

El icnogénero *Zoophycos* y su valor sedimentológico y paleoambiental

J.C. GARCÍA-RAMOS⁽¹⁾, M. VALENZUELA⁽¹⁾, C. SUAREZ DE CENTI⁽¹⁾ y J.R. BAHAMONDE⁽²⁾

(1) Área de Estratigrafía. Dpto. de Geología. Univ. Oviedo

(2) I.G.M.E. Oviedo

RESUMEN

El icnogénero *Zoophycos* (*Cancellophycus*) puede proporcionar datos sedimentológicos de sumo interés, lo cual viene favorecido por: su fácil reconocimiento (tanto en series estratigráficas como en testigos de sondeos), relativa frecuencia de aparición, y amplia repartición temporal (Ordovícico - Cuaternario).

Palabras claves: *Zoophycos*. Paleoambientes. Sedimentología. Icnofósiles. Transgresiones.

ABSTRACT

Ichnogenus *Zoophycos* (*Cancellophycus* after french authors) has been the object of a large polemic concerned with its bathymetric application and the nature of the organism originating this trace fossil. Nevertheless, satisfactory results have not been achieved at any of either aspects: to the first, its habitat seems to involve a large range of conditions, going from shallow to deep ones, and second, a worm-like animal is seen as the most possible trace-maker, but no definitive evidence is supplied.

However, valuable sedimentological information can be obtained from an analysis of the most favourable conditions for the presence and conservation of this trace fossil, such as: 1.— Permanent subaqueous setting of sediment in low energy and normal salinity open marine environments, with relatively well oxygenated bottom waters having a free circulation. 2.— Sediments containing organic carbon below a specific proportion (1,5 to 2% as usual). 3.— Slow sedimentation rate, however surpassing a lower limit, at least at the trace elaboration time. 4.— Marine areas surrounded by continental margins showing a remarkable slope break (talus). In the European Jurassic, this situation is commonly found at the beginning of distensive stages involving the platform breaking. 5.— Transgressive phases, with special incidence at the early stages. Frequent association to sediments overlying condensed or omission surfaces: hardgrounds, abandonment phases of depositional systems, etc. 6.— Presence of a firm substratum, specially if it is composed of muds or micritic calcareous muds.

Different *Zoophycos* morphologies (plane-lobated and conic-helicoidal) are also mainly controlled by any of these factors: food

distribution on the bottom deposits and sedimentation rate. Some small sized varieties, such as *Spirophyton*, are not included in this study.

Key words: *Zoophycos*. Paleoenvironments. Sedimentology. Ichnofossils. Transgressions.

INTRODUCCIÓN

El icnogénero *Zoophycos* (*Cancellophycus* de los autores franceses), ha venido siendo objeto de múltiples controversias, centradas básicamente en su aplicación batimétrica y en el tipo de organismo generador de dicha estructura. No obstante, en ninguno de ambos aspectos se ha llegado a resultados satisfactorios: en el primero, porque parece darse en una amplia gama de condiciones desde someras a profundas, y en el segundo, porque no se han encontrado aún evidencias definitivas, aunque la interpretación más probable es la que lo atribuye a la actividad excavadora de un gusano sedentívoro.

Los datos sedimentológicos y paleoambientales que se pueden obtener del estudio de *Zoophycos*, pueden ser especialmente valiosos en base a tres circunstancias fundamentales:

1.— Fácil reconocimiento de este tipo de trazas, dada su forma tan característica, incluso en secciones de muy pequeño tamaño como testigos de sondeo. Prácticamente, los únicos icnogéneros con los que podría llegar a confundirse a primera vista, son: *Rhizocorallium* (en especial *Rh. irregulare*), *Lophoctenium*, *Polykampton* y *Spirophyton*.

2.— Relativa frecuencia de aparición en muchas sucesiones, tanto siliciclásticas como carbonatadas, ya sean francamente marinas o de transición litoral-plataforma. En este último caso, se requiere que dichos ambientes hayan sido afectados repetidamente por etapas transgresivas más o menos largas.

3.— Amplia repartición temporal del icnogénero. Se le ha podido reconocer, aunque con diferente grado de frecuencia, en series estratigráficas de todas las edades, desde el Ordovícico (inclusive) hasta la actualidad.

