

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO

REVISTA DEL MUSEO DE LA PLATA
(NUEVA SERIE)

NUEVAS TRAZAS FOSILES EN LA FORMACION BALCARCE, PALEOZOICO INFERIOR DE LAS SIERRAS SEPTENTRIONALES SU SIGNIFICADO CRONOLOGICO Y AMBIENTAL

ANALIA DEL VALLE¹

RESUMEN

Se describen las trazas halladas en la Formación Balcarce, en el sector oriental de las Sierras Septentrionales de Buenos Aires y se destaca la presencia de *Plagiogmus* y *Cochlichnus*, dos icnogéneros que hasta el momento no habían sido descritos para esa unidad. Se señala el significado cronoestratigráfico y paleoambiental de las trazas reconocidas en la Formación Balcarce y se analiza localmente el límite Precámbrico-Cámbrico bajo la óptica aportada por los icnogéneros observados por la autora y las dataciones existentes.

Trazas fósiles, Paleozoico inferior, Argentina.

ABSTRACT

NEW TRACE FOSSILS FROM THE BALCARCE FORMATION, LOWER PALAEZOIC OF SIERRAS SEPTENTRIONALES. THEIR CRONOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE. -- Ichnogenera *Plagiogmus* and *Cochlichnus* from the Balcarce Formation of the Sierras Septentrionales of Buenos Aires are here described. The chronostratigraphical and paleoenvironmental significance of these traces are analysed together with their relationship to the boundary Precambrian-Cambrian according to radiometric ages available.

Trace fossils, Lower Palaeozoic, Argentina.

INTRODUCCION

OBJETIVOS: El propósito de este trabajo es el dar a conocer las trazas fósiles encontradas al levantar perfiles de detalle en el marco de un estudio sedimentológico y facial de la Formación Balcarce.

¹ Centro de Investigaciones Geológicas (CIG-UNLP). Calle 1 N° 644, (1900) La Plata.

Borrello (1967) en un trabajo que aún tiene vigencia, estudió exhaustivamente los icnofósiles de esta formación. Por este motivo en esta contribución se analizan otros aspectos, tales como qué aportes respecto a la edad y paleoambientes de depositación de la Formación Balcarce, podrían proporcionar las trazas observadas.

UBICACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO Y DE LOS PERFILES: Los perfiles, en los que se halló el material icnofosilífero que en este trabajo se describe, se relevaron en el sector oriental de las Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires, incluye las hojas del Instituto Geográfico Militar, escala 1 : 100.000 : 3757-31 y 3757-32. Abarca específicamente, sedimentitas que afloran desde el este de la ciudad de Balcarce hasta la costa Atlántica y que se atribuyen a la Formación Balcarce (Dalla Salda e Iñiguez, 1979) (Fig. 1).

Uno de los perfiles está ubicado en el flanco noroeste de la Sierra del Volcán, otro en la Sierra de La Vigilancia, en el extremo nor-noroeste; un tercer perfil se relevó en el flanco oeste de la Sierra La Brava y el cuarto, en el flanco nor-noroeste de la Sierra de Los Padres. El quinto perfil fue realizado en la cantera Dazeo de la localidad de Batán y por último, otro se ubicó en la cantera del Puerto de Mar del Plata, detrás de la usina de DEBA.

ANTECEDENTES

La gran abundancia de icnogéneros presentes en la Formación Balcarce y la ausencia de fósiles convencionales, de indiscutida clasificación y ubicación cronoestratigráfica, son las causas fundamentales de que numerosos autores desde fines del siglo pasado estudiaran las trazas, e intentaran su clasificación y ubicación cronológica.

Hauthal (1896, 1901) fue el primero que describió una traza, que él asignó a *Palaeophycus beverleyensis* Billings, y que fue posteriormente reclasificada por Antonioli (1966) como *Arthropycus harlani* Hall, para la zona de Balcarce (Sierra Chata y de La Vigilancia) y Mar del Plata (Provincia de Bs. As.). De acuerdo a este hallazgo Hauthal asignó a las ortocuarcitas de Balcarce una edad Paleozoica, probablemente Cámbrica.

Unos años más tarde, Nágera mencionó para el partido de Balcarce (Cerro San Agustín) el hallazgo de *Arthropycus* Hall, *Cruziana* d'Orbigny y *Crossopodia* M'Coy y le asignó una edad Cámbrica a esta formación (1926) y luego (1940) edad Ordovícica.

Harrington (1940) citó para las dolomías de Olavarría, la presencia del braquiópodo *Spiriferina campestris* White atribuido al Carbónico superior-Pérmico inferior; este hallazgo nunca pudo ser confirmado y se cree que se trató de un ejemplar traído desde Bolivia. Sobre la base de este dato Fossa Mancini (1944), González Bonorino (1954) y Holmberg (1972) aceptaron la edad Carbónico superior.

Más recientemente, Antonioli (1966) describió los hallazgos realizados por él y Borrello; en la cantera del Puerto de Mar del Plata encontraron icnitas que atribuyeron a *Arthropycus harlani*, *A. alleghaniensis* (Harlan) y *Cruziana*. En la cantera del Cerro San Agustín dichos autores reconocieron además de las tres trazas anteriormente mencionadas, a *Crossopodia*. Antonioli (op. cit.) realizó una muy buena recopilación de los antecedentes fosilíferos del cordón Septentrional, analizándolos críticamente y aceptó una edad Ordovícica hasta Silúrica según las evidencias existentes.

Simultáneamente Borrello (1967) realizó un completo estudio de las trazas de la actual Formación Balcarce (Borrello las atribuyó a la Formación La Tinta que abarca las Formaciones Sierras Bayas y Balcarce según el esquema estratigráfico de Dalla Salda e Iñiguez, 1979) y aplicó la metodología moderna tanto para su descripción como para su clasificación. Los icnofósiles reconocidos y descriptos por ese autor son: *Arthropycus alleghaniensis* (Harlan), *Corophyoides scagliai* Borrello, *Crossopodia scotica* (M'Coy), *Cruziana bonariensis* Borrello, *C. flexosa* Borrello, *Chondritoides insolitus* Borrello, *Dimorphichnus bontempü* Borrello, *Isopodichnus problematicus* (Schindewolf), *Nereites elegans* Borrello, *Palaeophycus gracilis* Borrello, *P. tubularis* Wilson, *P. vulgaris* Borrello, *Palaeosaportia loedeli* Borrello, *Pelecypodichnus amygdaloides* Seilacher, *Phyllocytes* sp., *Rhizocorallium* sp., *Rouaultia lyelli* (Rouault), *Rusophycus bilobatus* (Vanuxem), *R. didymus* (Salter), *Sagittichnus lincki* Seilacher, *?Skolithos* sp, *Tigillites dufrenoyi* Häntzschel.

Cuando Borrello analizó las edades, tomando en cuenta las especies, encontró que la asociación estudiada podía corresponder al Cambro-Ordovícico. Asimismo realizó correlaciones bioestratigráficas de la —por él llamada— Formación La Tinta con unidades del país y del exterior, que presentaban iguales asociaciones de trazas. Así, por ejemplo, la comparó con el Ordovícico del noroeste argentino y Bolivia que presentaba *Arthropycus*, *Cruziana* y *Skolithos*; también mencionó una asociación de dichas trazas del Ordovícico inferior de España y Portugal. Borrello concluyó asignando una edad Ordovícica a la actual Formación Balcarce.

Ultimamente, Aceñolaza (1979, 1982) sobre la base de la descripción realizada por Borrello, aceptó la edad Ordovícica establecida por dicho autor e interpretó la asociación de trazas como perteneciente a la facies *Skolithos/Cruziana*, comparándolas con la asociación hallada en el Ordovícico del noroeste argentino, con la cual tienen en común: *Arthropycus*, *Cruziana*, *Palaeophycus*, *Plagiogmus*, *Planolites*, *Phycodes*, *Skolithos* y *Rusophycus*.

