

LA FORMACION PUNCOVISCANA Y UNIDADES ESTRATIGRAFICAS VINCULADAS EN EL NEOPROTEROZOICO - CAMBRICO TEMPRANO DEL NOROESTE ARGENTINO

Florencio ACEÑOLAZA¹ y Guillermo ACEÑOLAZA¹

¹Instituto Superior de Correlación Geológica (CONICET/UNT). Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Miguel Lillo 205 - 4000 San Miguel de Tucumán
E-mail: facenola@infovia.com.ar; insugeo@csnat.unt.edu.ar

Resumen: El lapso Neoproterozoico/Cámbrico temprano en la región noroeste de Argentina se encuentra representado por una potente secuencia sedimentaria que se destaca por su escaso metamorfismo y gran tectonización. Bajo la denominación de Formación Puncoviscana (*s.l.*) se unifican una serie de unidades rocosas escasamente fosilíferas con esquistos, areniscas, calizas y conglomerados con amplios afloramientos en la Cordillera Oriental de las provincias de Tucumán, Jujuy y Salta. Si bien la secuencia fue originariamente considerada como perteneciente al "basamento Precámbrico" de la región, el hallazgo de trazas fósiles eocámbricas permitieron su reasignación cronológica posteriormente ratificada por medios isotópicos. Análisis petrológicos y geoquímicos corroboran su asignación asociada al margen continental con el desarrollo de series metamórficas de un orógeno reciclado. Paleoambientalmente se reconocen una amplia variedad de contextos sedimentarios con sectores someros dominados por oleaje, secuencias turbidíticas, facies emipelágicas y calizas que denotan variados paleoambientes en el protomargen del Gondwana. La distribución de los elementos icnológicos en las unidades de la cuenca de Puncoviscana se presenta en fajas subparalelas con un sector este caracterizado por *Nereites*, y un sector oeste por *Oldhamia*. Esta distribución espacial representaría tanto caracteres morfológicos de la cuenca como niveles temporales distintos en la evolución del mar de Puncoviscana y su biota. La presente contribución provee un análisis actualizado de la Formación Puncoviscana y las unidades vinculadas en la región, aportando nuevas líneas de evidencia sobre las ideas más recientes desarrolladas sobre la transición Neoproterozoico/Cámbrico temprano del noroeste de Argentina.

EXTENDED ABSTRACT

The Puncoviscana Formation and related units in the Neoproterozoic - Early Cambrian transition of Northwest Argentina

Neoproterozoic/Early Cambrian rocks are represented in northwest Argentina by a thick and heterogeneous succession of highly deformed and slightly metamorphosed sedimentary rocks. The denomination of Puncoviscana Formation (*s.l.*) unifies a series of rock units, represented by scarce fossiliferous slightly metamorphosed slates, schists, carbonates, conglomerates and sandstones cropping out mostly in

the Cordillera Oriental of northwest Argentina (Turner, 1960; Turner and Mon, 1979; Aceñolaza *et al.*, 1999) (Fig. 1-3, 5). Originally described as the "basal Precambrian shield" of the region, it was reconsidered during the 70's by means of trace fossil associations denoting a Neoproterozoic - Early Cambrian age (Fig. 5). Integration of several lines of research as geochemistry, ichnology and stratigraphy suggest that sedimentation in the Puncoviscana Basin spanned from Neoproterozoic to the Early Cambrian (Fig. 3). The recent usage of the Siberian stages to date some strata of the Puncoviscana Formation has provoked confusions in the literature, being highly recommended its abandonment. Siberian stages are defined by a precise set of fossils that is lacking

in the strata of Northwest Argentina. Petrological and geochemical analysis corroborates a mainly autochthonous Gondwanan continental block origin (peripheral basin), with sedimentary and low grade metamorphic series developed in shallow tectonic stages of a multi-phase orogen. On the basis of general and detailed sedimentological studies, a varied spectrum of environmental settings have been recognized for the Puncoviscana basin since the 60's. Today a complex paleoenvironmental framework is understood, including shallow water wave-influenced strata, submarine fan sedimentation, hemipelagic clays and relatively deep ocean flysch-like shales and sandstones (Fig. 4). Although recent papers deny the presence of body fossils in the unit, the Puncoviscana Formation has provided two remarkable soft body fossils: *Selkirkia* sp. and *Beltanelloides* from outcrops of Jujuy and Tucumán provinces (Fig. 8). The ichnological research during the last 30 years contributed with a fairly acceptable knowledge of the paleontological content of the Puncoviscana Formation. Even though this is not a taxonomical contribution, the most obvious equivalences and synonymies are given. An updated review of the trace fossils in the Puncoviscana Formation provides the following list: *Archaeonassa fossulata*, *Asaphoidichnus* isp., *Cochlichnus anguineus*, *Didymaulichnus lyelli*, *Dimorphichnus obliquus*, *Diplichnites* isp., *Glockerichnus* isp., *Helminthoraphe* isp., *Helminthopsis abeli*, *Helminthopsis tenuis*; *Helminthoidichnites tenuis*, *Monomorphichnus lineatus*, *Monomorphichnus* isp., cf. *Multipodichnus*, *Nereites saltensis* (non *Psamichnites saltensis*, *Seilacher et al.*, 2005), *Neonereites uniserialis*, *N. biserialis*, *Oldhamia alata*, *O. antiqua*, *O. curvata*, *O. flabellata*, *O. geniculata*, *O. radiata*, *Palaeophycus tubularis*, *Paleophycus* isp., *Protichnites* isp., *Protovirgularia* isp., *Tasmanadia cachii*, *Treptichnus* isp. *Treptichnus* cf. *aequalternus* and *T. pollardi* (Aceñolaza et al., 1999; Aceñolaza and Alonso, 2001; Aceñolaza, 2004) (Figs. 6-8). The geographical distribution of trace fossil assemblages display a remarkable alignment as belts, with a shallower eastwards *Nereites* association, and a deeper westwards *Oldhamia* association, that do not represent archetypal ichnofacies (Fig. 4) These are related to the morphology of the basin, a chronological record of the ichnofaunas, and may also represent different temporal levels on the evolution of the Puncoviscana Sea. Within the *Oldhamia* association most trace fossils are small sized, developed parallel to bedding planes, and bioturbation is essentially

restricted to the first millimeters of strata. Deeper burrowers are recognized in the base of sandstone layers of the sequences. This spatial restriction of bioturbation with the frequent presence of wrinkle marks denotes a microbial mat related lifestyles of the fauna as it happens in other Neoproterozoic/Early Cambrian basins (Fig. 8). Within the *Nereites* association, a more diverse trace fossil set is recognized, with large and mid size grazing and crawling traces developed in sand-mud interfaces. Arthropod traces are common in this association. Integration of sedimentary and paleontological evidence provides remarkable elements to better understand the ecology of Late Proterozoic/Early Paleozoic biota. This contribution gives an updated analysis of the Puncoviscana Formation and related units of the region, offering new lines of evidence for the most recent ideas regarding the Neoproterozoic/Early Cambrian of NW Argentina.

Palabras clave: Neoproterozoico/Cámbrico temprano, Formación Puncoviscana, bioestratigrafía, Noroeste de Argentina.

Keywords: Neoproterozoic/Early Cambrian, Puncoviscana Formation, biostratigraphy, Northwest Argentina.

INTRODUCCION

Las rocas que incluyen el lapso Neoproterozoico/Cámbrico temprano están ampliamente distribuidas en el sector montañoso del noroeste de Argentina. Ellas están representadas por una espesa y heterogénea sucesión sedimentaria y volcánica, altamente deformada y ligeramente metamorfoseada. Bajo la única denominación de Formación Puncoviscana, Turner (1960, 1972) y Turner y Mon (1979) incluyen a este conjunto de litología heterogénea cuya nominación estratigráfica ha sido en reiteradas oportunidades cuestionada bajo el punto de vista nomenclatural. A pesar de ello aún se usa el nombre informal de Formación Puncoviscana s.l. en razón de que el mismo es lo suficientemente abarcativo para tratar las rocas que originalmente fueron descriptas como formando parte del "basamento Precámbrico" del noroeste argentino (Keidel, 1910; Hausen, 1925; Windhausen, 1931).

Los afloramientos de la Formación Puncoviscana se disponen infrayacentes y en discordancia a una potente sucesión fosilífera Cambro-Ordovícica que se reconoce desde el sur de Bolivia hasta la provincia de Tucumán (latitud 22° a 28° sur y longitud 65° a 66°30' oeste). Debe destacarse que tanto Salfity et al. (1975) como

Baldis y Omarini (1984) y Moya (1998) han creado nombres formacionales de validez local para expresar con mayor claridad las variaciones litológicas existentes en el valle de Lerma, siendo discutible su aplicación genérica y regional para este complejo conjunto litoestratigráfico. En un mismo sentido, González *et al.* (2000) en la descripción de la hoja geológica "Tucumán" categorizan como "Grupo Puncoviscana" al conjunto de rocas que constituyen el basamento metamórfico del sector abarcado por la mencionada hoja, a pesar de las notables diferencias litoestratigráficas que hay con otros puntos de la Cordillera Oriental, particularmente en su área tipo. Así también y en términos nomenclaturales, el conjunto litológico de la Formación Puncoviscana ha sido referenciado como "cuenca Puncoviscana", "Faja Puncoviscana" o "Cinturón Lules-Puncoviscana" (Mon y Hongn, 1996; Ramos, 1999), según sus características estructurales y de evolución tectónica, términos que no tienen que ver con la nomenclatura estratigráfica.

En base a su posición estratigráfica infrayacente al Cambro-Ordovícico fosilífero la antigüedad del conjunto fue, durante mucho tiempo, asignada al Precámbrico; situación que cambió a partir del hallazgo de numerosas trazas fósiles representativas del Cámbrico basal (Mirrè y Aceñolaza, 1972; Aceñolaza *et al.* 1999 y referencias), pasando a considerarse representativa de la transición Neoproterozoico/Cámbrico en el norte argentino.

Si bien en el sector norte de la región (Tucumán, Salta y Jujuy) predominan las metasedimentitas con bajo grado metamórfico (Tucumán, Salta, Jujuy), hacia el sur las facies se ven mayormente representadas por rocas de mayor grado metamórfico (Caminos, 1979; Aceñolaza y Toselli, 1981; Willner y Miller, 1986; Aceñolaza *et al.*, 1999). Al sur de Tucumán hay rocas equivalentes a la Formación Puncoviscana *s.l.*, en litología, deformación e icnofósiles, y se localizan en Sierra de Buenaventura-Capillitas, Catamarca (Formación Suncho), Famatina-Paimán, La Rioja (Formación La Aguadita, Durand *et al.*, 1994; Astini *et al.*, 2005), San Luis (Formación San Luis, Prozzi y Ramos 1988; Sato *et al.*, 2002) y Río Negro (Formación el Jagüelito, González *et al.*, 2002), desarrollándose rocas esquistosas, carbonáticas y metavolcánicas con diversos grados de deformación y metamorfismo. En este sentido, las Sierras Pampeanas son interpretadas como pertenecientes al mismo evento sedimentario en una misma cuenca Neoproterozoica/Cámbrica (Ciclo Pampeano) según Aceñolaza y Toselli (1976), Miller y Willner (1981) y Willner *et al.* (1985), que habrían sido trans-

formadas en metamorfitas por el eventos térmico-deformativos ocurridos en tiempos ordovícicos, silúricos y hasta devónicos (Ciclo Famatiniano).

El conocimiento paleogeográfico del margen oeste del Gondwana ha sido objeto de numerosas interpretaciones sobre su conformación por elementos acretados en diferentes etapas durante el Paleozoico Inferior (*e.g.* Ramos, 1986; 1999; Rapela *et al.*, 1992; Astini *et al.*, 1995; Omarini *et al.*, 1999; Aceñolaza y Toselli, 2000; Aceñolaza *et al.*, 2002; Finney *et al.*, 2003, 2005), y es por ello que un mejor conocimiento de la Formación Puncoviscana y unidades vinculadas constituyen elementos claves para la interpretación de los diferentes eventos acaecidos en la región a fines del Proterozoico e inicios del Fanerozoico. En éste mismo sentido, Rapela *et al.* (1998), Schwartz y Gromet (2004) y Do Campo y Ribeiro Guevara (2005) adscriben las Sierras Pampeanas de Córdoba a una misma faja de Puncoviscana, destacando los dos últimos su origen Gondwánico en base a estudios de proveniencia y dataciones sobre circones detríticos.

La presente contribución provee una visión general actualizada sobre las particularidades que ofrecen las rocas más antiguas del noroeste de Argentina, sabiendo que el nivel de conocimiento sobre ellas aún no es lo suficientemente profundo y definitivo como para determinar con mayor claridad aspectos de su estratigrafía y de evolución tectónica. Se destacan las nuevas líneas de investigación que se vienen desarrollando sobre las unidades del basamento metasedimentario del noroeste Argentino, y se reevalúan algunos aspectos estratigráficos y cronológicos recientemente discutidos (Figs. 1-2).

ANTECEDENTES E INTERPRETACION GEOTECTONICA

A efectos de tener un mejor conocimiento del marco regional de la cuenca en la que se depositaron las rocas de la Formación Puncoviscana *s.l.* y sus equivalentes, en principio debemos referirnos a lo acontecido en el borde occidental del Proto-Gondwana en tiempos del Neoproterozoico superior.

Se han planteado varias hipótesis acerca de los componentes que permitieron el diseño de la cuenca "Puncoviscana". El criterio clásico sostiene que ella se formó en el borde gondwánico, un área autóctona, idea que plantean los trabajos de Turner (1960, 1972). Borrello (1969, 1972), siguiendo las ideas de Auboin (1965), la define como un geosinclinal marginal al continente sudamericano. Al vincularlo con dichos

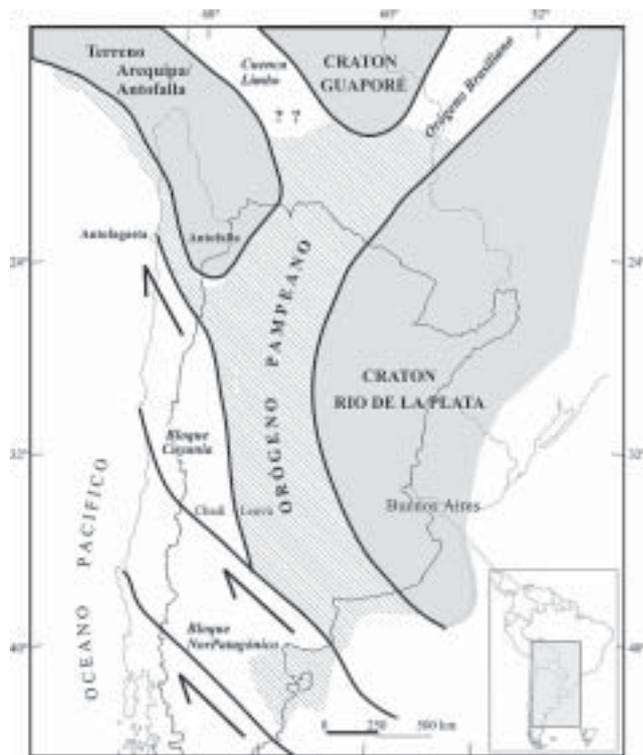


Figura 1: Marco geotectónico regional en el cual se instaló la cuenca de deposición de la Formación Puncoviscana *s.l.* durante el Neoproterozoico/Cámbrico Temprano (Orógeno Pampeano).
Figure 1. Regional sketch where the Puncoviscana basin was developed during the Neoproterozoic/Early Cambrian (Pampean Orogen).

conceptos teóricos hubo autores que sostuvieron la autoctonía de la cuenca de Puncoviscana a partir de un margen pasivo desde el cual se desarrolló una cuenca intracratónica elongada según rumbo NE-SW quedando definida al este por el Cratón del Río de la Plata-Pampia y por el noroeste por el "Macizo" de Arequipa (Aceñolaza y Miller, 1982; Aceñolaza *et al.*, 1988; Aceñolaza y Durand, 1986; Aceñolaza y Alonso, 2001; Zimmermann y Van Staden, 2002; Do Campo y Ribeiro Guevara, 2005). El origen de esta cuenca estaría vinculado con la generación del quiebre en un punto triple en territorio boliviano ("Triple Fractura Boliviana", *sensu* Suarez Soruco, 1989, 2000) a partir del cual se originó un rift (Omarini y Sureda, 1993) o una estructura aulacogénica con diseño transversal -hacia el sudoeste- que habría de dar diseño al orógeno Pampeano, de característica marginal al borde gondwánico (Durand y Aceñolaza, 1990).