Una revisión exhaustiva de la bibliografía existente sobre *Zoophycos*, junto con múltiples observaciones personales, nos ha llevado a deducir las condiciones más favorables para la formación y conservación de dicha traza fósil en el registro sedimentario.

CONDICIONES MÁS FAVORABLES PARA LA CREACIÓN Y CONSERVACIÓN DE ZOOPHYCOS

Se indican a continuación las fundamentales, seguidas de un corto comentario acerca de cada una de ellas.

1.— *Disposición subacuática permanente del sedimento en ambientes marinos abiertos de baja energía y salinidad normal (estenohalinos), con aguas relativamente oxigenadas y de libre circulación sobre el fondo.*

Hasta el momento, sólo se ha encontrado *Zoophycos* en series marinas, aunque se conocen también algunas referencias del mismo en sedimentos pertenecientes a ambientes litorales y de transición, como llanuras mareales, deltas, etc. A nuestro juicio, estas últimas podrían representar en realidad pequeños episodios intercalados de influencia marina y difícilmente identificables como tales, especialmente cuando se trate de intervalos delgados con cuerpos fósiles muy escasos o desprovistos de ellos. Cuando éstos aparecen asociados, suele tratarse de agrupaciones dominadas por variedades predominantemente estenohalinas.

Habitualmente, la creación de la huella debió de tener lugar en zonas de baja energía por debajo del nivel de base del oleaje normal, o lo que es menos frecuente, por encima del mismo, pero en áreas protegidas de su influencia directa.

Para que el organismo pueda desarrollar su estructura de excavación, es necesario que el nivel de $Eh = 0$ coincida con la interfase agua/sedimento, o bien que esté sólo ligeramente por debajo de la misma, pues si descendiese aún más se destruiría por oxidación la materia orgánica que el organismo necesita como nutriente. Así Wetzel y Werner (1981), en sedimentos cuaternarios del NW de

África que contienen *Zoophycos*, mencionan la existencia de condiciones anóxicas por debajo de dicha interfase.

Una de las condiciones fundamentales para su aparición en sedimentos marinos profundos, es que éstos se encuentren en fondos relativamente oxigenados, como consecuencia de la circulación de corrientes de agua profundas, cuyo funcionamiento es más favorable en cuencas amplias y/o abiertas, como ocurre por ejemplo en grandes sectores de las actuales del Pacífico, Atlántico o Índico, en donde *Zoophycos* es habitual (Reineck, 1973; Stow, 1981; Wetzel y Werner, 1981).

Existe, no obstante, otra circunstancia que puede permitir la colonización intermitente del fondo por el organismo creador de este icnogénero. Es el caso de aquellas cuencas profundas restringidas, relativamente pobres en oxígeno y con escasa circulación sobre el fondo, que están aisladas de mar abierto por plataformas insulares, pero son alimentadas con cierta frecuencia por corrientes de turbidez, como ocurre por ejemplo en el mar de Sulu en el sureste asiático (Wetzel, 1984). En este caso y en otros similares de épocas pasadas, la aparición de *Zoophycos*, que puede encontrarse limitado a la parte superior de términos espesos de acumulación rápida, o a su totalidad rebasándolos incluso por debajo si son delgados, puede explicarse por la existencia de dichas corrientes de turbidez intermitentes; éstas introducen oxígeno en el fondo, facilitando así el establecimiento, durante un período efímero, de condiciones aptas para la vida de los organismos que crean dichas estructuras.

Con respecto al contenido en oxígeno, podemos concluir pues, que la aparición de *Zoophycos* requiere un determinado, pero no necesariamente alto, grado de oxigenación de las aguas del fondo en donde vive su productor.

2.— *Sedimentos que contengan C orgánico, pero en una proporción limitada superiormente.*

En sucesiones margo-calcáreas rítmicas del Jurásico de Europa, es frecuente la aparición de episodios de *black-shales* y de pizarras bituminosas, como los del Toarciense Inferior, con contenidos relativamente elevados en C orgánico. Aunque en los mismos existen con cierta frecuencia evidencias de bioturbación, no se ha citado nunca la presencia de *Zoophycos*, que es en cambio común en muchos otros intervalos de estas series rítmicas cuando la proporción de C orgánico desciende por debajo de un determinado límite, manteniéndose además otras condiciones favorables, como las que aquí estamos analizando.