Regalía y Herrera (1981) describieron para la zona de San Manuel, Partido de Lobería de la provincia de Buenos Aires, la traza fósil *Phycodes* aff. *pedum* Seilacher, que posee un rango estratigráfico que abarca desde el Precámbrico tardío hasta el Tremadociano. Según esos autores dicha traza no se encuentra asociada a otro icnogénero u otro fósil y resaltaron su importancia para correlaciones intercontinentales y recons-

trucciones del Gondwana, ya que la misma está descripta en el Grupo Nama del Sur de Africa, y en la Formación Arumbera de Australia.

DESCRIPCION DE LAS TRAZAS ENCONTRADAS

Didymaulichnus Young, 1972

(= *Rouaultia* de Tromelin, 1878, = *Fraena* Rouault, 1850)

Didymaulichnus sp.

(Fig. 2)

MATERIAL: MLP 18.884.

DESCRIPCIÓN: Epirrelieve cóncavo, negativo. Traza alargada, acintada, que puede alcanzar más de 50 cm de largo, con un ancho de 1 a 1,5 cm; marca formada por dos surcos separados por una costilla central. Disposición recta, en partes curvada; orientación horizontal, paralela a la estratificación. La composición litológica de la roca de caja es ortocuarcítica y el relleno del surco de igual composición.

CLASIFICACIÓN ETOLÓGICA: huella de arrastre (*repichnia*). Glaessner (1969: 389) la interpreta como una huella dejada por un organismo primitivo del tipo de un molusco pero sin valva.

LOCALIDADES: esta traza fue encontrada en el mayor número de localidades, tanto en perfiles relevados en sierras como en canteras. Se la reconoció en las Sierras del Volcán (V-38), de La Vigilancia (M-26), La Brava (BR-6, BR-48, BR-92), y en las canteras de Sierra de Los Padres (SP-1, SP-5) y del Puerto (DE-26) (Fig. 1).

ASOCIACIÓN: en general se la encuentra sola; en SP-5, se la reconoció asociada a *Arthropycus*, *Palaeophycus* y *Plagiogmus*.

ANTECEDENTES EN LAS SIERRAS SEPTENTRIONALES: fue descripta para la Formación Balcarce, en la zona de Balcarce a Mar del Plata por Borrello (1967) como *Rouaultia* y por Aceñolaza (1979) como *Fraena*. Poiré et al. (1984) la describieron para la Formación Sierras Bayas en Olavarría.

RANGO CRONOESTRATIGRÁFICO: desde el Precámbrico hasta el Carbónico inclusive (según Häntzschel, 1975; García-Ramos, 1982, tabla 7).

Plagiogmus Roedel, 1929**Plagiogmus** sp.

(Fig. 3)

MATERIAL: MLP 18.882.

DESCRIPCIÓN: Estructura endógena (endichnia) dispuesta paralela a la estratificación en una ortocuarcita mediana con estructura ondulosa; la traza evidencia un relleno activo (backfill) también ortocuarcítico. Se trata de una traza de forma cilíndrica, de unos 8 cm de largo y 2,5 cm de ancho; internamente muestra crestas transversales de hasta 0,40 cm de ancho, dispuestas a intervalos irregulares, que presenta una textura bandeada, oblicua. La traza muestra un reborde externo, que determina que el contacto entre ella y la roca de caja sea muy marcado y neto.

CLASIFICACIÓN ETOLÓGICA: huella de arrastre (repichnia). Glaessner (1969) interpreta esta traza como realizada por un molusco primitivo, sin valva, que se mueve a través del sedimento; la arena es transportada hacia atrás por acción del pie y genera las crestas transversales; la superficie del túnel está cementada por una sustancia mucosa que produce el reborde mencionado anteriormente.

RANGO ESTRATIGRÁFICO: Cámbrico inferior (Crimes, 1975). Cámbrico inferior a medio (según Häntzschel, 1975; Frey, 1975; Glaessner, 1969). Precámbrico alto-Cámbrico inferior a medio, Ordovícico medio (según García-Ramos, 1982).

LOCALIDAD: Cantera de Sierra de Los Padres (SP-5).

ASOCIACIÓN: se la reconoció en un banco muy bioturbado junto a *Arthropycus*, *Palaeophycus*, *Didymaulichnus*.

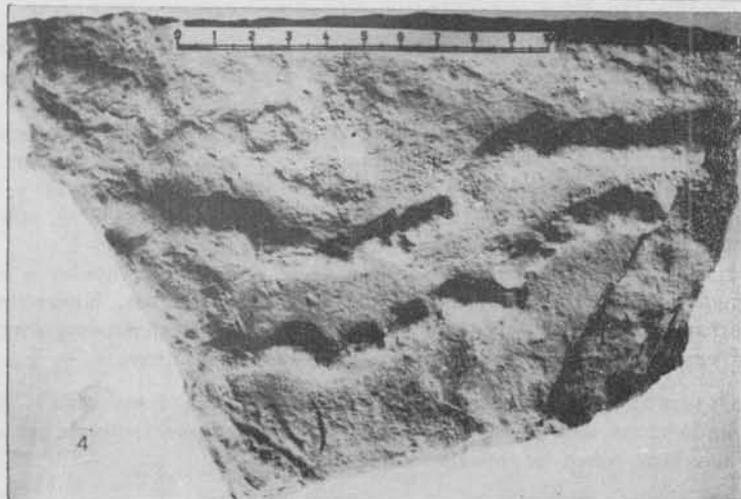
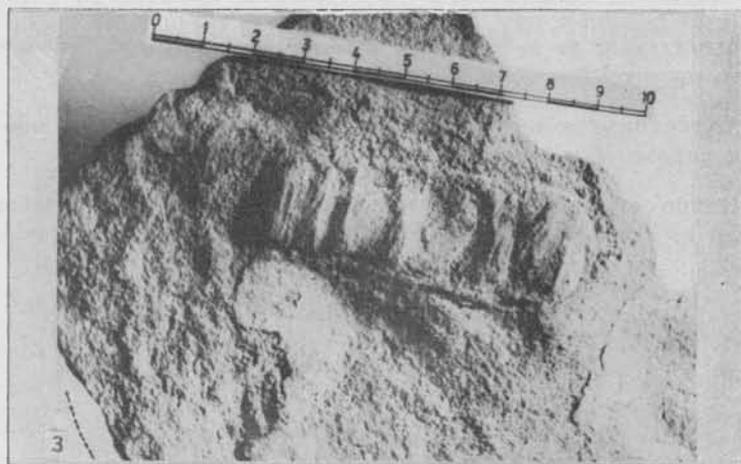
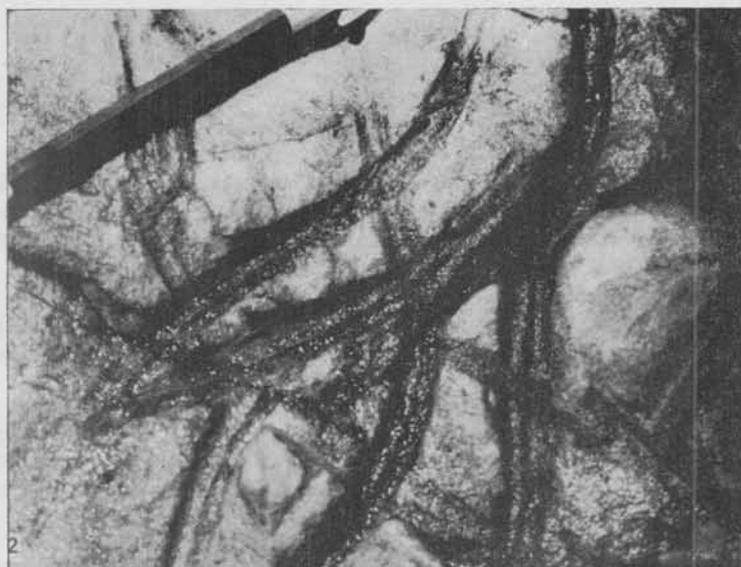
ANTECEDENTES EN SIERRAS SEPTENTRIONALES: no ha sido descrita hasta el presente, sólo mencionada por Poiré et al. (1984: 261).