En contraposición a estos conceptos y tomando en cuenta la tectónica de placas otros autores consideraron que esta región formó parte de un "microcontinente

alóctono" que se agregó al borde gondwánico en el Paleozoico Inferior. En este aspecto hay autores que entienden que ello implicó el cierre de un océano por subducción y colisión contra un terreno "Pampia" (*sensu* Ramos 1986, 2000); interpretación que con algunas variantes adhieren Dalziel (1991, 1997), Kraemer *et al.* (1995), Weil *et al.* (1998), Keppie y Bahlburg (1999), Sureda y Omarini (1999). Una modificación de la anterior constituye el modelo sustentado por Rapela *et al.* (1998) y Rapela (2000) que la consideran parte de un microcontinente desplazado con carácter "semi-autoctono". Finalmente, Dalla Salda *et al.* (1992, 1998) consideran que la cuenca Puncoviscana tuvo un origen en un orógeno colisional instalado entre Gondwana y un hipotético "Terrane Occidentalia" ubicado al oeste.

MARCO DEPOSITACIONAL, FACIES Y AFLORAMIENTOS

Los principales elementos geotectónicos que dieron marco regional y determinaron el diseño de la cuenca Puncoviscana fueron por el norte y este el Cratón Guaporé/Paraguay and Araguaia Belts (Alvarenga *et al.*, 2000), al sudeste el Cratón del Río de La Plata (Cordani *et al.*, 1990, con referencias) mientras que al noroeste y parcialmente oeste por el "Macizo" de Arequipa/Antofalla (Lucassen *et al.*, 2000; Aceñolaza *et al.*, 2002). En todos estos casos están representados por rocas sedimentarias, metamórficas, plutonitas que se originaron en el Ciclo Sunsas ("Grenvilliano"), que serían las que aportaron gran parte del material detrítico que relleno la cuenca (Durand y Aceñolaza, 1990; Durand *et al.*, 1994; Do Campo y Ribeiro Guevara, 2005).

La amplitud regional de afloramientos equivalentes a la Formación Puncoviscana distribuidas en distintos puntos de Sierras Pampeanas tales como las formaciones Suncho y La Aguadita con icnofósiles en Catamarca y La Rioja (Aceñolaza *et al.*, 1999 y con referencias), la Formación San Luis (Prozzi y Ramos, 1988; von Gosen and Prozzi, 1998; Sato *et al.*, 2002) y el norte de Patagonia la Formación El Jagüelito (González *et al.*, 2002), confirmando la extensión de la cuenca hacia el sur. Incluso hay que destacar que rocas similares, con icnofósiles se encuentran en Antártida lo que da pautas acerca de la extensión del orógeno Pampeano conformando un borde pasivo en el límite Neoproterozoico/Cámbrico basal en el ámbito Protogondwánico (Jezek *et al.*, 1985; Tessensohn, 1982).

Estas rocas constituyen la mayor representación

regional de un tipo litológico y facial a lo largo de la estructura orogénica Pampeana; siendo posible señalar algunas de sus características particulares en distintos sectores del territorio nacional, de norte a sur, como: i) Sierras de Santa Victoria-Zenta y sector septentrional de Quebrada de Humahuaca (Salta-Jujuy); ii); Sector austral de Quebrada de Humahuaca y Valle de Lerma; iii) Cumbres Calchaquíes; iv) Sierra de la Ovejería (Catamarca); v) Sierra de Famatina (La Rioja); vi) Sierra de San Luis y Macizo Nord-patagónico (Rio Negro) (Fig. 3 y 5).

Sierras de Santa Victoria-Zenta y sector septentrional de Quebrada de Humahuaca

Corresponde al área-tipo de la Formación Puncoviscana (Turner, 1960) y posiblemente donde mayor espesor y desarrollo estratigráfico presenta. Se caracteriza por ser una importante secuencia de pelitas de colores grises, gris verdoso y moradas a las que se le intercalan cuarcitas finas de en un mismo tono. En muchos sectores se presentan con una notoria sucesión rítmica, donde las pelitas y cuarcitas se suceden teniendo los bancos espesor decimétrico. Para Turner y Mon (1979), en este conjunto predominan las pelitas; mientras que hacia el sur lo hacen las cuarcitas. Salvo en los afloramientos de Coraya, Purmamarca y Tilcara, esta sucesión hasta el presente ha brindado escasos fósiles (*Beltanelloides* sp. y *Helminthoidichnites* isp).

La secuencia sedimentaria se encuentra fuertemente deformada, distinguiéndose amplios pliegues donde solo es posible relevar columnas estratigráficas locales que no son indicativas para interpretarlas en conjunto. Sectores de interés para ello se encuentran en la localidad tipo, Puncoviscana, al oeste Santa Victoria como asimismo en la zona de Aparzo y camino a Zenta. Para Mon y Salfity (1995) y Mon y Hongn (1996) en estos afloramientos la tendencia general de la vergencia de los planos axiales es ONO por lo cual, estructuralmente, se integran en el que denominan "Cinturón Lules-Puncoviscana".

Quebrada de Humahuaca-Valle de Lerma

De todos es el sector estudiado con mayor detalle. A pesar de la deformación es posible observar con más claridad la evolución sedimentaria, situación que permitió a Salfity *et al.* (1975) proponer el nombre Grupo Lerma que incluye a las unidades sedimentarias aflorantes en las serranías que enmarcan al valle



Figura 2. Afloramientos de la Formación Puncoviscana y sus términos equivalentes en Sierras Pampeanas Septentrionales, con indicación de las localidades con fósiles (*). Gris claro: Puncoviscana s.l.; gris oscuro: metamorfitas de bajo y mediano grado que debieron tener origen en las rocas de Puncoviscana s.l.. Localidades: 1. Angulos, 2. Suncho, 3. Choromoro, 4. San Antonio de Los Cobres, 5. Cachi, 6. Payogasta, 7/8. Quebrada del Toro, 9. Abra Blanca/Muñano, 10. Coraya, 11. Purmamarca, 12. Lipán, 13. Los Guachos, 14. La Cébila.

Figure 2. Outcrops of Puncoviscana Formation and equivalent units in NW Argentina and Sierras Pampeanas, with fossiliferous localities highlighted (*). Light gray: Puncoviscana s.l.; dark gray: Low and mid grade metamorphic rocks derived from Puncoviscana s.l.. Localities: 1. Angulos, 2. Suncho, 3. Choromoro, 4. San Antonio de Los Cobres, 5. Cachi, 6. Payogasta, 7/8. Quebrada del Toro, 9. Abra Blanca/Muñano, 10. Coraya, 11. Purmamarca, 12. Lipán, 13. Los Guachos, 14. La Cébila.

homónimo y extendiendo conceptos al tramo medio-sur de la Quebrada de Humahuaca. El mismo se encuentra integrado de base a techo por niveles de pelitas, cuarcitas y conglomerados de la Formación Sancha,

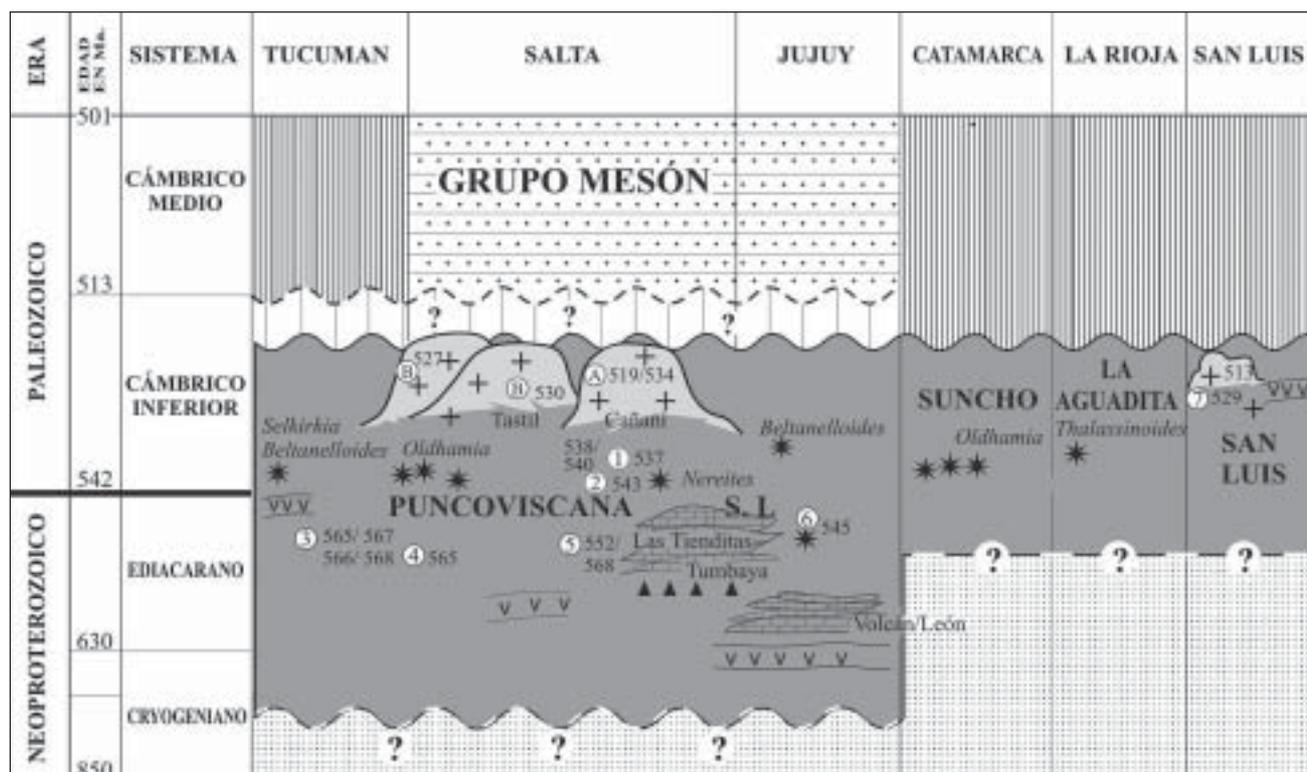


Figura 3. Esquema estratigráfico que sintetiza la posición de la Formación Puncoviscana, sus intrusivos, litologías y discordancias. Los valores numéricos señalan datos radimétricos obtenidos sobre plutonitas y metamorfitas. A. Plutón Cañaní, B. Plutón Tastil, 1. Quebrada Don Bartolo, 2. Quebrada del Toro, 3. Choromoro, 4. San Javier, 5. Cuesta del Obispo, 6. Purmamarca.

Figure 3. Stratigraphical scheme of the Puncoviscana Formation with intrusives, lithologies and discordances. Numbers are radiometric data on plutons and metamorphic rocks. A. Cañaní granite, B. Tastil granite, 1. Don Bartolo, 2. Quebrada del Toro, 3. Choromoro, 4. San Javier, 5. Cuesta del Obispo, 6. Purmamarca.

sobre las que se apoyan discordantemente las calizas de la Formación Las Tienditas, culminando con pelitas y cuarcitas con algunos niveles conglomerádicos, que Baldis y Omarini (1984) identifican con la Formación Puncoviscana.

La Formación Sancha fue originalmente descrita por Ortiz (1962) y formalmente propuesta por Salfity *et al.* (1975) para reunir la secuencia siliciclástica subyacentes a los bancos calcáreos de la serranía del Castillejo, al sur de la ciudad de Salta. Baldis y Omarini (1984) reconocen en la zona de El Coro un miembro inferior conglomerádico de unos 60 m de espesor con clastos de hasta 40 cm incorporados a una matriz pelítica de color verde grisáceo. En Las Tienditas, esta unidad está representada por una sucesión de unos 200 m de espesor compuesto por una secuencia pelítico-arenosa que, hacia arriba, pasa en aparente concordancia a las calizas de la formación homónima. En el arroyo Los Noques la secuencia en su base está integrada por pelitas arcillosas muy laminadas de color verde grisáceo

y amarillo ocráceo que pasan a calcipelitas y calizas finamente estratificadas de color ocráceo, siendo notable su carácter rítmico (Baldis y Omarini, 1984) que hacia arriba constituyen la transición entre Sancha y Las Tienditas (Miembro Los Noques *sensu* Iturriza, 1981).

Sobre la unidad anterior, y en concordancia, se dispone la Formación Las Tienditas que está compuesta por calizas negras y rosadas, en parte oolíticas, estratificadas en bancos macizos. Su espesor es variable entre pocos metros y algo más de 240 m. Sobre ellos se efectuaron estudios de quimio-estratigrafía (Sial *et al.*, 2000) sobre isótopos de C y O que permitieron reconocer hacia el techo una excursión fuertemente negativa que ha sido interpretada como probablemente equivalente a la que caracteriza a la transición Neoproterozoico/Cámbrico basal. Si bien regionalmente su interpretación facial tiene dificultades, en la Sierra de Castillejo se destaca una disminución de espesores en sentido Este-Oeste, con variaciones de casi 100 m (Baldis y Omarini, 1984). Las calizas, aunque con menor potencia también

se las encuentra en el Río Las Capillas, en el frente occidental del valle, teniendo por debajo a la Formación Sancha y por arriba la Formación Puncoviscana (Baldis y Omarini, 1984).

También merece señalarse que para Salfity *et al.* (1975), las calizas de la zona de Volcán-Tumbaya, en la quebrada de Humahuaca serían contemporáneas a las de Las Tienditas. Estas tienen características petrográficas semejantes a las antes mencionadas, aunque su posición estratigráfica no es clara respecto a las rocas vinculadas en los afloramientos en razón a su fuerte deformación tectónica (Loss y Giordana, 1952; Scanavino y Guichón, 1971). Frente a la localidad de Volcán, Loss y Giordana (1952) mencionan la existencia de un nivel "arenoso-arcilloso, dispersamente conglomerádico" que hace suponer la posibilidad de estar ante material de origen glacial. Recientes investigaciones destacan la similitud en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ para las calizas y dolomitas de Las Tienditas y Tumbaya, con -1,6 y 3,4% PDB y -1,33 y 2,28% PDB respectivamente, mientras que Volcán y León presentan valores más altos, entre 6,11 y 4,58% PDB que probablemente representen edades más antiguas (Sturtian?) (Toselli *et al.*, 2005).

Por sobre la Formación Las Tienditas, y sus equivalentes calcáreos en la región, Salfity *et al.* (1975) posicionan la *Formación Puncoviscana* integrada por sedimentos arenosos finos y pelíticos de colores gris a gris verdoso. Este criterio local sobre la ubicación estratigráfica de dicha unidad se contrapone a la idea sustentada por Turner y Mon (1979), que es compartida en esta oportunidad, en el sentido que las facies calcáreas se intercalan a la secuencia siliciclástica. Los paquetes arenosos llegan a tener hasta 1 m de espesor, y en la zona de Campo Quijano contienen una asociación de icnofósiles caracterizada por *Nereites saltensis*. Esta misma asociación se halla en la zona de Cachi hacia el oeste, y en la cantera Los Guachos en serranía de Mojotoro, así como en el corte de la ruta de acceso a la ciudad de Salta (Aceñolaza y Alonso, 2001). Para Moya (1998) los niveles con *Nereites* estarían por sobre la Formación Puncoviscana, en la que llama Formación Los Guachos, cuyas relaciones generales con otras que contienen el mencionado icnofósil aún no han sido comprobadas hasta la fecha (Aceñolaza y Alonso, 2001).

