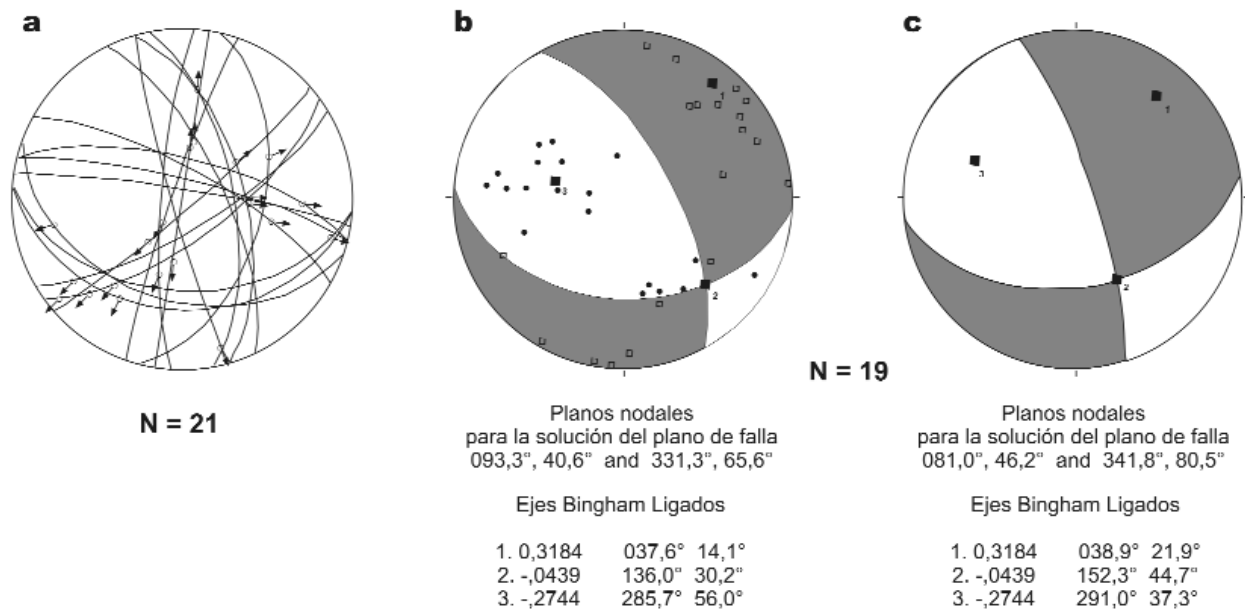


Figura 4: Representación estereográfica de los datos levantados en la quebrada El Salto. a) Representación de las actitudes de las fallas relevadas. Las flechas indican el movimiento de la pared colgante; b) Representación correspondiente a datos cinemáticos de fallas. Los círculos negros y los cuadrados representan los ejes de acortamiento (Z) y de extensión (X) calculados para cada falla, respectivamente. Los planos nodales delimitan cuadrantes en gris (campo de estiramiento) y cuadrantes en blanco (campo de acortamiento); c) Representación de los ejes cinemáticos con restitución a su posición pre-andina (a partir de la horizontalización de la lámina de corrimiento Cerro Manantial).

direcciones estructurales (NNO y ONO) están presentes a la escala de la cuenca Cuyana (Fig. 5). Allí están representadas por distintos elementos tectónicos mayores tales como: (a) zonas de sutura que delimitan la cuenca Cuyana (Ramos *et al.* 2001), (b) alineamientos secundarios de depocentros y deflexiones en alineamiento de depocentros (véase Spalletti 2001) y (c) lineamientos definidos a partir de información geofísica (véase Kostadinoff y Gregori 2004, Kostadinoff *et al.* 2006). A escala del margen sudoccidental de Gondwana el arrumbamiento NNO de cuencas confirma la persistencia de esta dirección (Japas *et al.* 2005).

Estas observaciones sugieren la persistencia de definidas orientaciones estructurales tanto a escala local como regional y de cuenca. Dichas orientaciones preferenciales pondrían en evidencia la presencia de una fábrica estructural similar a distintas escalas, cuya definición y análisis permitirán caracterizar más acabadamente la tectónica extensional triásica.

