

TRAZAS FÓSILES Y CONODONTES EN EL ORDOVÍCICO DEL FLANCO OCCIDENTAL DE LA CUESTA DE LIPÁN, DEPARTAMENTO PURMAMARCA, JUJUY

Florencio G. ACEÑOLAZA¹, Josefina CARLOROSI¹ y Susana HEREDIA².

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

² CONICET, Instituto de Investigaciones Mineras, Universidad Nacional de San Juan, San Juan. E-mail: sheredia@unsj.edu.ar.

RESUMEN

El reciente hallazgo de la icnoespecie *Phycodes flabellum* en la zona de la cuesta de Lipán, provincia de Jujuy, constituye la primera mención para Argentina y Sudamérica. Vinculada a los estratos portadores de la icnofauna se rescató una asociación de conodontes compuesta por especies de diferentes edades del Ordovícico, de éstas la especie *Erismodus* cf. *quadridactylus* se considera la única autóctona. La edad del afloramiento se define como Ordovícico Medio- Superior (Darriwiliano tardío-Sandbian temprano) indicada por *E.* cf. *quadridactylus* como así también por la icnoespecie hallada.

Palabras clave: *Phycodes flabellum*, *Erismodus* cf. *quadridactylus*, cuesta de Lipán, Purmamarca, Jujuy.

ABSTRACT: Trace fossils and conodonts in the western slope of the Cuesta de Lipán, Purmamarca Department, Jujuy. Recent field works on the Lipán area provided *Phycodes flabellum* ichnofossil, this represent the first mention of this trace in Argentina and South America. This index species appears associated with conodonts. *Erismodus* cf. *quadridactylus* is the most representative species among the recovered conodonts and it is the only autochthonous conodont in the assemblage. *E.* cf. *quadridactylus* determines the age of the outcrop as well the icnoespecie *Phycodes flabellum* as late Darriwillian/early Sandbian.

Keywords: *Phycodes flabellum*, *Erismodus* cf. *quadridactylus*, Cuesta de Lipán, Purmamarca, Jujuy.

INTRODUCCIÓN

Los afloramientos del flanco occidental de la cuesta de Lipán, departamento Purmamarca (Jujuy), están compuestos por una alternancia de areniscas con cemento carbonático y pelitas. En recientes trabajos de campo se reconoció una interesante icnoasociación cuya posición cronológica se determinó mediante la conodontofauna acompañante. Entre el material estudiado se encuentran ejemplares en excelente estado de preservación de la icnoespecie *Phycodes flabellum* (Miller y Dyer 1878) que hasta el presente no había sido identificada entre las sucesiones ordovícicas de América del Sur. A esta icnoespecie la acompañan formas tales como *Planolites*, *Monomorphichnus* y *Palaeophycus*, que si bien poco contribuyen a dilucidar aspectos cronoestratigráficos, son indicativos de la intensa bioturbación a la que fue sometido el material detrítico en el que se encuentran.

Dado el alto porcentaje de carbonato de las rocas portadoras de los icnofósiles, parte de las muestras fueron procesadas para la obtención de microfósiles. A pesar que la conodontofauna rescatada no es abundante, aporta datos determinativos sobre la edad de estos niveles. Así, el hallazgo de las trazas y de los conodontes asociados permite acotar mutuamente la presencia de ambos elementos y definir una edad precisa para estos afloramientos.

La conodontofauna está compuesta por varias especies, entre ellas se destaca la especie *Erismodus* cf. *quadridactylus* cuyo rango estratigráfico es compatible con el que brinda *Phycodes flabellum*. Esta información es significativa no sólo porque permite establecer su antigüedad, sino porque también contribuye a dar una mayor precisión geocronológica a determinados niveles de las unidades estratigráficas del Paleozoico Inferior en la Cordillera Oriental en la provincia de Jujuy, que están aún

poco estudiadas.

Esta comunicación se realiza en el marco de los trabajos llevados a cabo dentro de un programa de investigación del Paleozoico Inferior del NOA, financiado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán y del CONICET.

MARCO GEOLÓGICO

En cercanías al punto identificado como Aguas Blancas (S 23°41'50"; O 65°40'35") en el flanco occidental de la cuesta de Lipán y accediendo por la ruta nacional N° 52 (Fig. 1), se encuentra un afloramiento compuesto por la alternancia de pelitas y areniscas carbonáticas que conforma un cerrito aislado. El mismo está definido por dos fracturas de rumbo submeridional que exponen este paquete sedimentario subvertical buzante al oeste, que presenta una sección estratigráfica de aproximadamen-

