

OPHIOMORPHA ISABELI; NOV. ICNOESP. (PLIOCENO MARINO) EN EL SECTOR SUROCCIDENTAL DEL VALLE DEL GUADALQUIVIR (PALOS DE LA FRONTERA, HUELVA, ESPAÑA)

E. Mayoral (*)

RESUMEN

Las facies arcillosas del Plioceno inferior marino en el extremo más Suroccidental del Valle del Guadalquivir se caracterizan localmente por la presencia de ricas icnocenos. En éstas se ha definido *Ophiomorpha isabeli*, una nueva icnoespecie que se identifica por presentar en el revestimiento exterior de sus paredes una estructura pseudopelletiforme, originada por fenómenos diagénéticos de compactación y disolución diferencial.

Como rasgos característicos secundarios se atiende a la configuración geométrica de los sistemas de galerías. Estos son dos: uno formado por conductos verticales o inclinados, muy largos, que se bifurcan en Y en sus tramos superiores y otro integrado por un sistema cuasirectangular, de túneles horizontales y tubos verticales que se unen o bifurcan en ángulos casi rectos.

Se establece un medio circalitoral somero, protegido, de condiciones energéticas débiles, de baja o nula velocidad de sedimentación, alternando con épocas de relativa mayor energía. Estas alternancias tienen su reflejo en la morfología de los sistemas de galerías.

Se discute el posible origen de los organismos constructores de esta galería, atribuyéndolo a la acción de crustáceos decápodos de la familia de los callianásidos.

Palabras clave: *Icnología, Plioceno Inferior, Valle del Guadalquivir.*

ABSTRACT

The marine Lower Pliocene at the Southwestern Sector of the Guadalquivir Valley is characterized by some rich ichnocoenoses clayey facies in the bottom series. A new ichnospecies is defined in this assemblages: *Ophiomorpha isabeli*. An exterior pseudopelletal structure on the burrow lining produced by compaction or differential dissolution are the main distinguishing characteristics.

Secondary peculiar features are the geometrical burrows systems: one is vertical or inclined, very long shafts, with Y-branches at the top, and another, is a cuasirectangular boxwork with horizontal tunnels and vertical shafts, both bifurcated at nearly right angles.

A protective offshore environments is established where alternate, low dominant with not too heavy energetic conditions. This changes in the sedimentation rate is reflected in the morphology of the burrow systems.

The tracemaker of *Ophiomorpha isabeli* is discussed and a callianassid origin is assumed.

Key words: *Ichnology, Lower Pliocene, Guadalquivir Valley.*

Introducción

El icnogénero *Ophiomorpha*, ha sido referido y estudiado por gran cantidad de autores, en casi todos los continentes y abarca una amplia dispersión estratigráfica.

Así aparece relatada por primera vez en el Pérmico inferior de Utah (USA) (Chamberlain y Baer, 1973, pág. 80), y Pérmico superior de Zechstein, en Europa (Hakes, 1947), siendo sus citas más abundantes en el Mesozoico, Cenozoico y Cua-

ternario, ya sea en Estados Unidos: Waage (1986), Frey y Howard (1970), Pickett *et al.* (1971), Howard (1972), Van de Graaf (1972), Scott (1974) y Cotter (1975), para el Cretácico; Warme y Stanton (1971), Hester y Pryor (1972) y Boyer y Warme (1975), para el Eoceno; Curran y Frey (1977) y Howard y Scott (1983), para el Pleistoceno, y Frey y Mayou (1971), para el Holoceno. En Europa: Gran Bretaña: Fürsich (1974 y 1975), para el Jurásico superior; Kennedy y MacDougall (1969), para el Cretácico inferior; Bosense (1973),

(*) Sección de Geología de Huelva. Universidad de Sevilla. Palos de la Frontera (Huelva).



Fig. 1.—Columna estratigráfica general en el punto de estudio. Se representa la asociación de icnogéneros presentes en el tránsito de las facies arcillosas a las arenosas. Plioceno inferior marino de carácter regresivo.

para el Eoceno, y Kennedy y Sellwood (1970), para el Oligoceno; Polonia: Radwanski (1970) y Radwanski *et al.* (1975), para el Mioceno; Dinamarca: Bromley y Asgaard (1972), para el Jurásico inferior; Gry (1968), para el Cretácico; Rasmussen (1971), para el Paleoceno; Asgaard y Bromley (1974), para el Mioceno.

Alemania: Hillmer (1963), para el Eoceno; Baatz (1959) y Jux y Strauch (1967), para el Oligoceno; Ehrenberg (1938); Häntzschel (1952), Seidel (1956), Lohmann (1959), Kilpper (1962) y Müller (1970), para el Mioceno. (Otros icnogéneros posiblemente sinónimos de *Ophiomorpha*, pueden ser *Granularia* Pomel —series flysch, in: Frey *et al.*, 1978— y algunos referidos por Dudich (1962), a anélidos, en el Eoceno de Hungría.)

En Francia: Ager y Wallace (1970) y Fürsich (1974), para el Jurásico, España: García Ramos (comunicación personal), para el Plioceno; Australia: Glaessner (1947), para el Eoceno e Indonesia: Keij (1965), para el Mioceno.

Su distribución mundial y su relativa gran abundancia, ha hecho que sea un tipo de galería muy bien estudiada, perfectamente definida y con unos valores paleoecológicos y medio

ambientales bien establecidos, que si bien en ocasiones pueden ser controvertidos, la mayoría de las veces, al menos, presentan un rango y unos límites máximos y mínimos de aparición muy concretos dentro de uno y otro medio.

La finalidad de este trabajo, aparte de contribuir al reconocimiento de una nueva icnoespecie, es la de continuar en el estudio de las icnofacies (Mayoral, 1985), presentes en el Plioceno inferior marino de los sectores más suroccidentales de la Cuenca Terciaria del Guadalquivir, que tuvieron sin duda una gran extensión y cuya interpretación correcta, basada en esta serie de análisis detallados, contribuirá a un mejor conocimiento de las condiciones paleoambientales y de sedimentación, que caracterizaron los últimos episodios del Neógeno superior en esta zona.

Material estudiado

Ichnogénero *Ophiomorpha* (Lundgren, 1981) (*).
Cylindrites spongioides (Göppert, 1842 (¿ 1841), página 115.