Cochlichnus Hitchcock, 1858**Cochlichnus** sp.

(Fig. 4)

MATERIAL: MLP 18.883.

DESCRIPCIÓN: Epirrelieve convexo (positivo); traza ondulante o sinusoidal simple, no ramificada. La sedimentita que la porta es una



FIGS. 2-4. — 2: *Didymaulichnus* sp., MLP 18.884; 3: *Plagiognus* sp., MLP 18.882; 4: *Cachlichnus* sp., MLP 18.883.

ortocuarcita de grano fino, con estructura ondulosa, muy silicificada; la traza está constituida por la misma litología y no presenta ningún tipo de indicios de relleno activo; la orientación con respecto a la estratificación es horizontal, paralela a dicho plano.

Se trata de una pista meandrosa, algo irregular, de más de 15 cm de longitud, que presenta una ondulación amplia de unos 8 a 10 cm de cuerda de arco y un zig-zag de 1 a 1,5 cm de cuerda; la altura del relieve es de 0,50 cm.

CLASIFICACIÓN ETOLÓGICA: huella de arrastre (repichnia) son rastros de desplazamiento lento; se la considera formada por vermes (nematodos o anélidos) (según García-Ramos, 1982, tabla 8; Aceñolaza 1979).

LOCALIDAD: cantera Dazeo (DA-O) en la localidad de Batán.

ASOCIACIÓN: no se encuentra asociada a ningún otro fósil o traza; está en un nivel levemente bioturbado.

ANTECEDENTES EN SIERRAS SEPTENTRIONALES: no ha sido descrito, aunque sí mencionado por Poiré et al. (1984: 261).

RANGO CRONOESTRATIGRÁFICO: se registra desde el Precámbrico superior al Terciario (Häntzschel, 1975; García-Ramos, 1982, tabla 7).

Arthropycus Hall, 1852

Arthropycus alleghaniensis (Harlan)

(Fig. 5)

MATERIAL: MLP 18.880.

DESCRIPCIÓN: Hiporrelieve convexo (positivo), cresta hipicnica. La composición litológica de la traza es una arenita cuarzosa de granulometría fina igual que la de la roca portadora; se encuentra en el contacto entre ésta y un nivel pelítico gris amarillento muy micáceo.

Es una traza tubular, ligeramente curvada, bilobulada con una depresión longitudinal central y estriación transversal notoria y regularmente espaciada (cada 1 mm). La sección transversal es subcircular a subcuadrática y no se observa estructura interna.

Las trazas se disponen en haces de 2 ó 3 cm de ancho o individualmente y se superponen e intersectan unas a otras, horizontales o subhorizontales paralelas a la estratificación. Sus dimensiones son: longitud variable, mayor de 6 cm y ancho de 0,7 a 2 cm.

CLASIFICACIÓN ETOLÓGICA: huella de arrastre (repichnia). Es interpretada como una pista producida por el desplazamiento de un artrópodo o verme sobre la superficie del sustrato.



FIGS. 5-6 — 5: *Arthropycus alleghaniensis* (Harlan), MLP 18.880; 6: *Palaeophycus tubularis* Hall, MLP 18.881.

LOCALIDAD: cantera de Sierra de Los Padres (SP-5).

ASOCIACIÓN: nivel de sedimentación mixta muy bioturbado, se la encuentra junto a *Palaeophycus*, *Plagiogmus* y *Didymaulichnus*.

ANTECEDENTES EN LAS SIERRAS SEPTENTRIONALES: fue mencionada para la Formación Balcarce por Nágera (1919) y descripta por Antonioli (1966), Borrello (1967) y Aceñolaza (1979).

RANGO CRONOESTRATIGRÁFICO: Ordovícico-Silúrico (Häntzschel, 1975). Cámbrico inferior, Cámbrico superior-Ordovícico-Silúrico inferior, Cretácico, Terciario medio (García-Ramos, 1982).

Palaeophycus Hall, 1847

Palaeophycus tubularis Hall, 1847

(Fig. 6)

MATERIAL: MLP 18.881.

DESCRIPCIÓN: Hiporrelieve convexo positivo (crestas hipicnicas). Trazas cilíndricas levemente achatadas (acintadas); se presentan en niveles con gran número de individuos que se superponen e intersectan entre sí.

Se localizan en el contacto entre un nivel ortocuarcítico con uno pelítico y están formadas por areniscas cuarcíticas finas. No presentan ornamentación externa ni interna; es de destacar que el estado de preservación del material es muy bueno y que dicha ausencia de ornamentación no se debe a erosión ya que se encuentran en el plano basal de estratificación de niveles psamíticos y no expuestos a meteorización.

Sus dimensiones son: 0,5 a 2 cm de ancho; 10 a 20 cm de largo y 0,5 a 1,5 cm de espesor. Con respecto a las paredes de los individuos son muy delgadas, del orden de 1 mm de grosor.

DISCUSIÓN: En el material estudiado, las trazas arenosas aparecen rodeadas por pelitas. Esta característica podría hacer que de un modo preliminar se atribuyera este icnofósil al género *Planolites* según la reevaluación realizada por Pemberton y Frey (1982). En ella se define *Palaeophycus* como una huella de excavación rellena con sedimentos idénticos a los de la matriz que los rodea, mientras que *Planolites* es una huella rellena con sedimentos diferentes a los de la roca de caja. Sin embargo esta característica constituye una consecuencia de que el relleno sea pasivo (*Palaeophycus*) o activo (*Planolites*).

El material encontrado no presenta ninguna evidencia de constituir un relleno activo y si bien es texturalmente más grueso y duro que la sedimentita que lo rodea, no debemos olvidar que el litosoma que porta las trazas es de naturaleza mixta, psamo-pelítico, con intercalaciones de dichos materiales.

En nuestro caso se interpreta que el rastro es dejado como huella de morada en el material pelítico y que posteriormente se rellena en forma pasiva por material psamítico, al producirse un leve aumento en la energía del medio y la consecuente sedimentación de arenas. Al respecto Hallam (1975) acota que en sedimentos intercalados la composición litológica de *Palaeophycus* podría diferir de la de la roca circundante.

CLASIFICACIÓN ETOLÓGICA: huella de morada (*domichnia*) (según Pemberton y Frey, 1982; Howard y Frey, 1984).

LOCALIDAD: cantera de Sierra de Los Padres (SP-5).

ASOCIACIÓN: nivel fuertemente bioturbado, se la encuentra junto a *Arthropycus*, *Plagiogmus*, *Didymaulichnus*.

ANTECEDENTES EN SIERRAS SEPTENTRIONALES: Hauthal (1896) ilustra un ejemplar de *Palaeophycus tubularis* asignándolo con dudas a *Palaeophycus beverleyensis* Billings. Borrello (1966) describió para la Formación Balcarce, tres icnoespecies *P. tubularis*, *P. gracilis* Borrello, y *P. vulgaris*, Borrello, de las cuales las dos últimas no son atribuidas a *Palaeophycus* por Pemberton y Frey (op. cit.) y son consideradas con dudas como restos inorgánicos. Poiré *et al.* (1984) describieron *Palaeophycus* en la Formación Sierras Bayas de la región de Olavarría.