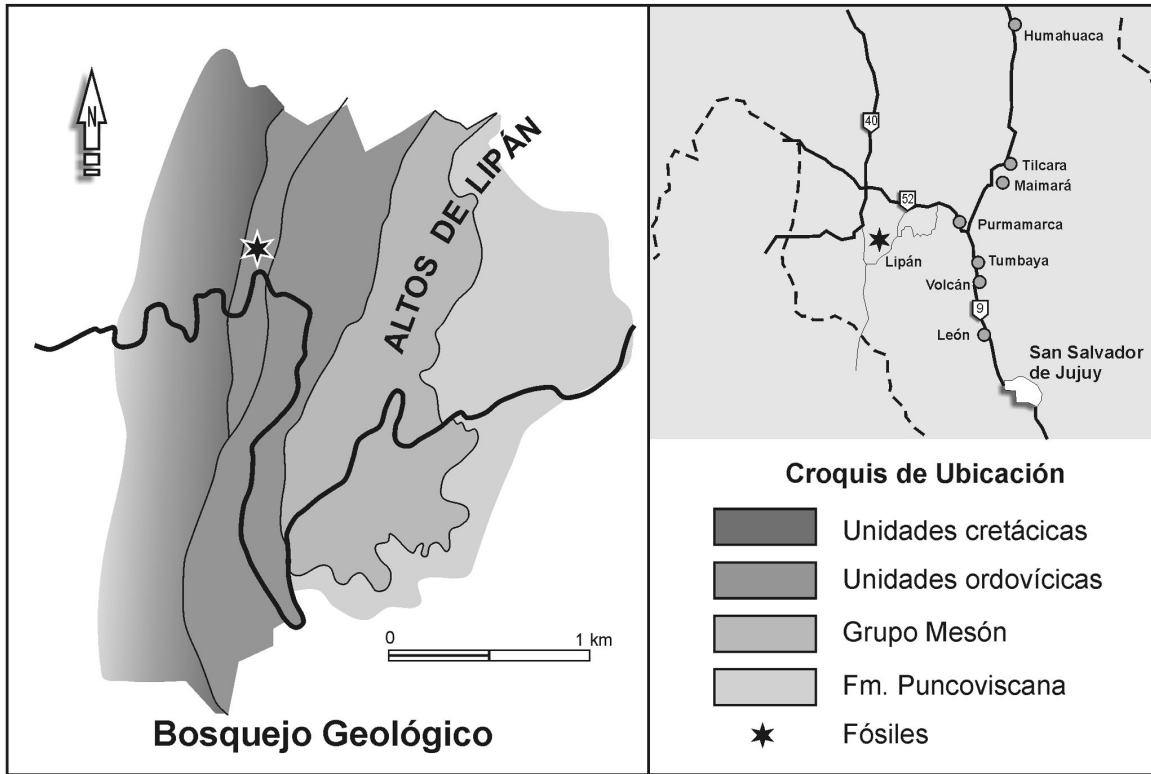


Figura 1: Mapa ubicación del área de estudio cuesta de Lipán, Cordillera Oriental, Jujuy, Argentina.

te 55 m de espesor.

Este afloramiento está compuesto de limolitas, arcilitas, cuarcitas y areniscas calcáreas de colores gris verdoso a verde amarillento (Fig. 2) que fueron anteriormente interpretadas como pertenecientes a la Formación Acoite (Astini *et al.* 2004).

En la sección se distingue un tramo basal de aproximadamente 20 m de espesor, constituido por arcilitas verdosas a verde amarillentas que en su techo pasan a bancos de areniscas grises con cemento carbonático. Estas areniscas se encuentran visiblemente bioturbadas. Por arriba de éstos, los bancos de areniscas pasan a ser dominantes en un tramo de unos 15 metros de espesor, en los que las intercalaciones limolítico-arcílicas están subordinadas mientras que los niveles arenoso-carbonáticos, de carácter lenticular, llegan a tener hasta 60 cm de potencia. En el techo de este tramo y constituyendo el piso de los bancos arenosos son frecuentes las trazas fósiles destacándose entre ellas icnogéneros tales como *Planolites*, *Monomorphichnus*, *Phycodes* y *Palaeophycus*. Las areniscas presentan impresiones de valvas de braquiópodos y frag-

mentos de trilobites no identificables. También se observan calcos de flujo y óndulas en la superficie de los bancos de areniscas finas.

A estos niveles se le sobreponen aproximadamente 20 m de limolitas gris verdosas con delgadas y subordinadas intercalaciones de areniscas carbonáticas. Estas areniscas presentan acumulaciones de fragmentos de trilobites y braquiópodos (lumachellas). En el tramo superior de esta sucesión aparecen niveles en los que se reconocen restos de trilobites probablemente asignables a *Hoekaspis* sp. (Fig. 2).

PALEONTOLOGÍA

Los ejemplares estudiados son un conjunto de trazas fósiles que se encuentran preservados en una arenisca carbonática de color castaño claro, cuyo grano muy fino permite reproducir caracteres morfológicos significativos para su determinación. De las muestras de areniscas carbonáticas con trazas se obtuvieron fragmentos que luego fueron procesados para la obtención de conodontes, utilizando las técni-

cas convencionales de ácido acético al 12% (Jeppsson *et al.* 1985). Como resultado, la muestra L14 (Fig. 2) brindó numerosos conodontes en excelente estado de conservación. El CAI (*color alteration index sensu* Epstein *et al.* 1977) exhibido por los mismos es de 1,5- 2 lo cual indica que estuvieron sometidos a una temperatura de soterramiento de 50 a 140 °C.

Dado que la importancia del hallazgo se centra en la presencia de *Phycodes flabellum* y su acompañante el conodonte *Erismodus* cf. *quadridactylus* que permite acotar la posición cronoestratigráfica, en esta comunicación solo se habrá de abordar la sistemática de ambos taxones por ser lo suficientemente significativos para la interpretación bioestratigráfica de las sucesiones ordovícicas del noroeste argentino.

