

# *Helminthopsis abeli* Ksiazkiewicz, un icnofósil del Ordovícico Superior de la Zona Centroibérica española

*Helminthopsis abeli* Ksiazkiewicz, an ichnofossil from the Upper Ordovician of the Central Iberian Zone (Spain)

G. F. Aceñolaza<sup>1</sup> y J.C. Gutiérrez-Marco<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Superior de Correlación Geológica, CONICET - Facultad de Ciencias Naturales e IML, Miguel Lillo 205, 4000 Tucumán (Argentina).

<sup>2</sup> Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), Facultad de Ciencias Geológicas, 28040 Madrid.

## ABSTRACT

A typical example of the *Helminthopsis* ichnoguild formed by deep deposit-feeder tiers is presented from an Upper Ordovician shallow marine succession in Central Spain. The monospecific ichnoassociation is composed by *Helminthopsis abeli* Ksiazkiewicz, massively recorded from a single bed within a siliciclastic alternation with some storm influence of Caradoc age, in the lower part of the "Bancos Mixtos" Formation, south of the town of Torrenueva (Province of Ciudad Real).

**Key words:** trace fossils, *Helminthopsis* ichnoguild, Ordovician, Central Iberian Zone, Spain.

*Geogaceta*, 24 (1998), 7-10

ISSN: 0213683X

## Introducción

El registro de icnofósiles en el Ordovícico de la Zona Centroibérica meridional es bastante amplio, y está referido especialmente a los tramos heterolíticos de muchas formaciones con predominio cuarcítico. Se trata, para el Ordovícico Inferior, de la Cuarcita Armoricana y sus formaciones de base, así como de las "Capas Pochico" o "de Marjaliza" (Bouyx, 1970; Tamain, 1972; Moreno *et al.* 1976; Pickerill *et al.* 1984, entre otros); en el Ordovícico Medio de las Areniscas de Los Rasos y las cuarcitas Botella (= Cantera; Seilacher, 1970); y en el Ordovícico Superior de las Pizarras Chavera (Hafenrichter, 1979). Los principales registros, aparte de los mencionados, fueron sintetizados recientemente por Romano (1991) para el conjunto de la Zona Centroibérica hispano-portuguesa. Este último trabajo muestra que los icnofósiles del Ordovícico Superior son comparativamente raros y, en el Caradoc, se hallan restringidos a los géneros *Arthraria*, *Bergaueria*, *Didymaulichnus*, *Diplocraterion*, *Taenidium*, *Palaeophycus*, *Planolites*, *Skolithos* y, con dudas, *Bifungites*, *Fucusopsis*, *Gordia*, *Trachomatichnus*, y *Rosselia*, identificados principalmente en la Formación Louredo de Buçaco (Portugal). En el sector español de la Zona Centroibérica, numerosos autores han puesto de manifiesto la presencia de icnofósiles en unidades del

Ordovícico Superior (Pizarras Cantera, "Bancos Mixtos" y Pizarras Chavera), pero sin concretar identificaciones icnotaxonómicas. La única excepción es el trabajo de Hafenrichter (1979), quien cita siete icnofósiles distintos en las Pizarras Chavera de Corral de Calatrava y Terrinches (Ciudad Real), entre ellos *Neonereites*, *Laevicyelus* y *Arenicolites*, así como una pequeña traza meandriforme y marcas de artrópodos no identificadas. Por lo que se refiere a los "Bancos Mixtos", los únicos datos existentes son los de la tesis de licenciatura de Kappes (1991, inédita), quien describe en detalle el perfil del Puente Morena (al este de Corral de Calatrava), señalando en distintos horizontes *Daedalus*, *Rhizocorallium*, *Skolithos* y *Thalassinoides*.

En este contexto de ausencia generalizada de datos sobre icnofósiles del Ordovícico Superior, en la Zona Centroibérica española, creemos interesante aportar el hallazgo de *Helminthopsis abeli* (Ksiazkiewicz, 1977) en los "Bancos Mixtos" al sur de Torrenueva (Ciudad Real). El descubrimiento se produjo en 1994, durante los trabajos previos a la preparación de un bloque de hojas geológicas del Proyecto MAGNA, y nos fué gentilmente comunicado a los autores por D. Fernando López Díaz y la empresa operadora, Compañía General de Sondeos S.A.

