

ICNOFACIES DE *SKOLITOS* Y *CRUZIANA* EN EL NEÓGENO SUPERIOR (PLIOCENO MARINO) DEL SECTOR HUELVA-BONARES (VALLE DEL RIO GUADALQUIVIR, ESPAÑA)

Eduardo MAYORAL

Sección de Geología de La Rábida. Universidad de Sevilla.
Palos de la Frontera, 21819 HUELVA.

ABSTRACT

The marine Lower Pliocene at the Southwestern Sector of the Guadalquivir Valley, is characterized by *Skolitos* and *Cruziana* ichnofacies. The first contain the following ichnocoenosis: *Skolitos* sp.; *Ophiomorpha isabeli* Mayoral; *Ophiomorpha* sp.; *Gyrolithes vidali* Mayoral; J-shaped burrows and irregular burrows. The second: *Thalassinoides* sp.; *Planolites* sp.; *Teichichnus* sp. and irregular burrows.

The ichnogenus are concisely described and their interpretation pointed out. The bottom sections of the Pliocene series are represented by overlapping of *Skolitos* and *Cruziana* ichnofacies. The top sections are mainly defined by the *Skolitos* ichnofacies. The general regressive trend of the series is in agreement with the vertical evolution of ichnofacies, which can likewise reveal the small transgressive movements. The ichnocoenosis are governed by changes in the environment, kind of substrate and supply. An active, past littoral motion is assumed to explain the lateral variations of the former associations.

Keywords: *Skolitos*, *Cruziana*, Ichnofacies, Ichnology, Lower Pliocene, Guadalquivir Valley.

RESUMEN

El Plioceno inferior marino en el Sector Suroccidental del Valle del Guadalquivir está representado por las icnofacies de *Skolitos* y *Cruziana*. La primera de ellas está formada por las icnocenosis siguientes: *Skolitos* sp.; *Ophiomorpha isabeli* Mayoral; *Ophiomorpha* sp.; *Gyrolithes vidali* Mayoral; galerías en forma de J y galerías irregulares. La segunda por: *Thalassinoides* sp.; *Planolites* sp.; *Teichichnus* sp. y galerías irregulares. Cada uno de estos icnogéneros es someramente descrito e interpretado. Los tramos inferiores de la serie pliocena presentan un solapamiento de ambas icnofacies, mientras que las superiores sólo están representadas por la de *Skolitos*. Esta evolución vertical de las icnofacies está de acuerdo con el régimen regresivo general de la serie, aunque pequeños episodios transgresivos son igualmente detectados por dichas asociaciones. Los cambios en el medio, naturaleza del sustrato y disponibilidad de alimento controlan la aparición o destrucción de las icnocenosis. Se postula la intervención activa de una dinámica litoral pretérita que condicionara los cambios y variaciones laterales antes aludidos.

Palabras Clave: *Skolitos*, *Cruziana*, Icnofacies, Icnología, Plioceno inferior, Valle del Guadalquivir.

INTRODUCCIÓN

El reconocimiento e identificación de las huellas fósiles se ha demostrado en las últimas décadas que es una herramienta muy útil, cuando no la única en muchos casos, tanto para el paleontólogo como para el sedimentólogo. Tomando como base esta premisa, se citan en el presente trabajo una relación completa de las huellas más características del Plioceno marino en este sector, que han ayudado al establecimiento de dos tipos de icnofacies, cuya interpretación permite aventurar algunos rasgos paleogeográficos de la cuenca que no podrían ser abordados totalmente con el estudio de las deducciones paleontológicas clásicas.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA Y MATERIALES ESTUDIADOS

El área que se ha tomado como base de este estudio, se localiza en el extremo suroccidental del Valle del Guadalquivir, concretamente en los tramos finales de los cursos de los ríos Tinto y Odiel, en la provincia de Huelva, y que comprende desde esta capital hasta la localidad de Bonares.

Los materiales en ella presentes están constituidos por facies arcillosas y arenosas, muy ricas paleontológicamente,

por lo cual han sido conocidas extensamente en la literatura geológica, ya desde finales del siglo pasado. No obstante y hasta la fecha, no se tiene noticias de que ningún autor haya estudiado sistemáticamente estas facies desde sus aspectos icnológicos.

El estudio de las zonas se ha realizado tomando como criterio cuatro sectores geográficos: Huelva, Palos de la Frontera, Moguer y Bonares. En base a ellos se han referido todas las observaciones (Figura 1).

Dado que la litología de los materiales no sufre grandes variaciones de una a otra zona, se puede resumir la misma en una columna tipo, que de muro hacia techo se caracterizaría por presentar:

1. Arcillas gris azuladas, localmente negras, con una tendencia a ser más limosas hacia el techo. En los sectores más orientales (Bonares), presentan en sus tramos superiores, frecuentes intercalaciones de materiales arenosos. Su contenido faunístico es bajo, encontrándose en forma fragmentaria y dispersa. Tan sólo en Huelva capital (Figura 2) aflora un nivel *in situ*, representado por bivalvos (venéridos, ostreidos, chlamydos) y gasterópodos (turritélidos, naticidos, vermétidos). Los escafópodos también son abundantes.

La potencia real de este tramo no se puede llegar a precisar. Por datos de sondeos (Ríos, 1958), superan ampliamente los 600 m, si bien en los afloramientos su espesor varía entre 3 y 80 m.