Trazas fósiles

Entre el material estudiado se destacan representantes de las icnoespecies *Monomorphichnus lineatus* Crimes *et al.* 1977, *Palaeophycus striatus* Hall 1852 y *Planolites beverleyensis* (Billings 1862), cuya presencia es notable en varios niveles de la columna

estratigráfica. Teniendo en cuenta que el valor cronoestratigráfico de ellos es de una amplitud mayor que incluye a estratos de diferente posición en el Paleozoico, no abundaremos en su descripción. En cambio consideramos necesario hacer un análisis más detallado de *Phycodes flabellum* debido a que esta icnoespecie constituye la primera referencia en territorio argentino y sudamericano.

Ichnofamilia ARTHROPHYCIDAE Schimper, 1879

Ichnogenus PHYCODES Richter, 1850

Phycodes flabellum (Miller y Dyer, 1878) (Fig. 3)

1878. *Licrophycus flabellum* Miller y Dyer, pl.2, fig.4.

1885. *Inocaulis flabellum* (Miller y Dyer) James, p.164.

1970. *Phycodes flabellum* Osgood, p. 343. fig.70, 6, 69,4, 68,9.

2000. *Phycodes flabellum* Seilacher, fig. 14.

2003. *Phycodes flabellum* Rindsberg y Martin, fig. 9.

Holotipo y localidad tipo: El material tipo (HBM 3178) fue originalmente descrito como *Licrophycus flabellum* por Miller y Dyer (1878) en ejemplares provenientes de la sección superior del Grupo Cincinnati (Ordovícico Superior) de Lebanon, Ohio, USA.

Diagnos: Haz de surcos generalmente ordenado en un patrón flabelado. Las ramas individuales son cilíndricas y anuladas. En sección no evidencian estructuras aplanadas (*spreite-like*) o material fecal (Osgood 1970). Una enmienda de Seilacher (2000) señala que es una traza finamente corrugada, J-tubo protrusivamente dislocada a lo largo de los planos de estratificación fruto del desplazamiento del organismo productor en dirección del último *spreite* (Seilacher 2000).

Material: Abundantes ejemplares depositados en la colección PIL del Instituto Superior de Correlación Geológica- INSU-GEO.

Descripción: El material que se describe constituye una estructura horizontal de origen infaunal generalmente de pequeñas dimensiones preservada en hiporelie-

ve positivo. Normalmente está compuesta por una serie de ramas que tienen origen en un eje central a partir del cual se desarrollan siguiendo un patrón flabelado. Ocasionalmente la estructura tiene una forma abanicada o aplanada. Las ramas individuales tienen una sección cilíndrico-aplanada y en algunos casos éstas llegan a ser subcuadráticas. Se observa que sobre la superficie de cada una de ellas se desarrollan estrías transversales a ligeramente oblicuas dispuestas regularmente a lo largo de cada rama.

En general las estructuras tienen escaso relieve llegando, en algunos casos, a una altura máxima de unos 10 mm; mientras que en cada rama el máximo llega a 5 mm. La estructura flabelada puede ser única o presentarse varias que conforman una sucesión de hasta tres de ellas que adoptan un diseño ligeramente curvo o radial. La dimensión de esta estructura puede tener hasta 50 mm de longitud. El número de ramas que forman la estructura es variable, aunque nunca inferior a tres. La separación de las estrías es del orden de 0,1 a 0,5 mm.

Observaciones: Las características morfológicas de los ejemplares descritos llevan a identificarlos con la icnoespecie *P. flabellum*, particularmente en lo referente a la disposición de las ramas, tamaño y estriado. Para Osgood (1970) existen ciertas dificultades para generalizar el patrón de desarrollo de *P. flabellum* ya que se presentan variaciones morfológicas dentro de la icnoespecie. Ello se debe a que en una gran proporción del material estudiado se comprueba que las formas que presentan ramas separadas se dan en relación con aquellas que disponen de una estructura abanicada. De todas maneras Osgood (1970) determina que los caracteres que le son propios, como forma y disposición de las ramas y estrías, son suficientes para diferenciarla de *P. circinatum*.

Seilacher (1955) da un concepto más amplio para *Phycodes* considerando que tanto ésta como *Buthrolephis* Hall, 1852 y *Arthrophyucus* Hall, 1852 constituyen formas vinculadas entre si. En un trabajo reciente (Seilacher 2000) reconoce que *Phycodes* forma par-

