

El Paleozoico inferior de la sierra del Campo, provincia de Tucumán: Nuevos datos sobre la prolongación austral de la cuenca eopaleozoica del noroeste argentino

María G. MÁNGANO y Luis A. BUATOIS

Conicet-Insugeo, Casilla de correo 1, correo central, 4000 San Miguel de Tucumán, Argentina

RESUMEN. El estudio de afloramientos del Paleozoico inferior de la sierra del Campo, provincia de Tucumán, proporciona información sobre el borde sur de la cuenca eopaleozoica del noroeste argentino. El análisis de facies indica que estos depósitos registran sedimentación en un complejo de barras arenosas submareales en un ambiente marino dominado por mareas. Una comparación con otros afloramientos de la cuenca sugiere una correlación regional con el Grupo Mesón.

Palabras clave: *Paleozoico inferior, Noroeste de Argentina, Depósitos mareales*

ABSTRACT. *The lower Paleozoic in the Sierra del Campo, province of Tucumán: New data on the southern extension of the Eopaleozoic basin in northwestern Argentina.* Study of Lower Paleozoic outcrops from the Sierra del Campo, Tucumán province, provides information on the southern margin of the Early Paleozoic basin of northwest Argentina. Facies analysis indicates that these deposits record sedimentation in a subtidal sandbar complex of a tide-dominated shallow sea. Comparison with other outcrops in the basin suggests a regional correlation with the Mesón Group.

Key words: *Lower Paleozoic, Northwestern Argentina, Tidal deposits*

Introducción

Los estudios sobre las unidades sedimentarias del Paleozoico inferior del noroeste argentino se han concentrado, principalmente, en los extensos afloramientos de las provincias de Jujuy y Salta. La delimitación del borde austral de la cuenca eopaleozoica se ha visto complicada por la existencia de escasos afloramientos, de carácter aislado, comúnmente presentes en áreas sumamente vegetadas. Sin embargo, distintos autores han mencionado la presencia de sedimentitas cámbricas-ordovícicas en las provincias de Tucumán y Santiago del Estero, y el extremo sur de la provincia de Salta (Ricci y Villanueva 1969; Mon *et al.* 1971a,b; Mon y Dinkel 1974; Porto y Danielli 1992; Massabie *et al.* 1997). La nomenclatura estratigráfica de estos afloramientos ha sido históricamente confusa, principalmente a partir de su inclusión dentro de la Formación Mojotoro (Dores 1972, Ruiz Huidobro 1975; Porto y Danielli 1992). En este trabajo discutimos aspectos sedimentológicos y una posible correlación de las sedimentitas eopaleozoicas aflorantes en la sierra del Campo, nordeste de la provincia de Tucumán.

Marco geológico y descripción sedimentológica

La sierra del Campo representa un cordón de orientación norte-sur (Fig. 1), en cuyo núcleo se disponen afloramientos de la Formación Medina, de edad proterozoica tardía a cámbrica temprana, y en sus flancos se presentan sedimentitas cretácicas y terciarias asignadas al Grupo Salta, unidades terciarias correspondientes a la Formación Río Salí y depósitos aluviales del Cuaternario (Mon *et al.* 1971a,b). A su vez, en el área se presentan sedimentitas paleozoicas, que se disponen formando afloramientos aislados en el borde oriental de la sierra del Campo, formando dos franjas alargadas aproximadamente en sentido norte-sur, que se extienden desde la quebrada de Rosayaco hasta la quebrada de Aguas Blancas, al sudoeste de la localidad de Requelme. Estos afloramientos fueron descritos originalmente por Mon *et al.* (1971a), quienes consignaron espesores de 108 m en la franja occidental y 40 m en la oriental, y asignaron esta sucesión a la Formación Candelaria, de probable edad cámbrica. El afloramiento occidental se encuentra invertido (Fig. 2a) y muestra un contacto por falla con la Formación Medina. En la quebrada de Las