DISCUSIÓN

Las estructuras más representativas de la

tectónica extensional triásica en el sector analizado presentan rumbos NNO y ONO. Existe una marcada correspondencia entre las direcciones de los principales juegos de fracturas que acomodan la deformación triásica con aquéllos generados por la transpresión Sanrafaélica previa (véase Cortés *et al.* 1999a, Japas y Kleiman 2004). Esto podría estar indicando el fuerte control que habrían ejercido estos planos de anisotropía mecánica durante la deformación extensional triásica, de la misma forma en que fuera interpretado por Japas *et al.* (2005) para la vecina región de San Rafael.

Teniendo en cuenta la dirección NE del eje de extensión y la orientación NNO del tramo norte de la cuenca Cuyana (Figueroa y Ferraris 1989), se infiere la existencia de una componente de desplazamiento de rumbo asociada a la evolución triásica de este tramo de la cuenca. Los movimientos triásicos deberían presentar una cinemática transtensiva sinistral en este tramo (Fig. 5) la cual es coherente con el cuadro de movimientos que delatan las fallas NNO relevadas en el área del cordón San Bartolo.

La presencia de dos poblaciones cinemá-

ticas bien definidas en el área de la quebrada El Salto (Fig. 4b) y su mutua relación espacial (a 90° una de la otra) podrían indicar la existencia de un intercambio axial entre los ejes intermedio y de acortamiento, el cual se habría producido en algún momento de la evolución del tramo norte de la cuenca Cuyana. Esta interpretación estaría avalada por la consistencia que presentan los ejes principales de estiramiento calculados para cada falla, indicativa de una dirección de extensión constante. Intercambios axiales suelen presentarse en regímenes no coaxiales como resultado de la deformación progresiva de sistemas confinados (Sanderson y Marchini 1984, Japas 1989, 1992, Japas *et al.* 2004). Esta situación particular en la cual aparecen dos poblaciones de ejes de acortamiento (ejes Z) podría estar indicando también una alta partición de movimientos (véase el modelo análogo de Schreurs y Colletta 1998), aunque la secuencia temporal evidenciada en estos ensayos podría interpretarse como un proceso progresivo rotacional a partir del cual las estructuras desarrolladas durante la primera etapa cambian su orientación respecto de los

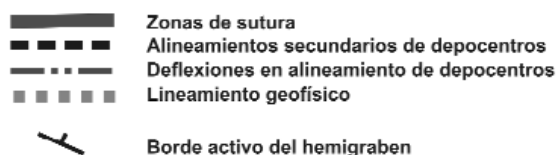
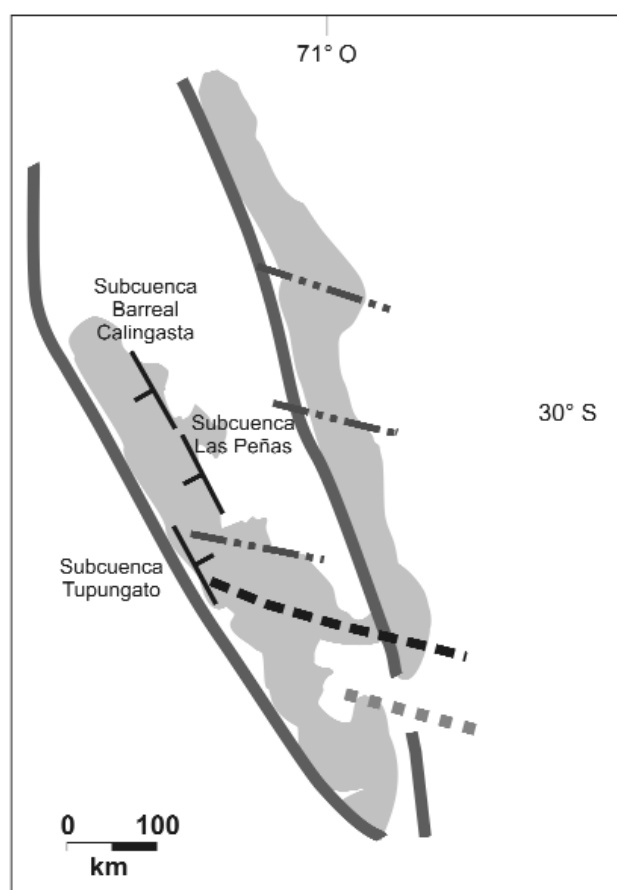