Una mención aparte va para la llamada *Formación Corralito*, aflorante en la zona de Campo Quijano (Salta). Esta unidad había sido considerado por Borrello (1969) como "wildflysch", siendo revisada con mayor detalle por Durand y Spalletti, (1986); Spalletti y

Durand, (1986) y Durand y Aceñolaza (1990), quienes reconocen dos litofacies: una caracterizada por un ortoconglomerado polimíctico con clastos redondeados de grauvacas, cuarcitas en menor cantidad, pelitas moradas y matriz arenosa; y el otro por una diamictita psefítica, interestratificada a grauvacas y pelitas con deformación sinsedimentaria. En este caso se destaca que tienen una matriz fangosa que varía entre el 40 y 80%. Los clastos son de grauvacas, cuarcitas finas y pelitas, angulosos a subangulosos con un valor promedio que oscila entre de 50 a 70 mm, habiendo algunos que llegan al metro de longitud. Para los autores mencionados estos conglomerados tendrían origen en zonas apicales de abanicos submarinos, en cañones o en sectores ligados con fuertes desniveles. Además destacan el hecho de que su origen proviene de sectores en los que existían rocas previamente consolidadas. Según dichos autores el material proviene de dos flujos turbidíticos, uno antiguo caracterizado por los ortoconglomerados y otro más joven compuesto de diamictitas y pelitas de desarrollo variable entre 3 y 30 m de espesor, carente de estructuras internas y textura fangosostén. La suposición de que estos conglomerados y diamictitas estén vinculados con los acontecimientos glaciales del Neoproterozoico superior es un tema que, desde el trabajo de Loss y Giordana (1952) a la fecha, aún forma parte de discusión (Van Staden y Zimmermann, 2003).

Entre las particularidades estructurales de este conjunto se destaca el hecho de que los planos axiales de los pliegues tienen en general una marcada tendencia al este (Mon y Hongn, 1996). Un detalle importante para este sector constituyen las intercalaciones de lavas y tobas volcánicas que en diferentes localidades se intercalan a la secuencia siliciclástica. En general están representadas por basaltos alcalinos cuya presencia en distintas localidades se relaciona con el proceso de "rifting" que determinó la apertura de la cuenca de Puncoviscana (Toselli y Aceñolaza, 1984; Chayle y Coira, 1987; Manca *et al.*, 1987; Omarini y Alonso, 1987; Omarini *et al.*, 1993; Coira *et al.*, 1990).

Los afloramientos que contienen mayor cantidad de icnofósiles se encuentran en cercanías de la ciudad de Salta, ruta de acceso y cantera Los Guachos, como asimismo en los tramos inferiores de la quebrada del Toro. Todos estos sectores tienen en común a fósiles de la icnoasociación *Nereites saltensis* y en algunos sectores, como en la quebrada de Escoipe, se presentan con abundantes "wrinkle structures" a las que se vinculan abundantes trazas de *Helminthodichnites* isp. (Fig. 4).

San Antonio de los Cobres-Cachi-Cumbres Calchaquíes

Desde el sur del Valle de Lerma-Quebrada del Toro, hasta el norte de Tucumán las rocas que se asignan en un sentido amplio a la Formación Puncoviscana fueron estudiadas por Omarini (1983), Sosa Gómez (1984) y Jezek (1986, 1990). Este último autor trató de distinguir, mediante el relevamiento de columnas locales, las características faciales que esta unidad presenta en tan amplia región como asimismo establecer un modelo paleoambiental y paleogeográfico para su ámbito de trabajo. Es así que identifica varias litofacies que representarían distintos ambientes dentro de la cuenca: las proximales, donde la relación psammita/pelita es mayor a 5, se correspondería con los afloramientos de Tucumán y sureste de Salta; las intermedias, donde dicha relación es del orden de 5:1; mientras que en las distales esta relación es de 1:1 o inferior, caracterizándose por una estratificación fina, casi coincidente con la posición del eje de la cuenca reconociéndose en la quebrada del Toro. En la abundancia de pelitas rojas, Jezek (1990)

reconoce la existencia de litofacies pelágicas, pudiendo aparecer intercaladas tanto en las facies proximales como distales. También define como litofacies de canal aquellas conglomerádicas que, como la Formación Corralito, indican que estuvieron en zonas de alta energía; mientras que a los bancos carbonáticos los ubica en zonas proximales. Con caracteres litoestratigráficos bastante parecidos a lo que se observa en la zona de Corralito, Jezek (1990) menciona la presencia de intercalaciones conglomerádicas en la zona de Seclantás, Molinos y Tin-Tin, en el valle Calchaquí (Salta) las que, por sus características megascópicas, define como "conglomerados organizados" y "pelitas con rodado", e interpreta como propios de una zona proximal, interior de canales con fuerte pendiente. Los clastos llegan a tamaño decimétrico habiendo, en el caso de Seclantás, una notable presencia de rodados redondeados de origen volcánico (riolíticos).

En la región de Cachi (Salta) se reconoce la existencia de abundantes niveles con trazas de la icnoasociación de *Nereites saltensis* dentro de una secuencia de sedimentos arenosos finos de color gris verdoso a los que se intercalan niveles de grauvacas con espesores decimétricos y de arcilitas de idéntico color (Aceñolaza *et al.*, 1976; Aceñolaza *et al.*, 1999).

Más al sur y al este, en la zona de la Higuera y Alto de la Totorá en la provincia de Tucumán, se reconocen litofacies proximales e intermedias de plataforma, con una importante icnofauna, junto al único organismo fósil que ha provisto la unidad, y que fuera asignado al género *Selkirkia* (García Bellido y Aceñolaza, 2005; = *Sphenotallus?* sp. en Aceñolaza, 2004). Entre las trazas fósiles es destacable la presencia de *Treptichnus* cf. *aequalternus* que podría sugerir la presencia de la Zona de *Phycodes* en estos afloramientos, junto a abundantes estructuras vinculadas a matas microbianas ("wrinkle structures" *sensu* Aceñolaza y Aceñolaza, 2001). También a esta posición litofacial se corresponderían los niveles con *Nereites saltensis* de Cachi, Campo Quijano, Escoipe y Mojotoro.

En una posición parecida, aunque posiblemente representando el flanco opuesto de la cuenca, se ubicarían los afloramientos de Muñano/Abra Blanca y San Antonio de los Cobres que contienen la icnoasociación caracterizada por *Oldhamia* con abundantes estructuras tipo vinculadas a matas microbianas. La observación de este tipo de estructuras es importante por cuanto ellas junto a los caracteres sedimentarios de los afloramientos mencionados, sugieren que esta zona debió estar en un ambiente de alguna forma compatible a la



Figura 4. Esquema sobre la configuración de la Cuenca de Puncoviscana en el noroeste argentino con indicación de las localidades fosilíferas.

Figure 4. Palaeogeographic scheme of the Puncoviscana basin in Northwest Argentina with fossiliferous localities.

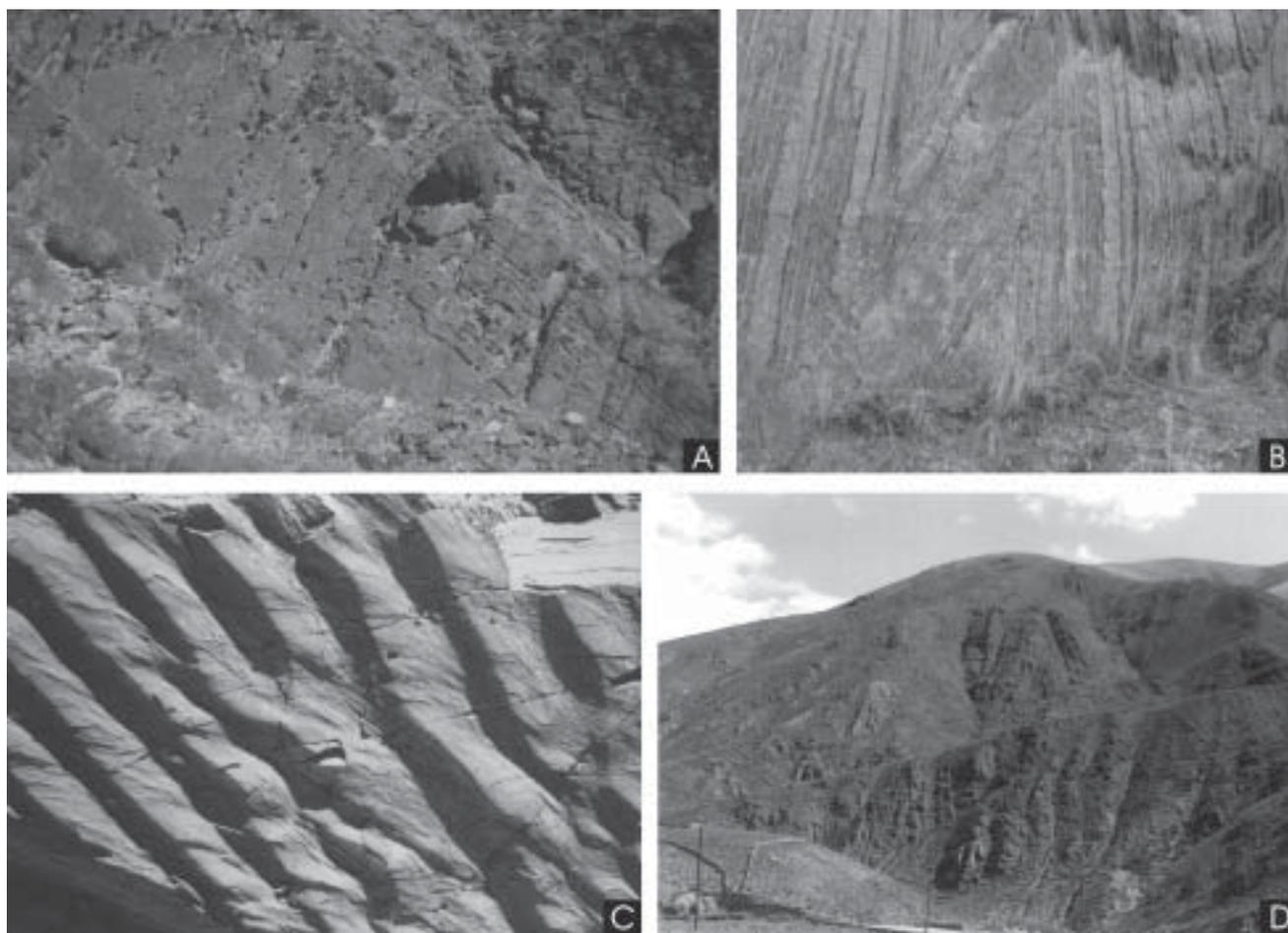


Figura 5. Afloramientos de la Formación Puncoviscana con estructuras sedimentarias y de deformación. a. Superficie de estratificación con ondulas en la Quebrada de Escoipe, provincia de Salta. b. Afloramientos fuertemente plegados en la localidad de El Alisal, Quebrada del Toro, provincia de Salta. c. Superficie ondulada en Purmamarca, provincia de Jujuy. d. Pliegues de gran magnitud en los afloramientos de la Formación Puncoviscana en el camino a Aparzo, provincia de Jujuy.

Figure 5. Outcrops of the Puncoviscana Formation displaying sedimentary and deformative structures. a. Rippled surface at the Quebrada de Escoipe, Salta province. b. Tight folded succession at El Alisal, Quebrada del Toro, Salta Province. c. Close up of a rippled surface at Purmamarca, Jujuy province. d. Large folds of the Puncoviscana Formation at Aparzo, Jujuy province.

zona fótica y una profundidad relativa no muy profunda, en sentido contrario a lo expresado por Buatois y Mángano (2003b), quienes restringen la interpretación de estos afloramientos a un ámbito profundo. Estos mismos elementos también son visibles en los afloramientos de Escoipe, donde son notorias las estructuras sedimentarias inducidas por el oleaje y de corriente, índices claros de un contexto ambiental somero.

Tanto en esta región, como la anterior, las rocas se encuentran caracterizadas por un fuerte plegamiento con vergencia al este ("Cinturón de Choromoro" *sensu* Mon y Salfity, 1995). Recientemente en la descripción de la Hoja Geológica 2766-II, y bajo la denominación de "Grupo Puncoviscana", González *et al.* (2000) in-

cluyen los afloramientos de pizarras fosilíferas de La Higuera-Cerro Totora junto a las rocas metamórficas de diferente grado y complejidad estructural que afloran en las sierras del nordeste de Tucumán, Aconquija-Cumbres Calchaquíes y Quilmes; situación que, en algunas ocasiones no son compatibles con la nomenclatura estratigráfica (ej. Complejo Tolombón incluido como integrando el Grupo Puncoviscana).

En lo referente a edades de metamorfismo en rocas de la Formación Puncoviscana se consideran confiables las obtenidas por Adams *et al.* (1990) quienes, en la Sierra de Nogalito, San Javier y Choromoro (Tucumán), obtuvieron edades variables entre 537/565 Ma; en la Quebrada Don Bartolo (Salta) 538/540, y en el Rio

Ichamuru (Salta) 537 Ma. Estos autores también destacan que las edades más antiguas están al sur, mientras que las más jóvenes se ubican al norte, interpretando que ello se debió a que el centro de deposición avanzó de sur a norte y que el proceso elevó más temprano a las secuencias más antiguas.

Sierra de la Ovejería, Catamarca

La Sierra de la Ovejería, ubicada en el flanco occidental del Sistema del Aconquija (Catamarca), es un buen exponente de la continuidad hacia el sur de afloramientos de rocas equivalentes a Puncoviscana. Allí aflora una importante sucesión rítmica de cuarcitas y pelitas interestratificadas de color gris verdoso, deformadas y metamorfoseadas, portadoras del icnogénero *Oldhamia*, secuencia que Mirré y Aceñolaza (1972) designan con el nombre de Formación Suncho. Intercalados a ésta, se localizan dos bancos de conglomerados, de los cuales el de la Quebrada del Médano alcanza un espesor de 20 m y contiene clastos subredondeados a redondeados integrados por fragmentos de dacita, cuarcita y ftanitas, interpretadas como depósitos de canales submarinos (Durand y Spalletti, 1986).

Zimmermann y Van Staden (2002) describen sedimentitas y metamorfitas de la zona de Siján-Rincón en el flanco occidental de la Sierra de Ambato (Catamarca) y en Campo Volcán (Puna de Catamarca) en los que si bien no hay registros paleontológicos los patrones de elementos traza los vinculan con la Formación Puncoviscana.

Sierra de Famatina

En el flanco oriental de la Sierra de Famatina y en los bordes noroccidentales de la Sierra de Paimán afloran pelitas y cuarcitas de color grisáceo muy deformadas las que se reconocen con el nombre de Formación La Aguadita (Durand y Aceñolaza, 1990; Durand *et al.*, 1994). La fracción dominante va de un tamaño fino a muy fino constituyendo sucesiones granodecrecientes transportados por corrientes de turbidez de baja densidad lo que lleva a pensar que representan litofacies distales relacionadas con las regiones externas de los abanicos submarinos. La bioturbación en general es escasa y presenta elementos comunes con otros afloramientos de Puncoviscana tales como *Planolites* y un cuerpo atribuido a *Paliela*, destacando la eventual relación con *Nemiana* (Durand *et al.*, 1994).

En trabajos recientes, Astini *et al.* (2003, 2005) rea-

signan la Formación Aguadita al Ordovícico Medio-Superior? en razón a dataciones SHRIMP sobre circones contenidos que determinan una antigüedad de 480 Ma, y a la presencia de trazas fósiles que supone ordovícicas y que identifican como *Thalassinoides*. En este punto merece señalarse que ya Toselli (1978) había logrado valores K/Ar que varían de 495/475 Ma en pizarras de la Formación Negro Peinado (= La Aguadita) en la cuenca del Río Aschavil (Furongiano/Ordovícico Inferior), compatibles con los mencionados por Astini *et al.* (2005), e interpretados como fruto de un evento térmico regional. Se entiende que tanto el dato radimétrico como la presencia del icnogénero son insuficientes, y aún carecen de la necesaria contundencia cronológica que justifique una reasignación temporal como la que proponen.