(*) Las características del género *Ophiomorpha* son: Sistemas de galerías tridimensionales, simples o complejas, verticales, horizontales o inclinadas; de túneles cilíndricos, con un diámetro promedio de 0,5-3 cm, que se pueden ramificar discotómicamente, en ángulos agudos; con ensanchamientos locales («Turn around»), próximos o en los puntos de ramificación. Pared interna lisa, pero con la externa claramente reforzada y característicamente aglutinada de sedimento, en forma pelletoidal. Este exterior nodoso o mamelonar puede estar formado por pellets individuales o masas pelletoides, de formas discoides, ovoides, mastoideas, bilobadas o irregulares, de varios mm de diámetro. Estos pueden variar a lo largo de un mismo espécimen.

Spongites saxonicus (Geinitz, 1842), pág. 96.

? *Halymenites flexuosus* (Von Fischer-Ooster, 1858), página 55.

Cylindrites tuberosus (Eichwall, 1865), pág. 8.

Halymenites major (Lesquereux, 1873), pág. 373.

? *Broeckia bruxellensis* (Carter, 1877), pág. 382.

Astropora (Deecke, 1895), pág. 167 (tipo *A. balthica*).

Sabellastartites (Dudich, 1962), pág. 108 (tipo *S. arenaceus*).

Para una lista detallada de los sinónimos de la especie tipo ver Kennedy y MacDougall (1969), página 460-461.

Especie tipo: *Ophiomorpha nodosa*.

Ophiomorpha isabeli nov. icnoesp (figs. 3-9).

Origen del nombre

En honor a la doctora Isabel González Díez, quien me ayudó en la búsqueda y estudio de esta galería.

Localidad tipo

Palos de la Frontera (Huelva).

Dispersión Estratigráfica

Plioceno inferior.

Holotipo

Ejemplar tipo n.º PF₂/001. Paratipos: PF₂/002 a PF₂/005. Los ejemplares se hallan depositados en la Colección Paleontológica de la Sección de Geología de La Rábida (Palos de la Frontera, Huelva).

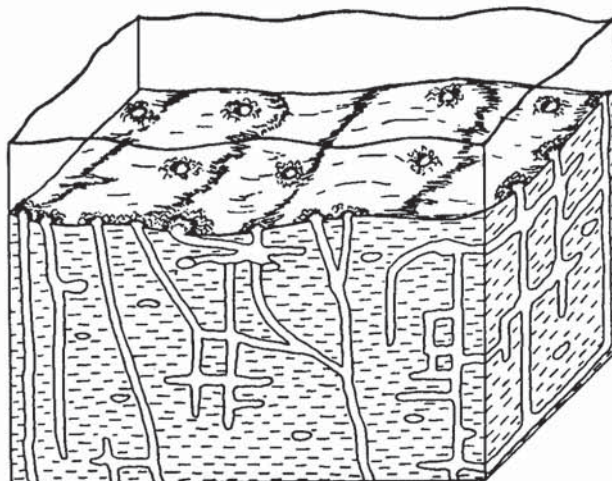


Fig. 2.—Bloque diagrama esquemático donde se representan los dos tipos de galerías características de *Ophiomorpha isabeli*. Estos son: uno formado por largas y verticalizadas chimeneas y otro por entramados cuasirectangulares, muy regulares.

Diagnosis

Galerías cilíndricas, en sistemas individuales simples profundamente verticalizadas y/o inclinadas, ocasionalmente bifurcadas en Y en su parte superior, o en sistemas complejos bastante regulares de chimeneas y túneles característicamente ortogonales.

Reforzamiento externo de las paredes neto, de estructura pseudopelletiforme, no orgánica, constante y altamente irregular.

Descripción de los ejemplares en el área tipo

Todos los ejemplares proceden de un afloramiento situado en un gran escarpe natural que se encuentra entre la Barriada de Río Gulf y las marismas del Río Tinto, en su margen izquierda y a escasos metros de la localidad de Palos de la Frontera.

Este afloramiento ha sido ya mencionado por el autor en la definición de *Gyrolithes vidali* nov. icnoesp. (Mayoral, 1986), para el Plioceno inferior marino en este sector.

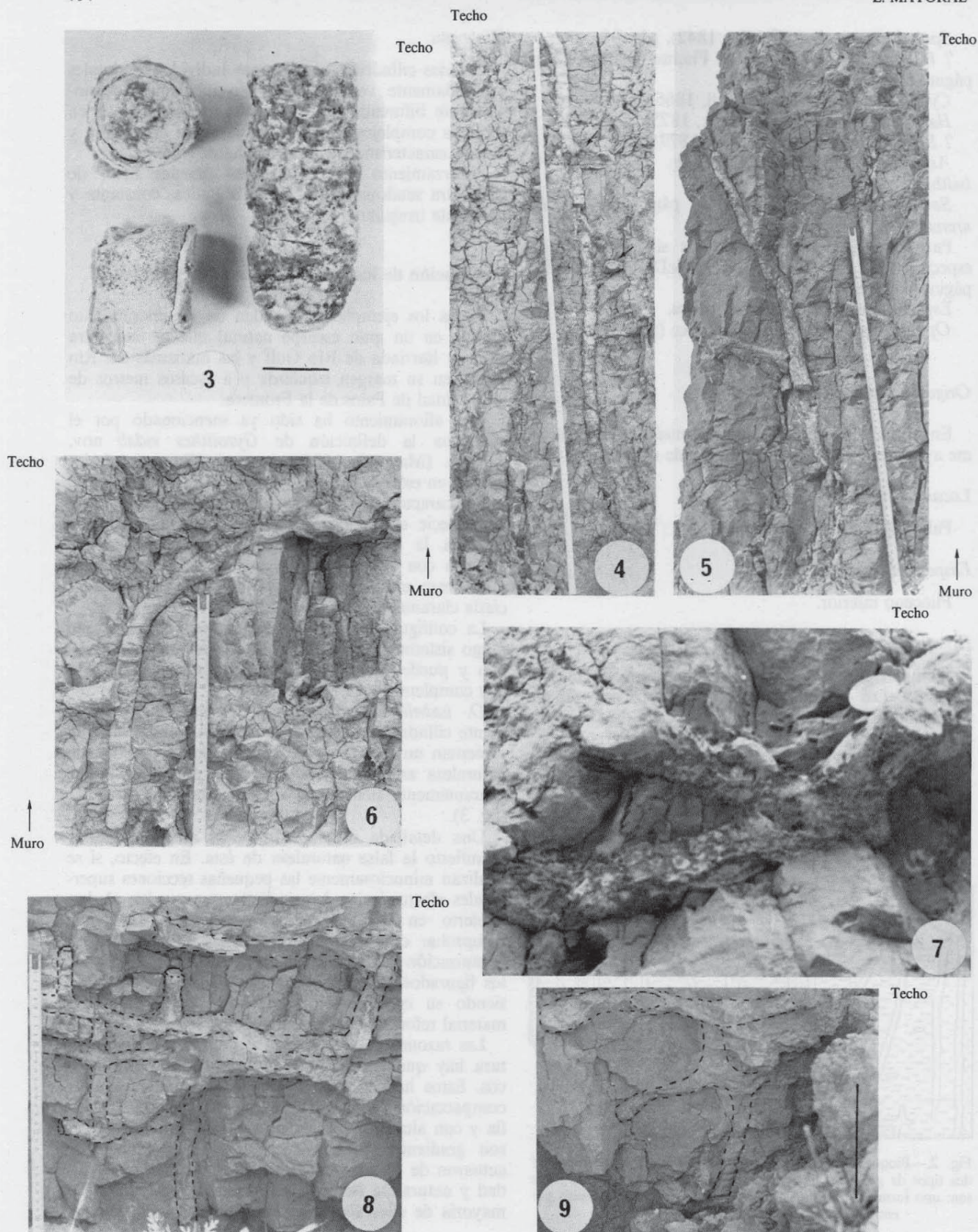
La característica esencial que define esta nueva icnoespecie es el tipo y modo de reforzamiento que presenta la pared exterior de la misma. Esta, de acuerdo con Frey *et al.* (1978), es el hecho taxonómicamente más importante y que sirve para diferenciarla claramente del resto.