El presente registro paleoicnológico aporta la primera identificación y descrip-

ción precisa de un icnofósil en el Ordovícico Superior de la Zona Centroibérica. Tan sólo en la Zona Asturoccidental-Leonesa habían sido descritos con anterioridad formas de edad comparable, incluyendo el icnogénero *Helminthopsis* (Crimes *et al.*, 1974). Otra icnoespecie atribuida inicialmente al Caradoc, "*Cruziana*" *almadenensis* Seilacher (1970), en realidad es más antigua, ya que su estratotipo en las Cuarcitas Botella de Almadén (Ciudad Real), se atribuye modernamente al Dobrotiviense (San José *et al.*, 1992).

## Localidad fosilífera

El material icnológico estudiado en el presente trabajo procede de una pequeña sección, de menos de 40 m de espesor, perteneciente a las alternancias basales de los "Bancos Mixtos". Ésta se localiza 5.250 m al SSE del vértice urbano de Torrenueva (Ciudad Real), en el talud occidental del Km 5,2 de la carretera, próximo a la mina de Los Clérigos (Hoja 838, Coordenadas UTM 30S VH 4272,00; 469,52).

La sección está formada enteramente por una alternancia, en capas centimétricas, de areniscas ocreas con pizarras micáceas. Los bancos de arenisca tienen normalmente un espesor de 5 a 20 cm, pero hacia la base y techo de la sección se tornan más potentes y predominantes, alcanzando los 40 cm de espesor. Como única

litología digna de mención destaca un paraconglomerado centimétrico, de matriz areniscosa, que se sitúa en la parte media de la columna. Las estructuras sedimentarias observables en las areniscas son laminación paralela y oblicua, ripples y estratificación cruzada hummocky, representativa de un ambiente somero con influencia del oleaje de tormenta.

Las areniscas y pizarras micáceas muestran señales de bioturbación en distintos horizontes de la unidad, haciéndose ésta evidente en los tramos donde las pizarras predominan sobre los bancos arenosos, más delgados y esporádicos. Los icnofósiles estudiados proceden de la parte próxima al techo de la sección, al sur del corte, justo por debajo del tramo superior con predominio cuarcítico, el cual se muestra replegado en el talud de la carretera.

Los icnofósiles aparecen concentrados en una capa de limolita apizarrada, de espesor centimétrico y coloración azul verdosa, que se reconoce en una extensión de varios metros cuadrados de afloramiento. Dicho horizonte presenta numerosas pistas meandriiformes coalescentes por superposición, que destacan por su relleno pelítico de coloración más clara, y la tinción por óxidos de hierro de la matriz (Fig 1a, 1d).

La edad de los "Bancos Mixtos" está comprendida entre el Caradoc y el Ashgill basal (Gutiérrez-Marco y Rábano, 1987). La localidad estudiada no ha suministrado ningún dato bioestratigráfico relevante que permita precisar la edad de la icnoasociación estudiada. Sin embargo, por su posición estratigráfica en la parte inferior de los "Bancos Mixtos", y las dataciones biocronológicas regionales del techo de las Pizarras Cantera infrayacentes, podemos estimar una antigüedad máxima del Burrelliense superior (posible Longvillense) y como mínima Cheneyense (Woolstoniense-Marshbrookense), siendo esta última la más probable.

### Descripción icnotaxonómica

ICNOGÉNERO *Helminthopsis* Heer, 1877

ICNOESPECIE TIPO: *Helminthopsis hieroglyphica* Wetzel y Bromley, 1996 (non Maillard, 1887)

*Helminthopsis abeli* Ksiazkiewicz, 1977

(Fig. 1a-e)

\*1977 *Helminthopsis abeli* n.ichnosp. - Ksiazkiewicz; pág. 117, lám. 12, fig. 5; Fig. 21a-h

.1985 *Helminthopsis abeli* Ksiazkiewicz, 1977 - Crimes y Anderson; pág. 325; fig.