Figura 5: Mapa regional de la cuenca Cuyana y cuencas vecinas con la indicación de los elementos estructurales reconocidos (según Ramos *et al.* 2001, Spalletti 2001, Kostadinoff y Gregori 2004, y Kostadinoff *et al.* 2006).

esfuerzos principales y, por lo tanto, su cinemática. Por otro lado, la presencia de estas dos poblaciones de ejes de acortamiento también podría estar vinculada a la existencia de dos fases diferentes en la evolución tectónica del rift. El futuro relevamiento de otras facies tectosedimentarias y de otras áreas de la cuenca permitirá avanzar sobre el significado de esta particular característica cinemática. El desarrollo de hemigrábenes alternados constituye un rasgo destacado de la cuenca Cuyana (Legarreta *et al.* 1993). La disposición de elementos estructurales observada a la escala de esta cuenca (Fig. 5) revela dos hemigrábenes dispuestos escalonadamente en dirección NO, en el tramo norte, a muy bajo ángulo respecto del borde de la cuenca. Esta fábrica se ase-

meja al diseño que presentan las estructuras tensionales desarrolladas bajo regímenes transtensionales de bajo ángulo de oblicuidad (ángulo entre la dirección de extensión y la normal a la faja, véase Ramsay y Huber 1983, Sanderson y Marchini 1984, Allen *et al.* 1998, entre otros). El análisis cinemático y de los elementos estructurales resalta la importancia regional que habrían tenido las direcciones NNO y ONO durante el desarrollo del evento extensional triásico. En este sentido, la existencia de fallas con idéntica orientación y cinemática en la vecina zona de San Rafael (cuenca Puesto Viejo) da mayor sustento a los resultados obtenidos para el tramo norte de la cuenca Cuyana (Japas *et al.* 2005).

CONCLUSIONES

- En la región central de la Precordillera Sur, las estructuras extensionales de la cuenca Cuyana se han preservado con escaso grado de perturbación tectónica cenozoica. En afloramientos del Grupo Uspallata de la quebrada El Salto se reconocieron cuatro juegos de fallas normales, de orientaciones NNO, ONO, NS y NNE, cuyo rechazo es del orden de centímetros a varios metros. A escala del afloramiento en la comarca de El Salto, predominan los sistemas de fallas conjugadas planas no rotacionales.
- A partir de indicadores cinemáticos medidos en esas fallas, se calculó una dirección de extensión triásica NNE con azimut 35° - 40° .
- La orientación general NNO del tramo norte de la cuenca Cuyana y la dirección de extensión NNE obtenida en la quebrada El Salto sugieren una activa componente de rumbo sinistral durante la deformación triásica en ese sector de la cuenca. El régimen transtensivo así inferido es consistente con la cinemática observada en las fallas de Az. 150° obtenidas en esta comarca y en la vecina región de San Rafael.
- Se destaca que las principales direcciones de fracturamiento triásico reconocidas en los afloramientos de la quebrada El Salto parecen ser una herencia de estructuras previas del margen sudoccidental del Gondwana, generadas durante la orogenia Sanrafaélica y la posterior extensión permo-triásica asociada al Grupo Choiyoi. Los datos cinemáticos obtenidos en este trabajo junto con el análisis de información obtenida a partir de la bibliografía existente, revelan la participación de la tectónica por desplazamiento de rumbo en todos esos movimientos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a los colegas que participaron en la 13^o Reunión de Tectónica (San Luis, 2006) por la discusión de las ideas que aquí se presentan. A