En el caso del icnogénero *Thalassinoides* debe destacarse que si bien su registro es frecuente en el Ordovícico del norte Argentino, ellas distan de constituir las citas temporales de mayor antigüedad. El material figurado por Astini *et al.* (2005) guarda similitud con el icnogénero *Thalassinoides*, cuyas bifurcaciones presentan relaciones morfológicas afines con material que se encuentra en la Formación Puncoviscana en la provincia de Salta. Este último material presenta un patrón morfológico más sencillo y probablemente más primitivo que podría indicar, entre otras cosas, edades más antiguas que las sugeridas por Astini *et al.* (2005). Asimismo destacamos que la supuesta presencia del icnogénero en la unidad no contribuye a clarificar la edad, ya que *Thalassinoides* se registra desde el Ediacarano a la actualidad (p.e., ver entre otros a Droser y Bottjer, 1988; Myrow, 1995; Droser y Li, 2001; Ekdale, 2001; Dornbos *et al.*, 2004), disponiendo de ejemplos cercanos en Sudamérica, como los reconocidos en el Grupo Arroyo del Soldado del Cámbrico Inferior uruguayo (Sprechmann *et al.*, 2001).

Sierra de San Luis

En el sector occidental de la Sierra de San Luis se localiza una faja de rumbo NE-SW constituida por filitas y cuarcitas, con bajo metamorfismo (facies de esquistos verdes) y fuertemente deformadas que son denominadas Formación San Luis (Prozzi y Ramos, 1988). Intercalados se encuentran niveles conglomerádicos (Conglomerado Cañada Honda, sensu Prozzi, 1990) y metavolcánicos sinsedimentarios que han aportado edades U/PB de 529 Ma (Söllner *et al.*, 2000), datos consistentes con los presentados por Lörk *et al.* (1990)

para rocas de la Formación Puncoviscana (527 Ma en U/Pb). Si bien hasta el presente no se han encontrado fósiles en la secuencia, su carácter turbidítico junto a los datos radimétricos, sugieren su pertenencia al mismo acontecimiento sedimentario del Neoproterozoico/Cámbrico basal (Sato *et al.*, 2002).

Macizo Nord-Patagónico

Al este de Sierra Grande (Río Negro) afloran fangolitas y limolitas de color castaño, filitas y cuarcitas verdosas, en una secuencia fuertemente deformadas y afectadas por un ligero metamorfismo regional, que se reconocen con el nombre de Formación El Jagüelito. En sectores donde es posible identificar planos de estratificación fueron reconocidos numerosos icnofósiles tales como *Helminthopsis*, *Planolites*, *Chondrites* y *Phycodes* (González *et al.*, 2002), situación que ha llevado a vincularla con las formaciones San Luis y Puncoviscana *s.l.*, formando parte de la misma cuenca del Ediacarano/Cámbrico inferior.

CONTENIDO PALEONTOLOGICO

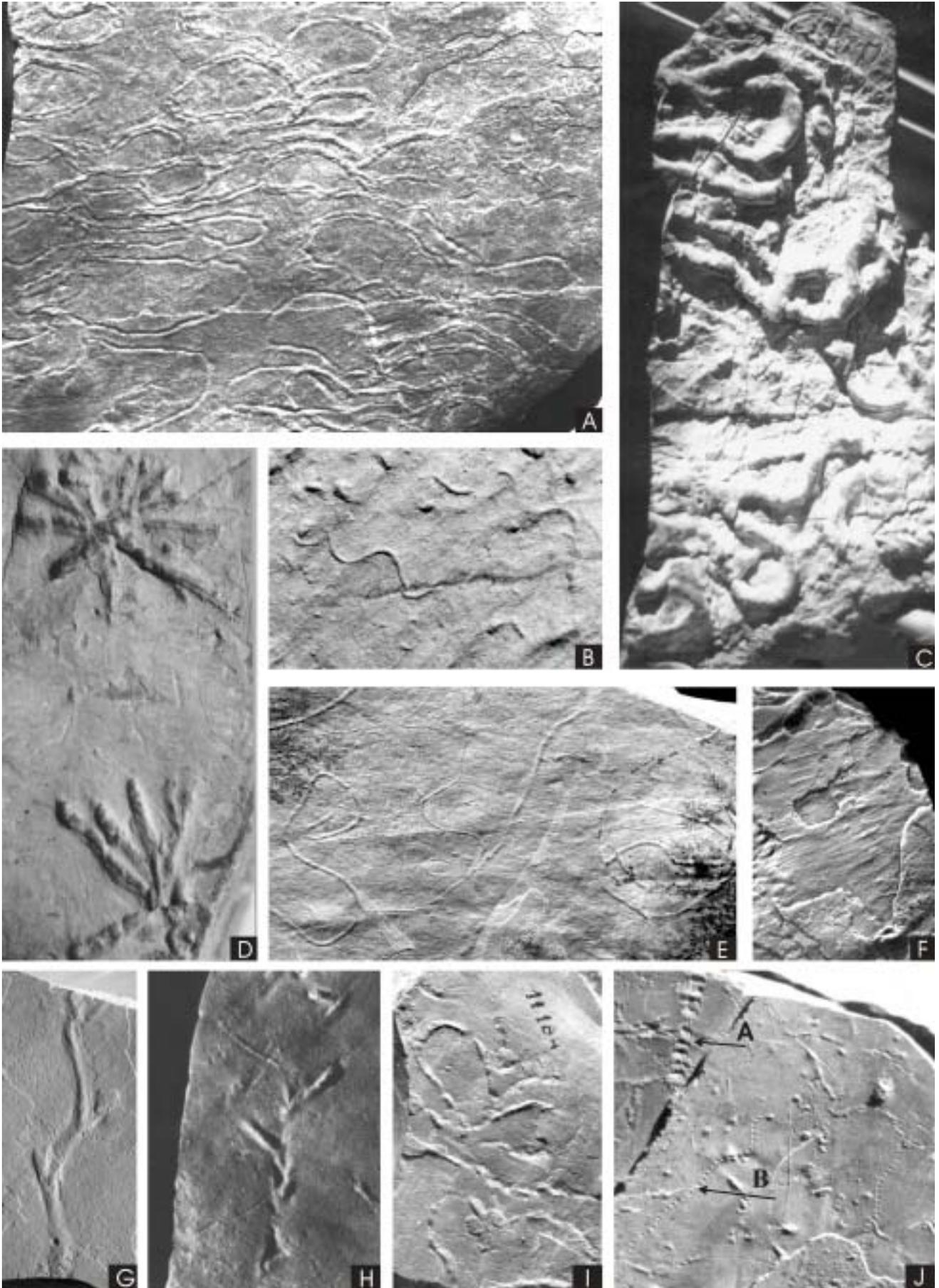
La Formación Puncoviscana y algunos de sus términos equivalentes en el noroeste argentino han provisto de muy escasos cuerpos fósiles, un importante número de icnofósiles y estructuras de origen microbial ("wrinkle structures") (Aceñolaza y Durand, 1973; 1986; Durand y Aceñolaza, 1990; Aceñolaza *et al.*, 2000, 2005; Aceñolaza y Aceñolaza, 2001, 2003; Aceñolaza y Alonso, 2001; Aceñolaza, 2004; García Bellido y Aceñolaza, 2005 (Figs. 6-8).

Los dos únicos cuerpos fósiles reconocidos en la unidad a la fecha son el priapúlido *Selkirkia* sp. y el enigmático *Beltanelloides* sp. (Aceñolaza, 2004, García Bellido y Aceñolaza, 2005; Aceñolaza *et al.*, 2005), reconocidos en los afloramientos de las localidades de Choromoro (Tucumán) y Purmamarca (Jujuy) respectivamente. Si bien el material asignado en trabajos anteriores a *medusoides*, *Sewkia* y *Beltanelliformis* (ej. Aceñolaza *et al.*, 1999 y referencias), ha sido recientemente descartado y asumido como seudofósiles (Buatois y Mángano, 2004), nuevas colecciones han permitido ratificar la pertenencia de los mismos como organismos de cuerpo blando, e identificar y sinonimizar dichas menciones con *Beltanelloides* sp. (Aceñolaza *et al.*, 2005). *Beltanelloides* constituye un fósil característico del Ediacarano de la plataforma siberiana, presenta una morfología simple y suele en-

contrarse en grupos o comunidades. El mismo ha sido registrado en diferentes afloramientos de Africa, América y Europa (Leonov, 2004). Una revisión parcial del material icnológico mencionado para la unidad ha sido desarrollada por Buatois y Mángano (2003a,b, 2004) situación que, con algunas diferencias de opinión, ha permitido un conocimiento más acabado del contenido paleontológico reconocido hasta el presente.

Si bien el objeto del presente trabajo no focaliza la icnotaxonomía de la unidad, se discuten algunos aspectos obvios para clarificar recientes confusiones e interpretaciones dudosas. Asimismo se destaca que algunas trazas citadas en la Formación Puncoviscana actualmente son objeto de destacadas discusiones en el ámbito de la taxonomía icnológica (p.e. Vidal *et al.*, 1994; Erdogan *et al.*, 2004; Aceñolaza, 2005), por lo que en esta oportunidad, y teniendo en cuenta lo anteriormente señalado, se provee de un listado actualizado de las mismas: *Archaeonassa fossulata*, *Asaphoidichnus* isp., *Cochlichnus anguineus*, *Didymaulichnus lyelli*, *Dimorphichnus obliquus*, *Dimorphichnus* isp., *Diplichnites* isp., *Glockerichnus* isp., *Helminthoraphe* isp., *Helminthopsis abeli*, *Helminthopsis tenuis*, *Helminthoidichnites tenuis*, *Monomorphichnus lineatus*, *Monomorphichnus* isp., cf. *Multipodichnus*, *Nereites saltensis* (non *Psamichnites saltesis*, Seilacher *et al.*, 2005), *Neonereites uniserialis*, *N. biserialis*, *Oldhamia alata*, *O. antiqua*, *O. curvata*, *O. flabellata*, *O. geniculata*, *O. radiata*, *Palaeophycus tubularis*, *Paleophycus* isp., *Protichnites* isp., *Protovirgularia* isp., *Tasmanadia cachii*, *Thalassinoides* isp., *Treptichnus* isp. *Treptichnus* cf. *aequalternus* y *T. pollardi*.

La presencia de *Circulichnus montanus* requiere de una revisión de detalle, ya que el material figurado por Buatois y Mángano (2003b) carece de numerosos elementos diagnósticos de la icnoespecie. En un mismo sentido, el registro de los icnogéneros *Saerichnites* y *Multina* adolecen de un análisis profundo (Buatois y Mángano, 2003b, 2004), siendo aún necesaria una detallada revisión taxonómica, por lo que se considera poco confiable su mención en los estratos de la Formación Puncoviscana. Asimismo, y en sentido contrario a lo expresado por los autores antes mencionados, se ratifica la presencia del icnogénero *Glockerichnus* en la unidad, destacándose la existencia de las bifurcaciones que caracterizan al icnogénero, el cual a la vez difiere sustancialmente del material asignado a *Volkichnium* descrito por Pfeiffer (1965), y del reconocido por Orłowski y Zylinska (1996) para el Cámbrico tardío de las Holy Cross Mountains de Polonia.



En términos generales este conjunto de trazas puede ser referido integrando dos asociaciones cuya distribución geográfica sugiere diferentes posiciones en la cuenca vinculadas a un determinado contexto paleogeográfico y batimétrico; sin que ellas representen las icnofacies arquetípicas: una con *Nereites* y, otra caracterizada por la presencia *Oldhamia*, existiendo entre ellas algunos elementos comunes. Se destaca el hecho que en otro momento la asociación dominada por *Nereites* era referida como *Beltanelliformis/Nereites* (Aceñolaza y Alonso, 2001), pero actualmente es agrupada en una única asociación desarrollada en diferentes contextos paleoambientales.

Entre otros elementos destacables de la asociación *Nereites* se menciona a *Helminthopsis abeli*, *H. tenuis*, *Helminthopsis* isp., *Helminthoidichnites tenuis*, *Treptichnus* cf. *aequalternus*, *Monomorphichnus* isp. y los enigmáticos cuerpos fósiles asignados a *Selkirkia* sp. (= *Sphenothallus?* sp. en Aceñolaza, 2004; García Bellido y Aceñolaza, 2005) y *Beltanelloides* sp.

Numerosas estructuras "tipo wrinkle" y "piel de elefante" interpretadas como *Squamodictyon*, *Protopaleodictyon*, *Kinneya* y otras, actualmente son en su mayoría adscriptas a estructuras vinculadas a biomasas (Aceñolaza y Aceñolaza, 2001; 2003; Aceñolaza, 2005). Geográficamente este conjunto está representado en Tucumán (La Higuera) e incluye, hacia al sur, a La Cébila y Angulos (La Rioja). Con mayor propiedad los niveles que contienen *Nereites saltensis*, están ampliamente distribuidos entre la Sierra de Mojotoro/Campo Quijano y Cachi (Salta), estando acompañado por los icnogéneros: *Cochlichnus anguineus*, *Didymaulichnus lyelli*, *Diplichnites* isp., *Glockerichnus* isp., *Helminthoidichnites tenuis*, *Helminthoidichnites* isp., *Helminthopsis abeli*, *Helminthopsis tenuis*, *Nereites saltensis*, *Dimorphichnus*, *Asaphoidichnus* y *Tasmanadia*.

Por último la asociación de *Oldhamia* está bien representada en la Sierra de la Ovejería (Catamarca) y en el borde occidental de la Cordillera Oriental de Salta

(Muñano, Abra Blanca y San Antonio de los Cobres). Particularmente esta icnoasociación está integrada por *Monomorphichnus lineatus*, *Monomorphichnus* isp., *Dimorphichnus*, *Cochlichnus anguineus*, *Nereites*, *Helminthoidichnites tenuis*, *Didymaulichnus lyelli*, *Talassinoides* isp con cuatro icnoespecies de *Oldhamia* (*O. antiqua*, *O. curvata*, *O. flabellata* y *O. radiata*). *O. flabellata* y *O. curvata* suelen ser más frecuentes en la zona de San Antonio de los Cobres-Abra Blanca, mientras que *O. radiata/O. antiqua* en Muñano y La Ovejería (Catamarca) (Aceñolaza y Durand, 1982).

Se destaca que si bien el icnogénero *Oldhamia* presenta elementos morfológicos que permitirían su uso como indicador temporal en una misma secuencia (Seilacher, 2004), su potencial icnoestratigráfico en los estratos de la Formación Puncoviscana se ve limitado tanto por la dificultad de identificar en las diminutas galerías algunos caracteres morfológicos relevantes, como por la compleja estratigrafía de la unidad. *Oldhamia* presenta un registro que va desde el Ediacarano al Paleozoico Superior, con un pico de diversificación en el Cámbrico temprano que se presenta claramente representado con las seis icnoespecies de la Formación Puncoviscana (*Oldhamia antiqua*, *O. curvata*, *O. flabellata*, *O. radiata*, *O. alata* y *O. geniculata*).

Las mencionadas estructuras "tipo wrinkle" interpretadas actualmente como producto de la interacción de matas microbianas y el sustrato, son frecuentes en numerosos afloramientos de toda la región. Éstas son elementos comunes en los niveles marinos siliciclásticos de la transición Neoproterozoico - Cámbrico a nivel mundial, formando parte del proceso de colonización de los fondos marinos en zonas no muy profundas donde se registraban condiciones fóticas particulares. La situación antes mencionada permitió disponer de un importante volumen de alimento que facilitó la expansión y diversificación de los taxones mayores, generando la "revolución agronómica", término con el que Seilacher y Pflüger (1994) definieron el cambio de carácter de la bioturbación ocurrida a partir de la

Figura 6. Icnofósiles de la Formación Puncoviscana y unidades equivalentes en el Noroeste de Argentina. a.i *Nereites saltensis* (a. holot., non *Psamichnites saltensis*, Seilacher et al., 2005, i. x 0,3); b. *Cochlichnus anguineus* (x 2); c. *Helminthoraphe* isp. (x 0,2); d. *Glockerichnus* isp. (x 0,85); e. *Helminthoidichnites tenuis* (x 0,6); f. *Monomorphichnus lineatus* (x 1,3); g. *Treptichnus* cf. *aequalternus* (x 0,8); h. *Treptichnus* isp. (x 1); j. 1- *Neonereites biserialis* (x 0,5). 2- *N. uniserialis* (x 0,5).