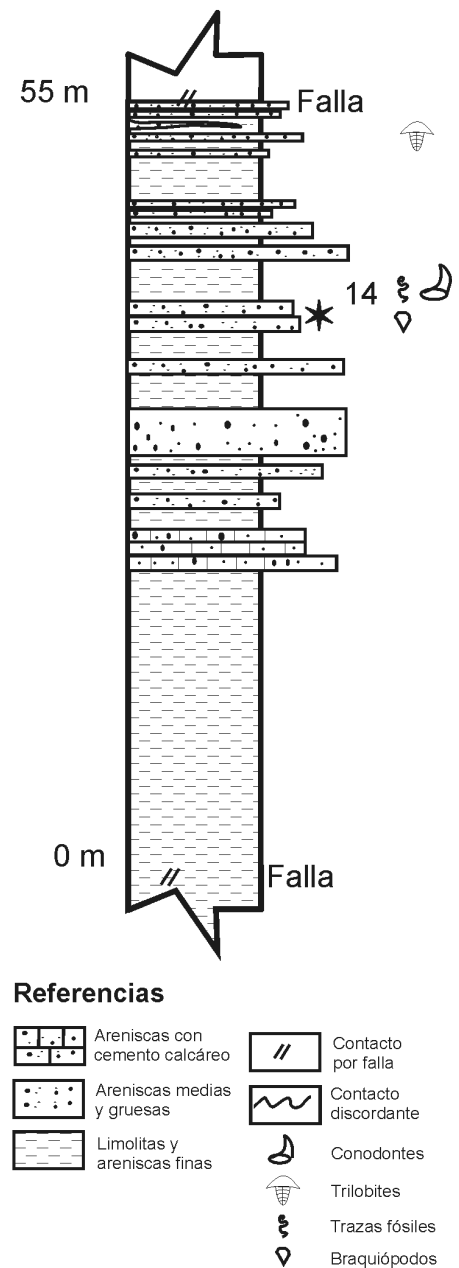


Figura 2: Columna estratigráfica de la zona de estudio, cuesta de Lipán, Cordillera Oriental, Jujuy.

te de una familia de trazas fósiles que reconoce con el nombre de *Arthrophycidae*. Para este autor la misma agrupa una serie de trazas originadas por vermes que se caracterizan por: 1) disponer surcos transversos regulares 2) las estructuras de relleno son del tipo teichinoide, resultantes de una dislocación transversa y oblicua del sedimento y que dependiendo del comportamiento, el relleno da lugar a estructuras

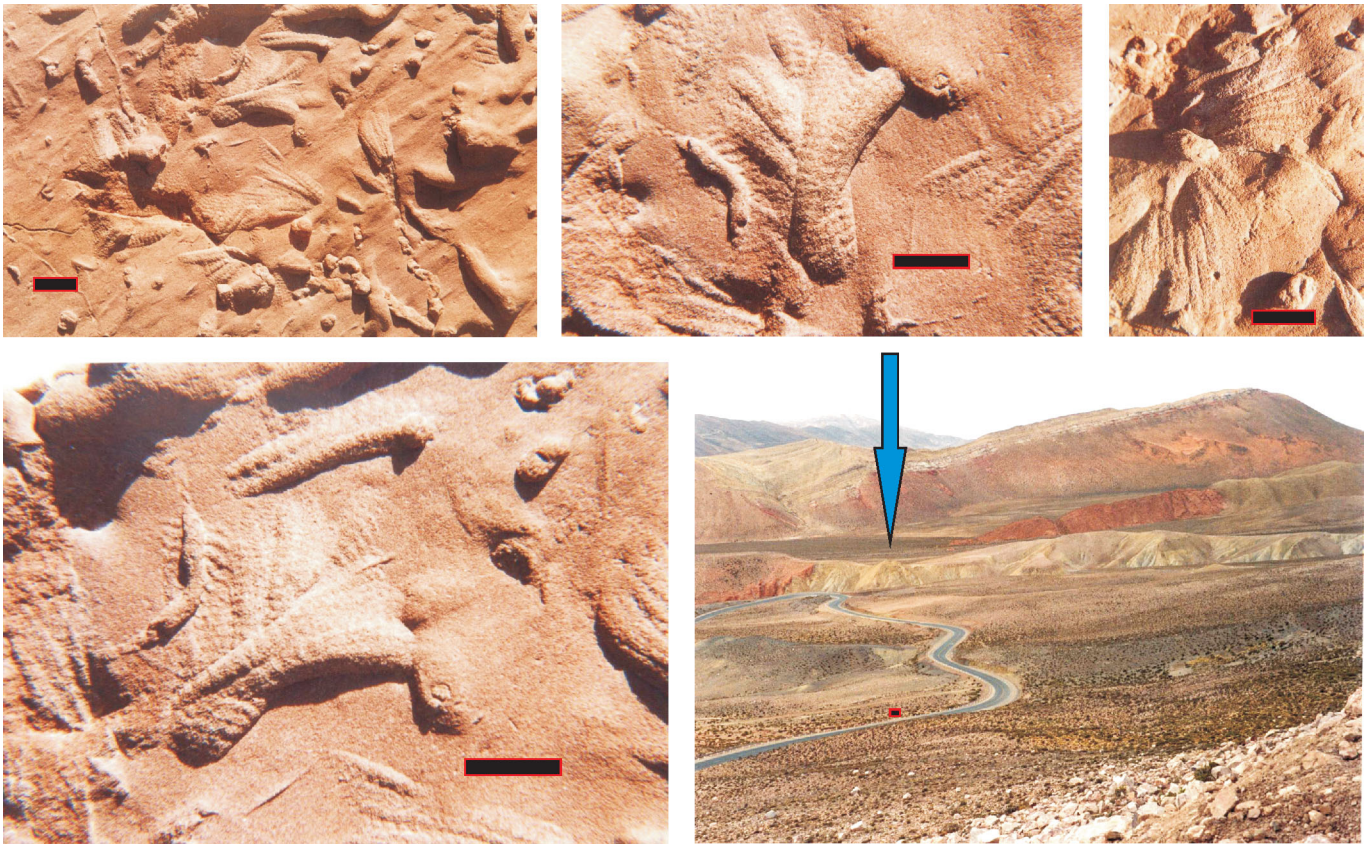


Figura 3: Fotografías de las trazas fósiles halladas en la zona de estudio correspondientes a *Phycodes flabellum* (Miller y Dyer). Todos los ejemplares presentan escala gráfica, la barra indica 1 cm, la flecha señala el punto donde fueron encontradas, cuesta de Lipán, Cordillera Oriental jujeña.