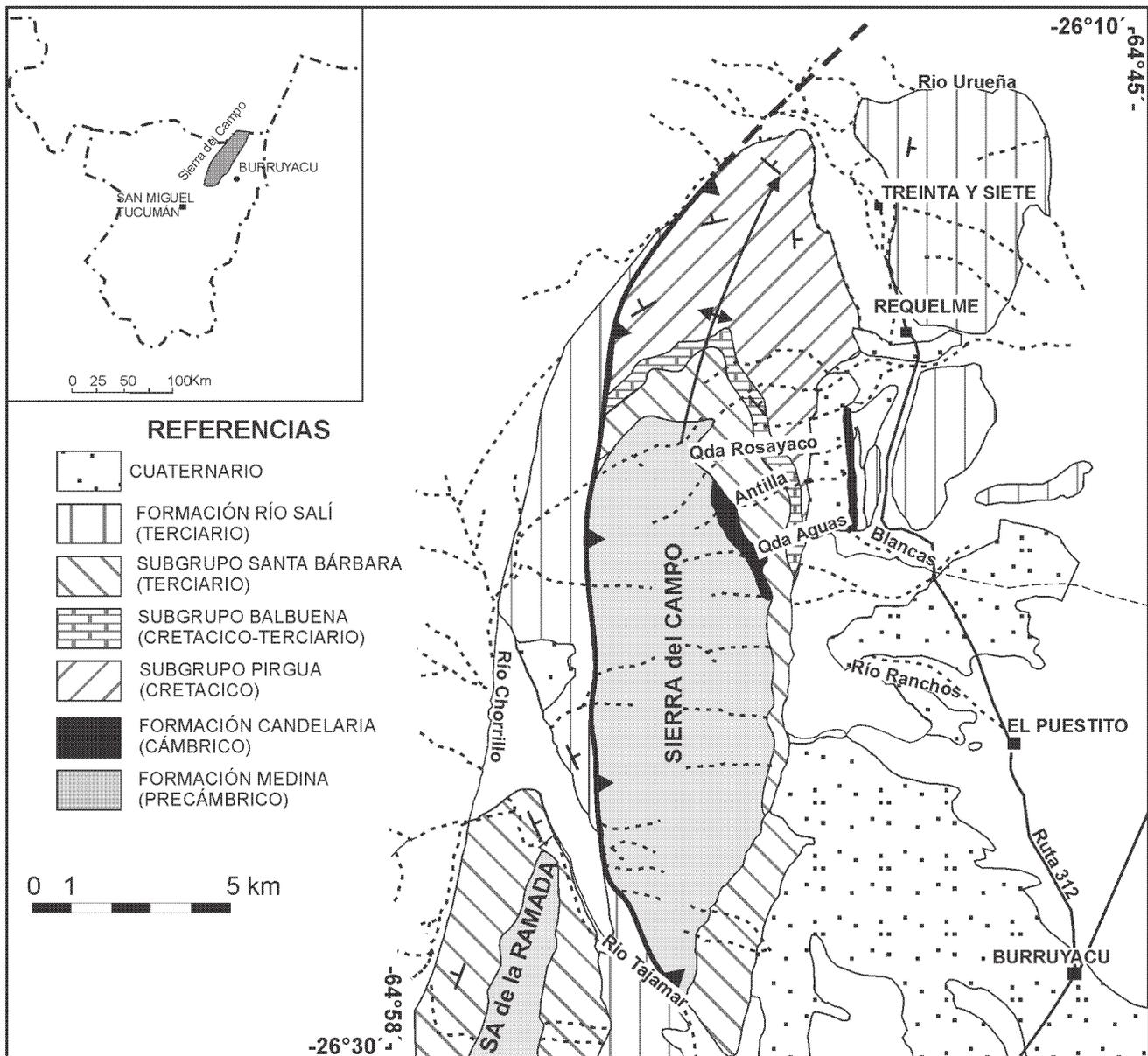


Figura 1: Mapa geológico de la sierra del Campo, mostrando la ubicación de los afloramientos estudiados. Modificado de Mon *et al.* (1971b).

