

Estructuras microbiales y algales de zona fótica en la Formación Puncoviscana, provincia de Salta, Argentina.

Vanina L. LÓPEZ DE AZAREVICH; Florencio G. ACENÓLAZA; Miguel B. AZAREVICH y Ricardo H. OMARINI

Abstract: MICROBIAL AND ALGAL STRUCTURES FROM THE PHOTIC ZONE IN THE PUNCOVISCANA FORMATION, SALTA PROVINCE, ARGENTINA.- A stratigraphic profile has been described in the Puncoviscana Formation in Palermo Oeste locality, Salta, where a 63 m-thick sequence was recognized. In the basal section was recognized the presence of microbial and algal structures. Lithofacies associations allow interpretation of the sedimentary sequence as tidal flat deposits, within which the biogenic activity had an important roll along the whole registered sedimentation period. Recognized sub-environments are shoreface and intertidal. The identified fossil material consist of: i) diverse trace fossils indicating *Nereites saltensis* biofacies, ii) *Kinneya*, that suggests a development beneath microbial mats, iii) "Elephant skin", which development is produced on the surface of microbial mats, iv) algal structures similar to Phaeophyceae, "Fucus" group, v) "wrinkle marks", possible associated to mixed biologic and physical process (organic/sedimentary). The recognized group of algae is developed in litoral intertidal to sublitoral zone within the photic zone, and are characteristic of warm to cold relative transparent waters. Phaeophyceae algae has been recognized in all seas around the world and its chronological register varies between the final Ediacara and the Phanerozoic.

Resumen: ESTRUCTURAS MICROBIALES Y ALGALES DE ZONA FÓTICA EN LA FORMACIÓN PUNCOVISCANA, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA.- Se describe el perfil estratigráfico de la Formación Puncoviscana en la localidad de Palermo Oeste, Salta, donde se reconoce la existencia de una secuencia sedimentaria de 63 metros. En su sección basal se ha reconocido la existencia de estructuras microbiales y algales. La asociación litofacial permite interpretar la secuencia como un depósito de planicie de marea, en la cual la actividad biogénica ha tenido un rol importante a lo largo de la totalidad del período de sedimentación registrado. Los sub-ambientes reconocidos son de cara de playa e intermarea. El material fósil identificado consiste en: i) trazas fósiles diversas en biofacies de *Nereites saltensis*, ii) *Kinneya*, que sugiere un desarrollo por debajo de las matas microbiales, iii) "Elephant skin", cuyo desarrollo se produce en la superficie de matas microbiales, iv) estructuras algales similares a Phaeophyceae, del grupo de "Fucus", v) "wrinkle marks", posiblemente asociadas a procesos conjuntos biológicos y físicos (orgánicos/sedimentarios). El grupo de algas reconocido se desarrolla en la zona litoral intermareal a sublitoral dentro de la zona fótica, y son características de aguas relativamente transparentes frías a templadas. Las algas feofíceas han sido reconocidas en todos los mares del mundo y su registro cronológico varía entre el Ediacarano terminal y el Fanerozoico.

Palabras clave: Microbial mat. Algal structures . Ediacaran.

Key words: Matas microbiales, estructuras algales. Ediacarano.

Introduction

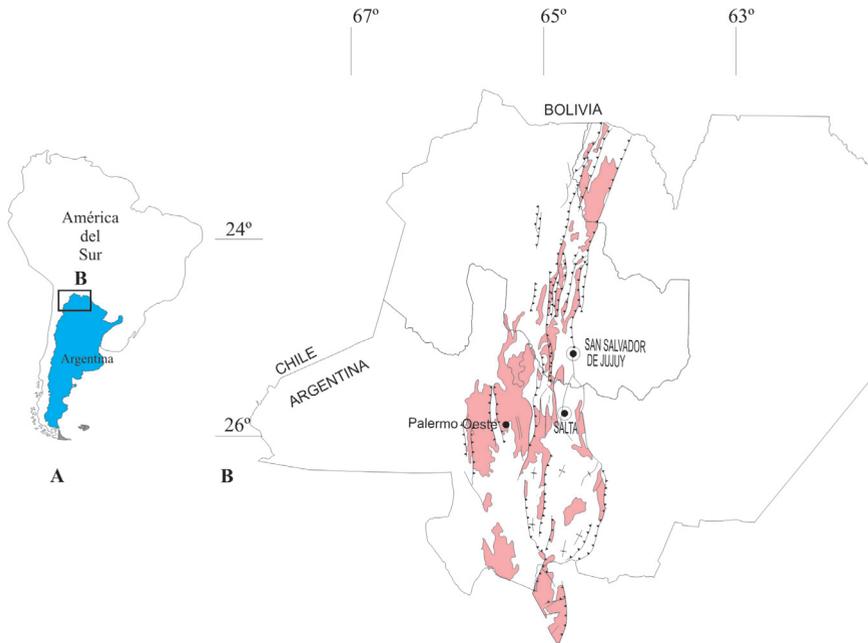
La secuencia sedimentaria de la Formación Puncoviscana (Turner 1960) comienza a depositarse en tiempos ediacaranos y continúa hasta el Cámbrico inferior. Esencialmente está constituida por cuatro variedades litológicas: i) secuencias turbidíticas espesas (Turner 1960, Omarini 1983, Jêzek 1990), ii) sedimentitas clásticas de ambiente marino somero, con influencia de olas y tormentas (López de Azarevich *et al.* 2010), iii) secuencias de plataforma