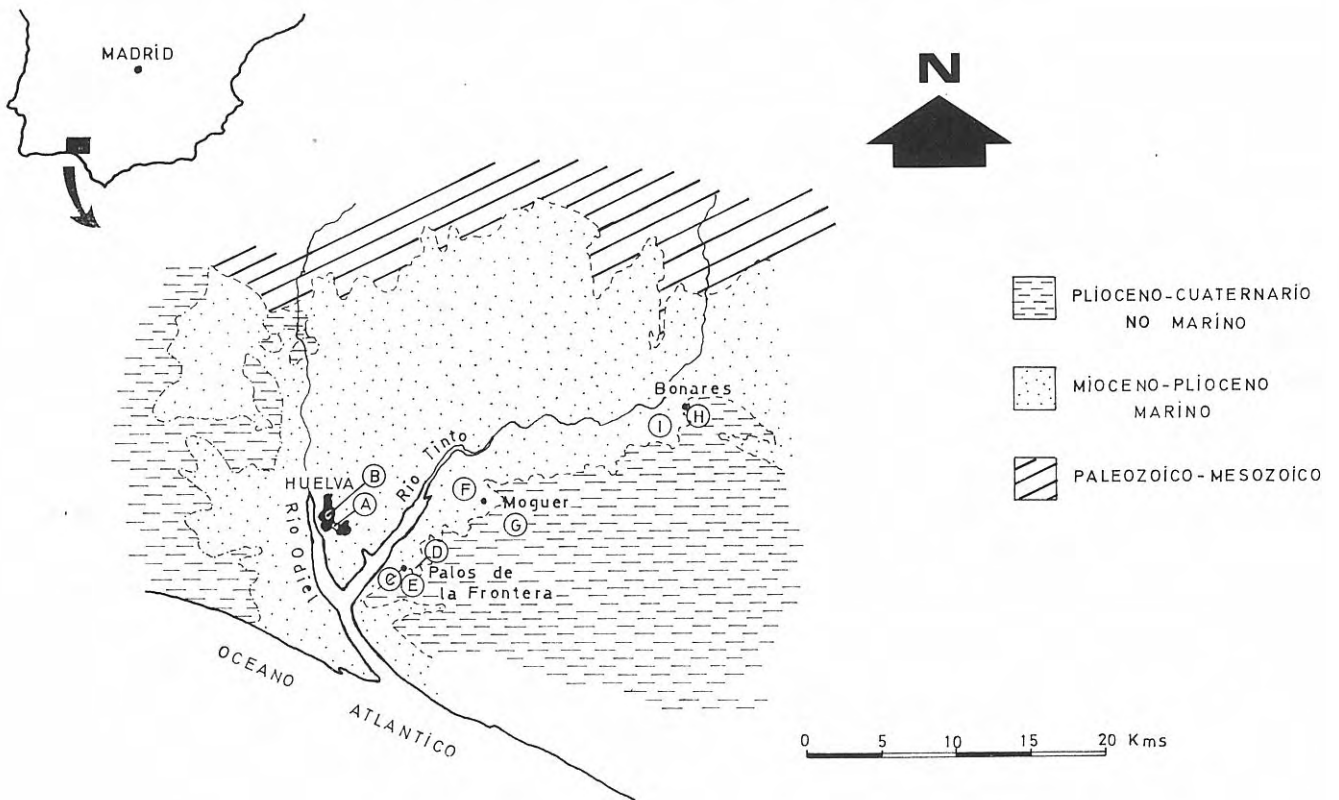


Figura 1. Situación geográfica y marco geológico del área estudiada. Se representan los puntos donde se han obtenido las diferentes columnas estratigráficas (Según Civis *et al*, 1985).

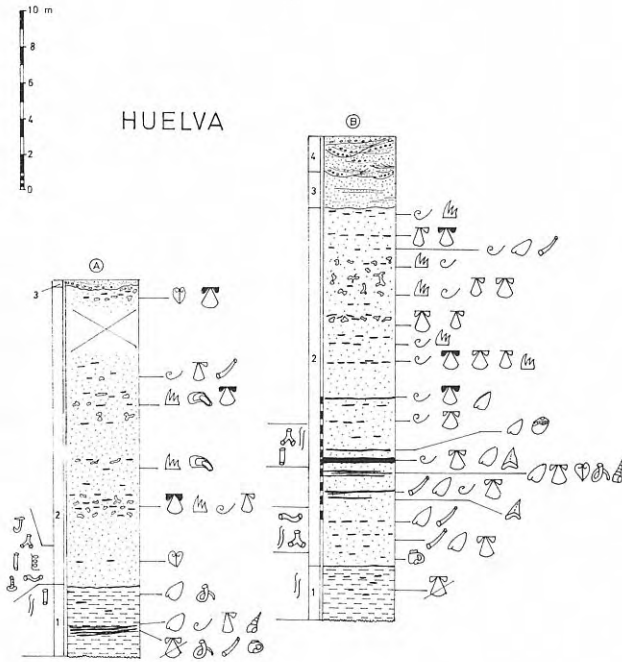


Figura 2. Columnas estratigráficas del sector de Huelva. Se representa el contenido faunístico principal, las icnocenosias propias de cada tramo y la situación de los niveles glauconíticos.

Esta facies arcillosa, constituye la recientemente definida «Formación Arcillas de Gibraleón (Civis *et al.*, 1985) y su edad establecida es Plioceno inferior (Biozona de *Globorotalia miotumida* y *G. margaritae*, Sierro, 1984).

2. Arenas finas, pardo-amarillentas, normalmente limosas en sus tramos inferiores y que presentan un horizonte glauconítico, concentrado o disperso, en las proximidades del contacto con la formación infrayacente. La característica principal de este paquete arenoso es la presencia de numerosos y excelentes niveles fosilíferos (Figs. 2, 3 y 4). Estos horizontes aparecen primeramente ligados a los niveles con glauconita, que se caracterizan por la gran abundancia de bivalvos (venéridos, ostreidos, chlamydos, pectínidos, cardiidos), gasterópodos (verméticos) y restos de pisciformes, fundamentalmente dientes y vértebras de peces óseos.

Los tramos medios y superiores de estas facies arenosas, se caracterizan también por la presencia de horizontes faunísticos, normalmente más dispersos y con una densidad de organismos variable (localmente pueden estar muy condensados). Son muy frecuentes los bivalvos (venéridos, ostreidos, pectínidos, chlamydos, glyciméridos, cardiidos, mytilidos, tellínidos y nuculáridos), así como gasterópodos (naticidos, murícidos, calyptréidos, xenophóridos, turritélidos, ringicúlidos, nassáridos y verméticos); escafópodos, cirrípedos (balanomorfos), restos óseos (dientes y vértebras), crustáceos, briozoos, restos de equínidos, coralaris solitarios, etc.

La potencia de esta formación, definida como «Arenas de Huelva» (Civis *et al.*, 1985), suele alcanzar unos valores promedios de 10-30 m. Su edad sigue siendo Plioceno inferior (Biozona de *G. margaritae* y *G. puncticulata* —sector de Moguer—; Sierro, 1984).