La configuración geométrica, si bien no tiene este rango sistemático, sí es al menos, bastante característico y puede considerarse como un rasgo secundario que complementa su identificación.

O. isabeli está constituida por galerías perfectamente cilíndricas, circulares en sección transversal, que presentan un reforzamiento externo de las paredes, de naturaleza arcillo-arenosa, de grano muy fino y que aparentemente tienen una textura altamente irregular (fig. 3).

Una detallada observación de la misma pone de manifiesto la falsa naturaleza de ésta. En efecto, si se analizan minuciosamente las pequeñas secciones superficiales efectuadas en los «pellets» que quedan al descubierto en los ejemplares erosionados, se puede comprobar como éstos no presentan ningún tipo de organización o estructura interna, como es el caso de los figurados por Frey *et al.* (1978; fig. 3, pág. 203), siendo su composición idéntica a la del resto del material reforzante sin aglutinar.

Las razones que se pueden atribuir a esta falsa textura hay que encontrarlas en los procesos diagenéticos. Estos han actuado de tal forma que durante la compactación primaria (el sedimento era rico en arcilla y con alta proporción en agua intersticial), se crearon gradientes de presión hidro y litostática, que actuaron de forma variada en función de la profundidad y naturaleza del material afectado. Las galerías, la mayoría de ellas abandonadas y rellenas pasivamente,



ofrecieron una resistencia irregular frente al empuje de las aguas impelidas por la presión en relación al sedimento homogéneo que las rodeaban. La consecuencia de este efecto es la aparición de zonas deprimidas por presión-disolución, alisadas, frente a otras, donde el material se reúne y aglutina, con gran cantidad de material arcilloso atrapado entre unas y otras.

La prueba de estos fenómenos de compactación y disolución diferencial se manifiesta también en el aplastamiento de los túneles horizontales (fig. 7), que confieren a éstas una acusada morfología elíptica, en la presencia de constricciones y en la penetración de material arcilloso a favor de grietas o zonas de debilidad en las paredes de las galerías, tal y como se ha observado para *Gyrolithes vidali* en este mismo yacimiento (Mayoral, 1986).

El diámetro de las secciones varía entre 19 y 26 mm, siendo el valor promedio de 20-21 mm.

La cubierta de refuerzo tiene un espesor muy constante y oscila entre 2 y 4 mm.

La pared interior de las galerías es siempre lisa y el tipo de relleno en ellas presente puede ser tanto activo como pasivo, siendo casi siempre frecuente la aparición de estructuras internas formadas por láminas meniscadas.

El material que rellena las galerías es ligeramente diferente del de la matriz que les rodea, estando compuesto por limos arenosos fuertemente cementados.

El sistema de galerías se presenta bajo dos formas (fig. 2), bien diferenciadas. En primer lugar hay un tipo con una componente vertical dominante, a veces inclinada (45° - 75°), de gran desarrollo, que puede llegar a profundizar hasta 1,5 m en el sustrato (fig. 4), con un diámetro prácticamente constante y que raramente se ramifica. Cuando lo hace, normalmente en los tramos superiores (fig. 5), es en forma de Y, en ángulos agudos de aproximadamente 30° . Si conecta con galerías horizontales, el ángulo que forma es casi siempre recto (figs. 4 y 7).

El segundo tipo lo constituyen pequeños entramados de túneles y chimeneas, que forman sistemas complejos muy regulares, de tipo rectangular, ya que tanto unos como otros se bifurcan y se unen en ángulos próximos a los 90° (figs. 7 y 8). Esta ortogonalidad en la distribución puede considerarse una característica secundaria de la icnoespecie, que aunque no infrecuente, no es lo más normal (Frey *et al.*, 1978, estiman valores standard de 60° a 120°).

A pesar de esto, la regularidad anterior no siempre se mantiene, pudiéndose observar galerías que parten

a 45° - 60° de ellas, acercándose, por tanto, a los valores promedios generalmente establecidos.

En ocasiones, estos sistemas son incompletos y, a partir de un túnel horizontal, desciende oblicuamente para acabar en una galería ciega (fig. 6).

Formas gradacionales entre un sistema y otro no se encuentran y tan sólo raramente hay evidencias claras de conexiones entre ellos (fig. 2).