carbonática (Salfity *et al.* 1976), iv) volcanitas alcalinas sinsedimentarias (Hauser *et al.* 2010). Este conjunto se encuentra fuertemente deformado por la orogenia Tílcárica motivo por el cual aún no es simple determinar una columna estratigráfica abarcativa del conjunto.

La edad máxima de sedimentación se encuentra acotada por edades U-Pb en circones reciclados de rocas Mesoproterozoicas generadas previamente a la consolidación de Rodinia (1.1-0.9 Ga), y la edad mínima es de 523 Ma obtenida en circones ehuedrales contenidos en las sedimentitas de la Formación Puncoviscana en la zona de Cachi (Adams *et al.* 2008). A su vez la sedimentación se encuentra acotada por el emplazamiento de los plutones de Tastil, Chañi y Cañani con edades U/Pb entre 536 y 525 Ma (Bachmann *et al.* 1987, Hongn *et al.* 2001, Matteini *et al.* 2008, Zappettini *et al.* 2008, Aceñolaza y Toselli 2010, con referencias).

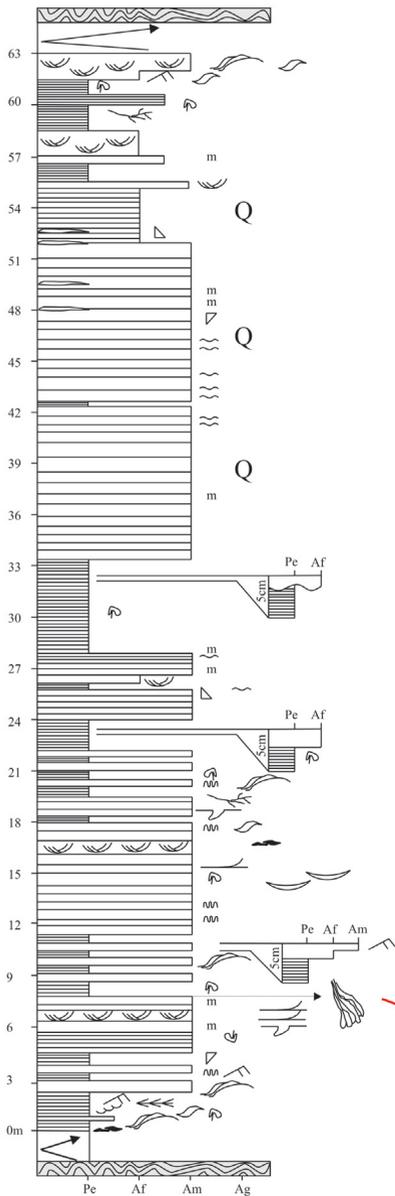
El contenido paleontológico de trazas fósiles registradas en la sección clásica superior de la unidad indica una edad Ediacarano hasta Cámbrico inferior (~635-530 Ma., Ogg *et al.* 2008) para las asociaciones en biofacies de Nereites y Oldhamia, respectivamente (Aceñolaza *et al.* 1999, Aceñolaza 2004, Aceñolaza y Tortelo 2003, Aceñolaza y Aceñolaza 2005, 2007). Debe señalarse que hasta el presente en los bancos carbonáticos de Tumbaya, Jujuy, se registran niveles con *Laminitas*, que constituyen estructuras depositacionales generadas por actividad algal; mientras que en la secuencia carbonática de Las Tienditas, Salta, Omarini y Baldis (1984) describen estructuras algales persparíticas. Es de destacar que en el Grupo Sierras Bayas (provincia de Buenos Aires) son frecuentes niveles estromatolíticos y columnares, también del mismo origen (Bonhomme y Cingolani 1980).