Figure 6. Trace fossils of the Puncoviscana Formation and equivalent units of Northwest Argentina. a.i *Nereites saltensis* (a. holot., non *Psamichnites saltensis*, Seilacher et al., 2005, i. x 0,3); b. *Cochlichnus anguineus* (x 2); c. *Helminthoraphe* isp. (x 0,2); d. *Glockerichnus* isp. (x 0,85); e. *Helminthoidichnites tenuis* (x 0,6); f. *Monomorphichnus lineatus* (x 1,3); g. *Treptichnus* cf. *aequalternus* (x 0,8); h. *Treptichnus* isp. (x 1); j. A- *Neonereites biserialis* (x 0,5). B- *N. uniserialis* (x 0,5).

transición del Neoproterozoico/Cámbrico basal. En este sentido, las icnoasociaciones permiten reconocer variaciones en el comportamiento que tuvo el organismo productor de la traza fósil respecto al sustrato, donde algunos aparecen vinculados con estructuras originadas por las biomasas o biofilms de tipo microbiano ("wrinkle structures" *sensu* Hagadorn y Bottjer, 1999) (Aceñolaza y Aceñolaza, 2001; 2003); mientras que otras son consideradas relacionadas a organismos cuyo comportamiento alimentario es de segundo orden, como es el caso de los icnogéneros *Asaphoidichnus*, *Didymaulichnus*, *Diplichnites*, *Glockerichnus*, *Monomorphichnus*, *Multipodichnus*, *Treptichnus*, *Protichnites* y *Tasmanadia* (Fig. 7).

EDAD

El Sistema Cámbrico constituye una de las divisiones del tiempo geológico paleozoicas que aún presenta dificultades en la definición de subdivisiones internas consensuadas y aprobadas por la Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS - UNESCO) (Gradstein *et al.*, 2004). El límite inferior del sistema (GSSP) se encuentra determinado en el punto de aparición del icnofósil *Phycodes pedum* (= *Treptichnus*) en Fortune Head, Península de Burin, Terranova, con 542,0 +/- 1,0 Ma (Landing, 1992; Landing *et al.*, 1998; Landing y Westrop, 1997; Gradstein *et al.*, 2004).

Dicha localidad posee elementos bioestratigráficos y geocronológicos variados que han permitido presentar un marco integral para acotar la definición de la transición Neoproterozoico/Eopaleozoico, con elementos de la megafauna, dataciones radimétricas y datos de isotopía de Sr, C y O. La notable ausencia de elementos diagnósticos correlacionables con precisión a nivel mundial es destacable, particularmente en los niveles inferiores en comparación a la parte superior del Sistema. En este sentido Shergold y Geyer (2003) destacan la importancia de usar los diferentes grupos biológicos junto a técnicas alternativas (como isotopía de carbono, estroncio, azufre y magnetoestratigrafía), para definir y correlacionar con mayor certeza los niveles basales del Cámbrico.

En el análisis cronoestratigráfico también se debe tener en cuenta que los conceptos vigentes sobre las asignaciones que se atribuyen al Precámbrico superior *s.l.* han generado en la última década numerosas discusiones, junto al uso de una variada nomenclatura. Haber asignado a este espacio de tiempo nombres como Proterozoico terminal, Neoproterozoico III, Vendiano

hasta el actual Ediacarano aprobado por la Comisión de la IUGS, con oposición de la escuela rusa, nos dice que los criterios nomenclaturales a nivel global aún presentan dificultades.

En este sentido, si para determinar la edad de la Formación Puncoviscana *s.l.* adoptáramos la cronoestratigrafía siberiana utilizando los nombres de Nemakitiano-Daldyniano podríamos cometer un error ya que éstos han sido considerados parcialmente como el piso más alto del Vendiano en su área tipo (ver Vidal *et al.*, 1995). Allí estos pisos están caracterizados y definidos por una rica fauna fósil integrada por acritarcos, sabellidítidos, organismos quitinosos e icnofósiles, muchos con morfologías tipo paleozoicas, incluyendo a *Treptichnus* (= *Phycodes*). Actualmente no existe la certeza que en Siberia la base del Nemakitiano-Daldyniano coincida con la posición del límite Precámbrico-Cámbrico tal cual fuera definido en Avalonia (GSSP - Landing, 1992; Landing *et al.*, 1998; Gradstein *et al.*, 2004), es por ello que probablemente la base del Tommotiano constituya la mejor opción de límite Precámbrico-Cámbrico para la plataforma siberiana (M. Fedonkin, com. per.; Khomentovsky, 1990; Bowring *et al.*, 1993; Vidal *et al.*, 1995). Asimismo, se destaca que si bien la base del Sistema Cámbrico está definida por la primera aparición de *Treptichnus pedum* (= *Phycodes*) en Terranova, Canadá (GSSP), desde su ratificación el icnogénero ha sido hallado al menos dos veces por debajo del supuesto límite. Lo cual exige un replanteo general y suma elementos de discusión al posicionamiento y la correlación internacional del límite Proterozoico-Fanerozoico (Gehling *et al.*, 2001).

Tal como puede apreciarse, estos problemas cronológicos superan ampliamente la información bioestratigráfica e isotópica disponible para los afloramientos del noroeste argentino. Debe recordarse que la primera modificación conceptual partió del hallazgo de trazas fósiles (Mirré y Aceñolaza, 1972; Aceñolaza y Durand, 1973, 1982, 1984, 1987; Aceñolaza *et al.*, 1976). Con posterioridad dataciones radimétricas fueron confirmando que el acontecimiento sedimentario y de metamorfismo ocurrió desde el Neoproterozoico al Cámbrico Inferior inclusive (Adams *et al.*, 1989, 1990; Lork *et al.*, 1990; Do Campo *et al.*, 1994; Ramos, 2000; Hongn *et al.*, 2001). Ramos (1999; 2000) considera valores radimétricos sobre los esquistos, circones detríticos y la icnofauna de cuenca Puncoviscana, e interpreta su formación en un lapso comprendido entre los 700 y 535 Ma.

Este marco conceptual es conveniente aclararlo, ya

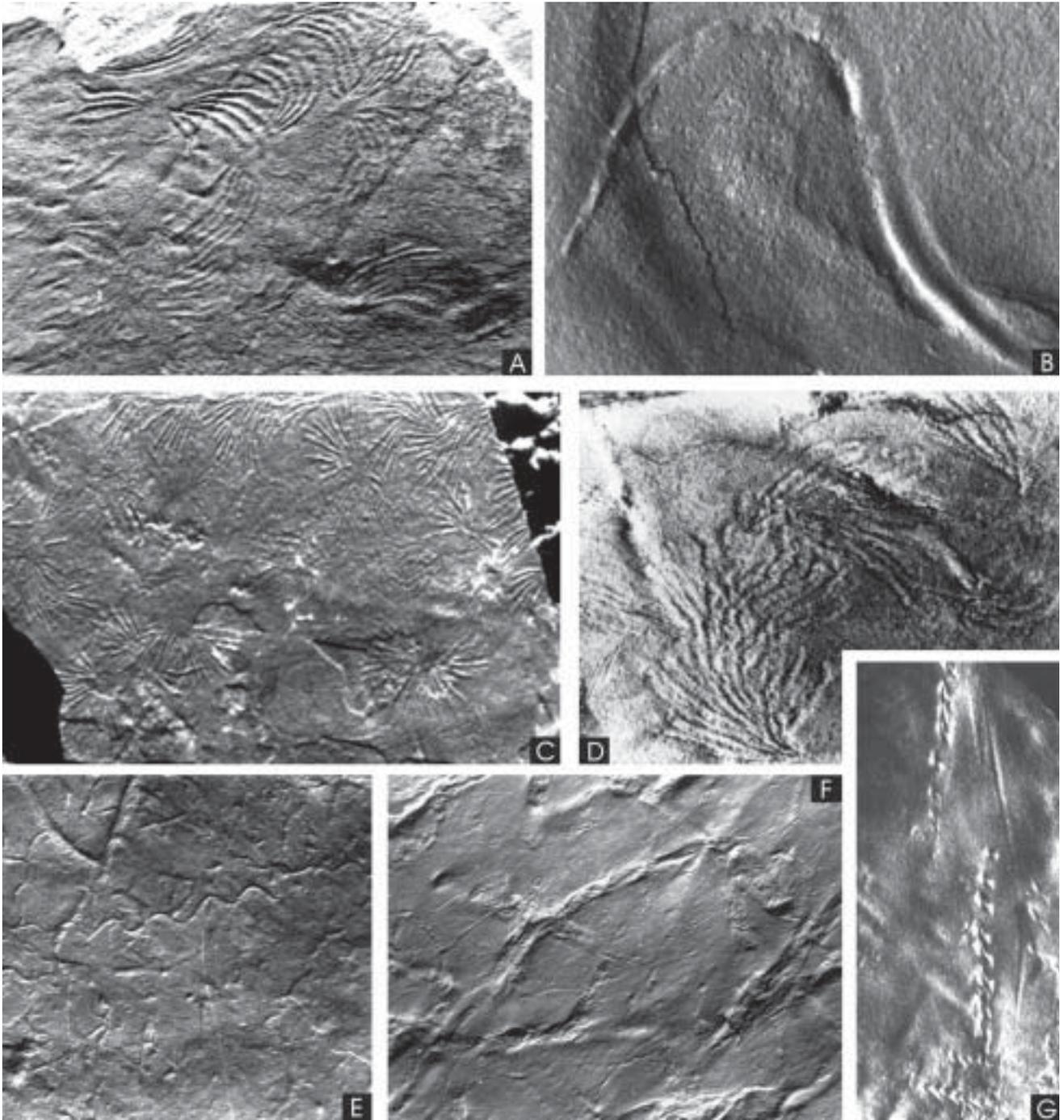


Figura 7. Icnofósiles de la Formación Puncoviscana y unidades equivalentes en el Noroeste de Argentina. a. *Oldhamia curvata* (x 1,8). b. *Archaeonassa fossulata* (x 1). c. *Oldhamia radiata* (x 1). d. *Oldhamia flabellata* (x 1). e. *Cochlichnus anguineus* (x 0,5). f. *Palaeophycus* isp. asociado con *Helminthoidichnites tenuis* (x 0,6). g. *Dimorpichnus obliquus* (x 0.5).

Figure 7. Trace fossils of the Puncoviscana Formation and equivalent units of Northwest Argentina. a. *Oldhamia curvata* (x 1,8). b. *Archaeonassa fossulata* (x 1). c. *Oldhamia radiata* (x 1). d. *Oldhamia flabellata* (x 1). e. *Cochlichnus anguineus* (x 0,5). f. *Palaeophycus* isp. associated to *Helminthoidichnites tenuis* (x 0,6). g. *Dimorpichnus obliquus* (x 0.5).

que la cronoestratigrafía de la Formación Puncoviscana aún presenta serias dificultades debido a la falta de elementos precisos, y cualquier asignación cronológica

que se haga corre el riesgo de descalificación. Lo clásico ha sido referir esta secuencia al lapso Precámbrico Superior - Cámbrico Inferior (Aceñolaza y Toselli, 1981),

aunque ha habido oportunidades en las que se pretendió dar una mayor precisión cronológica definiéndola como perteneciente al Vendiano/Tommotiano (Omarini y Baldis, 1984; Durand y Aceñolaza, 1990; Durand *et al.*, 1994; Aceñolaza y Alonso, 2001); Vendiano/Manykaiano-Tommotiano (Aceñolaza *et al.*, 2000); Neoproterozoico-Cámbrico basal (hasta el Nemakitiano - Daldyniano) (Hongn *et al.*, 2001), Nemakitiano-Daldyniano (Buatois y Mángano, 2003a,b), Proterozoico Terminal - Cámbrico temprano (Buatois y Mángano, 2004). Todos conceptos cronológicos que no resuelven una ambigüedad que aún subsiste por no contarse con datos complementarios al que ofrecen los fósiles con cierto valor cronológico, la amplia variedad de dataciones radimétricas sobre pizarras o granitos, o los pocos datos de isotopía de C, Sr y O que se disponen.

Esto implica que cualquier precisión que se pretenda dar es más bien una muestra de buenos deseos que de justeza cronoestratigráfica, de allí que, por ejemplo, los argumentos que asignan a la Formación Puncoviscana al piso siberiano Nemakitiano-Daldyniano (Buatois y Mángano, 2003a,b, 2004) no tiene la contundencia necesaria para dar mayor precisión a la edad de los niveles con icnofósiles. En ese sentido sigue siendo prudente hablar de una edad cámbrica inferior o cámbrica temprana para los niveles que contienen *Oldhamia* y *Treptichnus* (= *Phycodes*), quedando como incógnita a resolver el determinar con certeza si la posición del *Nereites* responde a una cuestión icnofacial o cronológica.

En apoyo a lo precedente, no debe perderse de vista los datos que proveen las variadas técnicas de estudios radimétricos aplicadas tanto en las diferentes rocas de la Formación Puncoviscana, como de los intrusivos que la afectaron (Lork *et al.*, 1990; Adams *et al.*, 1989; Adams *et al.*, 1990; Do Campo *et al.*, 1994). En este sentido hay consenso que el acontecimiento granítico principal que incluye a los plutones de Santa Rosa de Tastil, Cañaní y La Paya ocurrió en el lapso que va entre los 536-519 Ma, que en términos de la escala geológica vigente (Gradstein *et al.*, 2004), prácticamente involucra a todo el Cámbrico Inferior (Toselli, 1990; Hongn *et al.*, 2001). Dataciones sobre rocas ígneo-metamórficas en Sierras de Córdoba ofrecen valores

equiparables con las mencionadas, algunas como las del Complejo El Pilón con 523 Ma., o el de Rio Suquía de 533 Ma. (Rapela *et al.*, 1998).

