

Aportaciones para la interpretación de *Zoophycos*

Contributions for the interpretation of *Zoophycos*

J. C. García-Ramos (*), E. Remacha (**), C. Suarez de Centi (*), M. Valenzuela (*) y O. Oms (**)

(*) Universidad de Oviedo. Fac. Geología, J. Arias de Velasco s/n. 33005 Oviedo.

(**) Universitat Autònoma de Barcelona. Dept. Geologia. 08193 Bellaterra. Barcelona.

ABSTRACT

Recent discoveries of well-preserved *Zoophycos* specimens in Eocene turbidite sediments W of Jaca (Southern Pyrenees), have permitted the confirmation of polemical data inferred by Kotake (1989) concerning to the behaviour of the *Zoophycos* producer organism. According to this interpretation, such ichnofossil represents the activity of a detritus feeder organism on the sea floor surface.

Key words: *Zoophycos*, Eocene, Pyrenees, turbidites.

Geogaceta, 15 (1994), 6-9
ISSN: 0213683X

Introducción

El comportamiento del organismo generador del icnogénero *Zoophycos*, así como sus aplicaciones sedimentológicas, paleoecológicas y ambientales se han estudiado por varios autores desde hace tiempo. Hasta el momento se consideraba que tal icnogénero se debía a la actividad alimentaria de un organismo sedimentívoro desconocido (probablemente un "gusano") en el interior del sedimento, pero manteniendo un tubo de conexión permanente con la interfase agua-sedimento. No obstante, Kotake (1989, 1991) propone que estas trazas son el resultado del almacenamiento ordenado en el interior del sustrato de los residuos fecales producidos por un organismo detritívoro que se alimentaba exclusivamente en la lámina superficial del sedimento, sin seleccionar ni el tamaño ni la calidad de las partículas. Kotake (1992), considera que el organismo generador de *Zoophycos* pertenecería al *phyllum* de los equiúridos.

El análisis de varios ejemplares de la cuenca turbidítica del Eoceno surpirenaico central, confirma la teoría de Kotake. Las huellas estudiadas se encuentran en los taludes del río Aragón Subordán, entre las localidades de Embún y Javierregay (N de la Provincia de Huesca, ver Fig. 1). Aparecen en los términos areniscosos de los estratos pertenecientes a un sistema no canalizado, que se incluye dentro del abanico de fondo de cuenca de un cortejo sedimentario de nivel del mar bajo. Este último se considera equivalente con la erosión submarina de gran escala y primeras

etapas de relleno del canal turbidítico del Rapián (Remacha *et al.*, en prensa). El sistema cierra la sedimentación turbidítica del Grupo de Hecho en la cuenca de Jaca, durante el Luteciense superior.

Aspectos sedimentológicos

Las facies turbidíticas asociadas a *Zoophycos*, a escala de afloramiento, destacan por su geometría tabular, muy monótona, alternando tres tipos de capas: a) capas de arenisca o arenisca gradando hasta limolita, b) capas de arcilla y c) capas de marga o calizas margosas. Estas capas se agrupan en estratos turbidíticos, dando una frecuencia de 8 estratos por cada metro de sucesión. Sus características son las siguientes.

a) Capas de arenisca o arenisca gradando a limolita.

Constituyen el 40 % del volumen y alcanzan un espesor máximo de 30 cm. El límite inferior es siempre neto y erosivo. Sobre él, ocasionalmente, se puede desarrollar una división con *carpets traction* de espesor milimétrico y tamaño de grano medio y medio-grueso, como máximo. Esta división está generada por deposición rápida de una corriente de turbidez de alta densidad. Sobre el intervalo anterior, o formando la base de la capa, se encuentra el intervalo T-a de la secuencia de Bouma, depositado por decantación grano a grano de una corriente turbidítica de alta densidad. Le puede suceder un intervalo de

láminas paralelas de régimen de flujo superior, equivalente a la división T-b de Bouma. Sobre T-a o T-b puede desarrollarse el equivalente del intervalo T-c según dos modalidades; la más común desarrolla *ripples* de longitud de onda larga, y la otra presenta *ripples* de longitud de onda corta y pequeña amplitud. Este segundo caso puede desarrollar laminación *convolute* hacia techo. Es en este intervalo T-c donde *Zoophycos* es mayormente visible. Por encima, puede aparecer un límite neto con la capa arcillosa suprayacente o bien encontrarse

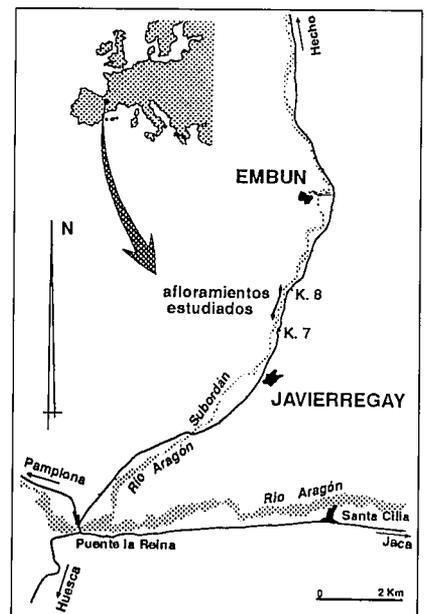


Fig. 1.— Situación geográfica de los afloramientos estudiados.