Los bancos carbonáticos contenidos en diferentes secciones de la Formación Puncoviscana han brindado información isotópica (C, O, Sr) que permiten inferir dos episodios de depositación carbonática dentro de la cuenca durante el Criogeniano (850-635 Ma): i) Sturtiano (~750-665 Ma., Ogg *et al.* 2008), calizas de Volcán, ii) Marinoano (636-635 Ma., Ogg *et al.* 2008), calizas de Las Tienditas (Toselli *et al.* 2005).



A pesar de existir un lapso temporal concreto para la sedimentación de la Formación Puncoviscana, una nueva interpretación de los paleoambientes de depósito y una relación bioestratigráfica es necesaria para lograr una comprensión más amplia de la dinámica cuencal y las características paleoambientales que permitieron el desarrollo y proliferación de organismos.

REFERENCIAS



- Contacto discordante
- Contacto neto
- Contacto onduloso
- Estratificación ondúlita
- Estratificación en arteza
- Estratificación laminar plana
- Estratificación entrecruzada tangencial simple
- Ondulitas fuera de fase
- Estratificación en hueso de arenque
- Estratificación sigmoidal
- Estratificación entrecruzada en hombrera
- Ondulitas linguoides
- Ondulitas asimétricas
- Calco de flujo
- Marca de escurrimiento
- Fragmentos de fango (Mud Flakes)
- Trazas fósiles
- Estructuras algales
- Grano creciente / Grano decreciente
- Cuarcitas
- Masiva
- Fm Puncoviscana con mayor grado metamórfico

Pe: Pelitas; Af: Arena Fina; Am: Arena media; Ag: Arena gruesa



La presencia de sedimentitas de ambientes intermareales y submareales dominadas por mareas, olas y tormentas subordinadas, en las secciones clásticas superiores de la Formación Puncoviscana que contienen trazas fósiles, ha sido difundida recientemente por López de Azarevich *et al.* (2010). Dentro de estas secuencias intermareales se ha encontrado nuevo material paleontológico consistente en estructuras algales de grandes dimensiones, material no antes reconocido en esta región.

Considerando que la aparición de metazoos en el registro sedimentario es posterior a la Glaciación Gaskiers (582 Ma) y la de algas microscópicas y trazas fósiles horizontales a los ~555 Ma. (Condon *et al.* 2005), es factible acotar la edad máxima de la sucesión estratigráfica que contiene las improntas algales.

La presente contribución tiene como propósito presentar dicho material, su descripción y ubicación estratigráfica, así como también la interpretación paleoambiental de la secuencia estratigráfica que lo contiene.

Sección Estratigráfica Analizada

La sección estratigráfica que contiene el material fósil estudiado se encuentra en la localidad de Palermo Oeste, Dpto. Cachi, situada en el flanco occidental de la Cordillera Oriental (Figura 1). Allí aflora la Formación Puncoviscana, con diferente grado de deformación. El perfil relevado se encuentra en una sección poco deformada, la cual fue reconstituida, y representa 63 m de sedimentación continua, con excelente exposición y preservación de estructuras sedimentarias y trazas fósiles. El contacto basal está constituido en una falla que coloca la secuencia medida sobre sedimentitas indiferenciadas de la Formación Puncoviscana, y el contacto superior también por falla con la Formación Puncoviscana con mayor grado de deformación. Figura 2.

Facies y Asociación Litofacial

Las litofacies presentes en el perfil analizado y sus características y naturaleza se listan a continuación:

La secuencia comienza con 5,50 m de intercalación de i) areniscas con estructuras entrecruzadas de pequeña escala (menor a 5 cm), ondulitas fuera de fase, hueso de arenque, sigmoidal y artesas (facies Src); ii) ritmitas gradadas con trazas fósiles (facies Pl), y estratificación ondulítica hacia el techo (facies Ht).

Siguen 2,50 m de areniscas medianas a finas con estratificación tangencial, en artesa y ondulitas linguoides características de canales mareales (facies Src), con calcos de flujo en base de estrato y estructuras de escurrimiento de pequeña escala (*wrinkle marks*). A los 7 m de altura estratigráfica se encuentra en techo de estrato arenoso fino improntas de naturaleza orgánica que se asignan a estructuras algales de gran desarrollo (Figura 3).

En concordancia se depositaron 4 m de ritmitas gradadas con trazas fósiles (facies Pl) que representan el registro de los períodos mareales diurnos.

Luego se registran 6 m de areniscas medianas en cuya base se encuentran representadas hojuelas pelíticas de hasta 5 cm (*mud flakes*) y estratificación ondulítica (facies Ht), acompañadas por marcas de escurrimiento (*rill marks*), calcos de flujo, y ondulitas linguoides (facies Src).