Tipas se observa una brecha de falla que incorpora fragmentos de las Formaciones Medina y Candelaria. Por encima se disponen areniscas posiblemente asignables al Subgrupo Pirgua del Grupo Salta en fuerte discordancia angular.

En ambos afloramientos, la Formación Candelaria está dominada por paquetes de cuarcitas amalgamadas, que se disponen en capas de 10 a 75 cm de espesor. Estas cuarcitas son de grano fino a mediano, muy bien seleccionadas. Las capas de cuarcitas presentan geometría tabular a sigmoidal y contactos erosivos y planares (Fig. 2a). La estructura sedimentaria física dominante es la estratificación entrecruzada planar, generalmente de alto ángulo, mostrando tanto capas frontales tangenciales como planares (Fig. 2b). En algunos topes se preser-

van las formas de lecho representadas por megaóndulas asimétricas (Fig. 2a). El ángulo de inclinación de la estratificación entrecruzada planar varía de 10° a 30° . Internamente, se observan superficies de reactivación que delimitan *sets* de capas (Fig. 2c,d). Las capas frontales se encuentran inclinando en una dirección predominante, pero localmente se advierten indicios de bidireccionalidad, representados por estratificación entrecruzada *herringbone*. Las pantallas de fango son escasas y se disponen tapizando capas frontales (Fig. 2d). También delineando capas frontales se presentan localmente intraclastos pelíticos (Fig. 2d). Muy localmente se ven capas con laminación paralela y ondulítica, con techos que preservan óndulas asimétricas (Fig. 2d). En menor medida, se disponen conglomerados de grano fino, en