Discusión

Los icnogéneros *Ophiomorpha* (Lundgren) y *Thalassinoides* (Ehrenberg) fueron considerados por Fürsich (1973) como sinónimos de *Spongiomorpha* (Saporta), reconociendo *S. nodosa* como una icnoespecie válida. Esta concepción fue modificada por Bromley y Frey (1974), y posteriormente elaborada por Frey *et al.* (1978). De tal modo, la mayoría de las citas que aluden a *Ophiomorpha* hacen referencia a la icnoespecie *O. nodosa* (Lundgren). En efecto, estas atribuciones no suelen ofrecer dudas casi nunca, ya que todas presentan las paredes exteriores formadas por agregados pelletiformes, más o menos bien desarrollados. De hecho en base a estas características (principal rasgo sistemático) se diferencian las icnoespecies hasta ahora reconocidas, estando *O. nodosa* (Lundgren) compuesta por pellets simples de morfología variada y *O. borneensis* (Keij) por pellets bilobados.

Una tercera icnoespecie se ha definido por Frey *et al.* (1978), para el caso en que la pelletización sea escasa, irregular o esté formada por masas difusas de pellets. Se trata de *O. irregulaire*, y que en principio sería la que estaría más próxima a la nuestra.

No obstante, el falso carácter pelletiforme, ya comentado en el apartado anterior, descarta de entrada esta asignación.

La utilidad de observaciones detalladas de la textura exterior de las paredes es, en estos casos, muy grande; pues, como señalaban los autores anteriores, *O. irregulaire* (Frey-Howard-Pryor) no debe ser un «cajón de sastre» donde se incluyan todas aquellas posibles icnoespecies que, por su grado de conservación o dificultad de identificación, no se correspondan con las bien establecidas *O. nodosa* (Lundgren) y *O. borneensis* (Keij).

O. irregulaire (Frey-Howard-Pryor) exhibe además, en el caso de estar formada por masas pelletiformes, una típica «estructura flameada» en sus bordes, reflejo

Fig. 3. Vista lateral y superior de tres fragmentos de *O. isabeli*. Se puede apreciar el espesor y la textura irregularmente pelletizada del revestimiento exterior de las paredes. Escala barra horizontal: 2 cm.—Fig. 4. Vista general de *O. isabeli*. Sistema de galerías largas y verticalizadas. Observar la conexión con un túnel horizontal en la parte superior, en un ángulo próximo a los 90° .—Fig. 5. Idéntico sistema de *O. isabeli*. Observar la bifurcación en Y en su parte superior.—Fig. 6. Galería ciega, verticalizada, que completa un sistema regular de túneles horizontales de *O. isabeli*.—Fig. 7. Vista detallada de un sistema horizontal de *O. isabeli*. La bifurcación se realiza en ángulos agudos y rectos. Se aprecia también la textura pseudopelletiforme de las paredes.—Fig. 8. Sistema cuasirectangular de *O. isabeli*.—Fig. 9. Sistema cuasirectangular de *O. isabeli*. Escala barra vertical: 10 cm.

de la deformación en un sedimento blando, de la pared limosa de refuerzo. Este fenómeno de compactación ha sido probado en nuestro caso y, sin embargo, dicha estructura no está presente, lo cual es un hecho en contra de esta atribución. Además, la distribución rectangular de los entramados horizontales en ningún caso se presenta sinuosa, como en la icnoespecie en cuestión.

Ophiomorpha de paredes exteriores lisas han sido citadas en el Paleoceno de Dinamarca por Rasmussen (1971). Este autor atribuye a *O. sp.*, una serie de tubos recubiertos por una fina película de arcilla verde, que, según él, se formaría en condiciones ligeramente reductoras, en conexión con una actividad bacteriana, en una galería vacía y con las paredes cementadas por mucus. Estos rasgos, e incluso estas mismas condiciones ambientales, podrían ser muy semejantes en nuestro caso, pero no son exactamente iguales, ya que, además de esta película arcillosa, Rasmussen descubre la presencia de constricciones y surcos transversales en las paredes, que son, sin duda, un reflejo de un estado pelletiforme inicial, actualmente desaparecido.

La configuración geométrica es un carácter muy variable dentro de este icnogénero y realmente no sirve como criterio de clasificación, pues, de hecho, ésta varía incluso dentro de una misma icnoespecie, según el medio y profundidad a que se encuentre (Frey *et al.*, 1978).

De cualquier forma, nuestros ejemplares presentan una disposición de las galerías bastante similar a la descrita por Warme y Stanton (1971) en el Eoceno medio de Texas.

Estos autores describen en esta región una serie de tubos horizontales, verticales y/o inclinados que se intersectan entre dos o más, para formar entramados o uniones en forma de Y o múltiples.

Los tubos verticales, también de gran desarrollo, se presentan ligeramente inclinados y aislados, del mismo modo que nuestros ejemplares, y los que son horizontales se concentran paralelos a la estratificación, apareciendo en masas intrincadas de tubos que se unen o cruzan, de los que salen ramas en todas direcciones.

Esta última disposición es muy parecida a la señalada recientemente por Curran (1985) para *O. nodosa* (Lundgren), en el Cretácico de Delaware (USA). En este área el entramado es de galerías muy próximas entre sí («wall to wall»), que originan grupos apilados, idénticos a los ilustrados por Chamberlain y Baer (1973) y Frey *et al.* (1978). Curran (1985, pt. 2, figura C y pt. 5, fig. A) figura ejemplares muy semejantes a los nuestros, que presentan también los ángulos de bifurcación muy próximos a los 90°.

Se puede concluir que, por la presencia de reforzamiento en las paredes y configuración geométrica de las galerías, éstas pertenecen sin duda a *Ophiomorpha*, y que, por el tipo y modo de su revesti-

miento, éste es diferente de los hasta ahora reconocidos (Chamberlain, comunicación personal) y, como tal, se propone la aceptación de *O. isabeli* para cubrir esta nueva icnoespecie.

Aparición y dispersión estratigráfica

O. isabeli se halla presente, en su totalidad, en los sedimentos de arcillas gris-azuladas, fundamentalmente illíticas, escasamente arenosas (cuarzo <20%) y carbonatadas (<20%), de la Formación Arcillas de Gibrallón, de edad Tortoniense superior-Plioceno inferior (Civis *et al.*, 1985).

Esta icnocenosis, formada por *Thalassinoides*, *sp.*, *Gyrolithes vidali* (Mayoral) y otras galerías asociadas, de origen similar (y en fase de estudio por el autor), se sitúan en lo que aquí constituye el techo de la formación anterior y bajo la Formación Arenas de Huelva (Civis *et al.*, 1985), que la recubre (fig. 1).