En el caso concreto del Jurásico calcáreo-margoso de Asturias, ocurre algo parecido. Aquí, los primeros

Zoophycos aparecen en el Aalenense, manteniéndose su presencia durante el Bajociense Inferior (Fernández y Suárez Vega, 1979; García-Ramos y Valenzuela, 1979; Valenzuela *et al.*, 1986 a, b, c). En todo este intervalo no existen *black-shales* ni hay contenidos elevados en C orgánico, que son sin embargo comunes en algunos de los términos de la rítmica situados por debajo, especialmente en el Pliensbachiense y Toarciense.

Aunque se dispone aún de pocos datos publicados sobre el contenido en C orgánico de sedimentos que incluyan *Zoophycos*, parece que éste no suele rebasar el 2%. Así por ejemplo, en depósitos cuaternarios del abanico submarino Laurentian en Nueva Escocia (Canadá) se han identificado cantidades del 0,5 al 0,8% (Stow, 1981), en sedimentos profundos, también cuaternarios del NW de Africa, 0,3 a 1,8% (Wetzel y Werner, 1981), en el Cretácico Superior de Dinamarca 0,2 a 0,4% (Ekdale y Bromley, 1983) y en el Barremiense-Albiense del fondo del Atlántico 1,36% (Ekdale, 1985).

Por otro lado, es posible, aunque no se han hecho estudios detallados al respecto, que además de la proporción pueda influir en la presencia/ausencia de *Zoophycos* o en su morfología final, el tipo, tamaño y distribución de la materia orgánica presente en el sedimento.

Finalmente, el hecho de que haya una limitación superior en el contenido de materia orgánica que sirve como nutriente tiene además su lógica, dado que si existiera una cantidad excesiva en el sedimento, aparte de otros condicionantes, el organismo generador de *Zoophycos* no necesitaría elaborar una estructura tan ordenada, que es característica de un sistema de explotación sistemático, económico y eficiente del sustrato, como supone Seilacher (1977) para aquellas huellas orgánicas cuyo trazado recuerda formas geométricas con una cierta regularidad. En función de este último razonamiento, cabría esperar, como ocurre en el caso de algunas otras trazas, que el mismo organismo productor de *Zoophycos*, bajo distintas circunstancias, pueda crear otros tipos de estructuras diferentes con un menor grado de complejidad, como por ejemplo *Planolites* o algunas de las variedades de *Rhizocorallium*. Otra posibilidad, es que parte de estas últimas representen los estadios iniciales de desarrollo de algunas formas plurilobuladas, como las que caracterizan a algunos ejemplares de *Zoophycos* (lam. I-3, 5 y 6).

3.— *Velocidad de sedimentación lenta, o interrupción en los aportes, en el momento de creación de la estructura.*

La conservación de *Zoophycos* en el interior de un determinado sedimento, no tiene por qué estar relaciona-

da necesariamente con la velocidad de acumulación de este último, sino más bien con el período de tiempo transcurrido después de que éste se haya depositado, así como con el tipo y carácter del depósito que se acumule posteriormente; por ejemplo, si éste es fuertemente erosivo, puede eliminar las estructuras orgánicas creadas con anterioridad.

Para que *Zoophycos* se desarrolle se requiere por tanto, en primer lugar, que haya interrupciones importantes de tiempo, o velocidades de sedimentación lentas, entre dos acumulaciones sedimentarias sucesivas, independientemente de la importancia y de la mayor o menor rapidez de depósito de estas últimas. Así se explica la aparente paradoja de que el icnogénero pueda encontrarse, como ocurre en ocasiones, ligado a sedimentos cuya tasa media de sedimentación pueda llegar a ser incluso relativamente elevada.

Por otro lado, el hecho de que esta estructura orgánica represente probablemente, como opina Seilacher (1974), la actividad excavadora de una gran parte o de la totalidad del ciclo vital del organismo que la genera, es otro argumento a favor de las hipótesis planteadas en este apartado.