El tipo de contacto entre esta formación y la infrayacente es variable. Así mientras en los sectores de Huelva-Palos-Moguer, el tránsito viene marcado por una superficie horizontal de paraconformidad, erosiva; en Bonares, éste es gradacional, de tipo interdigitado, sin interrupciones sedimentarias.

3. Arenas finas a muy finas en la base, progresivamente más gruesas hacia el techo, de colores normalmente variados, blanco-amarillentos a rojizos, con intercalaciones de pequeños niveles conglomeráticos e hiladas de cantos silíceos. Sin fauna visible hasta el momento, presentan estructuras sedimentarias de láminas paralelas o suavemente inclinadas en sentidos opuestos, ripples de oscilación de muy pequeña escala, estructuras físicas de colapso, de escape de fluidos y/o gases; así como niveles de turba y material carbonoso, muy dispersos por el sedimento.

Su potencia es muy variable, variando desde uno a una veintena de metros. Esta facies «no fosilífera», está todavía sin definir formalmente por la falta, hasta el momento, de restos paleontológicos. En la literatura regional se conocen como «Arenas Basales» (I.G.M.E., 1975). Se disponen en suave discordancia erosiva sobre las arenas fosilíferas infrayacentes.

4. Arenas arcillosas y arcillas arenosas rojas, con intercalaciones de niveles conglomeráticos de cantos silíceos, medios a gruesos, de matriz arenosa, rojiza, que muestran láminas de estratificación cruzada dentro de paleocanales más o menos bien desarrollados. Son frecuentes los fenómenos de ferruginización (formación de costras o corazas) en relación con procesos freáticos y/o perfiles de alteración (Rodríguez-Vidal *et al.*, 1985).

HUELLAS FÓSILES

Las icnocenosias de sustratos blandos que caracterizan el Plioceno inferior marino en el área investigada, están representadas por las icnofacies de *Skolitos* y *Cruziana*, según terminología de Frey & Seilacher (1980).

Estas icnofacies no aparecen totalmente diferenciadas en casi ningún momento, antes bien, se presentan ampliamente solapadas. (Esta posibilidad ya fue apuntada por Howard & Frey, 1975). Además, a partir de los comentarios críticos de Byers (1982) al modelo batimétrico clásico de Seilacher (1967), las galerías verticales de la icnofacies de *Skolitos*, aunque parecen ser de medios altamente energéticos, no significan que tengan que ser de aguas someras, y al contrario, las galerías horizontales y huellas de la icnofacies

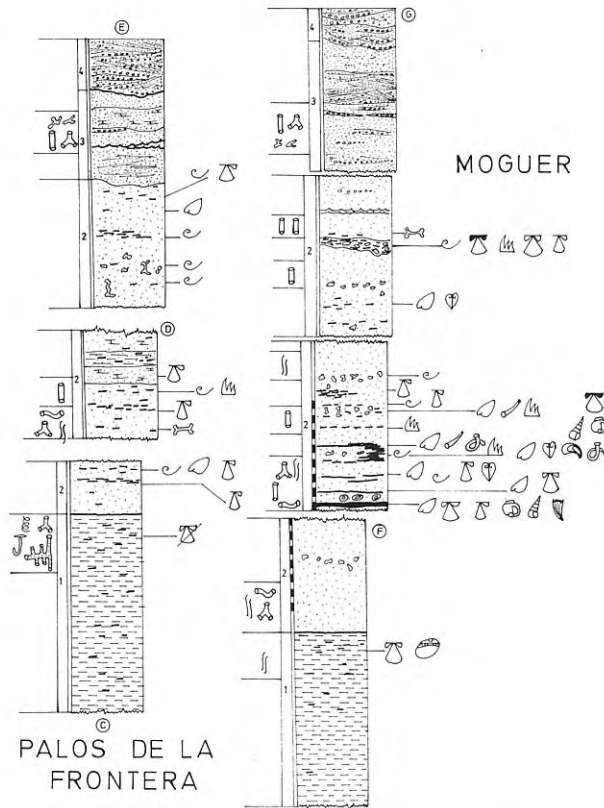


Figura 3. Idem para los sectores de Palos de La Frontera-Moguer y Bonares, respectivamente.

Cruziana, si bien son de aguas más tranquilas, éstas no tienen por qué ser de zonas más profundas.

De cualquier forma, se puede establecer una tendencia evolutiva de estas icnofacies, que se expone detalladamente en los apartados siguientes.

ESTRUCTURAS FÍSICAS SEMEJANTES A HUELLAS

La presencia de estructuras cónicas y/o cilíndricas, irregulares, compuestas por láminas arenosas que se doblan hacia abajo o en cualquier dirección se suelen producir a consecuencia del colapso de los sedimentos sobre galerías inicialmente de origen biológico. Este tipo de estructuras son bastante frecuentes y aparecen mencionadas por muchos autores (Boyer & Warme, 1975; Bromley *et al.*, 1975; Curran & Frey, 1977; Frey *et al.*, 1978), aunque generalmente son muy difíciles de distinguir y pueden confundirse fácilmente con estructuras de escape de anémonas marinas (Shinn, 1968; Frey, 1970 a; Schäfer, 1972; Radwański, 1977; Curran & Frey, 1977) o con estructuras asociadas a movimientos migratorios verticales de la infauna.

La acción de pequeños crustáceos (callianásidos, braquiuros o malacostráceos) pueden originar bioturbaciones de este tipo, incluso ciertas comunidades de

anélidos enteropneustos (Chamberlain, comunicación personal).

De cualquier modo, la presencia de estructuras de «convolute bedding», deformación por escape de fluidos y/o gases y otros tipos de distorsiones sedimentarias, prueban el hecho de factores físicos que han actuado junto o posteriormente a los de tipo biológico (Lám. III, Figs. 5 a 10).

ICNOLOGÍA SISTEMÁTICA

Planolites sp.
(Lám. I, Figs. 1-2)

Material

En el sector de Huelva, dos secciones longitudinales claras en el punto A (tramo 2, basal) y varias dudosas en el punto B (tramo 2, basal), así como en el sector de Palos de la Frontera, punto D; Moguer, puntos F y G, (tramo 2, basal) y Bonares, punto H (tramo 2, basal).

Descripción

Galerías horizontales, sinuosas a ligeramente inclinadas, con un diámetro que varía entre 0,9-2 cm. y una longitud entre 18 y 40 cm (muy constante a lo largo de su recorrido). Las paredes presentan contactos netos con el sedimento que los rodea, pero no están reforzadas. No se ramifican, no presentan estructuras internas y se localizan en formas aisladas, no gregarias.