Fig. 1.— Geographic location of the studied outcrops.

un intervalo de limolitas. Este puede presentar láminas paralelas submilimétricas por *shear sorting*, generada por corrientes de turbidez de baja concentración, con deposición uniforme lenta y clasificación por cizalla en la parte más basal del flujo, o mostrarse sin estructuras, gradando a la capa arcillosa. En este último caso se ha formado a partir de un flujo turbulento decelerado, con supresión progresiva de la turbulencia y aumento de la densidad de la parte inferior del flujo. En ambos casos la capa limolítica es equivalente al intervalo T-d de Bouma.

b) Capas de arcilla.

Constituyen el 37 % del volumen y se encuentran en la práctica totalidad de los estratos, alcanzando un espesor máximo de 15 cm. Equivale al intervalo T-e de Bouma, depositado por decantación a partir de la cola de una corriente turbidítica de baja densidad. El 30% de los estratos culmina con esta división.

c) Capas de marga o caliza margosa.

Esta división (T-f) constituye el 23 % del volumen y están referidas en la literatura clásica de la cuenca como hemipelagitas. No obstante, este término debería abandonarse puesto que no lo son estrictamente. Presentan un contacto transicional con el intervalo arcilloso infrayacente, contrastando en el afloramiento por sus coloraciones gris claro a blanquecinas *versus* las gris más oscuras de las arcillas, así como también por su mayor relieve. En su interior no se observan estructuras sedimentarias. Microscópicamente presentan texturas *mudstone* y algunas *wackestone*, con abundantes foraminíferos planctónicos y bioturbación. Se interpretan como generadas por la decantación de la cola de una corriente de turbidez residual, muy diluída, seleccionada hidráulicamente en sus componentes más carbonáticos y bioclásticos menos densos que presentan una mayor resistencia a la decantación.

Todo el conjunto de estratos no parece presentar ninguna ordenación cíclica claramente manifiesta. Se interpretan como depositados en un sistema tabular (*sheet system*) rico en lutitas. Dentro de él, las facies analizadas se situarían en las áreas deposicionales, no canalizadas, aunque confinadas por la geometría de la cuenca, estrecha y alargada. Más concretamente, el depósito

se habría efectuado en las áreas de la cuenca que todavía pudieron ser alcanzadas por corrientes de turbidez altamente concentradas. La suficiente lejanía de estas corrientes respecto del punto de entrada del sedimento a la cuenca turbidítica, permitió una selección hidráulica de la materia carbonática y bioclastos, así como el inicio del depósito de estos términos residuales de decantación tardía.

Estudio de los *Zoophycos*

Los ejemplares estudiados (ver Fig. 2) muestran como la *spreite* consta de láminas relativamente más oscuras formadas por granos de arena propios de la roca encajante, alternando con otras, de tonos claros, constituidas mayoritariamente por *pellets* fecales de margas blancas, aisladas entre el material arenoso siliciclástico. La considerable proporción de materia orgánica incorporada en el material siliciclástico de tamaño arena que rodea a los *pellets* dentro de la *spreite* es similar al de la roca encajante. Los *pellets*, cuyo tamaño es aquí de un máximo de 1 mm, proceden de la capa margosa superior (T-f) de la que se alimentaba el organismo generador del *Zoophycos* después de haber cesado la acumulación del evento turbidítico. Tal aseveración se comprueba al seguir hacia arriba la estructura orgánica y estudiar su composición.

El tubo periférico marginal que bordea la *spreite* muestra un relleno en menisco de tipo activo formado por material siliciclástico de tamaño arena y por *pellets* margosos, incorporando además frecuentes granos de glauconita. El material no pelletiforme muestra, en general, tamaños de grano mayores que los del relleno de la *spreite* y los de la roca encajante, y está peor calibrado.

La técnica de almacenamiento de los desechos fecales en el interior del sedimento conlleva una separación física de la superficie en donde se obtienen los nutrientes, y representa un método de alimentación muy eficiente. Esto se debe a que el organismo evita así tener que reprocesar parte de los materiales ya utilizados por él previamente, como ocurriría si los devolviera de nuevo a la superficie. Esta actividad enterradora de residuos fecales es, por otra parte, frecuente en varios tipos de invertebrados, como por ejemplo en algunos poliquetos sedentarios de régimen igualmente detritívoro, o en algunos equiú-

ridos que habitan en el interior de sedimentos marinos profundos.