RANGO CRONOESTRATIGRÁFICO: Precámbrico-actual.

EDAD DE LA FORMACION BALCARCE

1. *Deducciones sobre la base del biocrón de sus icnogéneros.*

De los icnogéneros anteriormente mencionados, el material referido a *Plagiogmus* es la traza que más importancia reviste, porque no ha sido descrito para las Sierras Septentrionales y por su reducido biocrón. Crimes (1975, tabla 7.1) selecciona 30 géneros de rango conocido entre los que figura *Plagiogmus*, el cual atribuye al Cámbrico Inferior. Este autor, si bien reconoce que en la mayoría de los casos es necesario llegar a una determinación a nivel de especie para ajustar la edad de una traza, considera que algunos icnogéneros pueden ser asignados rápidamente a un sistema y menciona como ejemplo que "la presencia de *Astropolithon*, *Plagiogmus* y *Syringomorpha* podría ser tomada como indicativa de una edad Cámbrica Inferior" (Crimes, 1975 : 111).

El valor de *Plagiogmus* como traza fósil útil para realizar correlaciones estratigráficas intercontinentales es reconocido también por Glaessner (1969). Este autor considera que la traza de *Plagiogmus* puede evidenciar un organismo de morfología y comportamiento específico, que no sería repetido por evolución convergente.

Plagiogmus ha sido descrito (Glaessner, 1969) para la Formación Arumbera del centro de Australia asociada con *Phycodes pedum*, *Rusophycus*, *Diplichnites*, etc. En esta formación estaría representado el límite Precámbrico-Cámbrico, el Precámbrico alto con una forma medusoide no identificada y *Rangea* y el Cámbrico con la asociación enumerada anteriormente. Es de destacar que si bien *Phycodes pedum* no está mencionado para la zona Balcarce-Mar del Plata fue descrito un rastro afín por Regalía y Herrera (1981) en rocas ortocuarcíticas de las Sierras de Lobería, en el cordón de Tandilia.

Glaessner (1969 : 390) considera que la presencia de *Plagiogmus arcuatus* y *Phycodes pedum* junto con pistas de artópodos como *Diplichnites* y *Rusophycus* y pistas de moluscos "es una clara indicación de una edad Cámbrica". Además, Alpert (1977) al realizar una revisión de las formaciones que atraviesan el límite Precámbrico-Cámbrico, sugiere que este límite debe ser ubicado por debajo de capas que contienen trazas fósiles tales como: *Bergaueria*, *Cruziana*, *Diplichnites*, *Diplocraterion*, *Monocraterion*, *Monomorphichnus*, *Phycodes*, *Plagiogmus* y *Rusophycus*.

Es importante acotar que la traza *Bergaueria*, normalmente considerada Cámbrica, descrita para el Grupo Nama, subgrupo Kuibis, ha sido asignada al Precámbrico tardío por Crimes y Germs (1982), pero los autores señalan que esta traza es pequeña y no tiene estructuras radiadas, por lo cual podría considerársela como una antecesora de las formas Cámbricas.

Por su parte Aceñolaza (1978) y Aceñolaza y Fernández (1978) ilustraron a *Plagiogmus* y *Phycodes* para el Ordovícico (Tremadociano) de Jujuy. Asimismo Fernández y Lisiak (1984) describieron al icnogénero *Plagiogmus* para la Formación Azul Pampa en la Quebrada de Humahuaca, Jujuy; destacaron además la presencia en esta unidad de abundante fauna fósil correspondiente al Tremadociano inferior hasta el Arenigiano superior.

Respecto a los otros icnogéneros encontrados en la Formación Balcarce, *Palaeophycus* y *Cochlichnus* no son de utilidad cronoestratigráfica por poseer un rango muy amplio que abarca desde el Precámbrico al Reciente y desde el Precámbrico al Terciario, respectivamente. *Cochlichnus* ha sido descrito en Noruega (Banks, 1970) en el Lower Breivik Member asociado a *Rusophycus*, *Phycodes pedum* y *Platysolenites antiquissimus*, los que son normalmente asignados al Cámbrico.

El rango cronológico de *Arthrophyucus*, según Häntzschel (1975) va desde el Ordovícico al Silúrico. Sin embargo García-Ramos (1982) la menciona en el Paleozoico; para el Cámbrico Inferior y para el Cámbrico Superior al Silúrico inferior y en el Mesozoico está descrita desde el Cretácico al Terciario medio; con respecto a estas referencias mesozoicas, Häntzschel las considera atribuibles a formas no típicas.

Didymaulichnus posee un rango desde el Precámbrico alto hasta el Carbónico inclusive; por lo tanto no puede aportar datos para ubicar cronológicamente a la formación Balcarce, ya que se encuentra indis-

tintamente abajo y arriba del límite Precámbrico-Cámbrico. Ejemplo de esto es que en el sureste de la Cordillera de Canadá, Young (1972) encontró por debajo del límite mencionado trazas de *Didymalichnus*, *Planolites* y ?*Chondrites*. Tampoco nos proporciona ayuda al querer establecer el rango mínimo de edad para la Formación Balcarce ya que esta traza se extiende hasta el Carbónico.

Por otra parte, es destacable la mención de distintas especies de *Cruziana* en la Formación Balcarce: *Cruziana flexosa* Borrello, *Cruziana furcifera* d'Orbigny (Alfaro, 1981) que son formas atribuidas al Ordovícico inferior. Estas trazas tienen un valor cronológico importante ya que han sido estudiadas mundialmente —a nivel icnoespecie— por diferentes autores y sobre esta base se ha realizado una zonación bioestratigráfica del Paleozoico.

Por lo tanto, de lo expresado con anterioridad se deduce una edad desde el Cámbrico al Ordovícico inferior para la Formación Balcarce.

2. *Discusión sobre el límite Precámbrico-Cámbrico en las Sierras Septentrionales.*

En las Sierras Septentrionales tendríamos una secuencia sedimentaria que atravesaría el límite Precámbrico-Cámbrico, como bien lo puntualizaron Cingolani y Bonhomme (1982).

A nivel mundial no hay acuerdo sobre la ubicación real del límite Precámbrico-Cámbrico, aunque el Precambrian-Cambrian Boundary Working Group recomendó considerar al Vendiano como Precámbrico y al Tomotiano como Cámbrico (Cowie, 1978). Asimismo hay desacuerdo en cuanto a la ubicación de dicho límite por icnofósiles, algunos se inclinan por colocarlo debajo de las trazas fósiles de trilobites, mientras que otros lo sitúan debajo de cuerpos y trazas fósiles de metazoos (Frey y Seilacher, 1980).

Sin embargo, existe el criterio de que las trazas fósiles pueden y deberían ser usadas para definir la base del sistema Cámbrico (Crimes, 1975). Esta evidencia fue utilizada, junto a otras de tipo estructural, litológicas, etc., por Amos *et al.*, (1972) y Dalla Salda e Iñiguez (1979) al diferenciar en Tandilia dos ciclos sedimentarios, uno Precámbrico: la Formación Sierras Bayas y otro Paleozoico: la Formación Balcarce. El primero, con microfósiles del grupo Acritarca en niveles pelíticos (cfr. Pothe de Baldis *et al.*, 1983) y en el Miembro Dolomítico, estructuras algales (que son comparadas con estromatolitos del tipo 3 y 4 del grupo Bambui del Brasil); mientras que el segundo ciclo está caracterizado por icnogéneros y problemáticos (para un mayor detalle se remite al lector a Poiré *et al.*, 1984).