Interpretación

Actualmente, galerías del tipo *Planolites* son frecuentes en arenas coherentes, arenas limosas y limos conchíferos o arenosos de las zonas de plataforma, así como en playas protegidas, llanuras mareales, bajíos y recodos en canales mareales (Pettibone, 1963; Frey, 1970 b; Howard & Frey, 1975).

Nuestras galerías coinciden en forma y dimensiones con las producidas por los actuales anélidos poliquetos *Nereis succinea* (Frey & Leucart) y *Marphysa sanguinea* (Montagu) y a la acción de organismos semejantes son atribuidas.

Skolitos sp.
(Lám. I, Figs. 3-6)

Material

Más de una veintena de secciones longitudinales repartidas en todos los sectores, especialmente abundantes en los de Moguer, puntos F y G (tramos 1 y 2) y Bonares, punto G (tramos 1 y 2).

BONARES

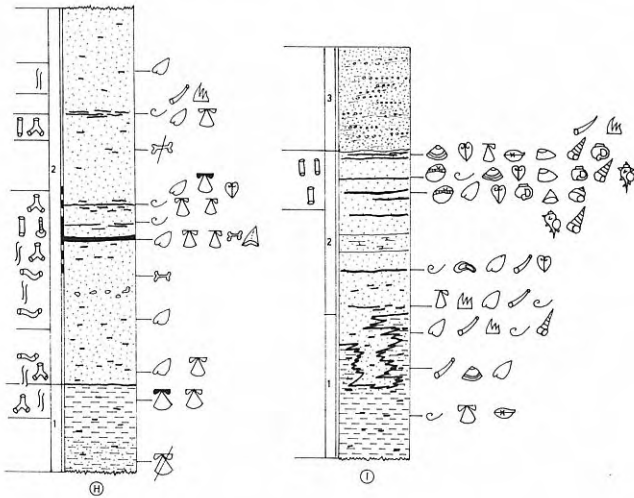


Figura 4. Idem para los sectores de Palos de La Frontera-Moguer y Bonares, respectivamente.

Descripción

Galerías largas subverticales a ligeramente inclinadas, con un diámetro que varía entre 2 y 7 mm, alcanzando excepcionalmente los 11-15 mm. La longitud es también muy variable, de 5-10 cm en unos casos o 50 cm en otros. Las paredes exteriores son lisas, de contactos netos, compuestas por una fina capa de material oscuro, posiblemente orgánico. Sin estructuras internas. El relleno de las galerías se encuentra limonitizado respecto a la matriz limo-arenosa que los rodea. Difieren de la icnoespecie tipo: *S. linearis* Haldemann, en la mayor irregularidad del trazado, que no es tan vertical como en esta última.

Interpretación

Estas galerías son consideradas como de habitación y tienen análogos actuales bastante numerosos. Entre ellos destacan los anélidos poliquetos *Laeonereis culveri* (Webster); *Mesochaetopterus tayloti* (Potts); *Onuphis eremita* Audouine & Milne-Edwarda; *O. microcephala* Hartman y *O. nebulosa* Moore; cuyas medidas coinciden plenamente con las nuestras, especialmente las de la familia Onuphidae.

Teichichnus sp.
(Lám. I, Fig. 7)

Material

Tan sólo dos secciones verticales, una en el sector de Huelva, punto A, (tramo 2, basal), y otra en Bonares, punto H, (tramo 2, glauconítico).

Descripción

Galerías verticales, normalmente incompletas, truncadas y cortas (según las secciones bastante inclinadas). Están formadas por una serie de láminas meniscadas, abombadas hacia abajo, de tal forma que son siempre más anchas en la parte inferior y conforme se apilan, se hacen más estrechas. La anchura en las zonas inferiores oscila entre 25-30 mm y en las superiores entre 16-20 mm. Su longitud es pequeña, dada la oblicuidad de las secciones, y varía entre 2,5 y 10 cm. Difiere de la icnoespecie tipo: *T. rectus* Seilacher, en el mayor grado de inclinación del sistema de apilamiento.

Interpretación

Hester & Pryor (1972, p. 686), han podido observar cómo túneles horizontales de *Ophiomorpha* podían disponerse en estructuras idénticas a las de *Teichichnus*. En nuestros ejemplares, esta explicación podría ser muy factible, ya que ambos aparecen asociados. Si no es así, se debe al no reforzamiento de las paredes de dichas galerías y a que no presentan el carácter tubular y nodoso de la misma, características éstas, que servirían como criterio de diferenciación para los autores anteriores (Ibid., p. 677).

Por todo ello, lo más lógico es suponer que estas estructuras han podido ser hechas por anélidos poliquetos, como *Nereis diversicolor* (Seilacher, 1957, p. 203).

De hecho, la asociación de estos anélidos con crustáceos decápodos es muy frecuente (Reineck *et al.*, 1968; Howard & Dörjes, 1972; Howard & Reineck, 1972; Curran & Frey, 1977) y por tanto no es extraño que sus galerías aparezcan juntas en las mismas facies.

Gyrolithes vidali Mayoral
(Lám. I, Figs. 8-11)

Material

Una sección longitudinal en el sector de Huelva, punto A, (tramo 2, basal) y 7 ejemplares completos en el sector de Palos de la Frontera, punto C, (tramo 1).

Descripción

Esta icnoespecie nueva, cuya descripción detallada ha sido realizada por el autor (Mayoral, 1985 a), se caracteriza por presentar un enrollamiento espiral verticalizado en sentido contrario al desplazamiento lateral de su eje, así como por poseer una cámara basal ciega en la parte inferior del sistema. Las galerías son de sección subcircular, y están ornamentadas exteriormente por un par de estrías paralelas que las recorren alternativamente.

Interpretación

Pese a que algún autor (Powell, 1977), considera esta galería producida por un anélido poliqueto, la evidencia generalmente aceptada (ver Mayoral, 1985 a) es que el organismo productor de *Gyrolithes*, sea un crustáceo decápodo, muy probablemente del grupo de los callianásidos.