Otras pruebas adicionales que confirman la hipótesis de Kotake, son las siguientes:

1. La no preferencia del organismo generador de *Zoophycos* por un sustrato de una composición litológica determinada. Sin sufrir aparentes cambios en la estructura ni en el comportamiento, *Zoophycos* aparece tanto en arenas como en fangos puros, fangos calcáreos, limos, etc. Además, un mismo ejemplar puede atravesar litologías diferentes y con contenido variable en C orgánico, sin que el organismo generador modifique su estrategia.

2. Varios autores mencionan algunos casos de *spreites* de un mismo ejemplar de *Zoophycos* que se intersectan (Chlupac, 1990; Ekdale y Bromley, 1983; Ekdale y Lewis, 1991). Difícilmente el organismo creador de la estructura excavaría en un sedimento cuyos nutrientes ya hubiese utilizado previamente.

3. La presencia en el interior de la *spreite* de algunos *Zoophycos* de material más grueso (bioclástico) que el de la roca encajante (Marintsch y Finks, 1978; Chlupac, 1990). Este material procedería de un nivel superior en donde probablemente se alimentaba el organismo creador de la estructura. Este transporte de sedimentos en sentido descendente en el interior de *Zoophycos*, fue también observado por Ekdale y Bromley (1991).

4. Tanto el contenido en nutrientes como la composición química y mineralógica en el interior del sedimento en donde se conserva la *spreite* de *Zoophycos*, no parecen influir notablemente en la proporción en que aparece dicho icnofósil, como se deduce de la Fig. 8 de Leszczynski (1991). Este autor no observa diferencias apreciables en el contenido en *Zoophycos* entre las turbiditas rojizas y las grises del Maastrichtense inferior de Zumaya (España). Esto sugiere que la alimentación del organismo dependería de la composición de la interfase sedimento-agua. Por otro lado, con relativa frecuencia, se han citado *Zoophycos* en series turbidíticas rojas (García-Ramos, 1984, por ejemplo), cuya coloración no parece deberse ni a fenómenos diagenéticos tardíos ni a meteorización subaérea en el afloramiento.



Fig. 2.— *Spreite* de *Zoophycos* en el interior de una capa areniscosa. Las franjas de color más claro representan concentraciones de pellets fecales procedentes de la marga blanca del intervalo T_f, que culmina el estrato.

Fig. 2.— *Spreite* of *Zoophycos* in a sandstone layer. The lighter fringes indicates a concentration of fecal pellets from white marl of the T_f interval, at the top of the bed.

5. En el sedimento arenoso donde se incluye la mayor parte de la *spreite*, la materia orgánica aparece concentrada en láminas muy finas paralelas a la estratificación que en gran parte son cortadas por dicha *spreite*. Este comportamiento del organismo sugiere una actividad ineficaz para el aprovechamiento de nutrientes en el interior del sedimento, y por tanto no controlada

por la distribución de estos últimos. Aparentemente, las únicas coincidencias de la *spreite* con láminas ricas en materia orgánica se dan en los tramos más inferiores de estos icnofósiles. Este hecho, que se podría interpretar como una dificultad progresivamente mayor en el proceso de excavación al aumentar la profundidad, en parte sería debido a que el sedimento se hace cada vez más

firme, con lo cual se obliga al organismo a escoger aquellas superficies más favorables para la penetración; por ejemplo los rellenos de cavidades previas de otros organismos como crustáceos decápodos (*Thalassinoides*).

6. La similar proporción y distribución de la materia orgánica en el material siliciclástico de la roca encajante, así como el hecho de que éste muestre prácticamente el mismo tamaño de grano en ambos casos, sugiere: a) su procedencia, al menos parcial, de los sedimentos arenosos del entorno. y b) que el organismo no se alimentó de la materia orgánica contenida en la capa arenosa.

Conclusiones

Por todo lo anteriormente indicado se puede concluir que los datos que pueda aportar el estudio de la roca encajante en donde se conservan las trazas (tales como composición litológica, tamaño de grano, contenido en carbono orgánico, velocidad de sedimentación, tipo de facies, batimetría etc.) no tienen que estar necesariamente relacionados con las condiciones vitales que precisaba el organismo (García-Ramos *et al.*, 1992). Es relativamente frecuente encontrar niveles aislados y de gran extensión lateral de *Zoophycos*, asociados a límites de cortejos sedimentarios dentro de secuencias deposicionales (por ejemplo, superficies transgresivas y de máxima inundación). En tal caso los primeros ejemplares en formarse, y a veces los únicos, pueden estar totalmente desligados en cuanto a las condiciones ambientales de la roca encajante en donde se encuentran. En este caso, su registro puede quedar a techo del cortejo sedimentario subyacente sin tener nada que ver con él, sino con los primeros estadios del cortejo situado por encima. En algunos casos, la profundidad de enterramiento de los organismos generadores de las trazas puede llegar a alcanzar incluso 1 m (Wetzel y Werner, 1981). Esto hace que la zona de alimentación pueda llegar a estar físicamente muy separada de la del registro más evidente y representativo de su actividad.