la Dra. Laura Giambiagi y a un árbitro anónimo por las correcciones y sugerencias. Este trabajo fue financiado por los Proyectos UBACyT X221 y PIP-CONICET 5422.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Allen, M.B., MacDonald, D.I.M., Zhao Xun, Vincent, S.J. y Brouet-Menzies, C. 1998. Trans-tensional deformation in the evolution of the Bohai Basin, northern China. En Holdsworth, R.E., Strachan, R.A. y Dewey, J.F. (eds.), *Continental Transpressional and Trans-tensional Tectonics*, Geological Society, Special Publications 135: 215-229, London.
- Allmendinger, R.W. 2001. FaultKinWin, version 1.1. A program for analyzing fault slip data for Windows™ computers.
- Barredo, S.P. 2000. Structural Setting of the Rincón Blanco Rift. Argentina. Simposio Structural Geology and Geomechanics, 5-2 Extensional Structures in continental areas. 31st International Geological Congress, CD-ROM: 82, Río de Janeiro.
- Barredo, S.P. 2004. Análisis estructural y tectosedimentario de la subcuenca Rincón Blanco, Precordillera occidental, provincia de San Juan. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, (inérita) 326 p., Buenos Aires.
- Barredo, S.P. y Ramos, V. 1997. Los depósitos de Rincón Blanco (Precordillera de San Juan): un rift triásico. 2^o Jornadas sobre Geología de Precordillera (San Juan), Actas 1: 130-135.
- Barredo, S.P. y Ramos, V.A. 2006. La arquitectura de las fallas normales de la porción septentrional de Cuenca Cuyana. Provincia de San Juan. 13^o Reunión de Tectónica (San Luis), Resúmenes: 14-15. ISBN 978-9871031-49-8.
- Cahill, T. e Isacks, B.L. 1992. Seismicity and the shape of the subducted Nazca plate. *Journal of Geophysical Research*, 97 : 17503-17529.
- Cortés, J.M. y Kleiman, L.E., 1999. La orogenia Sanrafaélica en los Andes de Mendoza. 14^o Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 31.
- Cortés, J.M., Gonzalez Bonorino, G., Koukharsky, M.L., Brodtkorb, A. y Pereyra, F. 1999a. Hoja Geológica 3369-09 Uspallata, Mendoza. Carta Geológica de la República Argentina Escala 1:100.000. Servicio Geológico Minero Argentino, mapa preliminar, Boletín 281, 230 p., Buenos Aires.
- Cortés, J.M., Gonzalez Bonorino, G., Koukharsky, M.L., Brodtkorb, A. y Pereyra, F. 1999b. Hoja Geológica 3369-03 Yalguaraz, Mendoza. Carta Geológica de la República Argentina Escala 1:100.000. Servicio Geológico Minero Argentino, mapa preliminar, Boletín 280, 176 p., Buenos Aires.
- Cortés, J.M., Yamin, M.G. y Pasini, M.M. 2005. La Precordillera Sur, provincias de Mendoza y San Juan. 16^o Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 395-402, La Plata.
- Cortés, J.M., Casa, A., Pasini, M.M., Yamin, M.G. y Terrizzano, C. 2006a. Fajas oblicuas de deformación neotectónica en Precordillera y Cordillera Frontal (31°30'-33°30'LS). Controles paleotectónicos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 61(4): 639-646, Buenos Aires.
- Cortés, J.M., Pasini, M.M., Terrizzano C.M. y Yamin, M.G. 2006b. Rasgos singulares de la estructura neotectónica de Precordillera a lo largo del cinturón Barreal - Las Peñas (31°30' - 32°30' LS), Argentina. 11^o Congreso Geológico Chileno, Actas (Geodinámica Andina) 2: 391-394, Antofagasta.