Ophiomorpha isabeli Mayoral (Lám. II, Figs. 1-2)

Material

Aproximadamente una veintena de ejemplares casi completos y numerosos fragmentos en el sector de Palos de la Frontera, punto C, (tramo 1).

Descripción

Esta icnoespecie, del mismo modo que en el caso anterior, ha sido descrita recientemente por el autor (Mayoral, 1985 b) y su característica esencial es la de presentar una serie de galerías cilíndricas con un reforzamiento externo de las paredes por materiales arcillo-arenosos, de grano muy fino, que le confieren una textura seudopelletiforme altamente irregular. Estos sistemas de galerías se encuentran o bien formando complejos muy regulares de túneles y chimeneas, ortogonales entre sí, o bien en forma de tubos verticalizados, aislados y de gran longitud (hasta 2 m), que pueden bifurcarse a modo de Y en su parte superior.

Interpretación

De modo análogo a como ocurría con *Gyrolithes*, la acepción generalmente admitida por los numerosos especialistas que durante más de siglo y medio han estudiado este icnogénero (desde Say, 1818 a Curran, 1985), es de que el organismo constructor de tales galerías es un crustáceo decápodo del grupo de los callianásidos.

Ophiomorpha sp. (Lám. II, Figs. 3-8)

Material

Numerosas secciones longitudinales (más de 30) repartidas por todos los sectores, que son especialmente abundantes en la parte media-superior de los tramos 2 y 3.

Descripción

Dentro de esta denominación se incluyen todas aquellas galerías verticales o con una componente ver-

tical dominante, de paredes más o menos reforzadas por una fina capa oscura, normalmente limonitizada, sin textura mamelonar claramente definida y siempre con estructuras internas formadas por láminas meniscoides, tanto retro como protrusivas, que son indicadores de rellenos pasivos y/o activos.

Raramente presentan ramificaciones y cuando lo hacen, éstas se abren en ángulos casi rectos y tienen desarrollos muy cortos. Estas galerías corresponden tanto a individuos adultos como a jóvenes, y sus tamaños son muy variables, en función directa del tipo de sedimento y medio de depósito. Así, las presentes en los materiales limo-arenosos de las partes basales de la Fm. Arenas de Huelva (en el sector de Huelva), tienen una anchura promedio de 20 mm y una longitud entre 18 y 40 cm. Las que aparecen en los horizontes glauconíticos de la anterior formación (en el sector de Bonares), tienen una anchura de 12,5-15 mm y unas longitudes de 10 a 58 cm; mientras que las que se sitúan por encima de estos niveles y que corresponden a las zonas poco fosilíferas, tienen anchuras de 15-24 mm y longitudes de 36 cm. Las que corresponden a los niveles interfosilíferos, son más pequeñas, con anchuras de 7,5-22,5 mm y longitudes de 4,7-15,6 cm. Por último, las ubicadas dentro de las «Arenas Basales», pueden presentar también dos tamaños, unas que se encuentran aisladas, con una anchura de 26-30 mm y longitudes de 20-40 mm, y otras, en grupos, de corto desarrollo y que son notablemente más pequeñas, con anchuras de 5-13 mm y longitudes de 1,5-2,25 cm hasta 6 cm.

Interpretación

La argumentación establecida en torno a los posibles organismos constructores de *Ophiomorpha* es igualmente válida para los de *O. sp.*, de tal forma que sus diferentes morfometrías corresponden dentro de los callianásidos, a especies casi seguramente diferentes o bien a diferentes estadios ontogénicos dentro de cada población. De cualquier forma, en aquellos casos en los que la conservación no es especialmente buena, su construcción atribuible a anélidos poliquetos (Dörjes & Howard, 1975) o a anémonas marinas (Radwański *et al.*, 1975 y 1977 b; Curran & Frey, 1977) podría ser también factible al no existir criterios claros de diferenciación entre unos y otros.

Thalassinoides sp.

(Lám. II, Figs. 9-10; Lám. III, Figs. 1-2)

Material

Numerosas secciones transversales y longitudinales en todos los sectores (tramos 1 y 2, esencialmente) y pocos cuerpos tridimensionales (tan sólo en los de Huelva y Palos de la Frontera).

Descripción

Galerías horizontales o subhorizontales a inclinadas, medianamente anchas (diámetro: 20 mm), de longitud variable (10-22 cm a 10-25 cm), que pueden aparecer en secciones aisladas o formando cuerpos tridimensionales, donde se aprecia una clara ramificación bifurcada a partir de un punto que se ensancha («turn around») en ángulos de 100°-130°. Ocasionalmente algunos túneles horizontales presentan unas ligeras esculturas consistentes en un par de estrías paralelas, muy semejantes a las que aparecen en las galerías de *Gyrolithes vidali* (Mayoral, 1985 a). Estas mismas galerías van asociadas a otras que se disponen del mismo modo, aunque son más pequeñas, tanto longitudinalmente (5-10 cm), como en anchura (10 mm), pudiendo presentar en sus extremos unas cortas bifurcaciones que se abren en ángulos de 30°-60° (40° promedio).

En íntima relación con ellas, aparecen otras secciones, normalmente numerosas, circulares o subcirculares a netamente elipsoidales, cuyo diámetro oscila entre 20 y 40 mm. El relleno es ligeramente diferente del material que les rodea, de grano por lo general más grueso. Este relleno puede ser tanto pasivo como activo, característica que se pone muy bien de manifiesto en el caso de que aparezcan asociadas a sedimentos glauconíticos. En estos, la glauconita se presenta relleno las galerías (muy enriquecidas en relación al sedimento) en forma de láminas, normalmente oblicuas (20°-30°), que alternan con otras de material arenoso.

Interiormente, las secciones horizontales no tienen estructuras definidas, aunque sí se presentan en las circulares/elipsoidales. En éstas, (Lám. I, fig. 1) hay una serie de láminas, más anchas en la base, que se hacen más finas hacia la parte superior y que es típica de este icnogénero. Todas presentan halos diagenéticos cuyo color varía gradualmente, siendo más oscuro en la zona de contacto con la galería y más claro conforme se aleja de ésta. El radio de estos halos puede alcanzar e incluso superar los 2 cm.