Por lo expuesto anteriormente, quizás cabría esperar que *Zoophycos* fuese habitual en *hardgrounds*, lo que no suele suceder en la realidad; su presencia es en cambio frecuente en los sedimentos transgresivos situados inmediatamente por encima de aquellos. Una posible explicación reside en que muchos *hardgrounds* carbonatados se han desarrollado en áreas relativamente someras de la plataforma (Einsele, 1985), como ocurre por ejemplo en el caso de los del Sinemuriense Superior de Asturias, que aparecen a techo de ciclos de somerización (Valenzuela *et al.*, 1985). Bajo estas condiciones, suele haber una agitación intermitente del fondo que favorece la existencia de áreas de no-depósito, así como de fenómenos frecuentes de removilización erosiva, circunstancias éstas que no son favorables para la implantación de *Zoophycos*.

Una tasa de sedimentación excesivamente lenta durante períodos de tiempo largos, o una interrupción en los aportes demasiado prolongada, también dificultarían la creación y conservación de esta estructura, principalmente por dos motivos. Por un lado, podría producirse una excesiva oxidación del sedimento del fondo, con la consiguiente destrucción de la materia orgánica que el organismo necesita para su sustento. Por otra parte, podría tener lugar una bioturbación intensa de carácter deformativo cuyos sucesivos episodios, repetidos en la vertical por amalgamación, darían lugar a intervalos espesos de aspecto masivo o irregular con destrucción total de la es-

stratificación. Bajo estas circunstancias de intensa removilización del fondo por organismos muy activos actuando constantemente, puede ser difícil llegar a reconocer la estructura de *Zoophycos*, debido al elevado grado de mezcla que tiene lugar en el sedimento.

4.— *Fondos marinos limitados por márgenes continentales con rupturas de pendiente acusadas.*

A este respecto, es muy representativo el caso de la aparición de *Zoophycos* en las series jurásicas de buena parte de Europa y del N de África (Ameur y Elmi, 1981), a partir del comienzo de la desintegración o hundimiento de las plataformas someras o rampas, a menudo en relación con etapas distensivas asociadas a procesos de *rifting*. Previamente a la ruptura de las mismas, es decir dentro de las grandes plataformas o mares epicontinentales que ocuparon extensas áreas del continente europeo durante esta época, la asociación de estructuras orgánicas habitual (*Thalassinoides*, *Chondrites*, *Diplocraterion*, *Rhizocorallium*, *Teichichnus*, etc.), no incluye prácticamente nunca dicha traza fósil (Valenzuela *et al.*, 1986 a, b).

Así, la ruptura principal de la plataforma jurásica en una parte de la Cordillera Bética (Zona Subbética y Unidades Intermedias), que tuvo lugar durante el Carixiense o comienzos del Domeriense (Vera, 1981), controla también el comienzo de aparición de este tipo de trazas fósiles.

Por otro lado, estas últimas tampoco parecen ser habituales en lagoons ni en plataformas someras y restringidas que están separadas de mar abierto por umbrales importantes de carácter tectónico y/o sedimentario. Así por ejemplo, en el Jurásico Superior de Asturias, cuyo depósito tuvo lugar en una cuenca semiconfinada de características similares (Valenzuela *et al.*, 1986 a), no se ha detectado nunca la presencia de *Zoophycos*.

Dentro del Paleozoico se conocen igualmente series ricas en *Zoophycos* conectadas lateralmente a surcos profundos, como ocurre por ejemplo en el Devónico Inferior de Nueva York (Miller y Rehmer, 1982).

5.— *Etapas transgresivas, en especial durante sus estadios iniciales.*

En otros casos, la presencia de *Zoophycos* puede ser un buen indicador de etapas transgresivas. Así por ejemplo, dentro de muchas sucesiones estratigráficas pertenecientes a ambientes litorales, de transición, o de plataforma somera, la aparición repentina de este tipo de trazas suele señalar el comienzo de un evento transgresivo.