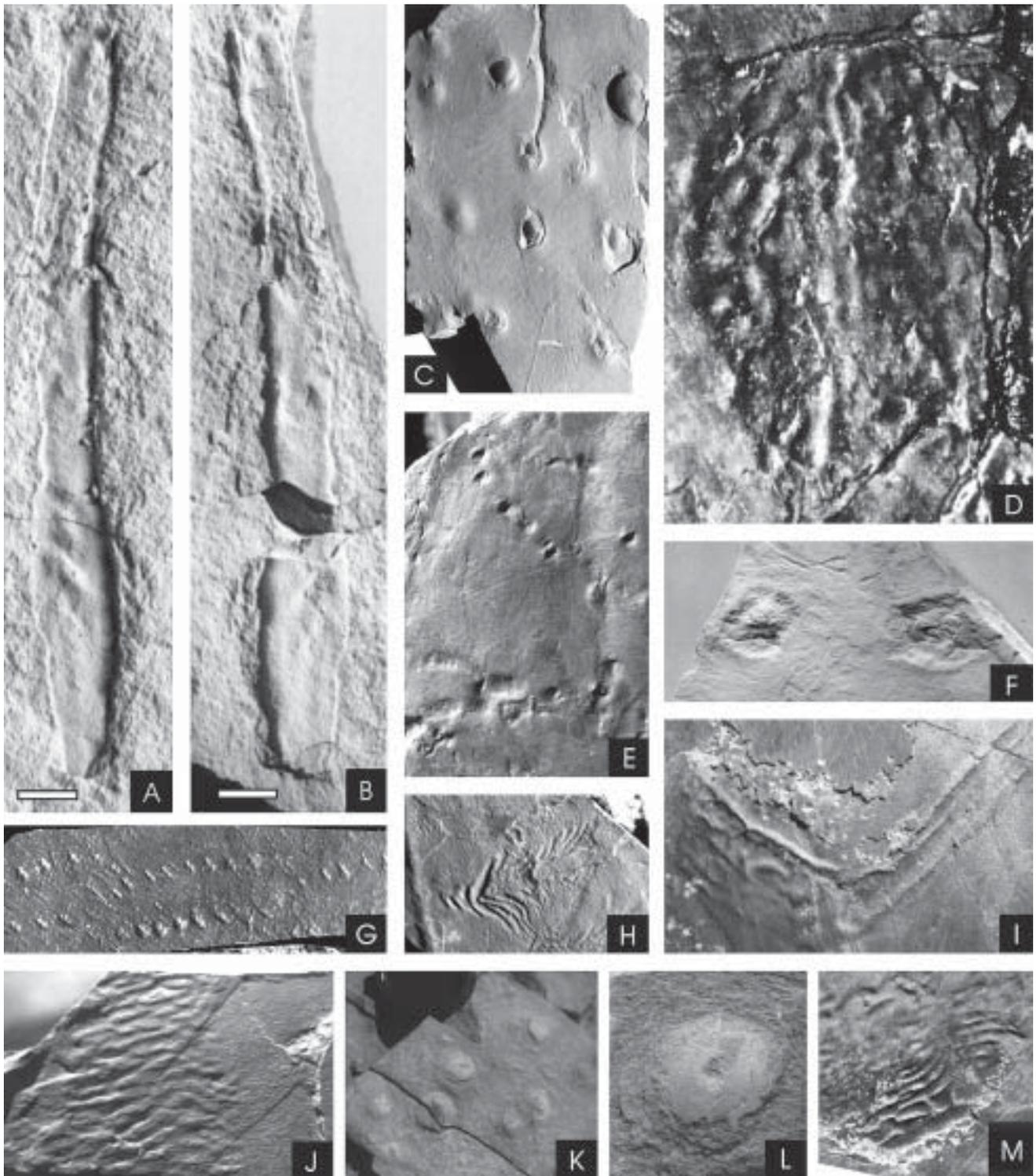
Asimismo, como dato adicional debe tenerse en cuenta que la fuerte excursión negativa de isótopos de C registrada en el tramo superior de la secuencia calcárea de Las Tienditas en la provincia de Salta, induce a pensar que la transición Neoproterozoico / Cámbrico podría ubicarse en ese marco, o bien en los niveles equivalentes dentro de la Formación Puncoviscana (Sial *et al.*, 2000; Sial *et al.*, 2001; Toselli *et al.*, 2005) (Fig. 8).

CONCLUSIONES

El uso confiable de las escalas regionales así como de aquellas divisiones internas no consensuadas por la Subcomisión de Estratigrafía del Cámbrico (ISCS-UNESCO) ha generado problemas al tratar de plantear correlaciones a nivel intercontinental (p.e. Vidal y Moczydlowska, 1992; Palmer, 1998; Geyer y Shergold, 2000; Shergold y Geyer, 2003; Gradstein *et al.*, 2004). Ello se debe al inadecuado registro paleontológico de algunas regiones que, como el margen andino sudamericano, genera dificultades al realizar comparaciones y equivalencias aceptablemente confiables respecto a las clásicas secuencias de referencia mundial (Avalonia, Marruecos, Báltica, Siberia, Kazakhstan, China, Australia y Laurentia). Esta situación ha generado que se recomiende, complementariamente a las dataciones paleontológicas, el uso de escalas alternativas con el apoyo de la quimioestratigrafía (Brasier, 1990; Strauss *et al.*, 1992), algunos de cuyos métodos han sido primariamente aplicados a las secuencias carbonáticas incluidas en la cuenca de Puncoviscana (Sial *et al.*, 2001; Toselli *et al.*, 2005).

Estudios estratigráficos, cronológicos y paleontológicos de las unidades metasedimentarias del norte Argentino durante la última década ha aportado algunos elementos novedosos a la base de conocimiento que ya se poseía hasta principio de los '90. Sin perjuicio de ello, hay contribuciones que han pretendido avanzar en definiciones sobre algunos aspectos sin contar con datos contundentes, o bien con escasos elementos de juicio, situación que ha generado que se

Figura 8. Cuerpos fósiles, estructuras vinculadas a matas microbianas y material enigmático de la Formación Puncoviscana y unidades equivalentes en el noroeste de Argentina. a.b. *Selkirkia* sp. (x 0,95). c. e. Cuerpos de filiación dudosa en facies arenosas finas (c. x 0,3; e. x 0,2). d. Impresión enigmática, oval y simétrica de la localidad de Choromoro, provincia de Tucumán (x 0,35). f. Ejemplares de escasa



(Figura 8 - Continuación) preservación de *Beltanelloides* sp., Choromoro, Tucumán (x 1). g. Icnofósil *Tasmanadia cachii* de Cachi, Salta (x 0.5). h. i. j. m. Estructuras vinculadas a presencia de matas microbianas y marcas de impacto y flujo en niveles arenosos y pelíticos de la unidad (h. x 1; i. x 0,5; j. m. x 0,8). k. l. *Beltanelloides* sp. de Purmamarca, provincia de Jujuy (k. x 0,4; l x 1).

Figure 8: Body fossils, microbial mat related structures and enigmatic material of the Puncoviscana Formation and equivalent units in Northwest Argentina. a.b. *Selkirkia* sp. (x 0.95). c. e. Bodies of doubtful filiation in fine sandy facies of the Puncoviscana Formation (c. x 0,3; e. x 0,2). d. Oval and symetrical enigmatic impression in the locality of Choromoro, Tucumán province (x 0,35). f. Poorly preserved *Beltanelloides* sp. from sandstone facies of Tucumán province (x 1). g. Trace fossil *Tasmanadia cachii* from Cachi, Salta (x 0.5). h. i. j. m. Biomat related structures and tool marks in the sandstones and slates of the Puncoviscana Formation (h. x 1; i. x 0,5; j. m. x 0,8). k. l. *Beltanelloides* sp. from Purmamarca, province of Jujuy (k. x 0,4; l. x 1).

tomen como datos definitivos alguna información sugerida en los últimos años (cf. edad Vendiana-Nemakitiana-Daldyniana para la icnofauna de Puncoviscana en Do Campo y Ribeiro Guevara, 2005).

En primer lugar la afirmación de que esta unidad se corresponde con los pisos siberianos, como ya se dijo, no se considera prudente en razón de que en Rusia aún no se tiene suficiente certeza acerca de que si parte de éstos también forman parte del Vendiano o enteramente forman parte del Cámbrico Inferior (ver discusión en "Edad"). De allí que se sugiere no usar las series siberianas para la referenciación cronológica de las secuencias icnofosilíferas de la Formación Puncoviscana y unidades equivalentes, debido a la casi total inexistencia de elementos biocronológicos que se compartan con dicha región y que definen los pisos siberianos (p.e., arqueociatidos, microfósiles quitinosos y sabellitidos). Por lo anteriormente mencionado, y dado que no existen elementos paleontológicos definitivos, es que se desaconseja el uso restrictivo de una edad Nemakitiana-Daldyniana para la Formación Puncoviscana hasta tanto no se logre detallar con mayor precisión la edad y estratigrafía de los depósitos de la cuenca.

La secuencia sedimentaria habría iniciado su deposición a partir del Neoproterozoico Superior, registrándose el pasaje al Cámbrico posiblemente en los niveles superiores de la Formación Las Tienditas (*sensu* Sial *et al.*, 2001), o en los niveles con *Treptichnus* (= *Phycodes*). También debe señalarse que en un trabajo reciente se indicó la existencia del icnofósil *Syringomorpha* en el suprayacente Grupo Mesón, sugiriendo su deposición a partir del Cámbrico Inferior (Buatois y Mángano, 2003a), lo que invalidaría una edad menor para la discordancia Tílcárica. La revisión del material tipo de *Syringomorpha* depositado en el Museo de Historia Natural de Berlín que fuera realizada por uno de los autores (F. Aceñolaza), no permite establecer una clara identidad con el material proveniente del Grupo Mesón, el cual, sin dudas, requiere un detallado y crítico análisis taxonómico. En este sentido, sostener la suposición de un Mesón Cámbrico Inferior bajo implica una contradicción con los datos que aporta la radiometría isotópica para la edad de los intrusivos graníticos (519-536 Ma) sobre los que éste se apoya en discordancia.

Un tema que merece mayor atención lo constituyen los conglomerados y las posibles diamictitas que suelen infrayacer a los niveles carbonáticos que se intercalan a las pizarras de Puncoviscana (Loss y Giordana, 1952). Ello servirá para dilucidar si solo son representativos

de acontecimientos ocurridos en el talud continental, de la dinámica interna de la cuenca, o bien si algunos de ellos forman parte del acontecimiento global glacial ("Snowball") que se comprueba en otras partes de Gondwana (Brasil, Sudáfrica, Antártida, Australia y márgenes de Europa). Jezek (1990) los interpreta con características "extraglaciales", formados en una región "extratropical". Estas afirmaciones podrían contradecirse con el avance de los estudios sobre los llamados "cap-carbonates" que en otras regiones del mundo normalmente culminan facies típicamente glaciales (Hoffman *et al.*, 1998; Hoffman y Schrag, 2000).

En lo que respecta a las características de la cuenca en términos generales se reconocen que sus partes constitutivas no formaron parte de un microcontinente alóctono agregado a Gondwana, sino que conforman un ámbito autóctono desarrollado entre los núcleos antiguos de Antofalla-Arequipa/Guaporé/Río de la Plata que, en definitiva, fueron los que le proveyeron el material detrítico (Aceñolaza y Durand, 1987; Durand *et al.*, 1994; Schwartz y Gromet, 2004; Do Campo y Ribeiro Guevara, 2005). Debe señalarse que esta cuenca tuvo sectores con aguas poco profundas donde se acumularon gran parte de las secuencias siliciclásticas y carbonáticas que para Jezek (1990) caracterizan niveles de plataforma marina y de elevaciones relativas dentro del ambiente de deposición; mientras que en otras se estaría ante un talud continental suavemente inclinado. En este sentido se considera errónea la afirmación de Buatois y Mángano (2003b, 2004) quienes destacan que, previo a sus comunicaciones, existía un supuesto consenso de un ambiente de deposición en aguas profundas. Obviamente un error que surge del análisis de la bibliografía previa, ya que al hablarse de profundidad tanto Jezek (1986; 1990) como Omarini y Baldi (1984) refieren las diferentes facies presentes en la unidad a variados contextos deposicionales en un mismo sentido que Aceñolaza *et al.*, (1999), quienes en ningún momento mencionan una exclusividad ambiental restringida a facies profundas. Destacamos que Loss y Giordana (1952) postulan el origen de los carbonatos y gran parte de la secuencia siliciclástica en un ámbito marino epicontinental, criterio que es compartido por Aceñolaza *et al.* (1989), quienes ratifican que su deposición debió haberse producido en una plataforma marina de escasa profundidad. En el caso de las dolomitas se ha postulado que ellas se desarrollaron en "altos" sobre cuerpos volcánicos ubicados dentro de la cuenca marina (Camacho *et al.*, 1993).

Tal como hiciera notar Aceñolaza (2005), una dife-

renciación de zonas de aguas profundas y someras ya fue destacada el siglo pasado por Borrello (1969, p. 55, 60), quien no sólo interpretó dicho contexto paleoambiental, sino que graficó la disposición de facies someras y profundas. Buatois y Mángano (2003b, p. 573) sugieren como novedad una supuesta división facial que ya fuera claramente interpretada el siglo pasado ("ongoing studies" *sic.*).

Se destacan las conclusiones vertidas por Schwartz y Gromer (2004), quienes identifican las rocas metasedimentarias de las Sierras Pampeanas Orientales como comparables con las de la Formación Puncoviscana, reconociendo en la fracción detrítica una tendencia que determina procedencia gondwánica. Este trabajo ratifica los datos que ya aportara Jezek (1990) basados en los criterios que proveen los estudios de paleocorrientes en los afloramientos de las provincias de Tucumán y Salta. En un mismo sentido, Do Campo y Ribeiro Guevara (2005) destacan la pertenencia gondwánica en las sedimentitas depositadas en la Cuenca de Puncoviscana.

Por último, se insiste en la necesidad de profundizar con estudios geológicos integrales sobre las diferentes unidades que componen el basamento del noroeste Argentino. Estos estudios deben estar sustentados en un análisis integral y riguroso de los elementos y la bibliografía disponible, lo cual permitirá una correcta apreciación de las unidades depositadas en la Cuenca de Puncoviscana durante la transición Neoproterozoico-Cámbrico Temprano.

Agradecimientos

Dejamos constancia de nuestro agradecimiento a los editores de la obra, Claudio Gaucher y Carlos Cingolani por su amable invitación a participar de la misma, a Peter Sprechmann (Montevideo) y Udo Zimmermann (Johannesburg) por la lectura crítica de esta contribución, y a los colegas Alejandro Toselli, J. Rossi, R. Alonso, C. Moya y A. Sial por el fructífero intercambio de ideas sobre diferentes aspectos de la temática de esta unidad estratigráfica. Asimismo se agradece a Daniel Ruiz Holgado, quien realizó la parte gráfica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aceñolaza, F.G., G. Aceñolaza y S. Esteban**, 1999. Bioestratigrafía de la Formación Puncoviscana y unidades equivalentes en el NOA. En G. González Bonorino, R. Omarini y J. Viramonte (Eds.) *Geología del Noroeste Argentino. 14 Congreso Geológico Argentino*. Relatorio I:91-114. Salta.
- Aceñolaza, F.G. y R.N. Alonso**, 2001. Icnio-asociaciones de la transición Precámbrico/ Cámbrico en el Noroeste de Argentina. *Journal of Iberian Geology* 27:11-22.
- Aceñolaza, F.G. y F. Durand**, 1973. Trazas fósiles del basamento cristalino del noroeste argentino. *Boletín Asociación Geológica de Córdoba* 1:45-55.
- Aceñolaza, F.G. y F. Durand**, 1982. El icnogénero *Oldhamia* (traza fósil) en Argentina. Caracteres morfológicos e importancia estratigráfica en formaciones del Cámbrico Inferior de Argentina. *5 Congreso Latinoamericano de Geología*, Actas I:705-720.
- Aceñolaza, F.G. y F. Durand**, 1986. Upper Precambrian-Lower Cambrian biota from Northwest of Argentina. *Geological Magazine* 123:367-375.
- Aceñolaza, F.G. y F. Durand**, 1987. Paleontología del límite Precámbrico-Cámbrico de Argentina. *10 Congreso Geológico Argentino* Actas I:315-320.
- Aceñolaza, F.G., F. Durand y R. Diaz Taddei**, 1976. Geología y contenido paleontológico del basamento metamórfico de la región de Cachi, provincia de Salta. *5 Congreso Geológico Argentino* Actas I:319-333.
- Aceñolaza, F.G., F. Durand y J. Sosa Gómez**, 1989. Cuenca del Precámbrico Superior-Cámbrico inferior del Noroeste Argentino. En G. Chebli y L. Spalletti (Eds.) *Cuencas Sedimentarias Argentinas*. INSUGEO, Serie Correlación Geológica 6:9-18.
- Aceñolaza, F.G. y H. Miller**, 1982. Early Paleozoic orogeny in southern South America. *Precambrian Research* 17:133-146.
- Aceñolaza, F.G., H. Miller y A.J. Toselli**, 1988. The Puncoviscana Formation (Late Precambrian-Early Cambrian). Sedimentology, Tectonometamorphic history and age of the oldest rocks of NW Argentina. En H. Bahlburg (Ed.) *The Southern Central Andes*. Lecture and Notes in Earth Sciences 17:25-37. Heidelberg.
- Aceñolaza, F.G. y A.J. Toselli**, 1976. Consideraciones estratigráficas y tectónicas sobre el Paleozoico inferior del Noroeste Argentino. *2 Congreso Latinoamericano de Geología* 2:755-764. Caracas
- Aceñolaza, F.G. y A.J. Toselli**, 1981. Geología del Noroeste Argentino. *Publicación Especial. Facultad de Ciencias Naturales UNT N° 1287:1-212*. Tucumán.
- Aceñolaza, F.G. y A.J. Toselli**, 2000. Argentine Precordillera. Allochthonous or autochthonous gondwanic?. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie* 7/8:743-756.
- Aceñolaza, F.G., H. Miller y A.J. Toselli**, 2002. Proterozoic-Early Paleozoic evolution in western South America. A discussion. *Tectonophysics* 354:121-137.
- Aceñolaza, G.**, 2004. Precambrian-Cambrian ichnofossils, an enigmatic «annelid tube» and microbial activity in the Puncoviscana Formation (La Higuera; Tucumán Province, NW Argentina). *Geobios* 37:127-133.
- Aceñolaza, G.**, 2005. The Cambrian System in Northwestern Argentina: stratigraphical and palaeontological framework. Reply. *Geologica Acta* 3:73-77.
- Aceñolaza, G. y F.G. Aceñolaza**, 2001. Ichnofossils and microbial activity in the Precambrian/Cambrian transition of Northwestern Argentina. *Palaeoworld* 13:241-244.
- Aceñolaza, G. y F.G. Aceñolaza**, 2003. Trace fossils, microbial mats and sedimentary structures in the Puncoviscana Formation of northwestern Argentina (Neoproterozoic-Lower Cambrian) Their record on a varied spectrum of paleontological settings. *Second International Meeting of IGCP Project Abstracts* :4-6. Cape Town.
- Aceñolaza, G.; M. Fedonkin, F.G. Aceñolaza y P.Vickers-Rich**, 2005. The Ediacaran / Lower Cambrian transition in Northwest Argentina: new paleontological evidence along the proto-margin of Gondwana. *3 International Meeting of IGCP Project* :1-3.