Interpretación

La naturaleza del organismo excavador, está ampliamente aceptada que corresponde a crustáceos, concretamente a los thalasinídeos (callianásidos). Esta afirmación se basa en trabajos recientes hechos en medios actuales (Weimer & Hoyt, 1964; Reineck *et al*, 1968; Shinn, 1968; Farrow, 1971; Frey & Mayou, 1971; Braitwaite & Talbot, 1972; DeWindt, 1974; Dörjes & Hertweck, 1975; Basan & Frey, 1977), donde parece que varios callianásidos exhiben características en sus galerías que son idénticas a las mostradas por este icnogénero.

Galerías en forma de J

(Lám. III, Figs. 3-4)

Material

Escaso. Tan sólo un ejemplar en el sector de Palos de la Frontera, punto C, (tramo 1) y una sección longitudinal en el de Huelva, punto A, (tramo 2, basal).

Descripción

Son galerías medianamente anchas: 16-25 mm y largas: 20-30 cm, no ramificadas, que se disponen en 45°-50° a 90° respecto de la horizontal en sus extremos inferiores. Las paredes interiormente son lisas y su contacto con el sedimento exterior es neto, presentando una fina película, que en ningún momento constituye un verdadero reforzamiento. La estructura interna es de láminas meniscadas, con la convexidad hacia abajo y un lado más inclinado que otro. Parece responder a un relleno pasivo y no siempre está presente o es reconocible.

El relleno interior es diferente del sedimento circundante, y está formado por arenas más limpias y menos limosas que las de éste.

Aparece asociado a los icnogéneros *Thalassinoides*, *Ophiomorpha* y *Gyrolithes*.

Interpretación.

El organismo constructor puede haber sido un crustáceo decápodo, probablemente en relación con un estomatópodo, similar a *Pseudosquilla* (Braitwaite & Talbot, 1972, pt. II; fig. 4), que habita las zonas submareales de las islas arrecifales del Océano Índico y que está íntimamente asociado a *Callianassa* sp (constructor de *Thalassinoides*). También podrían responder a partes de un sistema de galerías tal y como las construye *Upogebia affinis* (Say), (Bromley & Frey, 1974).

Las atribuciones clásicas de las galerías en forma de J a la acción de crustáceos como *Ocypode*, *Cardisoma* y *Macrophthalma* (Hayasaka, 1935; Shinn, 1968; Frey & Mayou, 1971; Braitwaite & Talbot, 1972), *Ocypode quadrata* (Fabricius) (Dörjes & Hertweck, 1975; Hill & Hunter, 1973; Radwanski, 1977 a), *Uca pugnax* (Smith); *U. minax* (Le Comte) y *Sesarma reticulatum* (Say), (Allen & Curran, 1974; Basan & Frey, 1977), hay que deshecharlas en este caso, pues son generalmente mucho más irregulares, de corto desarrollo y muy ramificadas. Además van asociadas a zonas supramareales e incluso de dunas litorales, que son medios diferentes de donde se encuentran las huellas cuyo origen se discute.

Galerías irregulares

Material

Tan sólo se dispone de numerosas secciones en el sector de Palos de la Frontera, punto E, (tramo 3), y en el de Moguer, punto G, (tramo 3).

Descripción

Galerías horizontales o subhorizontales, de 3-18 cm. de longitud (7 mm promedio) y anchura de menos de 10 mm; junto con otras circulares o subcirculares, de tamaño similar (10-20 mm de anchura/largura) y unos grupos irregularmente alargados, con bifurcaciones del mismo tipo y cortas (longitud promedio: 10 cm, y anchura 0,5-2 cm.).

Interpretación

Estas huellas aparecen por encima de un lentejón de conglomerados silíceos, de base erosiva, sobre unas arenas con estratificación cruzada suave.

Estos sedimentos, depositados en condiciones seguramente supramareales, (zonas marismales?) han podido ser reelaborados por la acción de pequeños crustáceos y/o anfípodos («criptobioturbación» de Howard

& Scott, 1983), posiblemente en relación con *Eurytium limosum* (Say); *Alpheus heterochaelis* (Say) y similares (Basan & Frey, 1977), caracterizados por una serie de complejos túneles interconectados, cuyo reflejo en diferentes planos, puede corresponderse perfectamente con las secciones que en este sector se observan.

SIGNIFICADO AMBIENTAL Y EVOLUCIÓN DE LAS ICNOFACIES

Una vez reconocidos los diferentes tipos de huellas fósiles, el siguiente paso, es abordar su estudio considerándolas como integrantes de una asociación o icnocenosis. En tal enfoque se trata de deducir las condiciones medio ambientales que influyeron en su comportamiento y que junto a otros factores externos (energía, turbulencia, velocidad de corrientes, profundidad, etc.) e internos (naturaleza y consistencia del sustrato, disponibilidad de nutrientes, etc.) han ocasionado su actual distribución en los afloramientos.

ICNOFACIES del sector de Huelva

En este sector las icnofacies mejor representadas, que son de naturaleza mixta, se sitúan en las arenas li-

| ICNOCECENOSIS | Icnf. Skolitos | | | Icnf. Cruziana | | | Icnf. Skolitos | | | Icnf. Cruziana | | |
|------------------------------------|----------------|---|---|----------------|---|---|----------------|---|---|----------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| <i>Planolites</i> sp | | | | | | | | | | | | |
| <i>Skolitos</i> sp | | | | | | | | | | | | |
| <i>Teichichnus</i> sp | | | | | | | | | | | | |
| <i>Gyrolithes vidali</i> Mayoral | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ophiomorpha isabeli</i> Mayoral | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ophiomorpha</i> sp | | | | | | | | | | | | |
| <i>Thalassinoides</i> sp | | | | | | | | | | | | |
| Galerías en forma de J | | | | | | | | | | | | |
| Galerías irregulares | | | | | | | | | | | | |
| | A | | | | | | B | | | | | |
| <i>Planolites</i> sp | | | | | | | | | | | | |
| <i>Skolitos</i> sp | | | | | | | | | | | | |
| <i>Teichichnus</i> sp | | | | | | | | | | | | |
| <i>Gyrolithes vidali</i> Mayoral | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ophiomorpha isabeli</i> Mayoral | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ophiomorpha</i> sp | | | | | | | | | | | | |
| <i>Thalassinoides</i> sp | | | | | | | | | | | | |
| Galerías en forma de J | | | | | | | | | | | | |
| Galerías irregulares | | | | | | | | | | | | |
| | C | | | | | | D | | | | | |

Tabla I. Representación de las icnocenosis características de las icnofacies de *Skolitos* y *Cruziana*. A: Sector de Huelva. B: Sector de Palos de la Frontera. C: Sector de Moguer. D: Sector de Bonares. 1, 2 y 3: tramos de las formaciones consideradas. i: inferior, s: superior.

mosas y glauconíticas de la Fm. Arenas de Huelva, que son más escasas en la Fm. Arcillas de Gibraleón. Las icnocenosis características y su distribución estratigráfica, se resumen en la Tabla IA.