lineares, palmadas, abanicadas, espirales o de geometría multi. También menciona que la estructura interna puede ser protrusiva o retrusiva. Los representantes de esta familia tienen como icnogénero tipo a *Arthrophyucus* y representan facies arenosas de aguas marinas poco profundas. Junto al icnotipo integran esa familia *Daedalus* y *Phycodes*. Para Seilacher (2000, 2007) la relación entre *Arthrophyucus* y *Phycodes* es cercana, concepto que es compartido por Rindsberg y Martín (2003), quienes señalan que la mecánica de remoción del sedimento tiene un patrón común en lo que hace al diseño general de la estructura. Ello lleva a considerarlas formas afines que integran un grupo que más recientemente Seilacher (2007) identifica como *Arthrophycidos IV*; mientras que Rindsberg y Martín (2003) las agrupan en la Ichnofamilia *Arthrophycidae* cuya nominación correcta atribuyen a Schimper y Schenck (1879).

Si bien para Miller y Dyer (1878) esta traza fósil pertenecía a impresiones de algas

("fucoides"), para James (1885) podría ser atribuida a crinoideos o a graptolites, lo que asimismo fue sostenido por Ruedemann (1908), quien pensó que eran restos de un tegumento de dicho grupo fósil (*Acanthograptus walkeri*). En el concepto de Osgood (1970), *Phycodes* fue originado por un organismo minador que removía sedimentos ricos en nutrientes, desplazándose horizontalmente en la interfase arena-limo, criterio que también es aceptado por Seilacher (2000, 2007).

Edad: En lo referente al rango estratigráfico de esta icnoespecie, hasta el presente se la señala como propia del Cincinnatiano (Ordovícico Superior) de Cincinnati, Ohio, Estados Unidos. Rindsberg y Martín (2003) identifican a esta icnoespecie en la Formación Red Mountain del Silúrico de Alabama, lo que da una mayor amplitud cronoestratigráfica a la misma. Debe señalarse la notable semejanza entre el material de Lipán y el ilustrado por dichos autores.

Microfósiles - Conodontes

De los conodontes hallados en la zona de estudio, numerosos son elementos de tipo simple que presentan un amplio rango de distribución bioestratigráfica, mientras que las formas pectiniformes o ramiformes son pocas. Se identificaron *Trapezognathus quadrangulum* Lindström, *Drepanoistodus* sp., *Drepanodus* sp., entre otros; estos conodontes se consideran retransportados ya que su edad identifica niveles correspondientes al Ordovícico Inferior alto y Medio bajo. De la conodontofauna presente en estos niveles, *Erismodus* cf. *quadridactylus* representa la única especie de carácter diagnóstico para el área, como así también la que acota la edad tanto de la formación como de las trazas fósiles que en ella se presentan (Darrwiliano alto- Sandbiano bajo). El estado de preservación de este único ejemplar determinativo es pobre, encontrándose fragmentado en varios de sus denticulos como así también en la cúspide; a su vez no es un ejemplar limpio ya que a sus paredes se