El tipo de contacto entre una y otra viene marcado, como establece Mayoral (1986), por una paraconformidad erosiva, implicando la existencia de una nula o muy baja sedimentación en dicho tránsito.

Interpretación ambiental

Dado que *Ophiomorpha* aparece ligada a diferentes litologías y éstas se interpretan asociadas a otros tantos medios, su dispersión ambiental se ha considerado a casi todas las escalas, desde representativas de medios marinos de aguas profundas (Kern y Warme, 1974), hasta de medios no marinos (Lüttig, 1962; Hillmer, 1963, y Seilacher, 1967).

De cualquier forma, la aceptación más generalizada es que este icnogénero es representante de medios marinos neríticos someros e incluso litorales.

Weimer y Hoyt (1964), Häntzschel (1952), Hecker *et al.* (1963), Gry (1968), Jux y Strauch (1968) y Kennedy y MacDougall (1969), lo consideran de medios litorales bajos o circalitorales someros. Howard (1972) lo asocia a facies circalitorales y de tránsito a las sublitorales. Asgaard y Bromley (1974), a medios litorales; Curran y Frey (1977), a las zonas intermareales bajas, así como a sustratos arenosos de los medios sublitorales y circalitorales someros, apuntados ya por Pryor (1975).

Frey *et al.* (1978), aludiendo a trabajos anteriores de Pohl (1946), Frey y Howard (1970), Frey y Mayou (1971), Oertel (1973) y Howard y Frey (1973), establecen su ocurrencia en bajíos, llanuras mareales, lagoons, bahías, estrechos y fondos de estuario.

Estos mismos medios son también aceptados por Belt *et al.* (1983).

En nuestro yacimiento *O. isabeli* aparece asociada a *Thalassinoides* s.p y *Gyrolithes vidali* (Mayoral),

entre otros, que debieron de asentarse en un medio circalitoral somero y protegido (probablemente por islas, barrera o accidentes similares), donde el sustrato era bastante estable y rico en materia orgánica, bajo un régimen sedimentario lento y alternante, con esporádicos aumentos energéticos (tal vez relacionados con tormentas o influencias de corrientes mareales fuertes), que traerían consigo el aporte de pequeñas cantidades de material detrítico a la cuenca.

Estas condiciones permitieron el desarrollo de una gran actividad excavadora, reflejada en la alta densidad de bioturbación del sustrato.

Este, muy rico en nutrientes (sobre todo dentro del sedimento, por descomposición de la materia orgánica, Dörjes y Hertweck, 1975) y poco consistente, se vería colonizado por gran cantidad de organismos sedimentívoros, que beneficiarían no sólo la rica cubierta orgánica del fondo, sino también el interior del mismo, mediante una profusa red de túneles horizontales conectados a diferentes niveles por largas y amplias chimeneas, tal y como se ha observado actualmente (Braitwaite y Talbot, 1972) para algunos crustáceos thalasinidos, cuyas galerías homólogas fósiles están aquí presentes.

Los sistemas horizontales más o menos complejos de *O. isabeli* podrían estar en relación con episodios donde la sedimentación era nula y las condiciones del fondo, por tanto, muy estables. El desarrollo de conductos verticales, muy largos y con escasas ramificaciones horizontales, podrían corresponder a las etapas en las que la sedimentación se reanudara, eso sí, muy lentamente (pues, si no, el organismo no tendría tiempo de reforzar las paredes), probablemente coincidiendo con los momentos posteriores a fuertes tormentas o a la acción de fuertes mareas, que originase una removilización del material arcilloso-limoso del fondo.

La coherencia del sustrato, más firme y estable con la profundidad, no influyen para nada sobre la textura externa de las paredes reforzadas, tal y como señalaban Kennedy y Sellwood (1970) y Frey (1971), factores estos que producirían una disminución o pérdida local del exterior pelletizado (lo cual puede reafirmar la no pelletización original de nuestros ejemplares).

Identidad sobre los posibles organismos constructores

De la revisión de los numerosos trabajos realizados sobre *Ophiomorpha* se deduce que hay un acuerdo general sobre la identidad del organismo constructor.

Tal identidad hace referencia a los crustáceos decápodos thalasinidos, más concretamente a los callianásidos.

De cualquier forma hay que tener en cuenta, tal y como señalaba Frey *et al.* (1978), que no todos los

callianásidos construyen galerías con el exterior nodoso, pelletiforme, y que otros muchos organismos marinos pueden utilizar partículas de sedimento pelletizado para la construcción, al menos, de una parte de sus galerías. Este es el caso de ciertas langostas (Williams *et al.*, 1974, y Chamberlain, 1975) y cangrejos intermareales (Krejci-Graf, 1935, y Basan y Frey, 1977).

Evidencias directas de restos de crustáceos thalasinídeos dentro o en íntima relación con las galerías fósiles, son escasos (Ehrenberg, 1938; Mertin, 1941; Glaessner, 1947; Waage, 1968; Shinn, 1968; Müller, 1970; Rasmussen, 1971; Pickett *et al.*, 1971, y Kriz y Cech, 1974) y pueden suponer ciertos reparos a la teoría generalmente aceptada, si bien hay que reconocer que, de hecho, la presencia de restos de crustáceos decápodos en el registro fósil es siempre muy escasa e incompleta.

Por todo lo expuesto y por la asociación con otros icnogéneros presentes en el yacimiento (Mayoral, 1986) se puede concluir que el organismo constructor de *O. isabeli* podría haber sido casi con seguridad un crustáceo decápodo, del grupo de los callianásidos, sin establecer analogías más concretas, ya que estas familias presentan numerosas especies y éstas, a su vez, diferentes modos de excavación (Warne y Stanton, 1971, y Bromley y Frey, 1974) que reflejan incluso localmente la influencia del tipo de fondo, energía del medio, proporción de sedimentación y profundidad de excavación, entre otros muchos factores.

Conclusiones

El Plioceno inferior marino, en el extremo más suroccidental del Valle del Guadalquivir, viene representado en sus tramos inferiores por una facies arcillosa (Fm. Arcillas de Gibralfaró), que en algunos puntos (como el aquí estudiado) presenta una icnocenosis bien desarrollada en el tránsito a las facies superiores, de carácter regresivo (Fm. Arenas de Huelva).