6.9, 6.10, Fig. 7.6, 7.7

.1988 *Helminthopsis abeli* Ksiazkiewicz - McCann y Pickerill; pág. 337, Fig. 4.2

.1990 *Helminthopsis abeli* Ksiazkiewicz - Mikulás; pág. 313, lám. 2, fig. 5; lám. 4, fig. 2

.1990 *Helminthopsis abeli* Ksiazkiewicz - Fillion y Pickerill; pág. 36, lám. 8, fig. 11

.1990 *Helminthopsis* sp. - Birhuet y Marquez; pág. 235, lám. 2, fig. 12

.1991 *Helminthopsis abeli* Ksiazkiewicz - Crimes y Crossley; pág. 37, Fig. 5a-i

.1996 *Helminthopsis abeli* Ksiazkiewicz - Mángano *et al.*; pág. 64, Fig. 12A

.1996 *Helminthopsis abeli* Ksiazkiewicz - Wetzel y Bromley; pág. 14, Fig. 7-centro

?1997 *Helminthopsis* ichnosp. - Kim y Heo; pág. 95, Fig. 6C-D

Material: Cerca de un centenar de pistas individuales, de las que se han depositado cinco piezas representativas en el Museo Geominero (ITGE, Madrid), con los números MGM-1089-O a MGM-1093-O.

### Descripción

Galería cilíndrica, no ramificada, desarrollada en forma paralela al plano de estratificación y con un recorrido curvo irregular, con tendencia a formar meandros en su mayor parte abiertos y de magnitud variable. Las trazas individuales se conservan en recorridos frecuentemente inferiores a 8 cm, pudiendo contener éstos de 2 a 4 meandros cuyo perfil varía entre campaniforme y en herradura. El diámetro del tubo varía entre 3 y 5 mm, permaneciendo generalmente constante para cada ejemplar.

Los meandros más abiertos presentan una relación alto/ancho (medido desde los márgenes internos de curvas y meandros, y con respecto al diámetro de la traza) de 1:7 a 1:15. Los meandros más frecuentes tienen un perfil campaniforme, y en ellos la relación alto/ancho varía entre 3:6 a 4:7 veces el diámetro. En ocasiones también se observan meandros cerrados, en herradura o incluso constreñidos en la base como la letra  $\Omega$ : en el punto más estrecho, la anchura de estos últimos representa de 1 a 1,4 veces el diámetro de la traza, para aumentar en las partes altas a 2 - 2,4 veces dicho diámetro, y todo ello con alturas variables entre 4 y 5,4 veces el diámetro de la galería.

### Observaciones

El material estudiado se conserva en el interior del estrato (endichnia), con un relleno formado por un material lutítico más fino que el de la matriz limolítica circundante, donde las micas son más abundantes y alcanzan un mayor tamaño. El relleno de las trazas destaca también por su tinte mu-

cho más claro y por su diferente textura frente a la matriz. Los óxidos de hierro que impregnan la matriz de las trazas aumentan todavía más este contraste; éstos parecen provenir de la alteración de un revestimiento en la pared de la galería, de probable origen diagenético.

En muchos ejemplares se aprecia un cierto lineamiento transversal o en menisco en el relleno lutítico de las galerías. Ello se acentúa por la foliación del relleno que impide reconocer con claridad la estructuración biogénica del mismo.

### Discusión

*Helminthopsis* es un icnofósil relativamente común en las facies flysch del conjunto Fanerozoico a nivel mundial, pero al mismo tiempo es uno de los más complejos desde el punto de vista icnotaxonómico. Esta complejidad deriva de las confusiones generadas a partir de la descripción original del icnogénero (Heer, 1877). Éste fue propuesto en base a tres icnoespecies que, posteriormente, resultaron pertenecer a icnogéneros distintos (Fillion y Pickerill, 1984; Han y Pickerill, 1995): se trata de *H. magna* Heer (= *Scolicia*); *H. intermedia* Heer (= *Subphyllochorda*) y *H. labyrinthica* Heer, persistiendo sobre la tercera dudas respecto a su desarrollo en un plano horizontal (pp. = *H. abeli*; pp. = *Helminthoida*?; *fide* Han y Pickerill, 1995) o si, por el contrario, fuese tridimensional (= *Spirocosmoraphe*; Wetzel y Bromley, 1996). Gran parte de las icnoespecies posteriormente relacionadas con *Helminthopsis*, fueron reasignadas a *Cosmorhaphe*, *Spirorhaphe*, *Helminthoida*, *Phycosiphon*, *Scolicia*, *Cochlichnus*, *Nereites* y *Alcyonidiopsis*? en trabajos posteriores, y algunas consideradas incluso como *nomina dubia* o *nomina oblita* tras su revisión (Han y Pickerill, 1995; Wetzel y Bromley, 1996).