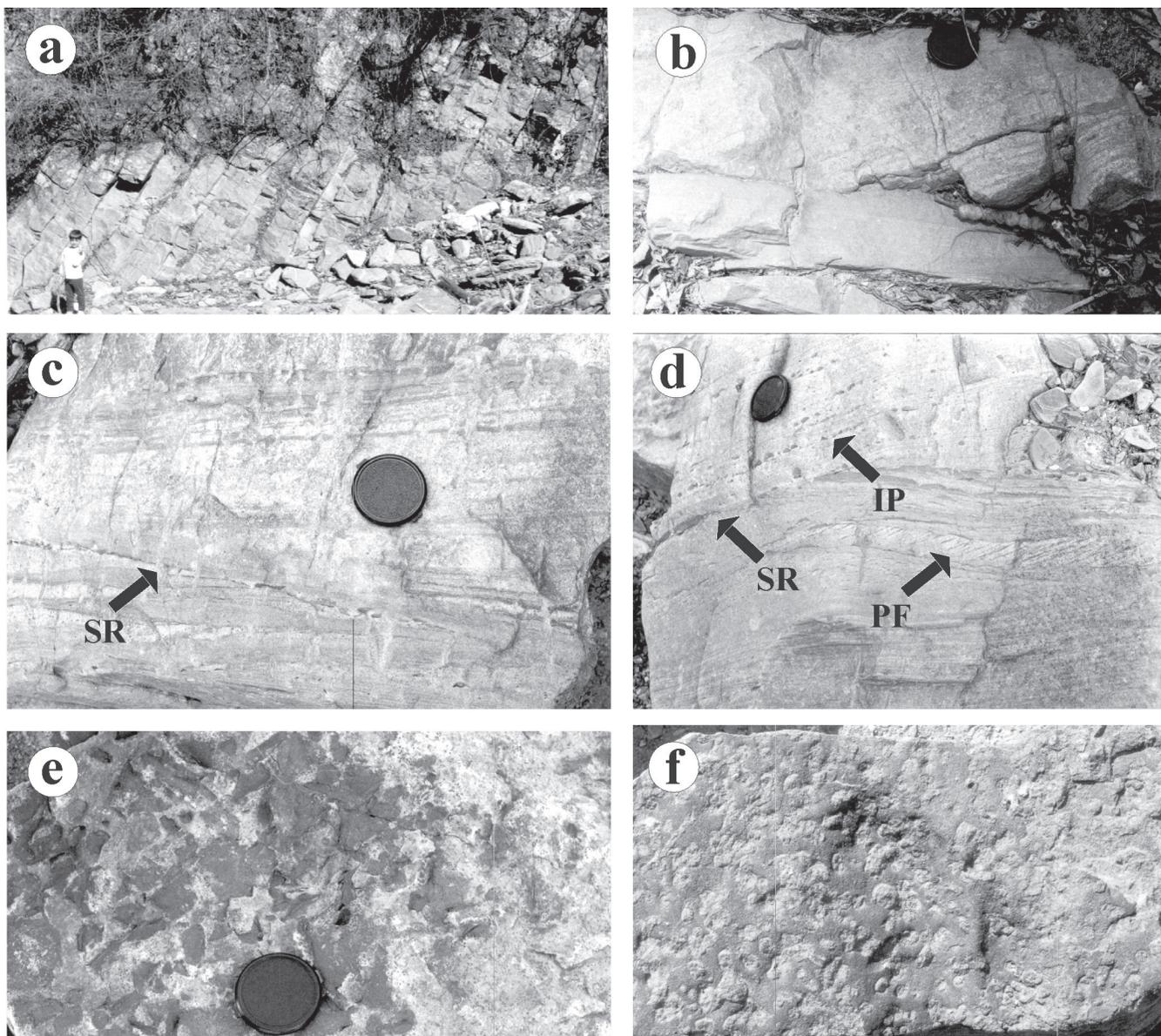


Figura 2: Principales rasgos sedimentológicos de los depósitos estudiados. **a,** Vista general de los afloramientos en la quebrada de Aguas Blancas. La sucesión se encuentra invertida. Nótese las bases relativamente planas y los topes ondulados exhibiendo preservación de las formas de lecho. **b,** Detalle de estratificación entrecruzada planar de alto ángulo generada por migración de dunas de arena bidimensionales. **c,** Estratificación entrecruzada planar, superficie de reactivación (SR) y *Skolithos linearis* colonizando la barra. **d,** Laminación ondulítica con desarrollo de pantallas de fango (PF) y óndulas asimétricas preservadas en el tope de la capa. Estratificación entrecruzada planar por encima de una superficie de reactivación (SR) con intraclastos pelíticos (IP) en capas frontales. **e,** Nivel de conglomerado con intraclastos pelíticos. **f,** Tope de una capa mostrando alta concentración de *Skolithos linearis*.

capas de 1 a 10 cm de espesor, con clastos de cuarzo y líticos de metamorfitas, subangulosos a subredondeados, e intraclastos pelíticos angulosos a subangulosos (Fig. 2e). Las excavaciones verticales de habitación son localmente comunes en las cuarcitas, presentándose bancos portadores de asociaciones mono-específicas de *Skolithos linearis* Haldeman (Fig. 2c,f) generadas por organismos suspensívoros o predadores pasivos, con un índice de icnofábricas entre 1 y 3 en la escala de Droser y Bottjer (1986, 1989). Esta asociación representa un ejemplo de la icnofacies de *Skolithos*.

Interpretación paleoambiental

Las características de los depósitos sugieren acción de procesos mareales. El dominio de estratificación entrecruzada planar indica sedimentación tractiva vinculada a la migración de formas de lecho de crestas rectas (bidimensionales). Las numerosas superficies de reactivación, la amalgamación de capas y la presencia de intraclastos pelíticos evidencian la acción de corrientes fuertemente erosivas que incorporaron material del fondo del mar. Las pantallas de fango asociadas a capas frontales

indican ceses periódicos en la depositación tractiva de material arenoso y sedimentación de partículas limo-arcillosas por decantación (intervalo de *slack-water*; cf., Klein 1977). La presencia de *sets* de estratificación entrecruzada, mostrando direcciones opuestas de inclinación de capas frontales, sugiere corrientes mareales subordinadas lo suficientemente intensas como para generar migración de formas de lecho. Las asociaciones mono-específicas de *Skolithos linearis* revelan la existencia de superficies de colonización y proporcionan evidencia adicional de pausas en la migración de las formas de lecho que posibilitaron el establecimiento de la infauna. A su vez, la presencia de la icnofacies de *Skolithos* es indicadora de condiciones de alta a moderada energía (Frey y Pemberton 1984; Pemberton *et al.* 1992; Buatois *et al.* 2002).