Estas icnocenosis presentan una gran riqueza de formas y un estado muy bueno de conservación. Dentro de estas formas uno de los icnogéneros más abundantes es *Ophiomorpha*.

Después de un análisis cuidadoso de las mismas se ha podido establecer la existencia de una nueva icnoespecie: *O. isabeli*. Esta distinción se basa principalmente en el tipo y modo de revestimiento de las paredes externas, que presentan una pseudopelletización irregular debida a fenómenos de compactación y disolución diferencial de origen diagenético.

Un carácter secundario que presenta en este depósito es la configuración geométrica de sus sistemas de galerías.

Estos sistemas son de dos clases, uno formado por largas y cilíndricas chimeneas, verticales o inclinadas, que pueden bifurcarse en sus tramos superiores en ángulos agudos aproximadamente 30° (en forma de

Y), y otro, formado por complejos casi-rectangulares, de túneles horizontales, de sección elíptica y tubos verticales, que se ramifican en ángulos prácticamente rectos.

No hay formas intergradacionales claras entre uno y otro sistema, si bien conexiones entre ambos pueden llegar a encontrarse, aunque son bastante raras.

Este tipo de galería se enmarca dentro de un medio circalitoral somero y protegido, con unas condiciones energéticas muy estables, en fondos de naturaleza arcillosa y ricos en nutrientes.

La velocidad de sedimentación propuesta es muy baja, con períodos largos de no depósito, a los que siguen otros más activos con ligeros aportes detríticos y removilización del material depositado en el fondo.

Este ritmo en la sedimentación se relaciona con la morfología de los sistemas de galerías, correspondiendo aquéllas de componente horizontal predominante a los períodos de escasa o nula sedimentación y las de componente vertical, a los de turbulencia.

Se discute la atribución de esta galería a diferentes organismos constructores, pero basándonos en la extensa literatura que hace referencia a este icnogénero y a los otros que con él se presentan, se postula un origen debido a la acción excavadora de crustáceos decápodos de la familia de los callianásidos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco los interesantes comentarios realizados por el doctor Kent Chamberlain de la Anschutz Corporation, Denver (Colorado), y las facilidades en la consulta de obras bibliográficas de los doctores Richard G. Bromley, del Geologisk Centralinstitut de Copenhagen (Dinamarca) y John E. Warne de la Colorado School of Mines (Colorado).

También mi agradecimiento al profesor Leandro Sequeiros San Román, por la lectura crítica y revisión del presente trabajo.

Referencias

- Ager, D. V. y Wallace, P. (1970): The distribution and significance of trace fossils in the uppermost Jurassic rocks of the Boulonnais, northern France. In: *Trace Fossils*. (T. P. Crimes and J. C. Harper, eds.). *Geol. J., Spec. Iss.*, 3: 1-18.
- Asgaard, U. y Bromley, R. G. (1974): Sporfossil fra den Mellen Miocene transgression i Søby-Fasterholt området. *Geol. Surv. Den., Avssk.*, 1973, 11-19.
- Baatz, H. (1959): *Ophiomorpha* (Lundgren), ein marines Spuren fossil, im Oberen Quarzitsand Niederhessens. *Notizbl. hess-Landesant-Boden-forsch-Wiesbaden*, 87, 168.
- Basan, P. B. y Frey, R. W. (1977): Actual-paleontology and-neoichnology of salt marshes near Sapelo Island, Georgia. In: *Trace Fossils 2*. (T. P. Crimes y J. C. Harper, eds.). *Geol. J., Spec. Iss.* 9.
- Belt, E. S.; Frey, R. W., y Welch, J. S. (1983): Pleistocene coastal marine and estuarine sequences, Lee Creek Mine. In: *Geology and Paleontology of the Lee Creek Mine*, North Carolina (C. E. Ray, edit.). *I. Smithsonian Contrib. to Paleobiol.*, 53: 229-263.
- Bosence, D. W. J. (1973): Facies relationship in a tidally influenced environment: a study from the Eocene of the London Basin. *Geol. Mijnbouw*, 52: 63-67.
- Boyer, J. E. y Warne, J. E. (1975): Sedimentary facies and trace fossils in the Eocene Delmar Formation and Torrey Sandstone, California. In: *Future energy horizons of the Pacific Coast. Paleogene Symposium and Selected Technical Papers*. (W. Weaver; G. R. Hornaday; Ann Tipton) AAPG-SEPM-SEG. Pacific Sections, Long Beach, California.
- Bromley, R. G. (1967) y Asgaard, U. (1972): Notes on Greenland trace fossils II. Lower Jurassic palinuran crustacean from Jameson Land East Greenland. *Rept. Geol. Surv. Greenland*, 49: 15-21.
- Bromley, R. G. (1967) y Frey, R. W. (1974): Redescription of the trace fossil *Gyrolithes* and taxonomic evaluation of *Thalassinoides*, *Ophiomorpha* and *Spongeliomorpha*. *Bull. geol. Soc. Denmark*, 23: 311-335.
- Braitwaite, C. J. R. y Talbot, M. R. (1972): Crustacean burrows in the Seychelles, Indian ocean. *Palaeogeol. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 11: 265-285.
- Carter, H. J. (1887): Note on «Tubulations Sableuses» of the Etage Bruxellien in the environs of Brussels. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 19: 382-393.
- Civis, J.; Siero, F. J.; González Delgado, J. A.; Flores, J. A.; Andrés, I.; Porta, J., y Valle, M. F. (1985): El neógeno marino de la provincia de Huelva: Antecedentes y definición de las unidades litoestratigráficas. In: *Paleontología del Neógeno de Huelva. St. Geol. Salmant.* (en prensa).
- Cotter, E. (1975): Late Cretaceous sedimentation in a low-energy coastal zone: The Ferron Sandstone of Utah. *J. Sediment. Petrol.*, 45: 669-685.
- Curran, H. A. (1985): The trace fossil assemblage of a Cretaceous nearshore environment: Englishtown Formation of Delaware. *Biogenic Structures*. (H. A. Curran, edit) USA. SEPM. Spec. Publ., 35: 261-276.
- Curran, H. A. y Frey, R. W. (1977): Pleistocene trace fossils from North Carolina (USA), and their Holocene analogues. In: *Trace Fossils-2* (T. P. Crimes and J. C. Harper, eds.), (*Geol. J. Spec. Issue*, 9: 139-162).
- Chamberlain, C. K. (1975): Recent lebensspuren in non marine aquatic environments. I: *The Study of Trace Fossils*. (R. W. Frey, edit). Springer-Verlag, New York, 431-458.
- Chamberlain, C. K. y Baer, J. L. (1973): *Ophiomorpha* and new thalassinid burrow from the Permian of Utah. *Geology Studies*, 20: 79-94.
- Deecke, W. (1895): Eocene Kieselschwämme als Diluvialgeschiebe in Vorpommern und Mecklenburg. *Naturwiss. Ver. Neu-Vorpommern u. Rügen, Mitteil.*, (1894), 26: 166-170.
- Dörjes, J. y Hertweck, G. (1975): Recent biocoenoses and ichnocoenoses in shallow-water marine environments. In: *The Study of Trace Fossils* (R. W. Frey, edit). Springer-Verlag, New York, 459-491.
- Dudich, E. (1962): Ein neues Anneliden-Vohnrohr aus dem helvetischen Schotterkomplex in der Nähe von Budapest. *Földt. Közl.*, 92: 107.
- Ehrenberg, K. (1938): Bauten von Decapoden (*Callinassa* sp) aus dem Miozän (Burdigal) von Burgschleinitz bei Eggemburg im Gau Nieder-Donau (Niederösterreich). *Paläont. Zeitschr.*, 20: 263-284.
- Eichwald, E. (1865): *Lethaea Rossica ou Paléontologie de la Russie*, 2: 1.304 pp. (1865-68); E. Schweizerbart (Stuttgart).
- Fischer-Ooster, von (1858): *Die fossilen Fucoiden der Schweizer Alpen, nebst Erörterungen über deren geologisches Alter*. 72 pp, Huber (Bern).
- Frey, R. W. (1971): Ichnology- the study of fossil and recent Lebensspuren. In: *Trace fossils, a field guide* (Perkins, B. F.