Dicha transgresión, puede a su vez comportarse de tres maneras diferentes:

a) Si es muy corta, o su registro sedimentario muy escaso, y viene seguida inmediatamente por una etapa re-

LAMINA I

Figura 1. — Ejemplar de *Zoophycos* con morfología cónico-helicoidal. Sección de los acantilados de Santa Mera (Asturias). Fm. Rodiles (Jurásico Medio). Facies margo-calcareas rítmicas de plataforma abierta.

Figura 2. — *Zoophycos* en una capa areniscosa perteneciente a una facies de abandono deltaico. Carbonífero de Asturias.

Figura 3. — Ejemplar de *Zoophycos* con forma plano-lobulada. Turbiditas calcáreas del Terciario de Andalucía. Sección del río de la Vega (Tarifa).

Figura 4. — Forma cónico-helicoidal de *Zoophycos* en una capa turbidítica calcárea. Terciario de la provincia de Cádiz.

Figura 5. — *Zoophycos* con morfología plano-lobulada en turbiditas calcáreas del Terciario andaluz.

Figura 6. — Pequeño ejemplar de *Zoophycos* en calizas micríticas del Namuriense de la provincia de León. Sección de Caldas de San Adrián, cerca de Boñar. Escala en cm.

PLATE I

Figure 1. — *Zoophycos* specimen with conic-helicoidal morphology. Section at the sea-cliffs near Santa Mera (Asturias). Rodiles Fm. (Middle Jurassic). Rhythmic marly-calcareous facies deposited in the open shelf.

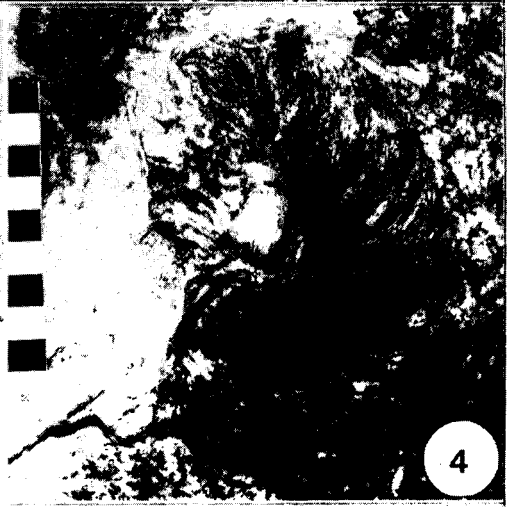
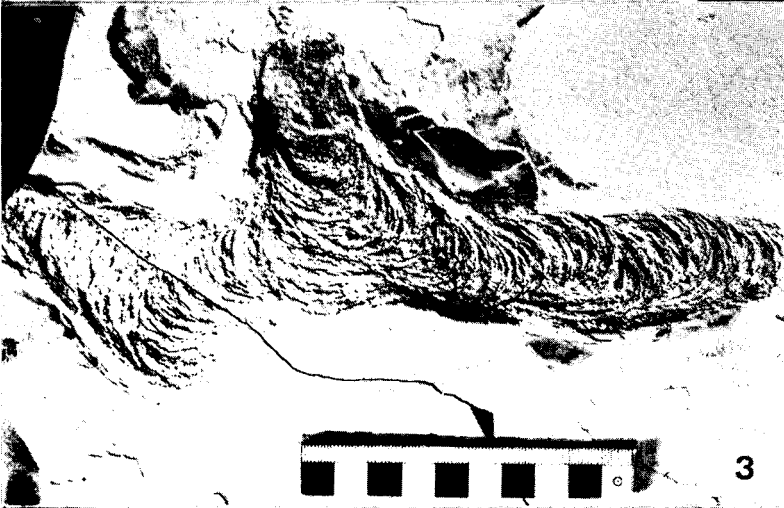
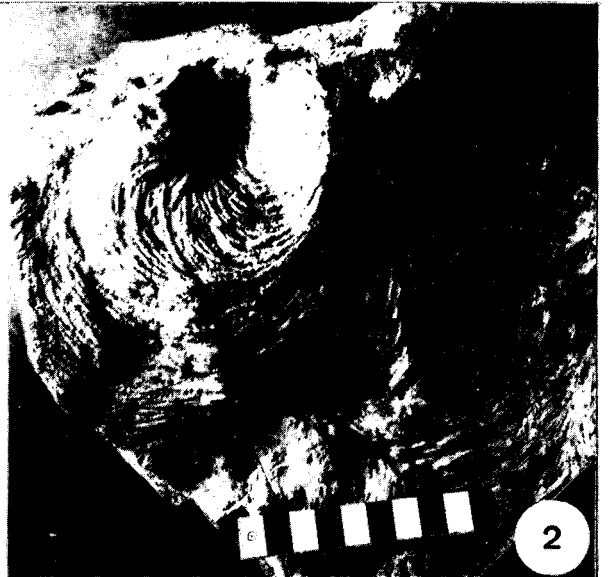
Figure 2. — *Zoophycos* in a sandstone bed of deltaic abandonment facies. Carboniferous of Asturias.