Debe agregarse que Marchese y Di Paola (1975 b) no aceptaron este criterio de considerar, por la presencia de icnogéneros, una edad Paleozoica para las ortocuarcitas de Balcarce-Mar del Plata y remarcaron la ausencia de otro tipo de fósiles —por ejemplo trilobites— diagnósticos inequívocos de una determinada edad; interpretaron entonces a la Formación Balcarce como una facies lateral de la Formación La Tinta de edad Precámbrica.

Es común que en secuencias que atraviesan el límite Precámbrico-Cámbrico se describa un perfil de bioturbación, que en la parte inferior presenta trazas de formas simples (que se asignan al Precámbrico), luego se pasa a niveles con gran abundancia y diversidad de trazas complejas (entre ambos se ubica el límite), para ser coronadas por encima con capas que contienen trilobites. Crimes (1975) considera que la preservación de estos trilobites es una cuestión fortuita ya que las trazas se encuentran comúnmente en sedimentitas clásticas silíceas que no constituyen el mejor medio para la preservación de cuerpos fósiles.

Si analizamos las trazas presentes en la secuencia sedimentaria de Tandilia, se debe destacar que en la Formación Sierras Bayas, si bien se observan icnogéneros, éstos no presentan la abundancia y diversidad de los de la Formación Balcarce (Poiré *et al.*, 1984). Este es un fenómeno mundialmente observado, al cual hace referencia Glaessner (1969) al estudiar la Formación Arumbera de Australia. Asimismo, Young (1972) en el sureste de la Cordillera de Canadá encontró *Didymaulichnus*, *Planolites* y *Chondrites* y los ubicó por debajo del límite Precámbrico-Cámbrico, mientras que dejó arriba a la Formación Midas —que subyace a las capas con los primeros trilobites— en la cual advierte un incremento en el número y variedad de las trazas. Por su parte, Banks (1970) en Noruega ubica el límite Precámbrico-Cámbrico dentro de la Formación Stappogieddle (Grupo Vestartana); deja para el Precámbrico perforaciones verticales simples y por encima del límite una gran variedad de perforaciones horizontales y verticales. Mucho más amplia podría ser la nómina de autores que han encontrado en diferentes sucesiones similares situaciones, aquí sólo se han mencionado algunos a modo de ejemplo, para una discusión más completa se remite al lector a Crimes y Germs (1982).

El incremento en la diversidad y complejidad de las trazas fósiles a través del tiempo, no parece suscitar discusiones en cuanto a su existencia, como se puede apreciar en el gráfico de Frey y Seilacher (1980 text, Fig. 9) en el cual se plotea la primera aparición de los principales icnogéneros en el registro en forma de curva acumulativa con respecto a los períodos del Precámbrico al Terciario.

Sin embargo hay discrepancias entre los diferentes autores en cuanto a si dicha diversidad y complejidad se produce en forma súbita o forma parte de un proceso evolutivo progresivo, lento y largo. Al respecto Seilacher (fide Glaessner, 1969) fue el primero en sostener que a comienzos del Cámbrico se produjo una diferenciación rápida de organismos bentónicos de cuerpo blando; asimismo Banks (op. cit.) concluye que las trazas proveen evidencias de un incremento abrupto en el número y complejidad de anélidos, artrópodos y moluscos. Del mismo modo Crimes (1975) considera que la distribución de trazas y cuerpos fósiles de trilobites podría ser explicada por una evolución rápida en el Precámbrico tardío o en el Cámbrico temprano, con el desarrollo de formas de cuerpos blandos y posteriormente duros.

Algunos autores han observado que esta variación vertical de las

trazas estaría relacionada —al menos en parte— con una variación en las facies sedimentarias (Crimes *et al.*, 1977). Sin embargo esta dependencia, puede ser reconocida y evaluada en las sucesiones sedimentarias y en todo caso llegar a compensar su efecto al estudiar la posible ubicación del límite Precámbrico-Cámbrico, como bien lo reconocieron Frey y Seilacher (1980).

Al analizar la secuencia de las Sierras Septentrionales observamos que las trazas descriptas para la Formación Sierras Bayas están contenidas en "arenitas cuarzosas", atribuidas a un ambiente sublitoral (Poiré *et al.*, 1984) mientras que las de la Formación Balcarce se encuentran, en su gran mayoría, en sedimentitas de intermarea (del Valle, 1983). Por lo tanto la diferencia en la cantidad y diversidad de trazas fósiles no sería atribuible a la variación facial ya que el ambiente de submarea se encuentra caracterizado por estar afectado por una abundante bioturbación (Dörjes y Hertweck, 1975).

Por otro lado debemos tener en cuenta el grado de preservación de las trazas fósiles, que en ambientes de alta energía es escasa o nula, mientras que en medios con baja energía dicho potencial es mucho mayor. En este sentido las facies de arenitas cuarzosas, en artesas de la Formación Sierras Bayas, portadoras de las trazas fósiles, representan un ambiente de energía mayor que las facies mixtas psamítico-pelíticas de la Formación Balcarce y por lo tanto la preservación podría ser —al menos en parte— una de las causas de la diferencia en el contenido de icnofósiles de una y otra formación. Sin embargo, otros niveles de la Formación Sierras Bayas, como las facies de psamitas y pelitas varicolores del Miembro Psamopelitas o las facies de arenitas cuarzosas ondulíticas del Miembro Cuarцитas Superiores fueron formadas bajo un nivel de energía moderado a bajo, lo cual debería haber permitido una mayor preservación y pese a ello las trazas descriptas son poco numerosas (cfr. Poiré, *et al.*, *op. cit.*).

3. *Edad de la Formación Balcarce según dataciones radimétricas y correlaciones con otras unidades.*

Con respecto a las dataciones radimétricas, tenemos por un lado las dataciones de la diagénesis tardía de la fracción arcilla de la secuencia sedimentaria (Bonhomme y Cingolani, 1981; Cingolani y Bonhomme, 1982) que dan para la Formación Sierras Bayas de la zona de Olavarría-Sierras Bayas una edad Rb-Sr de 769 ± 12 Ma, es decir que corresponden al Proterozoico alto o a una edad Ripheana alta. En la zona de Balcarce-Mar del Plata dichos autores obtuvieron una edad K-Ar para la Formación Punta Mogotes (que infrayace a la Formación Balcarce) de 600 Ma, la que corresponde a la fase tectonometamórfica principal del ciclo orogénico Brasileño. Con respecto a la Formación Balcarce analizaron muestras de su equivalente lateral (Formación Las Águilas) en la zona de Barker-San Manuel, obteniendo un diagrama isocrónico disperso que no pudo ser utilizado para calcular la edad, lo que

fue tomado como un argumento a favor del origen detrítico de la fracción arcillosa.

Por otro lado, se cuenta con la datación K-Ar de un dique básico que intruye a la Formación Balcarce en la Sierra de Barrientos, en forma subhorizontal y paralela a la estratificación, datado en 450-498 Ma (Rapela *et al.*, 1974).

En síntesis, la Formación Balcarce tendría una edad radimétrica inferior a los 600 Ma y superior a los 450-498 Ma, que corresponde a una ubicación cronológica entre el Cámbrico y el Ordovícico inferior, como lo postularon Rapela *et al.* (*op. cit.*) y que sería coherente con el rango cronológico de la asociación de trazas presentes en dicha unidad: Cambro-Ordovícica.

La Formación Balcarce ha sido correlacionada por Dalla Salda (1979, 1982) con el Miembro Cuarcitas Nasep del Subgrupo Schwarstrand del Grupo Nama; este autor considera que habría existido una cuenca común africano-argentina que se extendió entre 700-500 Ma, depositándose el Grupo Nama en África y el Grupo La Tinta en Argentina.