- edit). *Louisiana State Univ., School Geosci., misc. Publ.*, 71: 91-125.
- Howard, J. D. (1970): Comparison of Upper Cretaceous ichnofaunas from siliceous sandstones and chalk, Western Interior Region, U.S.A. In: *Trace Fossils. Geol. J. Spec. Issue* (T. P. Crines y J. C. Harper, eds). Liverpool, Seel House Press, 3: 141-166.
- Howard, J. D. y Mayou, T. V. (1971): Decapod burrows in Holocene barrier island beaches and washover fans, Georgia. *Senckenberg marit*, 3: 53-77.
- Howard, J. D. y Pryor, W. A. (1978): *Ophiomorpha*: Its morphologic, taxonomic, and environmental significance. *Palaeogeol. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 23: 199-229.
- Fürsich, F. T. (1973): A revision of the trace fossils *Spongiomorpha*, *Ophiomorpha* and *Thalassinoides*. *Neues Jahrb. Geol. Paläontol. Monatsh.*, 1973, 719-735.
- Fürsich, F. T. (1974): Corallian (Upper Jurassic) trace fossils from England and Normandy. *Stuttgarter Beitr. Naturk.*, B, 13: 1-52.
- Fürsich, F. T. (1975): Trace fossils as environmental indicators in the Corallian of England and Normandy. *Lethaia*, 8: 151-172.
- Geinitz, H. B. (1842): *Charakteristik der Schichten und Petrefacten des sächsisch-böhmischen Kreidegebirges*, 116: pág. 24 pl, Arnold (Dresden y Leipzig).
- Glessner, M. F. (1947): Decapod Crustacea (Callianassidae) from the Eocene of Victoria. *Proc. roy. Soc. Victoria*, 59: 1-7.
- Gómez, P. L. D. (1974): *Ophiomorpha* (Lundgren), un fósil huella en el Plioceno de Costa Rica. *Brenesia*, 4: 17-21.
- Göppert, H. R. (1841-42): Über die fossile Flora der Quadersandstein-formation in Schlesien, als erster Beitrag zur Flora der Tertiärgebilde. *Nova Acta Caes-Carol. Germant Natur. Curios.*, 19: 97-134.
- Gry, H. (1968): Callianassagange og Skolithosrør i Robbedale-formationen. *Geol. Soc. Den. Bull.*, 18: 205-212.
- Häntzschel, W. (1952): Die Lebensspur *Ophiomorpha* (Lundgren) im Miozän bei Hamburg, ihre weltweite Verbreitung und Synonymie. *Mitt. Geol. Staatsinst., Hamburg*, 21: 142-153.
- Hakes, W. G. (1974): Trace fossils analysis of two Pennsylvanian shales in Kansas-cyclic sedimentation or continual mud flat deposition? AAPG y SEPM. *Ann. Mtgs. Abstracts*, 1: 41-42.
- Hecker, R. Th.; Ossipova, A. I., y Belskaya, T. N. (1963): Fergan gulf of Paleogene sea of Central Asia, its history, sediments, fauna and flora, their environment and evolution. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, 47: 617 pp.
- Hester, N. C. y Pryor, W. A. (1972): Blade-shaped crustaceans burrows of Eocene age: a composite form of *Ophiomorpha*. *Bull. geol. Soc. Amer.*, 83: 677-688.
- Hillmer, G. (1963): Zur Ökologie von *Ophiomorpha* (Lundgren). *Neues Jahrb. Geol. Paläont. Monatsh.*, 1963, 137-141.
- Howard, J. D. (1972): Trace fossils as criteria for recognizing shorelines in stratigraphic record. In *Recognition of Ancient Sedimentary Environments* (J. K. Rigby y W. K. Hamblin, eds). S.E.P.M. Spec. Publ., n.º 16, 215-225.
- Howard, J. D. y Frey, R. W. (1973): Characteristic physical and biogenic sedimentary structures in Georgia estuaries. *Am. Assoc. Petrol. Geol., Bull.*, 57: 1.169-1.184.
- Howard, J. D. y Scott, R. M. (1983): Comparison of Pleistocene and Holocene barrier island beach-offshore sequences, Georgia and Northeast Florida coast, U.S.A. *Sedimentary Geology*, 34: 167-183.
- Jus, U. y Strauch, F. (1967): Zum marinen Oligozän am Bergischen Höhenrand. *Decheniana*, 118: 125 pp.
- Jux, U. y Strauch, F. (1967): Zum marinen Oligozän am Ber aus dem Mesozoikum von Bornholm. *Meddr. dans. geol. Foren.*, 18: 213 pp.
- Kennedy, W. J. y MacDougall, J. D. S. (1969): Crustacean burrows in the Weald Clay (Lower Cretaceous) of South-eastern England and their environmental significance. *Paleontol.*, 12: 459-471.
- Kennedy, W. J. y Sellwood, B. W. (1970): *Ophiomorpha nodosa* (Lundgren), a marine indicator from the Sparnacian of South-east England. *Geol. Assoc. Proc.*, 81: 99-110.
- Keij, A. J. (1965): Miocene trace fossils from Borneo. *Paläont. Z.*, 39: 220-228.
- Kern, J. P. y Warme, J. E. (1974): Trace fossils and bathymetry of the Upper Cretaceous Point Loma Formation, San Diego, California. *Geol. Soc. Am., Bull.*, 85: 893-900.
- Kilpper, K. (1962): *Xenohelis* (Mansfield, 1927) aus der Miozänen neiderrheinischen Braunkohlenformation. *Paläont. Z.*, 36: 55-58.
- Krejci-Graf, K. (1935): Beobachtungen am Tropenstrand. I. Bauten und Fährten von Krabben. *Senckenberg*, 17: 21-32.
- Kriz, J. y Cech, S. (1974): *Protocallianassa* burrows from the Bohemian, Upper Cretaceous. *Casopis Mineral. Geol.*, 19: 419-424.
- Lesquereux, L. (1873): Lignitic formation and fossil flora. *U.S. Geol. Surv. Territories, Ann. Rept.*, 6: 317-427.
- Lohmann, G. (1959): Zum bau des Oberweserberglandes zwischen Hannoversch-Münden und Karlsheren. *Diss. Hamburg. Geol. Inst. for 1959*, 44.
- Lundgren, S. A. B. (1891): Studier öfuer fossilförande lösa block. *Geol. Fören. Stockholm, Förhandl.*, 13: 111-121.
- Lüttig, G. (1962): Das Braunkohlenbecken von Bonhausen am Harz. *Geol. Jb.*, 79: 565.
- Macotay, O. (1967): Huellas problemáticas y su valor paleoecológico en Venezuela. *GEOS*, 16: 7-87.
- Mayoral, E. (1986): *Gyrolithes vidali*, nov. icnoesp. (Plioceno marino) en el Sector Suroccidental del Valle del Guadalquivir (área de Palos de la Frontera-Huelva, España). *Estudios geol.*, 42: 211-223 (1986).
- Mertin, H. (1941): Decapode krebse aus dem subhercynen und Braunschweiger Emscher und Untersenen sowie Bemerkungen über einige verwandte Formen in der Oberkreide. *Nova Acta Leopold-Carol., Halle*, 10: 149-262.
- Müller, A. M. (1970): Über Ichnia vom Typ *Ophiomorpha* und *Thalassinoides* (Vestigia invertebratorum, Crustacea). *Same., Monatsber.*, 12, n.º 10, 775-787.
- Oertel, G. F. (1973): Examination of textures and structures of mud in layered sediments at the entrance of a Georgia tidal inlet. *J. Sediment. Petrol.*, 43: 33-41.
- Pickett, T. E.; Kraft, J. C., y Smith, K. (1971): Cretaceous burrows-Chesapeake and Delaware Canal, Delaware, *J. Paleontol.*, 45: 209-211.
- Pohl, M. E. (1946): Ecological observations on *Callianassa major* SAY, at Beaufort, North Carolina, *Ecology*, 27: 71-80.
- Pryor, W. A. (1975): Biogenic sedimentation and alteration of argillaceous sediments in shallow marine environments. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 86: 1.244.
- Radwanski, A. (1970): Dependence of rocks-borers and burrowers on the environmental conditions within the Tortonian littoral zone of southern Poland (T. P. Crimes y J. C. Harper, eds). In: *Trace Fossils. Geol. J. Spec. Iss.*, 3: 371-390.
- Radwanski, A.; Friis, H., y Larsen, G. (1975): The Miocene Hagenør-Bórup sequence at Lillebaelt (Denmark): its bioge-