De las icnoespecies consideradas actualmente válidas: *Helminthopsis tenuis*, *H. abeli* y *H. hieroglyphica* (Wetzel y Bromley, 1996), el material ibérico resulta claramente comparable con *H. abeli* Ksiazkiewicz 1977, por las relaciones morfométricas entre el diámetro de la galería y las dimensiones y trazado de los meandros. Ello se confirma aplicando al material ibérico, la metodología seguida por Wetzel y Bromley (1996) para la caracterización morfológica de icnoespecies, basadas en la proporción existente entre el tamaño de los meandros y el diámetro de la galería. En este sentido, los ejemplares estudiados difieren de *H. tenuis* Ksiazkiewicz 1968, porque en esta segunda icnoespecie los meandros son

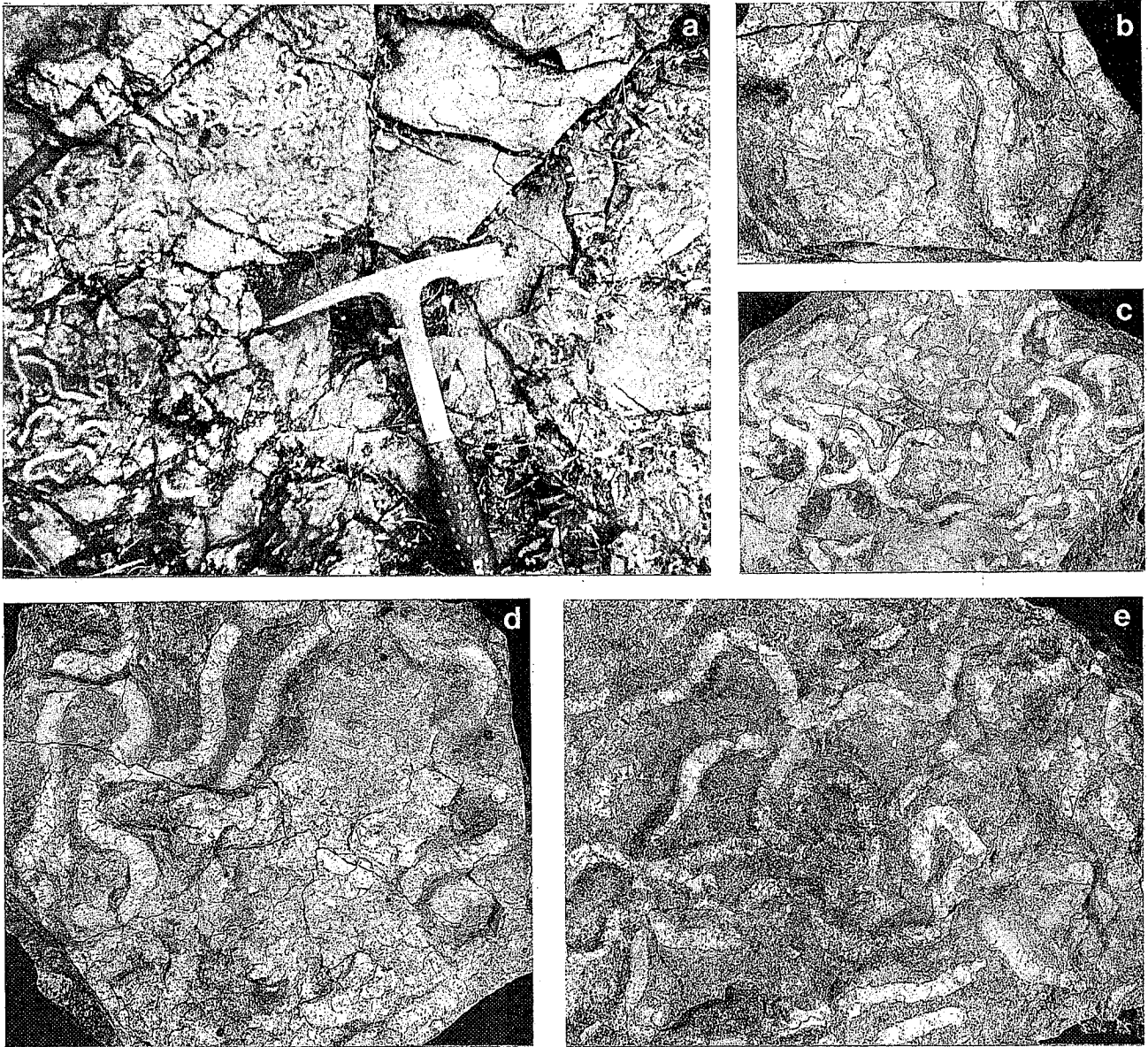


Fig. 1- *Helminthopsis abeli* Ksiazkiewicz. a, fotografía de campo mostrando la profusión de icnofósiles en un único plano paralelo al de estratificación; b, ejemplar MGM-1089-O (x 1); c, ejemplar MGM-1090-O (x 0,5); d, ejemplar MGM-1091-O (x 0,8); e, ejemplar MGM-1092-O (X 1)

Fig. 1- *Helminthopsis abeli* Ksiazkiewicz. a, field photograph showing concentration of trace fossils on a single bed parallel to stratification; b-e, selected samples, housed in the Geominero Museum of Madrid (for numbers and magnifications see above)

más grandes y más abiertos en proporción a un diámetro del tubo considerablemente inferior. En un trabajo previo, Han y Pickerill (1995) ampliaron la diagnosis de *H. abeli* para incluir al material tipo de *H. tenuis*, invirtiendo por tanto el orden de prioridad nomenclatural. Ello fue justificado, entre otras razones, para no desestabilizar la aceptación generalizada de *H. abeli* y por la confusión etimológica que el epíteto "*tenuis*" podría generar, dado que el diámetro no es, en este caso, un factor diagnóstico determinante. A pesar de ello, Wetzel y Bromley (1996) consideran ambas formas como icnoespecies independientes, reconocibles en el caso

de *H. abeli*, por sus meandros abiertos e irregulares, con algunas vueltas en forma de herradura; mientras que en *H. tenuis* el trazado de los meandros es más amplio y sin recorridos en herradura. Este criterio ha sido adoptado también en el presente trabajo.