Facies	Litología	Estructuras Sedimentarias	Origen	Espesor (metros)
HCSa	Areniscas finas a medias, bien seleccionadas	Estructura entrecruzada en hombrera (<i>hummocky</i>) asimétrica. Suprayacen niveles con trazas fósiles, en su base se encuentran marcas subestratales y por encima areniscas con estructuras de óndula.	Tracción-decantación a partir de flujos turbulentos unidireccionales con un flujo oscilatorio subordinado	0,25 - 1,50
Sm	Areniscas finas a medias bien seleccionadas	Masiva	Agradación progresiva a partir de flujos de fondo casi estacionarios	0,10 - 0,50
Sl	Areniscas finas a medias	Laminación paralela, ocasionalmente con fragmentos de láminas de fango (<i>mud flakes</i>)	Agradación progresiva a partir de flujos de fondo casi estacionarios	1,00 - 8,80
Src	Areniscas finas a medias	Ondulitas (<i>ripples</i>) de corriente; simétricas, asimétricas y escalonadas (<i>climbing</i>). Estratificación entrecruzada planar, sigmoidea, tangencial, artesas y en hueso de arenque (<i>bering bone</i>). Presenta estructuras algales en base de estrato (<i>calco</i>).	Tracción-decantación a partir de corrientes diluidas, migración de ondulitas 3D, igualdad de intensidad en marea.	0,10 - 1,80
Ht	Areniscas medias a finas intercaladas con pelitas (limolitas)	Estratificación ondulosa	Corrientes bimodales bipolares, dos flujos de energía: transporte de carga de lecho por corrientes mareales y decantación a partir de suspensiones durante períodos de aguas quietas.	0,10 - 0,30
Pl	Pelitas (limolitas)	Laminación milimétrica, series gradadas, presenta trazas fósiles en base o techo, marcas de escurrimiento (<i>rill marks, wrinkle marks</i>).	Decantación, en zonas de baja acción de olas y corrientes; escurrimiento en zonas intermareales (exposición).	0,20 - 4,70

HCSa: *Asymmetric hummocky cross stratification*. Sm: *massive sandstones*. Sl: *laminated sandstones*. Src: *current ripples sandstones*. Ht: *heterolithic*. Pl: *laminated pelites*.

Hacia arriba se desarrollan estratificación tabular plana en estratos de base plana y techo onduloso (facies Sl).

Continúan 14 m de ritmitas con gradación inversa (facies Pl) conformadas por 2-3 cm de limolitas laminadas con trazas fósiles depositadas por decantación durante la marea estática (*high stand*), cubiertas en discordancia o transicionalmente por 2-3 cm de areniscas con estructuras entrecruzadas depositadas por flujos tractivos. Estas series de aproximadamente 5 cm de espesor se repiten en bancos de hasta 5 m de espesor. En estas ritmitas gradadas intercalan algunos bancos de areniscas laminadas con ocasionales estructuras entrecruzadas en hombrera o artesas depositadas por corrientes unidireccionales de mayor competencia (facies Src y HCSa), que evidencian episodios de tormenta.

Los siguientes 22 m registran areniscas bien seleccionadas y cuarcitas estratificadas en bancos delgados, laminadas o masivas, separados por superficies ondulosas, escasos y delgados bancos pelíticos (facies Sl y Sm). Esta sucesión homogénea indica acreción de playa (playa frontal) generada por movimiento tractivo de material arenoso sobre lecho plano, produciendo el depósito de agradación vertical. Este sub-ambiente se encuentra dominado por olas.

Los últimos 8 m de la secuencia areno-pelítica contienen estructuras entrecruzadas de pequeña escala, en hombrera, sigmoidales y en artesa que representan sedimentación por corrientes unidireccionales y/o mareales (facies Src y HCSa). La presencia de estructuras de escurrimiento superficial (*rill marks*) asociadas indican exposición en una planicie intermareal con una actividad orgánica importante (trazas fósiles) registrada en los episodios de inundación. Este sub-ambiente se encuentra dominado por mareas y olas.

Asociación de facies

La asociación litofacial permite interpretar la secuencia como un depósito de planicie de marea (*tidal flat*), en la cual la actividad biogénica ha tenido un rol importante a lo largo de la totalidad del período de sedimentación registrado.