Figure 3. — *Zoophycos* specimen showing plane-lobated morphology. Calcareous turbidites in the Tertiary of Andalusia. Rio de la Vega Section (Tarifa).

Figure 4. — Conic-helicoidal *Zoophycos* in a Tertiary calcareous turbidite. Province of Cadiz.

Figure 5. — *Zoophycos* showing plane-lobated morphology in calcareous turbidites. Tertiary of Andalusia.

Figure 6. — Small *Zoophycos* specimen in Namurian micritic limestones. Province of Leon. Caldas de San Adrian Section, near Boñar. Scale in cm.



gresiva, es probable que la presencia de *Zoophycos* quede restringida a un solo nivel, o a un tramo de poco espesor, con una relativa extensión lateral.

b) Si es de más larga duración, con un registro sedimentario notable, y además se mantienen más o menos constantes las mismas condiciones ambientales que se crearon en el impulso inicial, los *Zoophycos* seguirán apareciendo en el resto de la sucesión, o al menos en un tramo espeso de la misma.

c) Si se mantiene durante largo tiempo, pero se modifica sustancialmente el ambiente de depósito a lo largo de la misma, como por ejemplo a consecuencia de un incremento progresivo en la importancia de la transgresión, caben dos opciones: que los *Zoophycos* queden restringidos tan sólo a un tramo basal como en el primer caso, o que soporten las nuevas condiciones, manteniéndose su presencia de una manera continua o intermitente a lo largo de la serie.

Como es lógico, en determinadas circunstancias se puede pasar lateralmente de una de las tres situaciones anteriores a cualquiera de las otras dos, dentro de la misma cuenca.

Los tres casos son comunes, tanto en series siliciclásticas como en las carbonatadas o mixtas. Concretamente, el primero de ellos se da con cierta frecuencia en intercalaciones marinas esporádicas que suceden inmediatamente a las etapas de abandono de algunos sistemas deltáicos, o de una parte de los mismos. En nuestra opinión, aquí se podrían incluir por ejemplo algunos de los términos con *Zoophycos* que cita Van de Graaf (1971) en el Carbonífero Superior del N de Palencia.

Uno de los mejores ejemplos del segundo de los casos aquí considerados, puede verse en la ritmita margocalcárea del Jurásico Inferior y Medio de Asturias (Suárez Vega, 1974; Valenzuela *et al.*, 1986 c).

Como ejemplos pertenecientes a la tercera modalidad, podrían citarse los términos inferiores de la Fm. Fito en el Carbonífero de Beleño (Asturias), el tránsito entre el Jurásico Inferior y Medio de la sección de Chelva y de otros puntos de la Cordillera Ibérica (Gómez, 1979), y el paso de la Fm. Molare a la Fm. Rocchetta en el Terciario del NW de Italia (Mutti *et al.*, 1981).