Los paquetes de cuarcitas se interpretan como acumulados en complejos de barras de arena submareales. La asociación de estructuras sedimentarias identificadas en la sucesión son comparables con las descritas para complejos de barras de arena documentados en el registro estratigráfico (e.g., Bridges 1982; Dalrymple 1984; Stride 1988; Bristow 1995a, b). La ausencia de cuerpos fósiles y la presencia excluyente de excavaciones verticales es coherente con las observaciones en complejos de barras de arena actuales, que en los sectores de migración activa de formas de lecho albergan una fauna muy empobrecida, dominada por organismos suspensívoros (Wilson 1982, 1986). La presencia de estos depósitos sugiere un ambiente marino somero dominado por mareas. Complejos de barras de arena de este tipo se desarrollan habitualmente tanto en ambientes de plataforma o en sectores restringidos donde se produce una amplificación del rango mareal, tales como estrechos (e.g., McCave 1971) y estuarios (e.g., Dalrymple 1984).

Edad y posibles correlaciones

La nomenclatura estratigráfica de los depósitos paleozoicos aflorantes en la región es algo confusa. Sobre la base de similitudes con la sucesión aflorante en la sierra de la Candelaria, que fuera citada por Ricci y Villanueva (1969), Mon *et al.* (1971a) asignaron las cuarcitas de la sierra del Campo a la Formación Candelaria. Las sucesiones de la sierra del Campo carecen de cuerpos fósiles o de trazas fósiles de valor bioestratigráfico, por lo que no se cuenta con evidencias paleontológicas que permitan asignar una edad a estos afloramientos. Sin embargo, en la sierra de la Candelaria, Ricci y Villanueva (1969) documentaron un paquete de cuarcitas de 725 m que constituye el perfil tipo de la formación homónima; por encima de este intervalo se presentan 38 m de un intervalo predominantemente pelítico correspondiente a la Formación Orcomato. Ricci y Villanueva (1969) mencionaron la existencia de *Parabolina argentina* (Kayser) en estos depósitos; posteriormente, Tortello *et al.* (1996) describieron

Pseudokainella sp. Según estos autores, la fauna de trilobites sugiere una edad cámbrica tardía a tremadociana temprana. Estos depósitos finos no se observan en la sierra del Campo, pero las cuarcitas allí aflorantes han sido tradicionalmente correlacionadas con las de la sierra de la Candelaria (Mon *et al.* 1971a,b; Porto y Danieli 1992). Rocas similares han sido señaladas también en la región del cerro Remate, en las inmediaciones del límite entre las provincias de Salta, Tucumán y Santiago del Estero (Mon y Dinkel 1974), y en la sierra de Ambargasta, provincia de Santiago del Estero, donde corresponden a la Formación El Escondido (Quartino 1968; Massabie *et al.* 1997). Esta unidad ha sido recientemente correlacionada con el Grupo Mesón (Miró 2001; Leal *et al.* este volumen). Dores (1972) asignó las rocas eopaleozoicas de la sierra de la Candelaria a la Formación Mojotoro, llevando al rango de miembro a las Formaciones Candelaria y Orcomato de Ricci y Villanueva (1969). Esta postura fue posteriormente adoptada y desarrollada por Ruiz Huidobro (1975). Esta correlación con la Formación Mojotoro fue seguida en los estudios posteriores realizados en el área por Porto y Danieli (1992) y Tortello *et al.* (1996). Sin embargo, parece haber pasado inadvertido el hecho de que Ruiz Huidobro (1975, p. 95) sostuvo un esquema estratigráfico muy distinto al corrientemente aceptado, ya que en ese mismo trabajo elevó la Formación Mojotoro al rango de grupo, incluyendo en el mismo a las sedimentitas que habitualmente se ubican en el Grupo Mesón, el Grupo Santa Victoria, y sus equivalentes. En la actualidad, el término “Formación Mojotoro” está restringido a la unidad cuarcítica, de edad arenigiana-llanvirniana, aflorante en la sierra homónima (Moya 1998).