La edad del Miembro Cuarcitas Nasep podría ser Vendiano o Tomotiana, mientras que la sección superior del subgrupo Schwarstrand sería Cámbrica (Crimes y Germs, 1982).

Por otra parte recientemente ha sido descripta, en la zona de Balcarce, una secuencia diamictica (Spalletti y del Valle, 1985) que se encuentra encima del basamento granitoide y por debajo de la Formación Balcarce. Dichos autores la interpretan como formada por acción glacial en un ambiente marino cercano a la costa y sugirieron, sobre la base de evidencias estratigráficas y paleomagnéticas, que se habrían depositado durante el Vendiano o Infracámbrico. De esta manera estas acuatillitas y glasiomarinitas podrían formar parte del segundo y más joven de los episodios glaciales principales diferenciados durante el Proterozoico por Bonhomme y Bertrand-Sarfati (1982) que se habría desarrollado entre los 600 y 700 Ma y que estaría muy bien representado en el oeste de África. Indudablemente, la Formación Balcarce se depositó con posterioridad a este evento glacial que afectó al continente Gondwánico.

CONSIDERACIONES PALEOAMBIENTALES

Según Seilacher (1967) una traza fósil refleja el comportamiento de un organismo adaptado a condiciones ambientales específicas. De esta manera una asociación particular de trazas fósiles puede llegar a ser característica de un ambiente sedimentario dado. Tales ambientes quedan definidos por parámetros tales como: temperatura, tipo de sustrato, aporte de nutrientes, gradiente energético (intensidad de olas o de corrientes), salinidad, cantidad de oxígeno, etc.

En ambientes marinos, se puede decir de manera general que estos factores que controlan la cantidad y distribución de los organismos que generan las trazas, varían con la profundidad. Este concepto permitió a Seilacher (1967) diferenciar seis asociaciones típicas o icnofaciales sobre la base de una escala batimétrica relativa, que ha sido modificada por Frey y Seilacher (1980) introduciendo una asociación más.

De acuerdo a esta clasificación, la asociación presente en la Formación Balcarce correspondería a la icnofacies *Cruziana*, como ya lo puntualizara Aceñolaza (1979), sobre la base de las descripciones realizadas por Borrello (1967). Frey y Seilacher (1980) caracterizaron a esta icnofacies por la abundancia de huellas de arrastre, tanto epigénicas como endogénicas y de huellas de excavación en U con disposición oblicua. Correspondería a un ambiente sublitoral somero, fuera del alcance o por debajo del nivel de base del oleaje normal y por encima del de tempestad, y con energía moderada a relativamente baja. Los sedimentos característicos son alternancia de arenas bien seleccionadas con arenas arcillosas y capas pelíticas, o sea sedimentación apreciable aunque no necesariamente rápida. Se trata de un ambiente deposicional muy amplio que incluye: estuarios, bahías, albuferas, plataformas continentales y taludes de mares epíricos.

Con excepción de *Cochlichnus* y en algunos casos *Didymaulichnus*, los restantes icnogéneros descritos se han encontrado en sucesiones mixtas, es decir pelitas y areniscas alternantes con estructuras mecánicas: flaser, ondulosa y lenticular, en las cuales se observa una intensa bioturbación. Se trata de un ambiente marino somero, en el que alternan períodos de sedimentación bajo el influjo de corrientes que son responsables de los bancos de areniscas, con períodos de quietud durante los que se depositan los niveles pelíticos. El régimen de sedimentación es bajo y alternante, lo cual permite una intensa actividad biológica sobre todo en los términos más finos, los que son poblados por abundantes invertebrados de cuerpo blando, que viven sobre o dentro del sustrato y que no se conservan en sí mismos por carecer de partes duras; sí, en cambio, sus pistas, huellas o excavaciones (Rhoads, 1975) que luego se rellenan pasivamente, con la arena depositada bajo la acción de corrientes, preservándose como hiporelieves.

Según Seilacher (1978) el grado de diversidad en icnocenosis marinas someras no parece haber variado, en sus rasgos principales, desde el comienzo del Cámbrico en adelante. De tal manera que las conclusiones sobre icnocenosis de distintos ambientes marinos someros actuales a las que arriban Dörjes y Hertwck (1975) en el Mar del Norte, Mar Mediterráneo y la costa atlántica de EE.UU. pueden resultar de utilidad.

Dichos autores pudieron extraer, pese a las diferencias entre los distintos lugares analizados, un modelo de zonación de organismos bentónicos. Así, la zona supralitoral se caracteriza por muy pocas especies marinas y terrestres, con relativamente pocos individuos. La zona eulitoral que se desarrolla entre el nivel de alta y baja marea, se caracteriza porque pocas especies se adaptan a un ambiente de condiciones mecánicas

tan rigurosas por la influencia de mareas y olas, con períodos alternantes de sumersión y exposición aérea, pero la cantidad de individuos es muy grande. Con respecto a la zona sublitoral, que se desarrolla por debajo del nivel de marea baja, se reconocen tres subzonas: 1) la sublitoral alta que se extiende hasta el nivel base de olas, en el que si bien se incrementa el número de especies debido a la permanente sumersión, el número de individuos es muy reducido como consecuencia del fuerte trabajo que sufren los sedimentos por acción de las olas y corrientes de surf; 2) la sublitoral media que se extiende entre el nivel de base de ola y el límite de transporte tractivo de sedimentos, y en la que el número de especies y de individuos alcanza un máximo debido a que el retrabajo de sedimentos es insignificante y el aporte de alimentos es alto; y 3) la subzona sublitoral baja que se extiende hasta el talud y se caracteriza por el decrecimiento en el número de especies e individuos como consecuencia de la disminución en la cantidad de alimentos.

Para la Formación Balcarce, sobre la base del estudio de sus estructuras mecánicas, se han determinado depósitos de submarea y de intermarea. Los primeros están caracterizados por ortocuarzitas medianas a gruesas con estratificación entrecruzada planar (en algunos casos bipolar), producto de la migración de ondas de arena, con escasa bioturbación, reducida variedad y número de trazas (sólo se reconoció *Didymaulichnus*). Los depósitos de intermarea, con sedimentitas que muestran variadas estructuras, están conformados por areniscas cuarcíticas con estructura entrecruzada planar, similares a las de submarea, que corresponderían a un ambiente de planicie arenosa de intermarea, con muy baja bioturbación y que denota un nivel de energía equivalente al de submarea (o sublitoral) alta. También se encuentran niveles alternantes de areniscas y pelitas con estructuras flaser, ondulosa hasta lenticular, con bioturbación muy intensa, que corresponden a una planicie mixta de intermarea donde impera un nivel de energía relativo notoriamente inferior al de los ambientes anteriormente mencionados y de ahí el incremento en sus trazas fósiles.

Reineck (1975) estudió un ambiente actual (Mar del Norte, frente a Alemania) influenciado por mareas cuyo rango tidal es coincidente con el determinado para la Formación Balcarce, 1,94 a 3,70 m (cfr. del Valle, 1983) y con el cual muestra notorias equivalencias. Describió una zona subtidal caracterizada por megaóndulas y estratificación entrecruzada de pequeña escala que muestran orientaciones bipolares de corrientes, con bioturbación baja y una zona intertidal con estratificación entrecruzada de pequeña escala y capas con estructuras flaser, ondulosa y lenticular que están fuertemente bioturbadas, correspondiendo la mayoría de los organismos a la infauna. Según este autor, las marcas de la superficie y las impresiones están controladas por las condiciones climáticas, ya que durante períodos de tormenta las planicies intertidales muestran lecho plano, mientras que en condiciones de buen tiempo hay abundantes óndulas de corrientes y las huellas de los organismos están bien desarrolladas.