*H. abeli* ha sido comúnmente descrito como formando hiporelieves convexos en la base de capas turbidíticas (hypichnia), semejando trazas tubiformes semicilíndricas (por ejemplo, Ksiazkiewicz, 1977). El material centroibérico se conserva, por el contrario, como endichnia con un relleno diferencial de la traza frente a la matriz, lo cual no es un hecho infrecuen-

te, si bien resulta difícil de observar en series antiguas (Han y Pickerill, 1995).

#### Distribución

*Helminthopsis abeli* es un icnofósil de amplio rango estratigráfico, conociéndose, entre otras localidades, en el Cámbrico Inferior, Ordovícico y Silúrico de Canadá (Crimes y Anderson, 1985; Pickerill, 1981; Fillion y Pickerill, 1984, 1990), Cambro-Ordovícico de Argentina (Mángano *et al.*, 1996), Ordovícico de la República Checa (Mikulás, 1990), Silúrico de Gran Bretaña (Crimes y Crossley, 1991) y Bolivia (Birhuet y Marquez, 1990), Cretácico de Alaska (McCann y Pickerill,

1988) y Cretácico a Oligoceno de Polonia (Ksiazkiewicz, 1977). Su registro más moderno se sitúa posiblemente en el Pleistoceno inferior de Corea (Kim y Heo, 1997).

### Discusión y conclusiones

El icnogénero *Helminthopsis* presenta una distribución cosmopolita y se reconoce en rocas de diferentes edades a partir del Neoproterozoico-Cámbrico Inferior (Crimes, 1987, 1994; Crimes *et al.*, 1992; Durand y Aceñolaza, 1990) hasta la actualidad (Swinbanks y Murray, 1981; Wetzel, 1983a-b). En España, el icnogénero ha sido reconocido en el Ordovícico de la Zona Asturoccidental-leonesa (Crimes *et al.*, 1974), en el Silúrico Superior y Devónico de la Zona Cantábrica (García Ramos, 1976, 1978; Suárez de Centi *et al.*, 1989) y en el flysch alpino de las cuencas Vasco-Cantábrica (Eoceno: Crimes, 1973, 1977; Leszczynsky, 1991) y Campo de Gibraltar (Paleoceno-Oligoceno superior: García-Ramos, 1984). Romano (1991) menciona con dudas "*Helminthopsis?* ichnosp." en la Formación Monte da Sombadeira del Dobrotviense de Buçaco (Portugal), que podría representar el hallazgo más antiguo de este icnogénero en la Península Ibérica. Como ocurre en los "Bancos Mixtos", la posible presencia de *Helminthopsis* en el Ordovícico de Portugal aparece ligada a ambientes de tempestitas arenosas (Brenchley *et al.*, 1986).