Hacia la región norte de la cuenca, en las provincias de Jujuy y Salta, rocas similares a las aflorantes en la sierra del Campo, acumuladas en complejos de barras de arena submareales, han sido reconocidas al menos en tres intervalos estratigráficos: el Grupo Mesón, en particular sus Formaciones Lizoite y Chalhualmayoc, el Miembro Tilcara de la Formación Santa Rosita y la Formación Mojotoro (Moya 1988, 1998; Mángano *et al.* 2001; Mángano y Buatois 2002; Buatois y Mángano 2003). Una correlación con la Formación Mojotoro queda en realidad rápidamente descartada en función de la trilobitofauna de la transición cámbrica-tremadociana presente en el intervalo lutítico. El Miembro Tilcara, por su parte, se presenta en la Quebrada de Humahuaca justo por debajo del intervalo lutítico acumulado durante la transgresión del Cámbrico tardío. Sin embargo, el espesor del paquete cuarcítico que marca el tope del Miembro Tilcara rara vez supera los 40 m, por lo que es, al menos, de un orden de magnitud menor que el espesor de la Formación Candelaria registrado en su sección tipo. Un aumento de espesor de esta magnitud hacia el borde de cuenca sería totalmente anómalo. A su vez, la extensión lateral de las cuarcitas del Miembro Tilcara es algo restringida ya que ambientalmente

corresponde a un complejo de barras submareales formado en la boca de un sistema estuarino (Buatois y Mángano 2003). Una correlación de la Formación Candelaria con el Grupo Mesón, como fuera propuesto originalmente por Ricci y Villanueva (1969) y Mon *et al.* (1971a, b), parece la alternativa más razonable ya que los intervalos cuarcíticos del Grupo Mesón presentan espesores y extensión regional considerables. De todos modos, debe tenerse presente que el Miembro Tilcara representa el relleno de valles fluvioestuarinos labrados sobre el Grupo Mesón durante una caída relativa del nivel del mar (Moya 1998; Buatois *et al.* 2000; Buatois y Mángano 2003), por lo que la distinción entre ambas unidades es muy problemática en posiciones de interfluvio, donde las cuarcitas transgresivas del tope del Miembro Tilcara pueden apoyar en situación paraconcordante sobre depósitos similares de la Formación Chalhualmayoc, definiendo un límite de secuencia de expresión muy sutil. Finalmente, cabe consignar que depósitos similares han sido descriptos en el subsuelo de la Cuenca Chaco-Paranenese (e.g. Russo *et al.* 1979). Un estudio detallado de coronas tendiente a integrar la información de subsuelo con los datos de afloramiento constituye un paso esencial para delinear la paleogeografía de la cuenca cámbrica.

Conclusiones

(1) Las sucesiones del Paleozoico inferior aflorantes en la sierra del Campo, provincia de Tucumán, representarían el producto de sedimentación en un complejo de barras arenosas submareales en un ambiente marino dominado por mareas.

(2) Hacia el norte de la cuenca, en las provincias de Jujuy y Salta, depósitos similares a las aflorantes en la sierra del Campo han sido identificados en tres intervalos estratigráficos: el Grupo Mesón, principalmente sus Formaciones Lizoite y Chalhualmayoc, el Miembro Tilcara de la Formación Santa Rosita y la Formación Mojotoro.