Si bien entonces, es válida la generalización realizada por García-Ramos (1982) de que en zonas sublitorales las trazas tienden a ser de trazado horizontal, mientras que en zonas litorales, de intermarea, con fondos inestables y alta energía, es frecuente la existencia de trazas verticales; la llamativa coherencia entre las observaciones de ambientes actuales hechas por Reineck y las de las sedimentitas de la Formación Balcarce nos indican que dicha generalización no debe ser excluyente y —por el contrario— es posible que los niveles con trazas descriptos sean de intermarea.

Esta relatividad de la batimetría deducida sobre la base de las trazas fósiles es reconocida también por Frey y Seilacher (1980 : 196) y por Crimes (1970 : 103); este último autor menciona en forma especial la sedimentación marina en aguas someras ya que es un ambiente en el cual se producen condiciones hidrodinámicas, sustratos y por lo tanto organismos comúnmente asociados a profundidades mayores.

CONCLUSIONES

1. — Se describen por primera vez para la Formación Balcarce los icnogéneros *Plagiogmus* y *Cochlichnus*. El primero de ellos fue interpretado como una huella realizada por un molusco primitivo, sin valva, que se mueve a través del sedimento (Glaessner, 1969) y cuyo rango cronoestratigráfico es Cámbrico inferior a medio, pudiéndose extender hasta el Ordovícico inferior (cfr. Aceñolaza y Fernández, 1978; Fernández y Lisiak, 1984); se encontró en la Sierra de Los Padres asociado a *Arthropycus alleghaniensis*, *Palaeophycus tubularis* y *Didymaulichnus*. El segundo fue considerado como una huella de arrastre dejada por un verme (García-Ramos, 1982), cuyo biocrón va desde el Precámbrico superior al Terciario; se lo localizó en la cantera de Dazeo de Batán.

2. — Con respecto a la edad de la Formación Balcarce:

a) El biocrón de los icnogéneros descriptos y su asociación con otras formas ubicaría a la Formación Balcarce en el Cambro-Ordovícico, lo cual sería coherente con las dataciones radimétricas existentes (cfr. Cingolani y Bonhomme, 1982; Rapela *et al.*, 1974).

b) La gran abundancia y variedad de icnogéneros de la Formación Balcarce que contrasta con la reducida cantidad y diversidad de trazas en la Formación Sierras Bayas, la presencia de *Plagiogmus*, *Arthropycus* y *Cruziana* sustentarían la idea de ubicar a la Formación Balcarce, por arriba del límite Precámbrico-Cámbrico.

3. — La asociación de trazas presente en la Formación Balcarce pertenecería a la icnofacies *Cruziana* (según la clasificación de Frey y

Seilacher, 1980), correspondiente a un ambiente sublitoral somero, fuera del alcance o por debajo del nivel de base del oleaje normal. Sin embargo, la coherencia entre observaciones en ambientes actuales y las sedimentitas de la Formación Balcarce nos conducen a no descartar, para los niveles fuertemente bioturbados, un ambiente de intermarea.

AGRADECIMIENTOS

La autora desea expresar su reconocimiento al Dr. Luis Spalletti por el constante apoyo y la revisión crítica del manuscrito. Asimismo se agradece a la Dra. Zulma Brandoni de Gasparini y al Dr. Gilberto Aceñolaza la lectura del trabajo e importantes sugerencias aportadas. A la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires por las facilidades que dispusiera para la realización de este trabajo. A los Sres. Carlos Brianese y Luis Ferreira por los gráficos y el material fotográfico respectivamente.

BIBLIOGRAFIA

- ACEÑOLAZA, F. G., 1979. El Paleozoico inferior de Argentina según sus trazas fósiles. *Ameghiniana* 15, (1-2): 15-64.
- 1982. Trazas fósiles del Paleozoico argentino. Paleoaambientes, paleogeografía y sus relaciones sudamericanas. *Acta Geol. Lilloana* 16, 1: 59.
- y FERNÁNDEZ, R., 1978. Trazas fósiles en el Ordovícico inferior de la Sierra de Cajas, Jujuy. *Acta Geol. Lilloana* (Supl.) 14: 33-37.
- ALFARO, M., 1981. Estudio Geológico de la Zona comprendida por las Hojas La Numancia, Licenciado Matienzo y Estancia San Antonio, en las Sierras Septentrionales de Bs. As. V *Reunión Científica Informativa, Resúmenes*. Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Bs. As.: 9.
- ALPERT, S. P., 1977. Trace fossils and the basal Cambrian boundary, 1-8. In: *Trace Fossils* 2, Geol. J. Spec. Issue 9. Crimes y Harper (ed.).
- AMOS, A., QUARTINO, B. & ZARDINI, R., 1972. El Grupo La Tinta (Prov. Bs. As., Argentina), Paleozoico o Precámbrico. *XXV Congreso Brasileño Geol.* Sao Paulo: 211-221.
- ANTONIOLI, J., 1966. Lista de fósiles del Paleozoico de la Provincia de Bs. As. Las localidades de sus hallazgos e historia de los mismos. *Com. Inv. Cient. Prov. Bs. As., Mem.* 1966: 77-121.
- BANKS, N. L., 1970. Trace fossils from the late Precambrian and Lower Cambrian of Finnmark, Norway. In: Crimes y Harper (eds.). *Trace fossils*. Geol. Jour. Spec. Issue 3: 19-35.
- BONHOMME, M. & CINGOLANI, C., 1981. Mineralogía y geocronología Rb/Sr y K-Ar de fracciones finas de la Formación La Tinta, Prov. de Bs. As., *Asoc. Geol. Arg. Rev.* 35, 4: 519-538.
- BONHOMME, M. & BERTRAND-SARFATI, J., 1982. Correlation of Proterozoic sediments of western and central Africa and South America based upon radiochronological and palaeontological data. *Precambrian Research*, 18, 1-2: 171-194.
- BORRELLO, A., 1967. *Paleontografía Bonaerense*. Fascículo: V: Trazas, restos tubiformes y cuerpos fósiles problemáticos de la Formación La Tinta,