En esta planicie mareal las formas de fondo de mayor desarrollo son ondulitas (*ripples*) de formas diversas, cuyo desarrollo estuvo controlado por la profundidad del agua, la cizalla en el fondo y el tamaño de grano (Middleton y Southard 1984). Estas morfologías se han desarrollado principalmente durante el retroceso de la marea, en ambientes intermareales a sub-mareales, de acuerdo con los registros de diversas planicies de marea actuales y antiguas (Vos y Erikson 1977, Erikson *et al.* 1995, Chakrabarti 2005, Guidi y Sarti 2005).

La conjunción de las siguientes estructuras sedimentarias son características de una planicie de mareas: laminación entrecruzada de pequeña escala, entrecruzamiento de mega-óndula y artesa (2,5 a 5 cm) en capas arenosas, ondulitas fuera de fase (*climbing ripples*), estratificación en hombrera (*hummocky*), ritmitas gradadas de origen mareal, limolitas fragmentadas (*mud flakes*) asociadas con ondulitas de oleaje, estratificación ondulítica y en hueso de arenque (Ehlers y Chan 1999, Chakrabarti 2005).

La estratificación paralela horizontal con laminación uniforme o no-uniforme y las estructuras generadas por corrientes unidireccionales en el sustrato arenoso (facies Src, Sl) y caracterizan un proceso de acreción de playa, donde existe un predominio de la acción del oleaje. Este tipo de depósito de areniscas bien seleccionadas y homogéneas, con alto grado de madurez, es equivalente a los desarrollados en caras de playa actuales (Walker y Plint 1992).

Material fósil

La columna mencionada ha permitido identificar la presencia de estructuras “*wrinkle*” en diferentes niveles como asimismo algunas trazas fósiles entre las que se destaca la presencia de *Nereites saltensis* unos 20 metros por encima de las estructuras algales, objeto de este trabajo. Ello condiciona más eficazmente su posición cronoestratigráfica por cuanto hasta el presente los hallazgos de esta icnoespecie han sido aislados, tanto en la zona de Cachi como en la Sierra de Mojotoro y quebrada del Toro. Si bien los últimos trabajos, y basado en las trazas que normalmente se le asocian se suponía que ella forma parte del contexto ediacarano, hoy se agrega un nuevo elemento de juicio para consolidar esta idea.

Entre el material de probable origen orgánico se encuentran niveles caracterizados por *Kinneya* y otras con características de “Cuero de Elefante” (“*Elephant skin*”) cuya interpretación actual las relaciona, en su origen, a la presencia de matas microbiales que se desarrollan en la superficie del estrato y que dan lugar a alteraciones del plano sedimentario (Bouougri y Porada 2002, 2007; Porada *et al.* 2008).