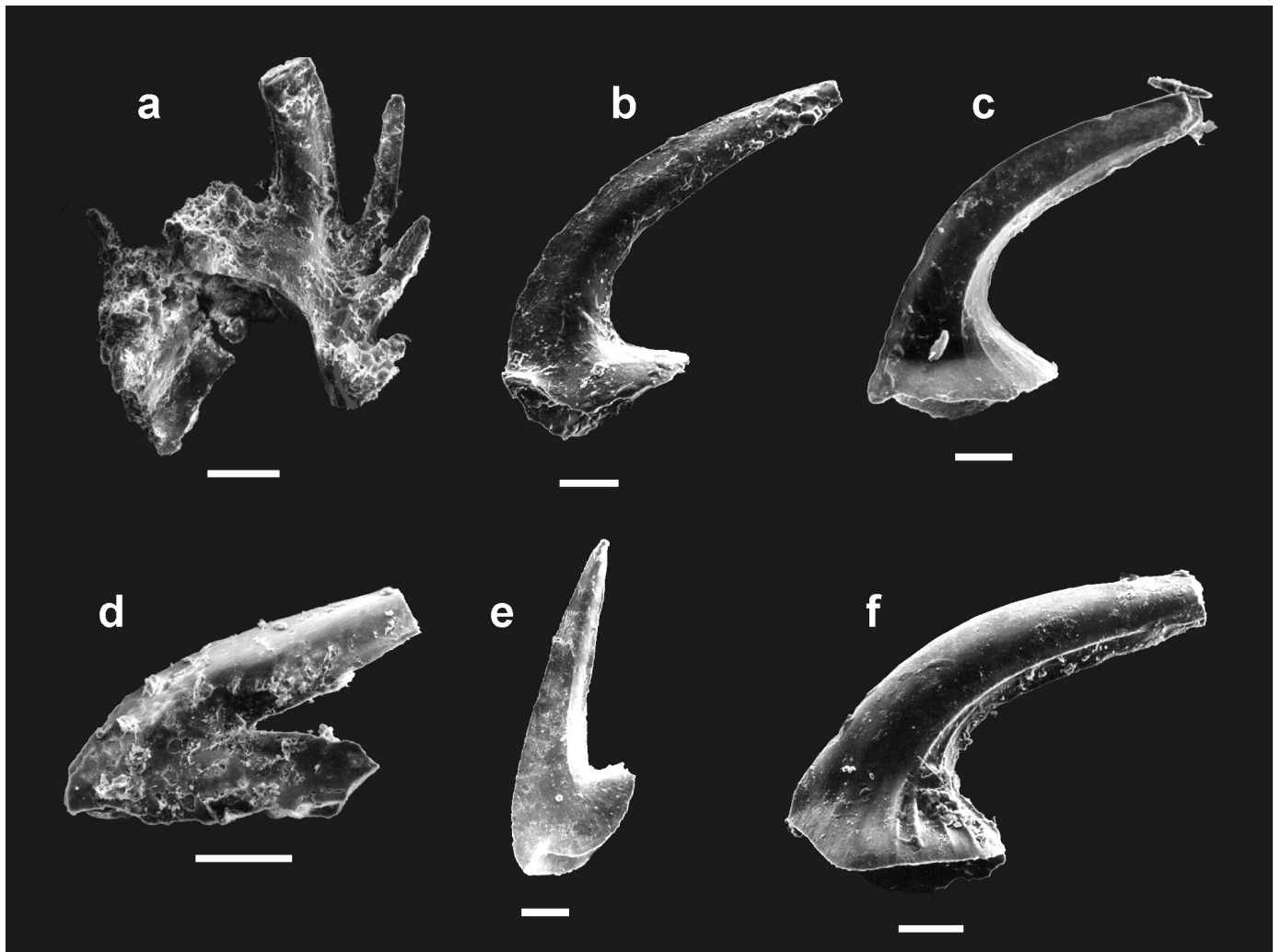


Figura 4: Microfotografías Microscopio Electrónico de Barrido. Todos los ejemplares con escala gráfica, el segmento indica 0,1 mm. La única forma autóctona esta representada por la imagen a, el resto de los ejemplares son alóctonos. a) *Erismodus* cf. *quadridactylus*, elemento P, cuesta de Lipán, Cordillera Oriental jujeña. CML-C 1036(1). b; e) *Drepanodus* sp. CML-C 1037(1-2). c; f) *Drepanoistodus* sp. CML-C 1038(1-2). d) *Gotbodus* sp. CML-C 1039(1).

encuentran adheridas pequeñas partículas. La conodontofauna acompañante permitió definir formas de diferentes edades dentro de la asociación. Así, se observó que los elementos conodontales alóctonos se presentan con una mejor preservación. En cuanto al color que presenta *Erismodus* cf. *quadridactylus* resulta más claro que el del resto del material obtenido. La suma de estas observaciones son importantes, ya que permitieron determinar a *E* cf. *quadridactylus* como el único ejemplar autóctono dentro de la asociación de conodontes recuperada. Además cabe destacar que la sección estratigráfica desde donde se obtuvo la muestra presenta una intensa bioturbación y ondulas en su techo, características

propias de un ambiente de alta energía y facies típica del género *Erismodus* (Armstrong y Owen 2002).

Clase CONODONTA Pander, 1856
Orden OZARKODINIDA Dzik, 1976
Superfamilia CHIROGNATHACEA Branson y Mehl, 1944
Familia CHIROGNATHIDAE Branson y Mehl, 1944
Género *ERISMODUS* Branson y Mehl, 1933

Especie tipo: *Erismodus typus* Branson y Mehl, 1933

Erismodus cf. *quadridactylus* (Stauffer, 1935) (Fig. 4a)

Diagnosis: (Sweet 1982) *A species of Erismodus with skeletal elements distinguished by relatively long, slender, marginally costate denticles, which are compressed in the plane of the processes that bear them.*

Descripción: Elemento ramiforme digyrate que posiblemente ocupe una posición P, es una forma similar a la ilustrada por Sarmiento y Rao (1987, lám.1, fig. 12; lám.2 fig. 3, 4) quienes la adscribieron a la posición Pa. El ejemplar estudiado presenta una cúspide delgada y esbelta, comprimida lateralmente, de sección oval, la cual se encuentra curvada en sentido antero-posterior. Los márgenes anterior y posterior de la cúspide se encuentran recorridos por costillas laterales. Desde los márgenes ci-

tados se desprenden dos procesos asimétricos, uno de los procesos se encuentra curvado en sentido antero-posterior y hacia abajo mientras que el otro esta en línea recta con respecto a la cúspide. Ambos procesos llevan de 3 a 4 denticulos delgados y discretos, siendo los mas cercanos a la cúspide más largos que los distales, a su vez éstos están separados entre sí por una distancia considerable presentándose al igual que la cúspide comprimidos lateralmente. La cavidad basal es somera y muy amplia, con sección oval.

Material: Un elemento P. depositado en la colección Microvertebrados Lillo- Conodontes CML- C bajo el número 1036 (1).

Observaciones: Como se mencionó anteriormente el estado de preservación de este ejemplar en especial es regular encontrándose con la cúspide y algunos de sus denticulos fragmentados. Esta situación no impide que se reconozcan los elementos fundamentales que permiten referirlo al género *Erismodus*. La identificación específica se ha realizado en nomenclatura abierta por el estado de conservación del ejemplar estudiado.