La interpretación ambiental puede corresponder al siguiente modelo:

— Los materiales arcillosos, escasamente arenosos y carbonatados, de la Fm. Arcillas de Gibraleón, se sedimentaron en una plataforma marina, nerítica, en un principio relativamente profunda, en un medio circalitoral inferior, muy probablemente justo por encima de la zona donde dejan de sentirse en el fondo la influencia de tormentas y corrientes mareales fuertes.

En esta zona se pueden desarrollar biocenosis *in situ*, como las de la columna del punto A, representadas por organismos bentónicos que viven enterrados total o parcialmente en el fondo (venéridos, escafópodos, turritélidos, natícidos) o sobre él (ostreidos, chlamydos, etc.).

El grado de reelaboración del sedimento sería bajo y en consecuencia el alimento en suspensión también. Esta causa explicaría la baja proporción de especies e individuos (Dörjes, 1971 y 1972) y al mismo tiempo las escasas especies de organismos suspensívoros que en él habitarían (*Skolitos* sp.).

Conforme la cuenca evoluciona, las arcillas se sedimentan en zonas cada vez más someras, con más porcentaje de terrígenos en su composición. Bajo estas condiciones la cuenca sufre una interrupción sedimentaria, no muy importante, pero sí lo suficientemente grande, como para permitir el asentamiento de organismos sedimentívoros y suspensívoros. Estos con un medio cada vez más rico en nutrientes, colonizarían el fondo, creando diversas estructuras de habitación (*Skolitos* sp. y *Ophiomorpha*) situadas en el techo de la formación (Fig. 5.1).

La sedimentación vuelve a reanudarse, aunque muy lentamente y los materiales se vuelven cada vez más limo-arenosos, que irán rellenando las galerías vacías del fondo. En esta zona de transición de un medio circalitoral superior a uno sublitoral la energía se sigue manteniendo baja y el sustrato es bastante estable y más coherente que al principio. Estas condiciones, unidas a la riqueza en materia orgánica del fondo, hacen que se desarrolle una importante comunidad de organismos (Fig. 5.2), especialmente de anélidos poliquetos, que buscan el alimento en suspensión, originando finas galerías verticales (*Skolitos* sp.) u horizontales simples (*Planolites* sp.), o compuestos (*Teichichnus* sp.), y crustáceos decápodos de varias clases, que lo

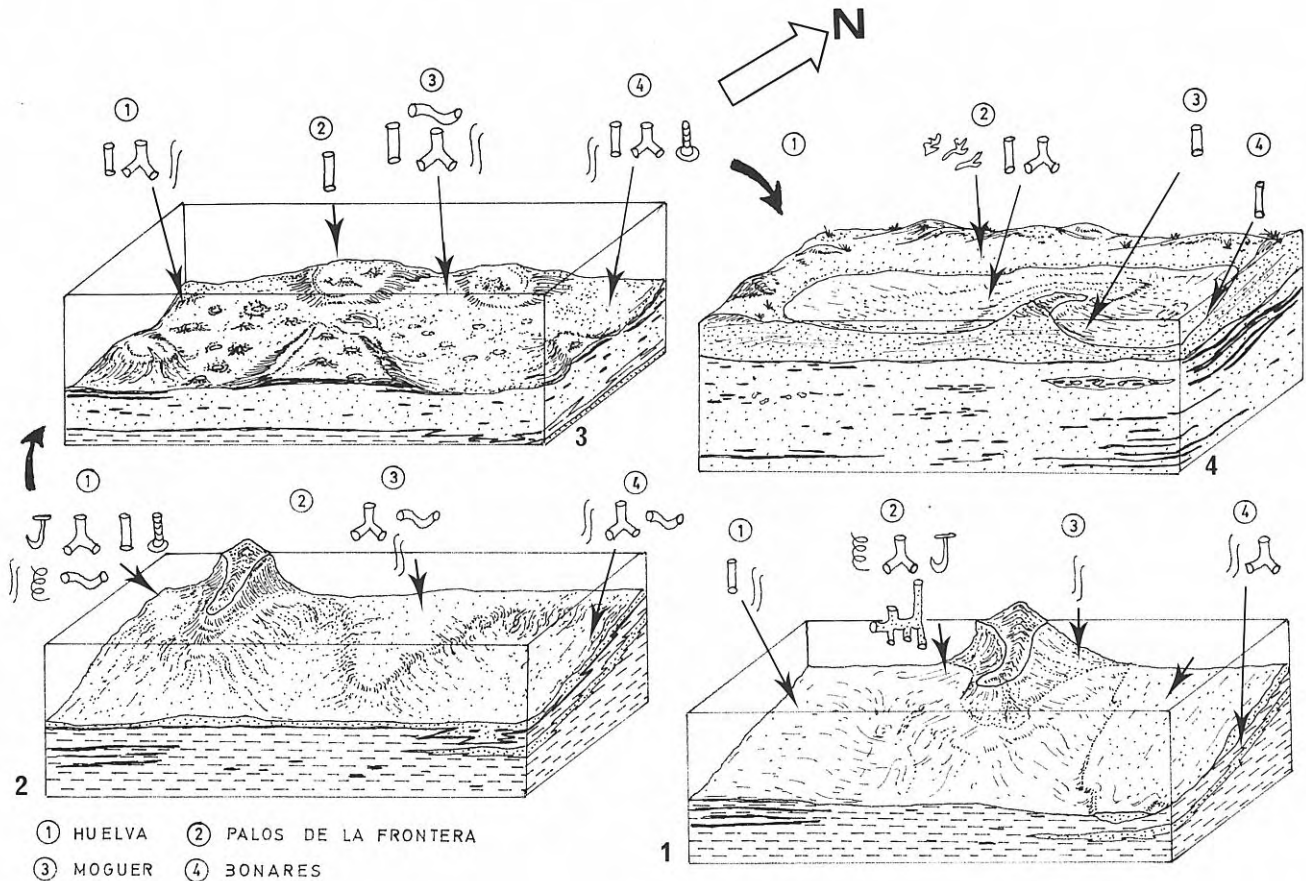


Figura 5. Ubicación de las principales icnocenosis y su evolución durante el Plioceno inferior. 1. Reconstrucción idealizada para los tramos altos de la facies arcillosa (Fm. Arcillas de Gibraleón). 2. Idem para los tramos basales de la facies limo-arenosa (Fm. Arenas de Huelva). 3. Idem para la facies glauconítica de la misma formación. 4. Idem para los tramos altos de la serie («Arenas Basales»).