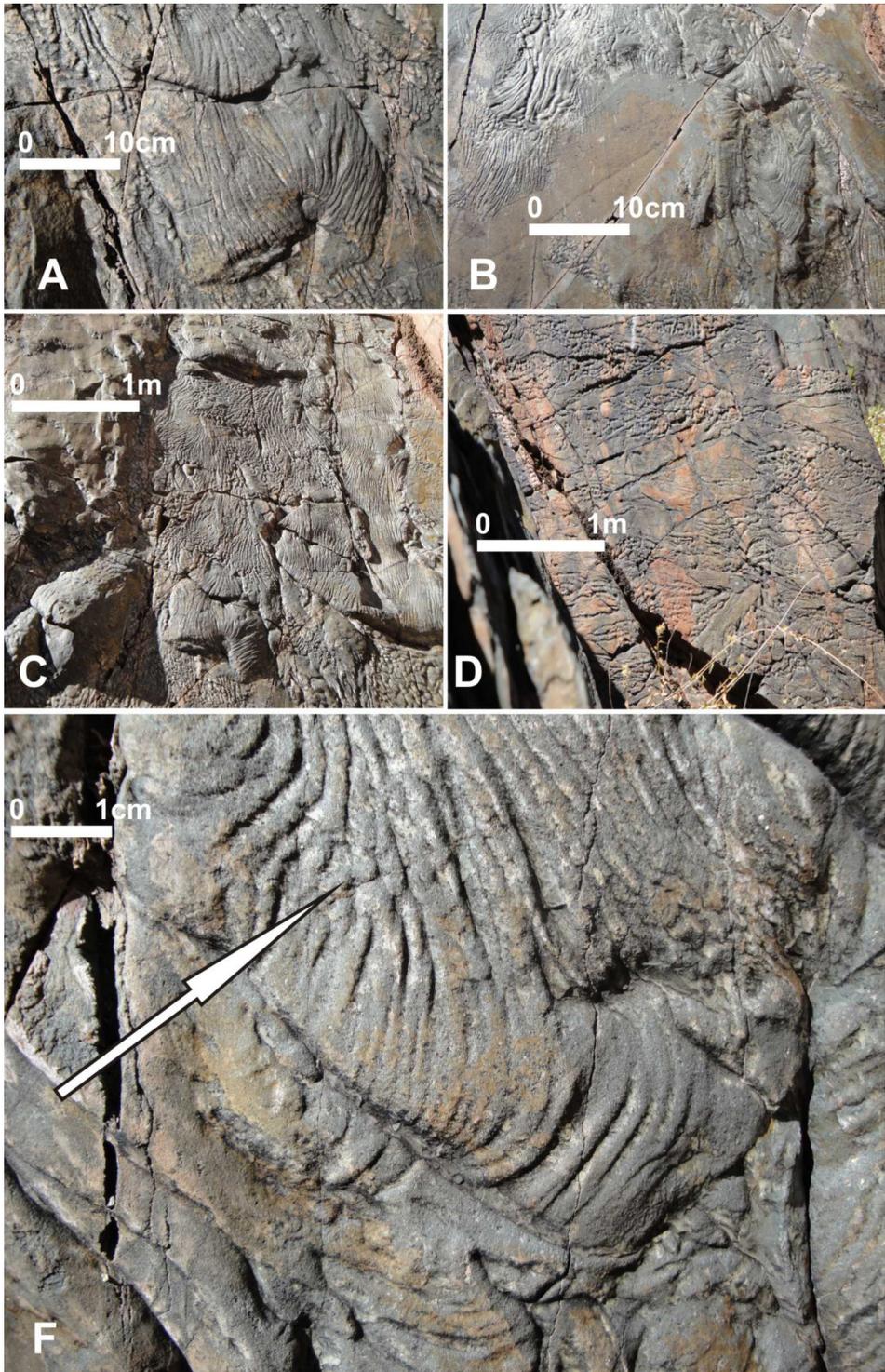


Figura 3. A, B y C.- Diferentes sectores con estructuras algales. D.- “Elephant skin” y F.- Detalle de las láminas y sus bifurcaciones. La flecha indica la posición de estructuras aeríferas. En cada caso se marca el tamaño.

Un detalle significativo lo conforma un talo con desarrollo de ramas laminares que a partir de un punto de inicio van ramificándose dicotómicamente hasta el extremo distal (Figura 3). En este punto se observan algunos cuerpos esferoidales que se desarrollan en el lugar donde se produce la bifurcación de las ramas. Estos cuerpos presentan características morfológicas que recuerdan a las vesículas aeríferas (aerocistes) que caracterizan ciertas algas feofíceas (Phaeophyceae) del grupo de "*Fucus*", que son usadas como órganos de flotación. Generalmente el talo da lugar a una estructura flabelada cuya dimensión media varía entre 20 y 30 cm de longitud, aunque en algunos sectores se aprecia que la estructura puede llegar a 1 metro de longitud y unos 15 a 20 cm en su amplitud mayor. En todos los casos hay cierta regularidad en el ancho de cada lámina que varía entre 1 cm y 2 centímetros.

Debe señalarse que este grupo de algas normalmente se ubica en la zona litoral intermareal a sublitoral y que el mismo tiene buen desarrollo en áreas con incidencia de la luz solar (Zona fótica) y aguas relativamente transparentes frías a templadas.

La presencia de algas feofíceas se da en todos los mares del mundo y su registro cronológico varía entre el Ediacarano terminal y el Fanerozoico. Si bien durante mucho tiempo se las consideró propias del Fanerozoico en razón a ser consideradas un grupo más avanzado de algas hay registros que, aunque discutibles, las incorporan en tiempos anteriores al Cámbrico (Riding 1994, Fedonkin 1994; Xiao *et al.* 1998, Hou *et al.* 2004).

Conclusiones

El presente hallazgo sirve para confirmar que los niveles de Formación Puncoviscana en la zona de Cachi - Palermo Oeste se desarrollaron en una planicie litoral sometida a la actividad mareal. En ella es notable la coincidencia que existe entre el registro sedimentológico y el material fósil contenido, y que, precisamente, ponen de manifiesto estar en un ámbito marino bajo influencia de las mareas que se registraban en el borde de cuenca con evidencias paleontológicas características de la zona fótica. Se destaca el hecho de que el material fósil descrito constituye uno de los más antiguos conocidos hasta el presente.

Agradecimientos

Se da constancia de nuestro agradecimiento a la Universidad Nacional de Salta por el financiamiento de esta investigación a través del proyecto CIUNSA N° 1922 (2010-2012).