Debe hacerse notar que el género *Erismodus* se reconoce en estratos del Ordovícico Superior en otros puntos del mundo como ser en Dakota del Sur (Sweet 1982), sur y centro de Oklahoma (Bauer 1994), en Siberia (Moskalenco 1973, Kanygin *et al.* 1987), y Australia (Zhang *et al.* 2003; Kunh y Barnes 2005). En nuestro país *Erismodus* se ha identificado en afloramientos de la Formación Santa Gertrudis, en Sierras Subandinas, provincia de Salta (Sarmiento y Rao 1987, Moya *et al.* 2003); en la Formación Sepulturas en Cordillera Oriental, provincia de Jujuy (Albanesi y Astini 2002, Albanesi y Moya 2002) y en la Formación Capillas en Sierras Subandinas (Albanesi *et al.* 2007). La presencia de este género estaría asociada a la invasión de conodontes del *Midcontinent* que irrumpieron en la Precordillera durante el Ordovícico Medio-Tardío (Heredia y Mestre 2007), criterio que resulta extensivo a las cuencas ordovícicas del Noroeste argentino.

Edad: Conforme a que este género es de

amplia distribución y caracteriza el lapso del Ordovícico Medio alto al Ordovícico Superior bajo, su presencia en la sección estratigráfica aflorante en la cuesta de Lipán permite asignar a estos materiales una edad darriwiliana tardía - sandbiana temprana. Esta atribución se hace siguiendo los criterios que fueran establecidos para las sucesiones del Ordovícico argentino (Albanesi *et al.* 2007).

CONSIDERACIONES CRONOLÓGICAS Y PALEOAMBIENTALES

Tal vez el hecho más significativo del hallazgo del material que se describe es señalar la presencia de *Phycodes flabellum*, una forma característica del Cincinatiano (Ordovícico Superior) de Estados Unidos. Esta icnoespecie es por primera vez mencionada en rocas ordovícicas del noroeste argentino hecho de por si destacable si tenemos en cuenta que la misma, hasta el presente, se encuentra acotada al Ordovícico Superior de América del Norte. Los icnofósiles que lo acompañan no tienen mayor significación cronoestratigráfica y sólo aportan el dato de que, en conjunto, caracterizan un nivel con abundante participación de organismos que dan lugar a una intensa bioturbación de los estratos. La posición cronológica de los estratos que los contienen fue originalmente interpretada como parte de la Formación Acoite y, en consecuencia, pertenecientes al Ordovícico Inferior (Astini *et al.* 2004). Se deduce de lo anteriormente expuesto, que los afloramientos descritos a la vera de ruta nacional 52 en el flanco occidental de la cuesta de Lipán son más jóvenes de lo que se había inferido previamente, y que su edad correspondería al Darriwiliano tardío-Sandbiano temprano, siendo en consecuencia cronológicamente equivalentes a la Formación Capillas de las Sierras Subandinas y no a la Formación Acoite como habían sido anteriormente asignados.

Las características sedimentológicas de la sucesión estratigráfica que contiene este material son propias del ambiente marino litoral, con desarrollo de material pelítico

y arenoso fino de notable continuidad lateral. Particularmente los bancos de areniscas finas y de areniscas carbonáticas microgranulares tienen un desarrollo que no supera los 20 cm de espesor, y que presentan intervalos con superficies que reflejan la existencia de corrientes que dejan marcas del flujo y óndulas. Estas características paleoambientales son similares a las que describen Rindsberg y Martin (2003) para los niveles que contienen *P. flabellum* en Alabama, refiriendo estos niveles portadores a una litofacies propia de zonas de baja profundidad.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Albanesi, G. y Astini, R. 2002. Fauna de conodontes y *Sacabambaspis janvieri* (vertebrata) en el Ordovícico medio de la Cordillera Oriental argentina. Implicancias estratigráficas y paleogeográficas. 8° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Resúmenes: 17, Corrientes.
- Albanesi, G. y Moya, M.C. 2002. Bioestratigrafía de la Formación Sepulturas (Ordovícico), en el flanco Occidental de la Cordillera Oriental argentina. 8° Congreso de Paleontología y Bioestratigrafía, Resúmenes: 17, Corrientes.
- Albanesi, G., Monaldi, C.R., Ortega, G. y Trotter, J.A. 2007. The Capillas Formation (Late Darriwilian) of Subandean Ranges, Northwestern Argentina: Age, correlation and environmental constraints. Acta Palaeontologica Sinica 46 (suppl.): 9-15.
- Astini, R., Waisfeld, B., Toro, B. y Benedetto, J.L. 2004. El Paleozoico Inferior y Medio de la región de Los Colorados, borde occidental de la Cordillera Oriental (provincia de Jujuy). Revista de la Asociación Geológica Argentina 59(2): 243-260.
- Armstrong, H.A. y Owen, A.W. 2002. Euconodont diversity changes in a cooling and closing Iapetus Ocean. En Crame, J.A. y Owen, A.W. (eds.) Paleobiography and Biodiversity Change: The Ordovician and Mesozoic radiations. Geological Society, Special Publications 194: 85-98, London.
- Bauer, J.A. 1994. Conodonts from the Bromide Formation (Middle Ordovician), South - Central Oklahoma. Journal of Paleontology 68(2): 358-376.
- Branson, E.B. y Mehl, M.G. 1933. Conodonts stu-