(3) Una correlación de las cuarcitas de la sierra del Campo con el Grupo Mesón parece la alternativa más razonable ya que los intervalos cuarcíticos de esta última unidad presentan espesores y extensión regional considerables.

Agradecimientos

Estos estudios han sido financiados por la Fundación Antorchas, la Agencia de Promoción en Ciencia y Tecnología y los Consejos de Investigación de las Universidades Nacionales de Salta y Tucumán. Agradecemos a Ricardo Mon por sus comentarios sobre la geología del área, a Cristina Moya por compartir su extensa experiencia en el tema, a los árbitros por el arbitraje del manuscrito y a Andrés Nieva por su valiosa guía en el campo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Bridges, B.H., 1982. Ancient offshore tidal deposits. En: Stride, A.H. (Ed.): Offshore tidal sands: processes and deposits, 172-192. Chapman and Hall, New York.
- Bristow, C.S., 1995a. Internal geometry of ancient tidal bedforms revealed using ground penetrating radar. In: Flemming, B.W. y Bartholomä, A. (Ed.): Tidal signatures in modern and ancient sediments. Special Publication International Association of Sedimentologists, 24: 313-328.
- Bristow, C.S., 1995b. Facies analysis in the Lower Greensand using ground-penetrating radar. Journal of the Geological Society, London, 152: 591-598.
- Buatois, L.A. y Mángano, M.G., 2003. Sedimentary facies and depositional evolution of the Upper Cambrian to Lower Ordovician Santa Rosita Formation in northwest Argentina. Journal of South American Earth Sciences. En prensa.
- Buatois, L.A., Mángano, M.G. y Aceñolaza, F.G., 2002. Trazas fósiles: Señales de comportamiento en el registro estratigráfico. Museo Paleontológico Egidio Feruglio, Publicación 2, 382 p., Trelew.
- Buatois, L.A., Mángano, M.G. y Moya, M.C., 2000. Incisión de valles estuarinos en el Cámbrico Tardío del noroeste argentino y la problemática del límite entre los grupos Mesón y Santa Victoria. Resúmenes Segundo Congreso Latinoamericano de Sedimentología, Resúmenes: 55. Mar del Plata.
- Dalrymple, R.W., 1984. Morphology and internal structure of sandwaves in the Bay of Fundy. Sedimentology, 31: 365-382.
- Dores, O.E., 1972. Geología y fuentes termominerales de la sierra de la Candelaria. Trabajo Final de Licenciatura Universidad de Buenos Aires, 55 p. (Inédito).
- Droser, M.L. y Bottjer, D.J., 1986. Semiquantitative field classification of ichnofabric. Journal of Sedimentary Petrology, 56: 558-559.
- Droser, M.L. y Bottjer, D.J., 1989. Ichnofabric of sandstones deposited in high-energy nearshore environments: Measurement and utilization. Palaios, 4: 598-604.
- Frey, R.W. y Pemberton, S.G., 1984. Trace fossils Facies Models. En: R.G. Walker (Ed.): Facies Models. Geoscience Canada Reprint Series, 189-207.
- Klein, G.deV., 1977. Clastic Tidal Facies. CEPCO, 149 p., Champaign, Illinois.
- Mángano, M.G. y Buatois, L.A., 2002. Evolución depositacional de la Formación Santa Rosita (Cámbrico Superior-Tremadoc) en el noroeste argentino. 15º Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 812-813. El Calafate.
- Mángano, M.G., Buatois, L.A. y Moya, M.C., 2001. Trazas fósiles de trilobites de la Formación Mojotoro (Ordovícico inferior-medio de Salta, Argentina): Implicancias paleoecológicas, paleobiológicas y bioestratigráficas. Revista Española de Paleontología, 16: 9-28.
- Massabie, A., Mutti, D., Sanguinetti, A., Cegarra, M. y Mozetic, M., 1997. Fases de deformación dúctil en formaciones eopaleozoicas de la sierra de Ambargasta, Santiago del Estero, y su significado estratigráfico. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 52: 209-218.
- McCave, I.N., 1971. Sand waves in the North Sea off the coast of Holland. Marine Geology, 10: 199-225.
- Miró, C.R., 2001. Hoja geológica 1:250.000, Villa Ojo de Agua Santiago del Estero y Córdoba. Dirección Nacional de Geología y Minería, SEGEMAR, Buenos Aires.
- Mon, R. y Dinkel, J. C., 1974. Geología de la comarca del Cerro Remate (provincias de Salta, Tucumán y Santiago del Estero) y nuevos datos sobre la distribución del Paleozoico inferior en el noroeste argentino. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 29: 61-71.
- Mon, R., Suayter, L. y Urdaneta, A., 1971a. Sobre la presencia del Paleozoico inferior en la Provincia de Tucumán. Acta Geológica Lilloana, 11: 229-240.