En ocasiones, se encuentran niveles de *Zoophycos* asociados a cuerpos sedimentarios de diversa composición y origen (especialmente hacia su techo), cuyas condiciones de depósito (muy alta energía, ambientes de transición litoral-marino o incluso continentales) no coinciden con las habituales para la vida de los organismos que crean estas estructuras. En estos casos, y especialmente si por encima del nivel bioturbado existe un cambio litológico brusco, podría tratarse de uno de estos eventos

transgresivos que acabamos de mencionar. Lo que sucede aquí, es que hay una desconexión total entre el ambiente deposicional reinante en el momento de la creación de la huella, y el que existió con anterioridad en el sedimento subyacente en donde queda registrada dicha estructura orgánica. Otro tanto ocurre, por ejemplo, en cuencas profundas afectadas por descargas intermitentes de terrígenos, o en plataformas abiertas dominadas por tempestades; en ambas, los *Zoophycos* se disponen a menudo en los techos, o a diferentes alturas, dentro de las secuencias turbidíticas (García-Ramos, 1984) o de las capas de tempestad respectivamente; si éstas son delgadas, pueden incluso atravesarlas en su totalidad situándose por debajo de ellas.

6.— *Existencia de un sustrato firme, especialmente si se trata de fangos o de fangos carbonatados micríticos.*

Esta condición es bastante razonable, si se tiene en cuenta la profundidad de enterramiento que suelen alcanzar los *Zoophycos* en los casos de desarrollo óptimo: hasta más de 60 cm. Otra evidencia del carácter firme del sustrato, la aportan los contactos netos de la estructura orgánica con respecto al sedimento encajante, así como su emplazamiento tardío en relación con la mayoría de las asociadas habitualmente a ella con la excepción de *Chondrites* (Ekdale *et al.*, 1984).

Por último, las diferentes morfologías de *Zoophycos*, entre las que destacan las plano-lobuladas y las cónico-helicoidales, deberían de obedecer también a diferencias en las condiciones ambientales. Aunque todavía se dispone de pocos datos al respecto, parece probable que las variables de mayor influencia sean la distribución (homogénea o laminar) de la materia orgánica en el sedimento, y la tasa de sedimentación.

Los datos que hemos proporcionado acerca del significado de *Zoophycos* no tienen por que ser aplicables a *Spirophyton*. Este último, y en especial sus variedades paleozoicas, podrían requerir condiciones ambientales diferentes a juzgar por las referencias bibliográficas que se conocen del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- AMEUR, M. y ELMÍ, S., 1981: Relations spatio-temporelles entre "Ammonitico-Rosso", calcaires a *Zoophycos* et récifs corallines dans le Toarcien et la basse du Jurassique moyen (Monts des Traras, Djebel Fillaoussene, Algerie NW). In A. Farinacci and S. Elmi, eds., *Rosso Ammonitico Symposium Proceeding*, 9-25, Tecnoscienza, Roma.
- EINSELE, G., 1985: Response of sediments to sea-level changes in differing storm-dominated marginal and epeiric basins. In U. Bayer and A. Seilacher eds., *Sedimentary and Evolutionary Cycles, Lecture Notes in Earth Sciences* n.º 1: 68-97, Springer-Verlag, Berlin.