Los hallazgos previos de *Helminthopsis* sitúan su registro preferentemente en ambientes marinos profundos (flysch y turbiditas en general), correspondiendo a las "icnofacies de *Nereites*" según Seilacher (1967). Sin embargo, descubrimientos posteriores cifran su presencia en una gama mayor de icnofacies (de *Glossifungites*, de *Cruziana*, de *Zoophycos*...), por lo que el icnofósil se considera actualmente como un "facies-crossing", dado que aparece desde ambientes marinos abisales y de talud, hasta plataformas someras, playas barrera, secuencias deltáicas, e incluso ambientes no marinos y lacustres (ver para referencias Han y Pickerill, 1995).

El registro de *Helminthopsis* en ambientes marinos someros, como los evidenciados para los "Bancos Mixtos", es en cierto modo comparable a otros hallazgos del icnogénero realizados en el Silúrico-Devónico de la Zona Cantábrica (García Ramos, 1976, 1978; Suárez de Centi *et al.*, 1989); en el Cámbrico tardío-Ordovícico temprano del Noroeste Argentino (Mángano *et al.*, 1996), en el Pleistoceno de Corea (Kim y Heo, 1997) y en el Caradoc de Bohemia (Mikulás, 1990), entre otros. Este último ejemplo es especialmente significativo, dado que la propia icnoespecie *H. abeli* aparece registrada en materiales de edad y ambientes equivalentes

a los del yacimiento aquí estudiado (Formación Zahorany: Mikulás, 1990).

En cuanto al organismo productor, *Helminthopsis* se interpreta generalmente como resultado de la actividad de posibles poliquetos o priapúlidos euribáticos (Ksiazkiewicz, 1977; Fillion y Pickerill, 1990). Éstos abrirían galerías de alimentación subparalelas a paralelas a la estratificación, a una cierta profundidad dentro del sustrato, concentrándose preferentemente en ciertos niveles donde estas huellas de sedimentívoros aparecen con gran densidad. El caso aquí descrito es por tanto, perfectamente comparable en su significado al llamado "icnogremio de *Helminthopsis*", definido por Bromley (1990: *Helminthopsis* ichnognild).

### Agradecimientos:

A Uly Martín por las fotografías y a F. López Díaz - C.G.S., S.A., por transmitirnos la localización del yacimiento. Este trabajo forma parte de los proyectos PB96-0839 de la DGE y 410 del PICG (IUGS-UNESCO). La participación del primer autor se inscribe en el marco de una Beca Externa otorgada por el Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina (CONICET).