- Criado Roqué, P., Momburí, C. y Ramos, V.A., 1981. Estructura e interpretación tectónica. En Yrigoyen, M.R. (ed.), *Geología y Recursos Naturales de la provincia de San Luis*, 8^o Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 155-192.
- Charrier, R. 1979. El Triásico de Chile y regiones adyacentes de la Argentina: una reconstrucción paleogeográfica y paleoclimática. *Comunicaciones* 26: 1-37, Santiago.
- Dellapé, D. y Hegedus, A. 1995. Structural inversion and oil occurrence in the Cuyo basin of Argentina. En Tankard, A.J., Suárez-Sorucu, M. y Welsink, H. (eds.) *Petroleum Basins of South America*, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 62: 359-367.
- Figueroa, D.E. y Ferraris, O.R. 1989. Estructura del margen oriental de la Precordillera mendocina-sanjuanina. 1^o Congreso Nacional de Exploración de Hidrocarburos (Mar del Plata), 1: 515-529, Buenos Aires.
- Folguera, A., Etcheverría, M., Pazos, P., Giambiagi, L., Fauqué, L., Cortés, J.M., Rodríguez, F., Irigoyen, V. y Fusari, C. 2004. Hoja Geológica 3369-15, Potrerillos, provincia de Mendoza. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín s/n, 252 p., Buenos Aires.
- Fuentes, A.J., Ramos, V.A. y Velo, R.A. 1986. La falla del río Tupungato: Una fractura de cizalle - Mendoza. Argentina. Universidad de Chile, *Comunicaciones* 37: 1-15, Santiago.
- Japas, M.S. 1989. Análisis de la deformación en las Sierras Australes de Buenos Aires. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 41: 193-215, Buenos Aires.
- Japas, M.S. 1992. La evolución estructural del sector oriental de las Sierras Australes de Buenos Aires revelada a través de sus estructuras menores. (6^o Reunión sobre Microtectónica) *Monografías de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 8: 115-122, Buenos Aires.
- Japas, M.S. y Kleiman, L.E. 2004. El Ciclo Choiyoi en el Bloque de San Rafael: de la orogénesis tardía a la relajación mecánica. *Asociación Geológica Argentina, Serie D* (11^o Reunión sobre Microtectónica y Geología Estructural, Avances en Microtectónica, Córdoba 2002) *Publicación Especial* 7: 89-100.
- Japas, M.S., Rubinstein, N.A. y Morello, O. 2004. Control estructural del Distrito minero Los Ratonés, Sierra de Fiambalá, provincia de Catamarca. *Asociación Geológica Argentina, Serie D* (11^o Reunión sobre Microtectónica y Geología Estructural, Avances en Microtectónica, Córdoba 2002) *Publicación Especial* 7: 58-67.
- Japas, M.S., Salvarredi, J. y Kleiman, L.E. 2005. Self-similar behaviour of Triassic rifting in San Rafael, Mendoza, Argentina. *Gondwana* 12, *Academia Nacional de Ciencias, Abstracts*: 210, Mendoza.
- Japas, M.S., Kleiman, L.E., Rubinstein, N.A. y Morello, O. 2006. Inversión tectónica por recuperación elástica debido a relajación mecánica postorogénica. *Asociación Geológica Argentina, Serie D* (12^o Reunión sobre Microtectónica y Geología Estructural (Cafayate 2004), *Publicación Especial* 10: 193-200.
- Kay, S.M., Ramos, V.A., Mpodozis, C.M. y Sruoga, P. 1989. Late Paleozoic to Jurassic silicic magmatism at the Gondwanaland margin: analogy to the middle Proterozoic in North America. *Geology* 17: 324-328.
- Kleiman, L.E. y Japas, M.S. 2002. The Lower Choiyoi volcanic sequence at 34 -35 30', San Rafael, Mendoza, Argentina: Evidence of ac-