- Mon, R., Urdaneta, A. y Suayter, L., 1971b. Estudio geológico de las Sierras del Campo y La Ramada (provincia de Tucumán). *Acta Geológica Lilloana*, 11: 293-306.
- Moya, M.C., 1988. Lower Ordovician in the Southern part of the Argentine Eastern Cordillera. En: Bahlburg, H., Breitskreuz, Ch. y Giese, P. (Eds.): *The Southern Central Andes*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. *Lecture Notes in Earth Sciences*, 17: 55-69.
- Moya, M.C., 1998. El Paleozoico inferior en la sierra de Mojotoro, Salta - Jujuy. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 53: 219-238.
- Pemberton, S.G., MacEachern, J.A. y Frey, R.W., 1992. Trace fossils facies models: Environmental and allostratigraphic significance. In: R.G. Walker and N.P. James (Ed.): *Facies models and sea level changes*, 47-72. Geological Association of Canada.
- Porto, J.C. y Danieli, C., 1992. Geología de las Sierras del noreste de la provincia de Tucumán. *Acta Geológica Lilloana*, 17: 45-62.
- Quartino, B.J., 1968. Sobre la presencia de un orógeno eopaleozoico en las sierras del norte de Córdoba y sur de Santiago del Estero. *Actas 3as Jornadas Geológicas Argentina, Resúmenes*.
- Ricci, H.I. y Villanueva García, A., 1969. La presencia de Paleozoico inferior en la Sierra de Candelaria (provincia de Salta). *Acta Geológica Lilloana*, 10: 1-16.
- Ruiz Huidobro, O.J., 1975. El Paleozoico Inferior del centro y sur de Salta y su correlación con el Grupo Mesón. 1º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, *Actas 1*: 91-107. San Miguel de Tucumán.
- Russo, A., Ferello, R. y Chebli, G., 1979. Llanura Chaco Pampeana. En: *Geología Regional Argentina*. 139-183. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.
- Stride, A.H., 1988. Preservation of marine sand wave structures. In: P.L. De Boer, A. van Gelder and S.D. Nio (Eds.): *Tide-influenced sedimentary environments and facies*. 13-22. D. Reidel Publishing Company, Boston.
- Tortello, M.F., Aceñolaza, G.F. y Muruaga, C.M., 1996. Presencia de *Pseudokainella* (Trilobita Remopleuridacea) en el Cámbrico-Ordovícico de la Sierra de la Candelaria, Argentina. *Ameghiniana*, 33: 99-102.
- Wilson, J.B., 1982. Shelly faunas associated with temperate offshore tidal deposits. En: Tride, A.H. (Ed.): *Offshore tidal sands: processes and deposits*, 126-171. Chapman and Hall, New York.
- Wilson, J.B., 1986. Faunas of tidal current and wave-dominated continental shelves and their use in the recognition of storm deposits. En: R.J. Knight y J.R. McLean (Eds.), *Shelf Sands and Sandstone Reservoirs*. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir, 11: 313-326.

Recibido: 21 de octubre, 2002

Aceptado: 15 de agosto, 2003