Bibliografía

- Aceñolaza, G.F., 2004. Precambrian-Cambrian ichnofossils, an enigmatic "annelid tube" and microbial activity in the Puncoviscana Formation (La Higuera; Tucumán Province, NWArgentina). *Geobios* 37: 127–133.
- Aceñolaza, F. y Aceñolaza, G., 2005. La Formación Puncoviscana y unidades estratigráficas vinculadas en el Neoproterozoico – Cámbrico temprano del noroeste argentino. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 12 (2): 65-87.
- Aceñolaza, G F. y Aceñolaza, F.G., 2007. Insights in the Neoproterozoic - Early Cambrian transition of NW Argentina: facies, environments and fossils in the proto-margin of western Gondwana. *Geological Society, London, Special Publications*, 286: 1-13.
- Aceñolaza, G. y Tortello, M.F., 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.

- Aceñolaza, F.G. y Toselli, A., 2010. The Pampean Orogen: Ediacaran-Lower Cambrian evolutionary history of central and northwest region of Argentina. En: Gacaher, C., Sial, A.N., Halverson, G.P. y Frimmel, H.E. (ed.): *Developments in Precambrian Geology, Neoproterozoic-Cambrian tectonics, global change and evolution: focus on South Western Gondwana*, 16: 239-254.
- Aceñolaza, F.G., Aceñolaza, G.F. y Esteban, S.B., 1999. Bioestratigrafía de la Formación Puncoviscana y unidades equivalentes en el NOA. En: González Bonorino, G., Omarini, R., Viramonte, J. (Eds.), *Geología del Noroeste Argentino. Relatorio 14° Congreso Geológico Argentino*, 91-114, Salta.
- Adams, C., Miller, H., y Toselli, A.J. 2008. Detrital circón U-Pb ages of the Puncoviscana Formation, Late Neoproterozoic – Early Cambrian, of NW Argentina: provenance area and maximum age of deposition. *6° South American Symposium on Isotope Geology (VI SSAGI). Abstract*. p152.
- Bachmann, G., Grauert, B., Kramm, U., Lork, A. y Miller, H., 1987. El magmatismo del Cámbrico medio/Cámbrico superior en el basamento del noroeste Argentino: investigaciones isotópicas y geocronológicas sobre los granitoides de los complejos intrusivos de Santa Rosa de Tastil y Cañaní. *10° Congreso Geológico Argentino, Actas* 4: 125-127.
- Bouougri, E.H. y Porada, H., 2002. Mat-related sedimentary structures in Neoproterozoic peritidal passive margin deposits of the West African Craton (Anti-Atlas, Morocco). *Sedimentary Geology*, 153: 85-106.
- Bouougri, E.H. y Porada, H., 2007. Siliciclastic biolaminites indicative of widespread microbial mats in the Neoproterozoic Nama Group of Namibia. *Journal of African Earth Sciences*, 48 (1): 38-48
- Chakrabarti, A., 2005. Sedimentary structures of tidal flats: A journey from coast to inner estuarine region of Eastern India. *Journal of Earth Systems Sciences*, 114 (3): 353-368.
- Condon, D., Zhu, M., Bowring, S., Wang, W., Yang, A. y Jin, Y., 2005. U-Pb ages from the Neoproterozoic Doushantuo Formation, China. *Science*, 308: 95-98.
- Ehlers, T.A. y Chan, M.A., 1999. Tidal sedimentology and estuarine deposition of the Proterozoic Big Cottonwood Formation, Utah. *Journal of Sedimentary Research*, 69 (6): 1169-1180.
- Erikson, P.G., Condie, K.C., Trisgaard, H., Mueller, W.U., Altermann, W., Miall, A.D., Aspler, L.B., Catuneanu, O. y Chiarenzelli, J.R., 1995. Precambrian clastic sedimentation systems. *Sedimentary Geology*, 120: 5-53.
- Fedonkin, M. 1994 Vendian body fossils and trace fossils. En Bengtson, S. 1994 *Early life on Earth*. Nobel Symposium 84. Columbia U.P. 370-388 New York
- Guidi, R., Mas, R. y Sarti, G., 2005. La sucesión sedimentaria siliciclástica del Cretácico superior del borde sur de la Sierra de Guadarrama (Madrid, España central): análisis de facies y reconstrucción paleoambiental. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 18 (1-2): 99-111.
- Hauser, N., Matteini, M., Omarini, R.H. y Pimental, M.M., 2010. Combined U-Pb and Lu-Hf isotope data on turbidites of the Paleozoic Basement of NW Argentina and petrology of associated igneous Rocks: Implications for the tectonic evolution of western Gondwana between 560 and 460 Ma. *Gondwana Research*. En prensa, doi: 10.106/j.gr.2010.04.002. Pp. 28.
- Hongn, F.D., Tubía, J.M., Aranguren, A. y Mon, R., 2001. El Batolito de Tastil (Salta, Argentina): un caso de magmatismo poliorogénico en el basamento andino. *Boletín Geológico y Minero*, 112: 113-124.
- Hou, X.G., Aldridge, R., Berström, J., Siveter, D., Siveter, D.J., Fen, X. 2004 *The Cambrian Fossils of Chengjiang*, China. Blackwell Publishing 233 pp.
- Jêzek, P., 1990. Análisis sedimentológico de la Formación Puncoviscana entre Tucumán y Slatá. En: Aceñolaza, F., Miller, H. y Toselli, A. (Eds.), *El Ciclo Pampeano en el noroeste argentino, Serie Correlación Geológica* 4: 9-36, Tucumán.
- Kenrick, P. & P.R. Crane (1997), The origin and early evolution of plant on land, *Nature* 389(4): 33-39.
- López de Azarevich, V.L., Omarini, R. H., Sureda, R. J. y Azarevich, M. B., 2010. Ritmitas mareales en la Formación Puncoviscana (s.l.), en la localidad de Rancagua, noroeste argentino: dinámica mareal y consideraciones paleoastronómicas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 66 (1): 104-118. Buenos Aires. ISSN: 00044822.
- Matteini, M., Hauser, N., Pimental, M.M., Omarini, R.H., Dantas, E.L. y Bühn, B., 2008. Combined in situ U-Pb and Sm-Nd systematics applied to the Tastil Batholith, Eastern Cordillera, NW Argentina: implications for the evolution of western margin of Gondwana during the Early Paleozoic. *4° South American Symposium on Isotope Geology, Actas de resúmenes*: 1-4. San Carlos de Bariloche.
- Middleton, G.V. y Southard, J.B., 1984. Mechanics of sediment movement. *Society of Econ. Paleont. Miner. Short Course* 3, Tulsa, Oklahoma. Pp. 401.
- Ogg, J.G., Ogg, G. y Gradstein, F.M., 2008. The concise geological time scale. Cambridge University Press, UK. Pp. 177.
- 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. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta*, 202 pp. (inédita).
- Porada, H., Ghergut, J. y Bouougri, E.H., 2008. Kinneyia-type wrinkle structures—critical review and model of formation. *PALAIOS*; 23 (2): 65-77