- tive plate convergence, Simposio IGCP 436: Pacific Margin of Gondwana, Gondwana 11, 59, Christchurch.
- Kleiman, L.E. y Japas, M.S. 2005. The upper Choiyoi volcanism, San Rafael, Mendoza, Argentina: a transitional sequence emplaced under changing geodynamic. En Pankhurst, R.J y Veiga, G.D. (eds.) Gondwana 12, Geological and Biological Heritage of Gondwana, Academia Nacional de Ciencias, Abstracts: 221, Córdoba.
- Kokogian, D.A., Boggetti, D. y Rebay, G. 1989. Cuenca Cuyana - El análisis estratigráfico secuencial en la identificación de entrapamientos sutiles. 1º Congreso Nacional de Exploración de Hidrocarburos (Mar del Plata), Actas: 649-674, Buenos Aires.
- Kokogian, D.A., Fernández-Seveso, F. y Mosquera, A. 1993. Las secuencias sedimentarias triásicas. En Ramos, V.A. (ed.) Geología y Recursos Naturales de Mendoza, 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Relatorio 1(7): 68-78, Mendoza.
- Kostadinoff, J. y Gregori, D.A. 2004. La cuenca de Mercedes, provincia de San Luis. Revista de la Asociación Geológica Argentina 59(3): 488-494, Buenos Aires.
- Kostadinoff, J., Gregori, D.A., Raniolo, A., López, V. y Strazzere, L. 2006. Configuración geológica-geofísica del sector sur de la provincia de San Luis. Revista de la Asociación Geológica Argentina 61(2): 279-285, Buenos Aires.
- Legarreta, L., Kokogian, D.A. y Dellapé, D.A. 1993. Estructuración terciaria de la Cuenca Cuyana: ¿cuánto de inversión tectónica? Revista de la Asociación Geológica Argentina 47(1): 83-86, Buenos Aires.
- López Gamundi, O.R. 1994. Facies distribution in an asymmetric half-graben: the northern Cuyana basin (Triassic), western Argentina. 14º International Sedimentary Congress, Abstracts S1: 6-7, Recife.
- López Gamundi, O.R. y Astini, R. 1992. Caracterización de facies lacustres en la sección basal del Triásico de El Alcázar-Agua de los Pajaritos, provincia de San Juan, Argentina. 4º Reunión Argentina de Sedimentología, Actas 3: 97-104, La Plata.
- López Gamundi, O.R., Alvarez, L.A., Andreis, R.R., Espejo, I.S., Fernández-Seveso, F., Kokogian, D.A., Legarreta, L., Limarino, C.O. y Sessarego, H.L. 1989. Cuencas intermontanas. En Chebli, G.A. y Spaletti, L.A. (eds.) Las cuencas sedimentarias argentinas. Universidad de Tucumán, Serie de Correlación Geológica 6: 123-168, Tucumán.
- Llambías, E.J. 1999. Las rocas ígneas gondwánicas. 1. El magmatismo gondwánico durante el Paleozoico Superior-Triásico. En Caminos, R.N. (ed.) Geología Argentina, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 29: 349-363, Buenos Aires.
- Llambías, E. J., Kleiman, L. E. y Salvarredi, J. A. 1993. El magmatismo gondwánico. En Ramos, V.A. (ed.) Geología y Recursos Minerales de Mendoza, 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Mendoza), Relatorio: 53-64, Buenos Aires.
- Marrett, R. y Allmendinger, R.W. 1990. Kinematic analysis of fault-slip data. Journal of Structural Geology 12 (8): 973-986.
- Massabie, A.C. 1998. Reactivación transpresiva del fallamiento triásico durante la inversión tectónica de la Cuenca Cuyana. Revista de la Asociación Geológica Argentina 53(2): 261-272, Buenos Aires.
- Milana, J.P. y Alcober, O.A. 1995. Modelo tectosedimentario de la cuenca triásica de Ischigualasto (San Juan, Argentina). Revista de la Asociación Geológica Argentina 49(1994) (3-4): 217-235, Buenos Aires.
- Moreno Peral, C.A. y Salvarredi, J.A. 1984. Interpretación del origen de las estructuras anticlinales del Pérmico inferior en el Bloque de San Rafael, provincia de Mendoza. 9º Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 396-413, San Carlos de Bariloche.
- Moratello, J.H., 1993. Cuenca Cuyana. En Ramos, V.A. (ed.) Geología y Recursos Naturales de Mendoza, 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Relatorio 3(4): 367-375, Mendoza.
- Nulló, F.E. 1991. Cuencas extensionales del Mesozoico inferior en el extremo sur de Sudamérica: Un modelo transpresional. Revista de la Asociación Geológica Argentina 46(1-2): 115-126.
- Ploszkiewicz, J.V. 1993. Yacimiento Tupungato. En Ramos, V.A. (ed.) Geología y Recursos Naturales de Mendoza. 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Relatorio 3(4): 391-396, Mendoza.
- Ramos, V.A. 1988. Late Proterozoic - Early Paleozoic of South America: a collisional history. Episodes 11(3): 168-173, Ottawa.
- Ramos, V.A. 1992. Control geotectónico de las cuencas triásicas de Cuyo. Boletín de Informaciones Petroleras, Tercera Época 9 (31): 2-9, Buenos Aires.
- Ramos, V.A. y Kay, S.M. 1991. Triassic rifting and associated basalts in the Cuyo basin, central Argentina. En Harmon, R.S. y Rapela, C.W. (eds.) Andean magmatism and its tectonic setting. Geological Society of America, Special Paper 265: 79-91.
- Ramos, V.A., Escayola, M., Mutti, D. y Vujovich, G.I. 2001. Proterozoic-Early Paleozoic ophiolites in the Andean basement of southern South America. En Dilek, Y., Moores, E., Elthon, D. y Nicholas, A. (eds.) Ophiolites and Oceanic Crust: New insights from field studies and Ocean Drilling Program, Geological Society of America, Memoir 349: 331-349.
- Ramsay, J.G. y Huber, M.I. 1983. The techniques of modern Structural Geology. 1: Strain Analysis, Pergamon Press, 1-308, London.
- Ramsay, J.G. y Huber, M.I., 1987. The techniques of modern Structural Geology. 2: Folds and fractures, Pergamon Press, 309-700, London.
- Rapalini, A.E. y Vilas, J.F. 1991. Tectonic rotations in the late Paleozoic continental margin of southern South America determined and dated by paleomagnetism. Geophysical Journal International 107: 333-351.
- Rolleri, E.O. y Criado Roqué, P. 1968. La cuenca triásica del norte de Mendoza. 3º Jornadas Geológicas Argentinas (Comodoro Rivadavia, 1966), Actas 1: 1-79, Buenos Aires.
- Rolleri, E.O. y Fernández Garrasino, C. 1979. Comarca septentrional de Mendoza. En Turner, J.C.M. (ed.) Segundo Simposio Geología Regional, Academia Nacional de Ciencias 1: 771-809, Córdoba.
- Sanderson, D.J. y Marchini, D. 1984. Transpression. Journal of Structural Geology 6: 449-458.
- Schreurs, G. y Colletta, B. 1998. Analogue modelling of faulting in zones of continental transpression and transtension. En Holdsworth, R.E., Strachan, R.A. y Dewey, J.F. (eds.) Continental Transpressional and Transten-