- Sierras Septentrionales. Provincia de Buenos Aires: 1-42. Comisión de Invest. Científicas de la Provincia de Buenos Aires, La Plata.
- CINGOLANI, C. & BONHOMME, M., 1982. Geochronology of La Tinta upper Proterozoic sedimentary rocks, Argentina. *Precambrian Research*, 18, 1-2: 119-132.
- COWIE, J. W., 1978. Symposium on the Precambrian-Cambrian boundary IGCP Project 29 and IUCS (International Commission on Stratigraphy) Precambrian-Cambrian Boundary Working Group in Cambridge, 1978. *Geol. Mag.* 115, 81-82, 151-152.
- CRIMES, T. P., 1970. The significance of trace fossils in sedimentology, stratigraphy and palaeoecology with examples from Lower Palaeozoic strata. In: "Trace Fossils" Crimes and Harper (Ed.). *Geol. J. Sp. Issue* Nº 3: 101-126.
- 1975. The stratigraphical significance of trace fossils. In: *The study of trace fossils*. Frey (ed.). Cap. 7: 109-130.
- CRIMES, T. P., LEGG, I., MARCOS, A., & ARBOLEYA, M., 1977. Late Precambrian-lower Lower Cambrian trace fossils from Spain. In: *Trace Fossils 2* Crimes y Harper (Ed.). *Geol. J. Sp. Issue* Nº 9: 91-138.
- CRIMES, T. P. & GERMS, G., 1982. Trace fossils from the Nama Group (Precambrian-Cambrian) of Southwest Africa. *J. Paleont.* 56, 4: 890-907.
- DALLA SALDA, L. & ISIGUEZ RODRÍGUEZ, M., 1979. La Tinta, Precámbrico y Paleozoico de Bs. As. VII Congreso Geol. Arg. 1: 539-550.
- 1979. Nama and La Tinta Groups a common Southern Africa-Argentine basin? *Chamber of Mines 16º An Rep.* 1978. Univ. Cape Town Africa: 113-128.
- 1982. Nama-La Tinta y el inicio de Gondwana. *Acta Geol. Lilloana* XVI, 1: 23-38.
- DEL VALLE, A., 1983. Análisis microfacial de las sedimentitas de la Formación Balcarce entre Mar del Plata y Sierra de La Vigilancia, Provincia de Bs. As. Informe final beca de estudio *Com. Inv. Cient. Bs. As.* Inédito.
- DÖRJES, J. & HERTWECK, G., 1975. Recent biocoenoses and ichnocoenoses in shallow-water marine environments. Cap. 20: 459-492. In: *The study of trace fossils*. Frey (ed.). Springer-Verlag.
- FERNÁNDEZ, R. & LISIAK, H., 1984. Nuevos estudios icnológicos en el tramo superior de la Quebrada de Humahuaca, provincia de Jujuy. 9º Congreso Geol. Arg. Bariloche, 1984, Actas IV: 277-295.
- FOSSA MANCINI, E., 1944. Las transgresiones del Antracólitico en la América del Sur. *Rev. Mus. La Plata (n.s.), sec. Geol.* 2: 49-183. La Plata.
- FREY, R., 1975 (Ed.). *The study of trace fossils*. A synthesis of principles, problems and procedures in Ichnology. Springer-Verlag: 1-562
- FREY, R. & SEILACHER, A., 1980. Uniformity in marine invertebrate ichnology. *Lethaia*, 13: 183-207.
- GARCÍA-RAMOS, J., 1982. *Estructuras Orgánicas*: Aplicación al estudio de series estratigráficas y ambiente sedimentario. Ciclo de Seminarios sobre Sedimentología Nº 5, del Depto. de Estratigrafía de la Facultad de Geol., Univ. de Oviedo: 1-103.
- GLAESSNER, M. F., 1969. Trace fossils from the Precambrian and basal Cambrian. *Lethaia*, 2: 369-393. Oslo.
- GONZÁLEZ BONORINO, F., 1954. Geología de las Sierras Bayas, Olavarría, Prov. Bs. As. *M.O.P., LEMIT, Serie 2*, Ng 55: 5-37.
- HALL, J., 1847. *Palaeontology of New York*. Vol. 1. C. Van Benthuyzen (Albany, NY): 1-338.
- 1852. *Palaeontology of New York*. Vol. 2: 1-362.

- HALLAM, A., 1975. Preservation of trace fossils. En Frey (Ed): *The study of trace fossils*: 55-63. Springer-Verlag, New York.
- HANTZSCHEL, W., 1975. *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Part W. Supplement I: Trace fossils and Problematica: 1-269.
- HARRINGTON, H. J., 1940. La edad de la dolomita de Olavarría y la estructura de corrimiento de las Sierras Bayas. *Rev. Mus. La Plata (n.s.)*, 1, Sec. Geol.: 233-258.
- HAUTHAL, R., 1896. Contribución al estudio de la Provincia de Buenos Aires: I. *Rev. Mus. La Plata*, 7: 477-489.
- 1901. Contribuciones al conocimiento de la Geología de la Prov. de Bs. As.: II. Apuntes geológicos de las Sierras de Olavarría. *Publ. Univ. La Plata* Nº 1, 1-30.
- HITCHCOCK, E., 1858. *Ichnology of New England*. A report on the sandstone of Connecticut Valley specially its footprints: 1: 220. White, W. (Ed.), Boston.
- HOLMBERG, E., 1972. Tandilia. En *Geología Regional Argentina*. Acad. Nac. de Cs. de Córdoba, Leanza A. (Ed.): 365-393.
- HOWARD, J. & FREY, R., 1984. Characteristic trace fossils in nearshore to offshore sequences, Upper Cretaceous of east-central Utah. *Canadian J Earth Sciences*, 21, 2: 200-219.
- MARCHESE, H. & DI PAOLA, E., 1975. Miogeosinclinal Tandil. *Asoc. Geol. Arg. Rev.* 30, 2: 161-179.
- NÁGERA, J., 1919. La Sierra Baya (Prov. Bs. As.). Estudio Geológico económico. *Anal. Minist. Agric. Sec. Geología, Minería y Min.*, T 14, Nº 1, Bs. As.: 11-60.
- 1926. Notes precambriennes argentines (Bonaerense). *Congr. Geol. Internac.* 13 session, Bélgica 1922, fasc. 3: 1651-1655. Liège, Bélgica.
- 1940. Tandilia. Biblioteca de Humanidades, *Univ. Nac. La Plata*, T 24: 1-272 (T. 1, de Hist. de la Provincia de Bs. As.).
- PEMBERTON, G. & FREY, R., 1982. Trace fossils nomenclature and the *Planolites-Paleophycus* dilemma. *J. Paleont.* 56: 843-881.
- POIRÉ, D., DEL VALLE, A. & REGALÍA, G., 1984. Trazas fósiles en cuarcitas de la Formación Sierras Bayas (Precámbrico) y su comparación con las de la Formación Balcarce (Cambro-Ordovícico), Sierras Septentrionales de la Provincia de Bs. As. *9º Congr. Geol. Arg.* Bariloche, Actas IV: 249-266.
- POTHE DE BALDIS, BALDIS, B. & CUOMO, J., 1983. Los fósiles precámbricos de la Formación Sierras Bayas (Olavarría) y su importancia intercontinental. *Asoc. Geol. Arg. Rev.* 38, 1: 73-83.
- RAPELA, C., DALLA SALDA, L. & CINGOLANI, C., 1974. Un intrusivo básico ordovícico en la "Formación La Tinta" (Sa. de Los Barrientos, Bs. As.). *Asoc. Geol. Arg. Rev.* 29, 3: 319-331.
- REGALÍA, G. M. & HERRERA, H., 1981. *Phycodes* aff. *pedum* (traza fósil) en estratos cuarcíticos de San Manuel, Sas. Septentrionales, Bs. As. *Asoc. Geol. Arg. Rev.* 36, 3: 257-261.
- REINECK, H., 1975. German North Sea Tidal Flats. In: *Tidal Deposits*. Ginsburg (ed.). Springer-Verlag: 1-428.
- RHOADS, D. C., 1975. The paleoecological and environmental significance of trace fossils. Cap. 9. In: *The study of trace fossils*. Frey (Ed.), Springer-Verlag: 147-160.
- ROEDEL, H., 1929. Ergänzung zu meiner Mitteilung über ein Kambrisches Geschiebe mit problematischen spuren. *Zeitschr. Geschiebeforsch.* 5: 48-51.
- SEILACHER, A., 1967. Bathymetry of trace fossils. *Mar. Geol.* 5, 5-6: 413-428.

- 1978. Use of trace fossils assemblages for recognizing depositional environments. En: Basan, P. (Ed.). *Trace Fossil Concepts*. SEPM short Course 5, Notebook, Oklahoma: 167-181.
- SPALLETTI, L. & DEL VALLE, A., 1985. Las diamictitas del sector oriental de Tandilia: caracteres sedimentológicos y origen. *Asoc. Geol. Arg. Rev.* 39, 3-4: 188-206.
- YOUNG, F., 1972. Early Cambrian and older trace fossils from the Southern Cordillera of Canadá. *Can. J. Earth Sci.*, 9: 1-17.

Manuscrito recibido el 4 de octubre de 1984.

Manuscrito revisado recibido el 7 de junio de 1986.