- Winhoek.
- Aceñolaza, G. y M.F. Tortello**, 2003. El Alisal: new locality with trace fossils of the Puncoviscana Formation (late Precambrian-early Cambrian) in Salta Province, Argentina. *Geologica Acta* 1:95-102.
- Adams, Ch., H. Miller y A.J. Toselli**, 1989. New K-Ar ages on the metamorphic history and age of the Puncoviscana Formation and equivalents, NW Argentina. *Zentralblatt für Geologie und Palaeontologie* 1:987-997.
- Adams, Ch., H. Miller y A.J. Toselli**, 1990. Nuevas edades de metamorfismo por el método K-Ar de la Formación Puncoviscana y equivalentes, NW de Argentina. En F.G. Aceñolaza, H. Miller y A.J. Toselli (Eds.), *El Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino*. INSUGEO, Serie Correlación Geológica 4:199-208.
- Alvarenga, de C., C. Moura, P. Gorayeb y F. Abreu**, 2000. Paraguay and Aguarai Belts. En U. Cordani (Ed.) *Tectonic evolution of South America*, 183-193. Rio de Janeiro.
- Astini, R., J.L. Benedetto y E. Vaccari**, 1995. The Early Paleozoic evolution of the Argentine Precordillera as a Laurentian rifted, drifted and collided terrane: a geodynamic model. *Bulletin of Geological Society of America* 107:253-273.
- Astini, R., F. Dávila, C. Rapela, R. Pankhurst y C. Fanning, C.** 2003. Ordovician back-arc clastic wedge in the Famatina Ranges: New age and implications for reconstruction of the protoandean Gondwana margin. En G. Albanesi, M. Beresi y S. Peralta (Eds.), *Ordovician from the Andes*. INSUGEO, Serie Correlación Geológica 17:375-380.
- Astini, R.A., F. Dávila, G. Collo y F. Martina**, 2005. La Formación La Aguadita (Ordovícico Medio-Superior?): su implicancia en la evolución temprana del Famatina y como parte del orógeno Oclóyico del Oeste de Argentina. *Asociación Geológica Argentina. Serie D, Publicación Especial* 8:67-84.
- Auboin, J.**, 1965. *Geosynclines*. Editorial Elsevier 197pp.
- Baldis, B. y R. Omarini**, 1984. El grupo Lerma (Precámbrico-Cámbrico) en la comarca central Salteña y su posición en el borde Pacífico Americano. *9 Congreso Geológico Argentino* 1:64-78.
- Borrello, A.**, 1969. Los geosinclinales de Argentina. *Anales de la Dirección Nacional de Geología y Minería* 14:1-188.
- Borrello, A.**, 1972. La estructura asintótica de la Argentina. *Revista Brasileira de Geociencias* 2:71-84.
- Brasier, M.D.**, 1990. Nutrients in the Early Cambrian. *Nature* 347:521-522.
- Bowring, S.A., J.P. Grotzinger, C.E. Isachsen, A.H. Knoll, S.M. Pelechaty y P. Kolosov**, 1993. Calibrating rates of early Cambrian evolution. *Science* 261:1293-1298.
- Buatois, L. A. y M.G. Mángano**, 2003a. La icnofauna de la Formación Puncoviscana en el noroeste de Argentina: implicancia en la colonización de fondos oceánicos y reconstrucción de paleoambientes y paleosistemas de la transición Precámbrica-Cámbrica. *Ameghiniana* 40:103-117.
- Buatois, L. A. y M.G. Mángano**, 2003b. Early colonization of the deep sea: Ichnologic evidence of deep-marine benthic ecology from the Early Cambrian of northwest Argentina. *Palaios* 18:572-581.
- Buatois, L.A. y M.G. Mángano**, 2004. Terminal Proterozoic-Early Cambrian ecosystems: ichnology of the Puncoviscana Formation, northwest Argentina. *Fossil and Strata* 51:1-16.
- Camacho, M., B. Diaz, G. Bossi, W. Chiliguay y M. Otaiza**, 1993. Dolomita de Tumbaya y vulcanismo sinsedimentario, Jujuy, Argentina. *12 Congreso Geológico Argentino*, Actas I:274-280.
- Caminos, R.**, 1979. Sierras Pampeanas Noroccidentales, Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan. En J.C. Turner (Ed.) 2 Simposio de Geología Regional Argentina. *Academia Nacional de Ciencias* 1:225-291.
- Chayle, W. y B. Coira**, 1987. Vulcanitas básicas a ultrabásicas y mesosilícicas de la Formación Puncoviscana en el área del cerro Alto de Minas, Departamento Tilcara - Jujuy, Argentina. *10 Congreso Geológico Argentino Actas* II:296-298.
- Cingolani, C. y L. Dalla Salda**, 2000. Buenos Aires Cratonic Región. En U. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho y D.A. Campo (Eds.), *Tectonic Evolution of South America*. 31 International Congress, 139-146. Rio de Janeiro.
- Coira, B., N. Manca, N. y W. Chayle**, 1990. Registros volcánicos en la Formación Puncoviscana. En F.G. Aceñolaza, H. Miller y A.J. Toselli (Eds.), *El Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino*. INSUGEO, Serie Correlación Geológica 4:53-60.
- Cordani, U., R. Omarini, K. Vancini y L. Petronhilo**, 1990. Geocronología Rb/Sr y K/Ar del complejo granítico Santa Rosa de Tastil y de la Formación Puncoviscana, Salta, Argentina. *11 Congreso Geológico Argentino*. Actas II:239-242.
- Dalziel, I.W.D.**, 1991. Pacific margins of Laurentia and East Antarctic-Australia as a conjugate rift pair: evidences and implications for an Eocambrian supercontinent. *Geology* 19:598-409.
- Dalziel, I.W.D.**, 1997. Neoproterozoic - Paleozoic geography and tectonics: Review, hypothesis, environmental speculation. *Geological Society of American Bulletin* 109:16-42.
- Dalla Salda, L., C. Cingolani y R. Varela**, 1992. Early Paleozoic orogenic belt of the Andes in southwestern South America. Results of Laurentian-Gondwana collision?. *Geology* 20:617-620.
- Dalla Salda, L., M.G. López de Luchi, C. Cingolani y R. Varela**, 1998. Laurentian-Gondwana collision: the origin of the Famatinian-Appalachian orogenic belt. A review. En R. Pankhurst y C. Rapela (Eds.), *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geological Society London. Special Publication 142:219-234.
- Do Campo, M., R. Omarini y H. Ostersa**, 1994. Edades K-Ar en fracciones finas de pelitas en la Formación Puncoviscana, Argentina. *Revista Geológica de Chile* 21:233-240.
- Do Campo, M. y S. Ribeiro Guevara**, 2005. Provenance analysis and tectonic setting of late Neoproterozoic metasedimentary successions in NW Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 19:143-153.
- Dornbos, S., D. Bottger y J. Chen**, 2004. Evidences for sea floor microbial mat and associated metazoan lifestyles in Lower Cambrian phosphorites of Southwest China. *Lethaia* 37:127-137.
- Droser, M. y D.J. Bottger**, 1988. Trends in depth and extent of bioturbation in Cambrian carbonate marine environments, western United States. *Geology* 16:233-236.
- Droser, M. y X. Li**, 2001. The Cambrian radiation and the Diversification of sedimentary fabrics. En A.Y. Zhuravlev y R. Riding (Eds.) *The ecology of the Cambrian radiation*. Columbia University Press:135-169.
- Durand, F.R. y F.G. Aceñolaza**, 1990. Caracteres biofaunísticos, paleoecológicos y paleogeográficos de la Formación Puncoviscana (Precámbrico Superior - Cámbrico Inferior) del Noroeste Argentino. En F.G. Aceñolaza, H. Miller y A.J. Toselli (Eds.), *El ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino*. INSUGEO, Serie de Correlación Geológica 4:71-112.
- Durand, F. y L. Spalletti**, 1986. Las facies turbidíticas del Precámbrico Superior-Cámbrico inferior en la zona de Corralito, provincia de Salta. *1 Reunión Argentina de Sedimentología*. Resúmenes: 113-116.
- Durand, F., A. Toselli, F.G. Aceñolaza y J. Rossi de Toselli**, 1994.

- Evolución geológica del sistema de Famatina durante el Precámbrico y Paleozoico. *Serie Monográfica y Didáctica de la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo* 14:1-76.
- Ekdale, A.**, 2001. Substrate controlled development of composite bioturbation-bioerosion trace fossils. <http://www.ucmp/berkeley.edu/napc/abs7.html>.
- Erdogan, B., A. Uchman, T. Güngör y N. Özgül**, 2004. Lithostratigraphy of the Lower Cambrian metaclastics and their age based on trace fossils in the Sandikli region, Southwestern Turkey. *Geobios* 37:346-360.
- Esteban, S.** 2002. The Early Ordovician in the Sistema de Famatina: Stratigraphic and geotectonic framework. En F.G. Aceñolaza (Ed.) *Aspects of the Ordovician System in Argentina*. INSUGEO, Serie Correlación Geológica 16:7-16.
- Finney, S., J. Gleason, G. Gehrels, S. Peralta y G.F. Aceñolaza**, 2003. Early Gondwana Connection for the Argentine Precordillera Terrane. *Earth and Planetary Science Letters* 205:349-359.
- Finney, S., S. Peralta, G. Gehrels y K. Marsaglia**, 2005. The early Paleozoic history of the Cuyania (Greater Precordillera) terrane of western Argentina: evidence from geochronology of detrital zircons from Middle Cambrian sandstones. *Geologica Acta* 3:65-97.
- García Bellido, D. y G.F. Aceñolaza**, 2005. Organismos de cuerpo blando en los estratos Cámbricos del noroeste Argentino. *16 Congreso Geológico Argentino*, Actas III:467-474. La Plata.
- Gehling, J.G., S. Jensen, M. Droser, P. Myrow y G. Narbonne**, 2001. Burrowing below the basal Cambrian GSSP, Fortune Head, Newfoundland. *Geological Magazine* 138:213-218.
- Geyer, G. y J. Shergold**, 2000. The quest for internationally recognized divisions of Cambrian time. *Episodes* 23:188-195.
- González, O., M. Viruel, R. Mon y P. Tchilinguirian**, 2000. Hoja Geológica 2766-II.- San Miguel de Tucumán. *Boletín del Servicio Geológico Minero Argentino*, SEGEMAR. 245:1-124.
- González, P.D. Poiré y R. Varela**, 2002. Hallazgo de trazas fósiles en la Formación El Jagüelito y su relación con la edad de las meta-sedimentitas, Macizo Nordpatagónico Oriental, provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 57:35-44.
- Gradstein, F., J. Ogg, A. Smith y W. Bleeker**, 2004. A new Geologic Time Scale, with special reference to Precambrian and Neogene. *Episodes* 27:83-100.
- Hagadorn, J.W. y D.J. Bottjer**, 1999. Restriction of a Late Neoproterozoic biotope: susect – microbial structures and trace fossils at the Vendian – Cambrian transition. *Palaos* 14:73-85.
- Hausen, H.**, 1925. Sobre un perfil geológico del borde oriental de la Puna de Atacama. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba* 28:1-95.
- Hoffman, P., A. Kaufman, P. Alverson y D. Schrag**, 1998. A Neoproterozoic Snowball Earth. *Science* 281:1342-1346.
- Hoffman, P. y D. Schrag**, 2000. Snowball Earth. *Scientific American* 68-75.
- Hongn, F.D., J.M. Tubia, A. Aranguren y R. Mon**, 2001. El batolito de Tastil (Salta, Argentina): un caso de magmatismo poliorogénico en el basamento andino. *Boletín Geológico y Minero* 112:113-124.
- Iturriza, R.**, 1981. *Perfil geológico del Arroyo Los Noques, Sierra del Castillejo*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, 164 pp. (Inédito).
- Jezeq, P.**, 1986. *Petrographie und facies der Puncoviscana Formation, einer turbidischen folge im Jungprä Kambrium und Unter Kambrium Nordwest Argentinien*. PhD Thesis. Wilhelms Universität, Münster, 136 pp. (Inédito).
- Jezeq, P.**, 1990. Análisis sedimentológico de la Formación Puncoviscana entre Tucumán y Salta. En F.G. Aceñolaza, H. Miller y A.J. Toselli (Eds.). *El Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino*. INSUGEO, Serie Correlación Geológica 4:9-36.
- Jezeq, P., A.P. Wilner, F.G. Aceñolaza y H. Miller**, 1985. The Puncoviscana trough—a large basin of Late Precambrian to Early Cambrian age on the Pacific edge of the Brazilian shield. *Geologische Rundschau* 74:573-584.
- Keidel, J.**, 1910. Estudio geológico en la quebrada de Humahuaca y en la de Iruya. *Anales del Ministerio de Agricultura. Sección Geología, Mineralogía y Minería* 5:76-77.
- Keppie, J. D. y H. Bahlburg**, 1999. Puncoviscana Formation of northwestern Argentina: Passive margin or foreland basin deposit?. En V. Ramos y J. Keppie (Eds.), *Laurentia-Gondwana connections before Pangea*. Geological Society of America Special Paper 336:139-143.
- Khomentovsky, V.V.**, 1990. Vendian of the Siberian Platform. En B.S. Sokolov y M.A. Fedonkin (Eds.). *Vendian System*. Springer Verlag 2:102-183.
- Kraemer, P., M.P. Escayola y R.D. Martino**, 1995. Hipótesis sobre la evolución tectónica neoproterozoica de las Sierras Pampeanas de Córdoba (30°40'-32°40'), Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 50:47-59.
- Landing, E.**, 1992. Precambrian-Cambrian boundary GASP, SE Newfoundland, Biostratigraphy and Geochronology. En G.S. Odin (Ed.) *Phanerozoic Time Scale*. Bulletin of the Liaison and Informations, IUGS Subcommission for Geochronology 11:6-8.
- Landing, E., Narbonne, G. y P. Myrow**, 1998. Trace fossils, small shelly fossils and the Precambrian-Cambrian Boundary. Memorial University, *New York State Museum* 463:1-81.
- Landing, E. y S. Westrop**, 1997 (Eds.). *Avalon 1997. The Cambrian Standard*. New York Museum, 92 pp.
- Leonov, M.**, 2004. Comparative taphonomy of Vendian genera *Beltanelloides* and *Nemiana*: taxonomic criteria and life style. *Annual Meeting IGCP* 493:12-19. Prato.
- Lork, A., H. Miller, U. Kramm, y B. Grauert**, 1990. Sistemática U/Pb de zircons detríticos de la Formación Puncoviscana y su significado para la edad máxima de la sedimentación en la Sierra de Cachi (Provincia de Salta), Argentina. En F. Aceñolaza, H. Miller y A.J. Toselli (Eds.). *El Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino*. INSUGEO, Serie Correlación Geológica 4:199-208.
- Loss, R. y A. Giordana**, 1952. Osservazioni sul Proterozoico di Jujuy (Argentina). La formazione calcario carbonosa di León-Volcán. *Tai della Società Italiana di Scienze Naturali* 41:141-189.
- Lucassen, F., R. Becchio, H.G. Wilke, G. Franz, M.F. Thirlwall, J. Viramonte y K. Wemmer**, 2000. Proterozoic-Paleozoic development of the basement of the Central Andes (18-26° S) - a mobile belt of the South American craton. *Journal South American Earth Sciences* 13:697-715.
- Manca, N., B. Coira, E. Barber y W.A. Perez**, 1987. Episodios magnéticos de los ciclos Pampeano y Famatiniense en el Río Yacoraite, provincia de Jujuy. *10 Congreso Geológico Argentino*, Actas IV:299-301.
- Miller H. y A.P. Willner**, 1981. Del sedimento al esquisto: Desarrollo de la esquistosidad en el ejemplo del Cerro San Javier, Tucumán. *7 Congreso Geológico Argentino*, Actas IV:979-986. San Luis.
- Mirré, J.C. y F.G. Aceñolaza**, 1972. El hallazgo de *Oldhamia* sp. (Traza fósil) y su valor como evidencia de edad cámbrica para el supuesto Precámbrico del borde occidental del Aconquija, provincia de Catamarca. *Ameghiniana* 9:72-78.
- Mon, R. y F. Hongn**, 1996. Estructura del basamento proterozoico y paleozoico inferior del norte argentino. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 51:3-14.