- sional Tectonics, The Geological Society, Special Publications 135: 59-79, London.
- Spalletti, L.A. 1994. Evolución de los ambientes fluviales en el Triásico de la Sierra Pintada (Mendoza, Argentina): Análisis sobre la influencia de controles intrínsecos y extrínsecos al sistema depositacional. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 1(2): 125-142.
- Spalletti, L.A. 1995. Los sistemas de acumulación fluviales y lacustres del Triásico en la región occidental de la Precordillera sanjuanina., República Argentina. 2º Reunión sobre el Triásico del Cono Sur, Actas: 27-28, Bahía Blanca.
- Spalletti, L.A. 1998. Evolución de las cuencas triásicas del oeste argentino y de la región patagónica. 10º Congreso Latinoamericano de Geología y 6º Congreso Nacional de Geología Económica, Resúmenes 1: 3, Buenos Aires.
- Spalletti, L.A. 2001. Evolución de las Cuencas Sedimentarias. En Artabe, A.E., Morel, E.M. y Zamuner, A.B. (eds.) *El Sistema Triásico en la Argentina*, Fundación Museo de La Plata: 81-101.
- Tankard, A.J., Uliana, M.A., Welsink, H., Ramos, V.A., Turic, M., Franca, A., Milani, E., De Brito Neves, B., Eyles, N., Skarmeta, J., Santa Ana, H., Wiens, F., Cibrián, M., López-Paulsen, O., Germs, G., De Wit, M., Machacha, T., y Miller, R.M.G. 1995. Structural and tectonic controls of basin evolution in southwestern Gondwana during the Phanerozoic. En Tankard, A.J., Suárez-Soruco, M. y Welsink, H. (eds.) *Petroleum Basins of South America*, American Association of Petroleum Geologists, *Memoir* 62: 5-52.
- Uliana, M.A. y Biddle, K. 1987. Permian to Late Cenozoic evolution of northern Patagonia. Main tectonic events, magmatic activity and depositional trends. En McKenzie, G.D. (ed.), *Gondwana Six: Structure, Tectonics and Geophysics*, American Geophysical Union, *Monograph* 40: 271-286, Washington.
- Uliana, M.A. y Biddle, K. 1988. Mesozoic-Cenozoic paleogeographic evolution of southern South America. *Revista Brasileira de Geociências* 18: 172-196, San Paulo.
- Uliana, M.A., Biddle, K., Phelps, D.W. y Gust, D.D. 1986. Significado del vulcanismo y extensión mesojurásicos en el extremo meridional de Sudamérica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 40(3-4): 231-253, Buenos Aires.
- Uliana, M.A., Arteaga, M.E. y Cerdán, J. 1989. Mesozoic extension and the formation of Argentine sedimentary basins. *American Association of Petroleum Geologists, Memoir* 46: 599-614.
- Uliana, M.A., Arteaga, M.E., Legarreta, L., Cerdán, J. y Peroni, G. 1995. Inversion structures and hydrocarbon occurrence in Argentina. En Buchanan, J.G. y Buchanan, P.G. (eds.) *Basin Inversion*, The Geological Society, Special Publications 88: 211-233, London.
- Zeil, W. 1981. Volcanism and geodynamics at the turn of the Paleozoic to the Mesozoic in the Central and Southern Andes. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie* 1 (3/4): 298-318, Stuttgart.

Recibido: 23 de noviembre, 2007

Aceptado: 25 de abril, 2008