- nic structures and depositional environment. *Geol. Soc. Den., Bull.*, 24: 229-260.
- Rasmussen, H. W. (1971): Echinoid and crustacean burrows and their diagenetic significance in the Maastrichtian-Danian of Stevns Klint, Denmark. *Lethaia*, 4: 191-216.
- Scott, R. W. (1974): Bay and shoreface benthic communities in the Lower Cretaceous. *Lethaia*, 7: 315-330.
- Seidel, V. (1956): Ein Vorkommen von *Ophiomorpha* (Lundgren) im Miozän der Niederrheinischen Bucht. *Neues. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 10: 489.
- Seilacher, A. (1967): Bathymetry of trace fossils. *Mar. Geol.*, 5: 413.
- Shinn, E. A. (1968): Burrowing in recent lime sediments of Florida and the Bahamas. *J. Paleontol.*, 42: 879-894.
- Van de Graaf, F. R. (1972): Fluvial-deltaic facies of the Castlegate Sandstone (Cretaceous), east-central Utah. *J. Sediment. Petrol.*, 42: 558-571.
- Waage, K. M. (1968): The type Fox Hills Formation, Cretaceous (Maastrichtian), South Dakota. I. Stratigraphy, and paleoenvironments. *Bull. Peabody Mus. Nat. Hist.*, 27: 175.
- Warne, J. E. y Stanton, R. J. (1971): Stop 2: Rockdale railroad cut. In: *Trace fossils, a field guide* (Perkins, B. F., edits). *Louisiana State Univ., School Geosci., misc. Publ.*, 71, 1: 11-15.
- Weimer, R. J. y Hoyt, J. H. (1964): Burrows of *Callianassa major* (Say) geologic indicators of littoral and shallow neritic environments. *J. Paleontol.*, 38: 761.
- Willians, D. D.; Willians, N. E., y Hynes, H. B. N. (1974): Observations on the life history and burrow construction of the crayfish *Cambarus fodiens* (Cottle) in a temporary stream in southern Ontario. *Can. J. Zool.*, 52: 365-370.

Recibido el 18 de octubre de 1985
Aceptado el 13 de noviembre de 1986