Los ejemplares de *Zoophycos* de las muestras estudiadas presentan un solo tubo marginal en forma de J con relleno en menisco, lo que representa una prueba de un buen grado de oxigenación de las aguas intersticiales del sedimento donde se encuentra la traza (Wetzel y

Werner, 1981; Wetzel, 1991). Ello está de acuerdo con las características sobre el ambiente deposicional obtenidas a partir del estudio de las facies.

No obstante, llama la atención aquí, por un lado, el excesivo cuidado en la estrategia utilizada dentro del sedimento, y por otro, el elevado consumo energético, si pretende tan sólo el simple almacenamiento de sus productos fecales. Ello se podría explicar por el hecho de que una vez establecida la galería o tubo principal, el sistema de almacenamiento más económico consistiría en prolongar dicha galería lateralmente. Esto se haría construyendo galerías adyacentes a la existente, en vez de crear otras nuevas con recorridos diferentes y separadas entre sí, con el consiguiente gasto energético adicional.

El uso de esta estrategia podría igualmente explicar el comportamiento de otros organismos creadores de estructuras orgánicas con *spreite* de morfología similar. Tal es el caso del icnogénero *Daedalus*, especialmente frecuente durante el Ordovícico, y presente a menudo en el interior de capas de cuarzarenitas puras que no parecen disponer de sustancias orgánicas susceptibles de aprovechamiento.

En cualquier caso, parece lógico pensar que, de acuerdo con Bromley

(1991), dentro del icnogénero *Zoophycos* se han incluido diferentes morfologías y estructuras que representan a su vez distintas actividades alimentarias. No obstante, el modelo de almacenamiento de *pellets* fecales, que es una de las tres nuevas alternativas sugeridas por este autor, siguiendo las ideas de Jumars *et al.*, (1990), en nuestro caso no parece aplicable. Esto se debe a que los *pellets* carecen prácticamente de materia orgánica, y en cualquier caso, ésta aparece en menor proporción que en el material arenoso en donde se emplaza la *spreite*, por lo que parece innecesario pensar en un proceso de autocoprofagia. Por las razones expuestas en los párrafos anteriores, tampoco parece apropiado aquí el modelo de escombrera (*refuse dump model*) de Bromley (*op. cit.*).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en parte por los proyectos TA 90/1542 y TA 91/21524 de la Universidad de Oviedo y por el de la DGICYT PB-92-1033-CO2.

Bibliografía

Bromley, R.G. 1991: *Lethaia*, 24, 460-462.

- Chlupac, I. 1990: *Casopsis Mineral. Geol.*, 35, 373-387.
- Ekdale, A.A. 1977: *Trace Fossils 2*, *Geol. J.*, Spec. Issue 9, Seel House Press, Liverpool, 163-182.
- Ekdale, A.A. y Bromley, R.G. 1991: *Palaios*, 6, 232-249.
- Ekdale, A.A. y Lewis, D.W. 1991: *Ichnos*, 1, 183-194.
- García-Ramos, J.C. (1984): IGME. Informe interno para INYPSA, Mapa Geológico de España e=1:50.000, 98 p.
- García-Ramos, J.C.; Valenzuela, M. y Suárez de Centi, C. 1992: *Sedimentología vol. II, Nuevas Tendencias*, C.S.I.C., Madrid, 261-343.
- Jumars, P.A.; Mayer, L.M.; Deming, J.W., Baross, J.A. y Wheatcroft, R.A. 1990: *Phil Trans. Roy. Soc. London*, A-331, 85-101.
- Kotake, N. 1989: *Lethaia*, 22, 327-341.
- Kotake, N. 1991: *Lethaia*, 24, 379-385.
- Kotake, N. 1992: *Lethaia* 25, 311-316.
- Leszczynsky, S. 1991: *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 88, 167-184.
- Marintsh, E.J. y Finks, R.M., 1978: *Lethaia*, 11, 273-279.
- Remacha, E., Oms, O. y Coello, J. en prensa: *An Atlas of deep-water systems*. Chapman & Hall eds.
- Wetzel, A. 1991: *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 85, 47-69.
- Wetzel, A. y Werner, F. 1981: *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 32, 185-212.