- Mon, R. y J. Salfity**, 1995. Tectonic Evolution of the Andes of Northern Argentina. En A. Tankard, R. Suarez Soruco y D. Welsink (Eds.), *Petroleum basins of South America*. AAPG Memoirs 62:269-283.
- Moya, M.C.**, 1998. El Paleozoico inferior de la Sierra de Mojotoro, Salta-Jujuy. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 53:219-238.
- Myrow, P.M.**, 1995. Thalassinoides and the enigma of early Paleozoic open-framework burrow systems. *Palaio* 10:58-74.
- Omarini, R.**, 1983. *Caracterización litológica, diferenciación y génesis de la Formación Puncoviscana entre el Valle de Lerma y la Faja Eruptiva de La Puna*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Salta, 202 pp. (Inédito).
- Omarini, R. y R.N. Alonso**, 1987. Lavas en la Formación Puncoviscana. Río Blanco, Salta, Argentina. *10 Congreso Geológico Argentino*, Actas IV:292-295.
- Omarini, R.H., R.N. Alonso y J.J. Marcuzzi**, 1993. Hallazgo de vulcanitas en la Formación Puncoviscana, Puna Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 48:179-183.
- Omarini, R. y B. Baldis**, 1984. Sedimentología y mecanismos deposicionales de la Formación Puncoviscana (Grupo Lerma, Precámbrico-Cámbrico) en el noroeste argentino. *9 Congreso Geológico Argentino*, Actas I:384-398.
- Omarini, R. y R. Sureda**, 1993. Evolución geodinámica y configuración paleogeográfica en los Andes centrales del Proterozoico superior al Paleozoico inferior: Modelos alternativos y problemas. *12 Congreso Geológico Argentino*, Actas III:291-308.
- Omarini R.H, R.J. Sureda, H.J. Götze, A. Seilacher y F. Pflüger**, 1999. Puncoviscana folded belt in northwestern Argentina: testimony of Late Proterozoic Rodinia fragmentation and pre-Gondwana collisional episodes. *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)* 88:76-97.
- Orlowski, S. y A. Zylinska**, 1996. Non-arthropod burrows from the Middle and Late Cambrian of the Holy Cross Mountains, Poland. *Acta Palaeontologica Polonica* 41:385-409.
- Ortiz, A.**, 1962. *Estudio geológico de la Sierra de Castillejo*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. 110 pp. (Inédito).
- Palmer, A.**, 1998. Why is intercontinental correlation in the Lower Cambrian so difficult?. *Revista Española de Paleontología* 14:17-21.
- Pfeiffer, N.**, 1965. *Volkichnium volki* n. gen.; n. sp. (Lebens-Spuren) aus den Phycoden-Schichten Thüringens. *Geologie* 14:1266-1268.
- Prozzi, C.**, 1990. Consideraciones acerca del Basamento de San Luis. *9 Congreso Geológico Argentino*. Actas I:452-455.
- Prozzi, C. y V. Ramos**, 1988. La Formación San Luis. *Primeras Jornadas de Trabajo de las Sierras Pampeanas* 1. San Luis.
- Ramos, V.A.**, 1986. Late Proterozoic-Early Paleozoic of South America - a collisional history. *Episodes* 11:168-173.
- Ramos, V.A.**, 1999. Rasgos estructurales del territorio Argentino. 1. Evolución Tectónica de la Argentina. En R. Caminos (Ed.), *Geología Argentina*. Anales del Instituto de Geología y Recursos Minerales 29:715-784.
- Ramos, V.A.**, 2000. The Southern central Andes. En Cordani, U., E.J. Milani, A. Thomaz Filho y D.A. Campo (Eds.) *Tectonic Evolution of South America*. (Eds.), *Tectonic evolution of South America*. *31 International Geological Congress*, Proceedings 561-604.
- Ramos, V.A. y G. Vujovich**, 1993. Laurentia-Gondwana connection: a South American perspective. *Abstract with programs Geological Society of America*. Boston.
- Rapela, C.W., R.J. Pankhurst, C. Casquet, E. Baldo, J. Saavedra, C. Galindo y C.M. Fanning**, 1998. The Pampean Orogeny of the southern proto-Andes: Cambrian continental collision in the Sierras de Cordoba. En R.J. Pankhurst y C.W. Rapela (Eds.), *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geological Society of London, Special Publication 142:181-217.
- Rapela, C., B. Coira, A.J. Toselli y J. Saavedra**, 1992. El magmatismo del paleozoico inferior en el sudoeste de Gondwana. En J.C. Gutiérrez-Marco, J. Saavedra e I. Rábano (Eds.) *Paleozoico Inferior de Iberoamérica*. Publicación Especial Universidad de Extremadura, 21-68.
- Salfity, J., R. Omarini, B. Baldis y W. Gutiérrez**, 1975. Consideraciones sobre la evolución geológica del Precámbrico y Paleozoico del Norte Argentino. *2 Congreso Iberoamericano Geología Económica*, Actas IV:341-343. Buenos Aires.
- Sato, A.M, P. González y E.J. Llambias**, 2002. The Ordovician of Sierra de San Luis: Famatinian magmatic arc and low to high-grade metamorphism. En F.G. Aceñolaza (Ed.), *Aspects on the Ordovician System of Argentina*. INSUGEO, Serie Correlación Geológica 16:327-346.
- Scanavino, R. y M.E. Guichón**, 1971. Observaciones Geológicas en la Quebrada de Santuyo, Volcán (departamento Tumbaya), Jujuy. *Revista del Museo de La Plata, Nueva Serie* 7:39-52.
- Schwartz, J. y L.P. Gromet**, 2004. Provenance of late Proterozoic-early Cambrian basin, Sierras de Córdoba, Argentina. *Precambrian Research* 129:1-21.
- Seilacher, A.**, 2004. Principles of Ichnostratigraphy. *1 International Congress on Ichnology*, Abstracts 9-10. Trelew.
- Seilacher, A., L. Buatois y M.G. Mángano**, 2005. Trace fossils in the Ediacaran-Cambrian transition: behavioral diversification ecological turnover and environmental shift. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 227:323-356.
- Seilacher, A. y F. Pflüger**, 1994. From biotopes to benthic agriculture: a biohistoric revolution. En W. Krumbein, D. Paterson y J. Stal (Eds.) *Biostabilization of sediments*. BIS Odemburg 97-105.
- Shergold, J. y G. Geyer**, 2003. The Subcomisión on Cambrian Stratigraphy: the status quo. *Geologica Acta* 1:5-10.
- Sial, A., V. Ferreira, A.J. Toselli, F.G. Aceñolaza, M. Pimentel, M. Parada y R.N. Alonso**, 2000. C and Sr isotopic composition of probable Vendian-Tommotian carbonate sequences in NW Argentina. *3 ISSAG. Versión electrónica*. Actas en Cd-rom I:433-436. Pucón.
- Sial, A.N., V.P. Ferreira, A.J. Toselli, F.G. Aceñolaza, M.M. Pimentel, M.A. Parada y R.N. Alonso**, 2001. C and Sr isotopic evolution of the Carbonate sequence in NW Argentina: implications for a probable Precambrian-Cambrian transition. *Carbonates and Evaporites* 16:141-152.
- Spalletti, L. y F. Durand**, 1986. Estudio de las facies sedimentarias del basamento de la región de Corralito, provincia de Salta, Argentina. *10 Congreso Geológico Argentino* Actas I:311-314.
- Sprechmann, P., C. Gaucher y J. Montaña**, 2001. Icnofósiles de la Formación Cerro Victoria (Nemakitiano-Daldyniano) del Grupo Arroyo del Soldado, Uruguay: Bioestratigrafía y paleoecología. *4 Reunión Argentina de Icnología y segunda Reunión de Icnología del MERCOSUR*, Resúmenes 72. Tucumán.
- Söllner, F., M. Brodtkorb, H. Miller, N. Pezzutti y R. Fernández**, 2000. U-Pb zircon ages of metavolcanic rocks from the Sierra de San Luis, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55:15-22.
- Sósa Gómez, J.**, 1984. Zur Geologie im oberen Abschnitt der Quebrada del Toro und am SW-Rande der Salinas Grandes de Jujuy, unter besonderer Berücksichtigung der Puncoviscana-Formation/Argentinien. *Dissertation Universität Clausthal*, 140 pp. (Inédito).

- Strauss, H., S. Bengtson, P.M. Myrow y G. Vidal**, 1992. Stable isotope geochemistry and palynology of the late Precambrian to Early Cambrian sequence in Newfoundland. *Canadian Journal of Earth Sciences* 29:1662-1673.
- Suárez Soruco, R.**, 1989. Desarrollo tectonosedimentario del Paleozoico Inferior de Bolivia. *Información Geológica UAFT*. Simposio Bodas de Oro de la Universidad Tomás Frías 2:1-11. Potosí.
- Suárez Soruco, R.**, 2000. Compendio de Geología de Bolivia. *Revista Técnica de YPF* 18:1-144.
- Sureda, R. y R. Omarini**, 1999. Evolución geológica y nomenclatura pre-gondwánica en el noroeste de Argentina (1800-160 Ma) En E. Colombo (Ed.) *Geología de los Andes Centrales Meridionales*: El NOA. *Acta Geologica Hispanica* 34:197-225.
- Tessensohn, E.**, 1982. Significance of late Precambrian turbidite sequences bordering the East Antarctic shield.- Proceedings Symposium on Precambrian Problems. *Geologische Rundschau* 71:361-369.
- Toselli, A.J.**, 1990. Metamorfismo del Ciclo Pampeano. En F.G. Aceñolaza, H. Miller y A.J. Toselli (Eds.) *El Ciclo Pampeano en el Noroeste Argentino*. INSUGEO, Serie Correlación Geológica 4:181-197.
- Toselli, A.J. y F.G. Aceñolaza**, 1984. Presencia de eruptivas basálticas en los afloramientos de la Formación Puncoviscana en Coraya, Depto. Humahuaca, Jujuy. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 39:158-159.
- Toselli, A.J., F.G. Aceñolaza, A.N. Sial, J.N. Rossi, V.P. Ferreira y R.N. Alonso**, 2005. Los carbonatos de la Formación Puncoviscana s.l.: correlación quimioestratigráfica e interpretación geológica. *16 Congreso Geológico Argentino*, Actas II:327-233. La Plata.
- Toselli, G.** 1978. La edad de la Formación Negro Peinado, Sierra de Famatina, La Rioja. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 33:86-89.
- Turner, J.C.M.**, 1960. Estratigrafía de la Sierra de Santa Victoria y adyacencias, *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias Córdoba* 41:163-196.
- Turner, J.C.M.**, 1972. Cordillera Oriental. En A.F. Leanza (Ed.) *Geología Regional Argentina. Publicación Especial Academia Nacional de Ciencias Córdoba* 117-142.
- Turner, J.C.M. y R. Mon**, 1979. Cordillera Oriental. En J.C.M. Turner (Ed.) *Geología Argentina*. Publicación Especial Academia Nacional de Ciencias Córdoba 1:57-94.
- van Staden, A. y U. Zimmermann**, 2003. Tillites or ordinary conglomerates? Provenance studies on diamictites of the Neoproterozoic Puncoviscana in NW Argentina. *11 Congreso Geológico Chileno*. Versión en CD. Concepción.
- Vidal, G. y M. Moczydlowska**, 1992. Patterns of phytoplankton radiation across the Precambrian-Cambrian boundary. *Journal of the Geological Society* 149:647-654.
- Vidal, G., S. Jensen y T. Palacios**, 1994. Neoproterozoic (Vendian) ichnofossils from Lower Alcedian strata in central Spain. *Geological Magazine* 131:169-179.
- Vidal, G., M. Moczydlowska y V.R. Rudavskaya**, 1995. Constraints on the early Cambrian radiation and correlation of the Tommotian and Nemakit-Daldynian regional stages of eastern Siberia. *Journal of the Geological Society* 152:499-510.
- von Gosen, W. y C. Prozzi**, 1998. Structural evolution of the Sierra de San Luis (Eastern Sierras Pampeanas, Argentina): Implications for the Proto-Andean Margin of Gondwana. En R. Pankhurst y C. Rapella (Eds) *The Proto Andean Margin of Gondwana*. Geological Society of London. Special Publication 142:235-258.
- Weil, A.B., R. Van der Voo, C. Mc Niocail y J.G. Meert**, 1998. The supercontinent Rodinia: paleomagnetically derived reconstructions for 1100 to 800 My. *Earth and Planetary Sciences Letters* 154:13-24.
- Willner, A., U. Lottner y H. Miller**, 1988. Early Paleozoic structural development in the NW Argentine basement of the Andes and its implications for geodynamic reconstructions. Gondwana Six: Structure, Tectonic and Geophysics. *Geophysical Monograph* 40:229-239.
- Willner, A.P. y H. Miller**, 1986. Structural division and evolution of the lower Paleozoic basement in the NW-Argentine Andes. *Zentralblatt Geologie Paläontologie* 1:1245-1255.
- Willner, A., H. Miller y P. Jezek**, 1985. Geochemical features of an Upper Precambrian-Lower Cambrian greywacke/pelite sequence (Puncoviscana trough) from the basement of the NW-Argentine Andes, *Newes Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatschrift* 56:498-512.
- Windhausen, A.**, 1931. *Geología Argentina.- Geología histórica y regional del territorio argentino*. Segunda Parte. Editorial Peuser 645 pp.
- Zimmermann, U. y A. Van Staden**, 2002. Neoproterozoic to Pre-Ordovician very-low to low-grade metasedimentary rocks from Siján (Sierra de Ambato) and Campo Volcán (Puna) in northwestern Argentina. *15 Congreso Geológico Argentino*, Actas 2:229-234.