- EKDALE, A.A., 1985: Trace fossils and mid-Cretaceous anoxic events in the Atlantic Ocean. In H.A. Curran, ed. *Biogenic Structures: Their Use in Interpreting Depositional Environments*, *SEPM Spec. Publ.*, 35, pp. 333-342.
- EKDALE, A.A. y BROMLEY, R.G., 1983: Trace fossils and ichnofabric in the Kjølbj Gaard Marl, uppermost Cretaceous, Denmark. *Bull. geol. Soc. Denmark*, 31: 107-119.
- EKDALE, A.A., BROMLEY, R.G. y PEMBERTON, S.G., 1984: Ichnology. The use of trace fossils in Sedimentology and Stratigraphy. *SEPM Short Course*, 15, 317 p.
- FERNÁNDEZ, S. y SUÁREZ VEGA, L.C., 1979: Estudio bioestratigráfico (*Ammonoidea*) del Aalenense y Bajocense en Asturias. *Cuad. Geol.*, 10: 1-12. Univ. Granada.
- GARCÍA-RAMOS, J.C., 1984: Estudio de las trazas fósiles (icnofauna) del Campo de Gibraltar (provincia de Cádiz). *I.G.M.E., Mapa Geológico Nacional*, E 1:50.000, Informe interno: 98 p.
- GARCÍA-RAMOS, J.C. y VALENZUELA, M., 1979: Estudio e interpretación de la icnofauna (vertebrados e invertebrados) en el Jurásico de la costa asturiana. *Cuad. Geol.*, 10: 13-22. Univ. Granada.
- GÓMEZ, J.J., 1979: El Jurásico en facies carbonatadas del Sector Levantino de la Cordillera Ibérica. *Seminarios de Estratigrafía, Serie Monografías 4*: 683 p., Madrid.
- MILLER, M.F. y REHMER, J., 1982: Using biogenic structures to interpret sharp lithologic boundaries: an example from the Lower Devonian of New York. *Jour Sed. Petrology*, 52(3): 887-895.
- MUTTI, E., CAZZOLA, C., FONNESU, F., RAMPONE, G., SONNINO, M. y VIGNA, B., 1981: Geometry and facies of small, fault-controlled deep-sea fan systems in a transgressive depositional setting (Tertiary Piedmont Basin, northwestern Italy). In F. Ricci Lucchi, ed., *Excursion Guideb., 2nd European Reg. Meet.*, IAS, 7-56, Bologna, Italy.
- REINECK, H.E., 1973: Schichtung und Wühlgefüge in Grundproben vor der ostafrikanischen Küste. *"Meteor" Forsch. Ergebn. C*, 16: 67-81.
- SEILACHER, A., 1974: Flysch trace fossils: Evolution of behavioural diversity in the deep-sea. *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 4: 233-245.
- SEILACHER, A., 1977: Pattern analysis of *Paleodictyon* and related trace fossils. In T.P. Crimes and J.C. Harper, eds. *Trace Fossils 2*, *Geol. J., Spec. Issue 9*: 289-334, Seel House Press, Liverpool.
- STOW, D.A.V., 1981: Laurentian fan: morphology, sediments, processes, and growth pattern. *AAPG Bull.*, 65(3): 375-393.
- SUÁREZ VEGA, L.C., 1974: Estratigrafía del Jurásico de Asturias. *Cuadernos Geol. Ibérica*, 3(1 y 2): 368 p. Madrid.
- VALENZUELA, M., GARCÍA-RAMOS, J.C. y SUÁREZ DE CENTI, C., 1986a: The Jurassic sedimentation in Asturias (N. Spain). *Trabajos de Geología*, 16, 121-132, Univ. de Oviedo.
- VALENZUELA, M., GARCÍA-RAMOS, J.C. y SUÁREZ DE CENTI, C., 1986b: Las icnofacies y su aplicación a la interpretación paleoambiental en series margo-calcáreas rítmicas del Jurásico. *XI Congreso Español de Sedimentología*, Barcelona, p. 174 (resumen).
- VALENZUELA, M., GARCÍA-RAMOS, J.C., GONZÁLEZ LASTRA, J. y SUÁREZ DE CENTI, C., 1985: Sedimentación cíclica margo-calcárea de plataforma en el Lías de Asturias. *Trabajos de Geología*, 15: 45-52, Univ. de Oviedo.
- VALENZUELA, M., GARCÍA-RAMOS, J.C., SUAREZ DE CENTI, C. y GONZALEZ LASTRA, J.A., 1986c: Sedimentología de series rítmicas margo-calcáreas. Ejemplos del Jurásico de Asturias. *XI Congreso Español de Sedimentología*, Barcelona, p. 175 (resumen).
- VAN DE GRAAF, W.J.E., 1971: Three Upper Carboniferous, limestone-rich, high-destructive delta systems with submarine fan deposits, Cantabrian Mountains, Spain. *Leidse Geol. Meded.*, 46: 157-235.
- VERA, J.A., 1981: Correlaciones entre las Cordilleras Béticas y otras cordilleras alpinas durante el Mesozoico. *Programa Intern. de Correlación Geológica*, P.I.C.G., Real Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat., 2:129-160, Madrid.
- WETZEL, A., 1984: Bioturbation in deep-sea fine-grained sediments: influence of sediment texture, turbidite frequency and rates of environmental change. In D.A.V. Stow and D.J.W. Piper, eds., *Fine-grained Sediments: Deep-water Processes and Facies*, *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 15: 595-608.
- WETZEL, A. y WERNER, F. 1981: Morphology and ecological significance of *Zoophycos* in deep-sea sediments of NW: Africa. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 32: 185-212.