### Referencias:

- Birhuet, R. y Marquez, W. (1990): *Rev. Téc. YPF*, 11 (2-3): 229-241.
- Bouyx, E. (1970): *Mem. IGME*, 73: 1-263.
- Brenchley, P.J., Romano, M. y Gutiérrez-Marco, J.C. (1986): *Can. Soc. Petrol. Geol., Mem.*, 2: 241-255.
- Bromley, R.G. (1990): *Trace fossils - Biology and taphonomy*, Unwin Hayman, London: 1-280.
- Crimes, T.P., García Hidalgo, J.F. y Poiré, D.G. (1992): *Ichnos*, 2: 61-77.
- Crimes, T.P. y Anderson, M.M. (1985): *J. Paleontol.*, 59: 310-343.
- Crimes, T.P. y Crossley, J.D. (1991): *Geol. Jour.*, 26: 27-64.
- Crimes, T.P. (1973): *Sedimentology*, 20: 105-131.
- Crimes, T.P. (1977): En: T.P. Crimes y J.C. Harper (eds.) *Trace Fossils 2. Geol. Jour. Spec. iss.*, 9: 71-90.
- Crimes, T.P. (1987): *Geol. Mag.*, 124: 97-119.
- Crimes, T.P. (1994): En: S.K. Donovan (ed.) *The palaeobiology of trace fossils*, John Wiley and Sons: 105-133.
- Crimes, T.P., Marcos, A. y Pérez Estaún, A. (1974): *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 15: 169-184.
- Durand, F. y Aceñolaza, F.G. (1990): *Correl. Geol.*, 4: 71-112.
- Fillion, D., y Pickerill, R.K. (1984): *Marit. Seds. Atl. Geol.*, 20: 1-41.
- Fillion, D., y Pickerill, R.K. (1990): *Palaeontographica Canad.*, 7: 1-119.
- García-Ramos, J.C. (1976): *Trab. Geol., Oviedo*, 8: 131-171.
- García-Ramos, J.C. (1978): *Trab. Geol., Oviedo*, 10: 195-247.
- García-Ramos, J.C. (1984): *Estudio de las trazas fósiles (Icnofauna) del Campo de Gibraltar (Provincia de Cádiz). Informe Interno MAGNA*, Hojas 12-46/12-48, 13-47/13-48: 1-97 (Inédito).
- Gutiérrez-Marco, J.C. y Rábano, I. (1987): *Bol. Geol. Min.*, 98 (5): 647-669.
- Hafenrichter, M. (1979): *Arb. Palaont. Inst. Würzburg*, 3: 1-139.
- Han, Y. y Pickerill, R.K. (1995): *Ichnos*, 4: 83-118.
- Heer, O. (1877): *Verlag J. Wurster und Co., Zurich.*, 1-182.
- Kappes, A. (1991): *Diplomarbeit Universität Würzburg*, 144 p.
- Kim, J-Y y Heo, W-H. (1997): *Ichnos*, 5: 89-99.
- Ksiazkiewicz, M. (1968): *Roczn. Pol. Tow. Geol.*, 38 (1): 3-17.
- Ksiazkiewicz, M. (1977): *Palaeontol. Polonica*, 36: 1-208.
- Leszczynsky, S. (1991): *Palaios*, 6: 271-280.
- Maillard, M. (1887): *Mém. Soc. Paléont. Suisse*, 14: 1-40.
- Mángano, M.G., Buatois, L.A. y Aceñolaza, G.F. (1996): *Ichnos*, 5: 53-88.
- McCann, T. y Pickerill, R.K. (1988): *Jour. Paleontol.*, 62 (3).
- Mikulás, R. (1990): *Acta Univ. Carol. - Geologica*, 3: 307-335.
- Moreno, F., Vegas, R. y Marcos A. (1976): *Brev. Geol. Astur.*, 20: 8-16.
- Pickerill, R.K., Romano, M. y Meléndez, B. (1984): *Geol. Jour.*, 19: 249-269.
- Pickerill, R.K. (1981): *Marit. Seds. Atl. Geol.*, 17: 36-59.
- Romano, M. (1991): *Geol. Surv. Can. Bull.*, 90-9: 191-204.
- San José, M.A., Rábano, I., Herranz, P. y Gutiérrez-Marco, J.C. (1992): En: J.C. Gutiérrez Marco, I. Rábano y J. Saavedra (eds.) *El Paleozoico Inferior de Ibero-América*, Univ. Extremadura: 505-521.
- Seilacher, A. (1967): *Mar. Geol.*, 5: 413-428.
- Seilacher, A. (1970): En: *Trace Fossils*, T.P. Crimes y J.C. Harper (eds.) *Geolog. Jour. Spec. Iss.*, 3: 447-476.
- Suárez de Centi, C., García Ramos, J.C. y Valenzuela, M. (1989): *Bol. Geol. Min.*, 100 (3): 339-394.
- Swinbanks, D.D. y Murray, J.W. (1981): *Sedimentology*, 28: 201-237.
- Tamain, G. (1972): *Trav. Lab. Géol. Struct. Appl. Orsay*, 91 (1): 1-369.
- Wetzel, A. y Bromley, R.G. (1996): *Palaeontology*, 39: 1-19.
- Wetzel, A. (1983a): *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 42: 285-304.
- Wetzel, A. (1983b): En: J. Thiede y E. Suess (eds.) *Coastal upwelling and its sediments. Record of ancient coastal upwelling*: 123-144.