- Riding, R. 1994 Evolution of algal and cyanobacterial calcification. En Bengtson, S. 1994 Early life on Earth. Nobel Symposium 84. Columbia U.P. 426-438 New York
- Salfity, J., Omarini, R., Baldis, B. y Gutierrez, W., 1976. Consideraciones sobre la evolución geológica del Precámbrico y Paleozoico del norte argentino. 2° Congreso Iberoamericano de Geología Económica, Actas 4: 341-361. Buenos Aires.
- Toselli, A.J., Aceñolaza, F.G., Sial, A.N., Rossi, J.N. y Ferreira, V.P. 2005. Los carbonatos de la Formación Puncoviscana s.l.: Correlación quimioestratigráfica e interpretación geológica. 16° Congreso Geológico Argentino, 2: 327-333, La Plata.
- Turner, J.C.M., 1960. Estratigrafía de la Sierra de Santa Victoria y adyacentes. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, 41 (2): 163-196, Córdoba.
- Vos, R.G. y Erikson, K.A., 1977. An embayment model for tidal and wave swash deposits occurring within a fluviially dominated middle Proterozoic sequence in South Africa. *Sedimentary Geology*, 18: 161-173.
- Walker, R.G. y Plint, A.G., 1992. Wave- and storm-dominated shallow marine systems. En: Walker, R.G. y James, N.P. (ed.): Facies Models. Response to Sea Level change. *Geological Association of Canada*. Toronto: 219-238.
- Xiao, S., Zhang, Y. y Knoll, A.H. 1998 Three-dimensional preservation of algae and animal embryos in a Neoproterozoic phosphorite. *Nature*, 391, 553-558
- Zappettini, E.O., Coira, B. y Santos, O.J., 2008. Edad U/Pb de la Formación Chañi: un granito del arco magmático Tilcárco. En: Coira, B. y Zappettini, E.O. (ed.): Geología de la provincia de Jujuy. 17° Congreso Geológico Argentino, Actas I: 248-249. San Salvador de Jujuy.

Recibido: 3 de mayo de 2010

Aceptado: 14 de agosto de 2010