- dies, number 1 and 2. University of Missouri Studies 8(1-2): 1- 349.
- Branson, E.B. y Mehl, M.G. 1944. Conodonts. En Shimer, H. W. y Shrock, R. R. (eds.) Index fossils of North America. Wiley y Sons, p. 235-246, New York
- Billings, E. 1862. New species of fossils from different parts of the Lower, Middle and Upper Silurian rocks of Canada. En Paleozoic fossils, Volume 1. 1861-1865. Geological Survey of Canada Advance Sheets. 99-168.
- Crimes, T.P., Legg, I., Marcos, A. y Arboleya, M. 1977. ?Late Precambrian - low Lower Cambrian trace fossils from Spain. En Crimes, T.P. y Harper, J.C. (eds.) Trace fossil 2. Geological Journal Special Issue 9: 91-138.
- Epstein, A.G., Epstein, J.P. y Harris, L. 1977. Conodont Alteration - An Index to Organic Metamorphism. United State Geological Survey Professional Paper: 995: 1-27.
- Hall, J. 1852. Palaeontology of New York. V.2 Containing description of the organic remains of the lower-middle division of New York System (equivalent in part to the Middle Silurian rocks of Europe). Natural History of New York 19 . C. Van Benthuysen, Albany. viii + 358 p.
- Heredia, S. y Mestre, A. 2007. Conodont Provincialism in the Upper Ordovician of the Cuyania terrane (Argentina). En Díaz Martínez, E. y Rábano, I. (eds.) Cuadernos del Museo Geominero 8: 189-193, Madrid.
- James, J.F. 1885. The Fucoids of the Cincinnati Group. Cincinnati Society of Natural History, Journal 7: 151-166.
- Jeppsson, L., Fredholm, D. y Mattiasson, B. 1985. Acetic acid and phosphatic fossils. Journal of Paleontology 59(4): 952-956.
- Kanygin, A.V., Moskalenko, T.A., Yodrenkina, A.G., Abaimova, G.P., Semenova, V.C., Sichev, O.V. y Timogin, A.V. 1989. El Ordovícico de la plataforma siberiana. Nauka Novosibirsk: 1-214 (en ruso).
- Kuhn, T. y Barnes, C.R., 2005. Ordovician Conodonts from the Mithaka Formation (Georgina Basin, Australia). Regional and paleogeographical implications. Geologica Acta 3(4): 317-337.
- Miller, S.A. y Dyer, C.B. 1878 Contributions to Palaeontology. Cincinnati Society of Natural History, Journal 1: 24-39.
- Moskalenko, T.A. 1973. Conodonts of the Middle and Upper Ordovician of the Siberian Platform. Akademiya Nauk SSSR, Sibirskoe Otdelenie, Instituta Geologii i Geofiziki Trudy 137: 1-143.
- Moya, M.C., Monteros, J.A., Malanca, S., Ortega, G. y Albanesi, G.L. 2003. The Mojotoro Range, Eastern Cordillera, Salta Province. Ordovician and Silurian of the Cordillera Oriental and Sierras Subandinas, NW Argentina. Instituto Superior de Correlación Geológica, Miscelánea 11: 17-22, Tucumán.
- Osgood, R. 1970. Trace fossils of the Cincinnati Area. Palaeontographica Americana 41: 281-444.
- Richter, R. 1850. Aus der thüringischen Grauwacke. Zeitschrift der Deutsche Geologische Gesellschaft 2: 198-206.
- Rindsberg, A.K. y Martin, A.J. 2003. Arthropycus in the Silurian of Alabama (USA) and the problem of compound trace fossils. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 192: 187-219.
- Ruedemann, R. 1908. Graptolites of New York. Pt. 2. New York State Museum, Memoire 11: 583 p., New York.
- Sarmiento, G. y Rao, R. 1987. *Erismodus quadridactylus* (conodonta) en la Formación Santa Gertrudis (Ordovícico), Provincia de Salta, Argentina. 4° Congreso Latinoamericano de Paleontología, Memorias 1: 89- 95. Santa Cruz de la Sierra.
- Schimper, W.P. y Schenck, A. 1879-1890. Palaeophytologie. En Zittel, K.A.V. (ed.) Handbuch der Paläontologie 2, 958 p., Leipzig.
- Seilacher, A. 1955. Spuren und Lebensweise der Trilobiten: Spuren und Facies im Unterkambrium. En Schindewolf, O.H. y Seilacher, A. (eds.) Beitrage zur Kenntnis des Kambrium in der Salt Range (Pakistan). Akademie Wiss, Lit. Mainz math-nat Kl. Abhandlungen 10: 86-143.
- Seilacher, A. 2000. Ordovician and Silurian arthropycid Ichnostratigraphy. En Sola, M.A. y Worsley, D. (eds.) Geological Exploration in Murzuk Basin. Elsevier, p. 237-258. Amsterdam.
- Seilacher, A. 2007. Trace Fossils Analysis. Springer, 226 p., Berlin Heidelberg.
- Stauffer, C.R. 1935. The conodont fauna of the Decorah Shale (Ordovician). Journal of Paleontology 9: 596- 620.
- Sweet, W.C. 1982. Conodonts from the Winnipeg Formation (Middle Ordovician) of the northern Black Hills, South Dakota. Journal of Paleontology 56: 1029- 1049.
- Zhang, J., Barnes, C.R., y Cooper, B.J. 2003. Early Late Ordovician conodonts from the Stokes Siltstone, Amadeus Basin, central Australia. Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 245: 1-37.

Recibido: 20 de enero, 2009

Aceptado: 9 de diciembre, 2009