buscan sobre o dentro del sedimento, creando galerías horizontales más o menos intrincadas, que se unen o ramifican a otras verticales, al objeto de su explotación y/o búsqueda de refugio (*Gyrolithes vidali* Mayoral, *Ophiomorpha* sp., *Thalassinoides* sp. y galerías en forma de J).

Las icnocenosis de los tramos glauconíticos responderían a unas condiciones ambientales y paleogeográficas muy similares, si bien la cuenca en este punto parece haber sufrido un ligero movimiento transgresivo, que se manifiesta en una mayor profundidad de la misma (Fig. 5.3). La velocidad de sedimentación y la energía del medio serían incluso más bajas que en el primer asentamiento, condiciones éstas que se deducen por ser muy favorables a la formación de la glauconita (que se ha podido comprobar que es autigénica en su mayor parte).

La otra característica que apoya esta hipótesis es la presencia de las primeras acumulaciones importantes de fauna, que serían una consecuencia de un medio sometido a estos condicionantes.

ICNOFACIES DEL SECTOR DE PALOS DE LA FRONTERA

Se encuentran a lo largo de toda la serie y las más ricas son las que aparecen en los materiales más inferiores de la misma.

Son de carácter mixto y están representadas las icnofacies de *Skolitos* y *Cruziana*. Hacia el techo pierden tal carácter, estando los términos más modernos formados casi exclusivamente por la de *Skolitos*. Sus icnocenosis se exponen en la Tabla IB.

Desde el punto de vista medio ambiental las condiciones y evolución son muy parecidas a las del sector anterior, sólo que con matices diferentes.

Así, se puede apreciar que mientras en Huelva el techo de la formación arcillosa es colonizado, pero con una baja densidad de organismos, en Palos de la Frontera, ésta es enormemente alta (Fig. 5.1).

La explicación a este fenómeno podría buscarse en la disponibilidad de alimento o en la configuración paleogeográfica del entorno y su ulterior evolución o en la suma de los dos. De este modo, en el primer sector el alimento podría hallarse en suspensión (lo que implicaba la creación de tubos más o menos verticales, casi siempre no consolidados —razón de su posible desaparición—) y en el segundo (Palos) podría encontrarse en gran cantidad en el sedimento. Esto aclararía la intensa construcción de galerías relativamente anchas y grandes, de tipo horizontal (*Thalassinoides* sp. y *O. isabeli* Mayoral), vertical (*O. isabeli* Mayoral y ciertos *Thalassinoides* sp.), espiral (*G. vidali* Mayoral) o en forma de J.

Si lo que jugó un papel predominante fue el entorno paleogeográfico, el razonamiento es igualmente factible. En este caso, las condiciones que se acaban de relatar, se estabilizan y permiten el desarrollo de es-

tas icnocenosis, en medios circalitorales someros (en tránsito a los sublitorales) que se encuentren protegidos de algún modo del mar abierto. Esta protección por algún accidente geomorfológico, como una isla barrera o una flecha o cordón arenoso, pudo muy bien ser el causante de mantener la sedimentación muy baja e incluso nula dentro de su recinto, viéndose tan sólo interrumpida por la acción de tormentas o fuertes corrientes mareales, que aportarían nuevos terrígenos e inducirían a cambios en la construcción de las galerías.

Esta estabilidad parece ser que se dió primero en el sector de Palos, y se repitió posteriormente en el de Huelva, pero afectando no ya a los materiales arcillosos, sino a los limo-arenosos suprayacentes. La presencia de estas icnocenosis, idénticas en ambos sectores, pero heterócronas en el tiempo, se soluciona con la deriva del accidente geomorfológico de forma progresiva hacia términos cada vez más meridionales.

La cuenca en franca regresión, presentará conforme evolucione, medios más sublitorales. En éstos la intensidad de bioturbación es más baja, ya que por encima del nivel de base de las olas (10-20 m), el porcentaje de reelaboración del sedimento es mucho mayor. Por último, los materiales más modernos, pertenecientes a las «Arenas Basales» son indicativos de un medio intermareal en tránsito a uno supralitoral. La presencia de icnocenosis compuestas por pequeñas *Ophiomorpha* sp. y/o *Thalassinoides* sp., así como de galerías que han podido ser realizadas por anélidos enteropneustos y/o anémonas marinas refleja unas condiciones de este tipo, que se refuerza además por la presencia de estructuras de colapso a ellas asociadas.

ICNOFACIES DEL SECTOR DE MOGUER

En este sector las icnofacies son más escasas y en general están peor conservadas, hallándose dispersas a lo largo de la serie estratigráfica.

La evolución vertical de éstas es la misma que en el sector de Palos de la Frontera. En la base son mixtas: *Skolitos* y *Cruziana* y hacia el techo, únicas: *Skolitos*. Las icnocenosis vienen representadas en la Tabla IC.

ICNOFACIES DEL SECTOR DE BONARES

Las icnofacies mejor representadas aparecen en la Fm. Arenas de Huelva, sobre todo en los tramos limosos y glauconíticos. En éstos, las icnofacies de *Skolitos* y *Cruziana* se presentan solapadas, como en el resto de los otros sectores y tan sólo en los tramos altos de dicha formación, aparece la de *Skolitos* individualizada. Las icnocenosis se representan también en la Tabla ID.

La dispersión y evolución de las icnofacies en estos dos últimos sectores es muy similar a la de los an-

teriores. Los materiales basales arcillosos (tramo 1) se sedimentaron en una plataforma somera, de ambiente no restringido en el sector de Moguer y con la influencia de aportes terrígenos procedentes de la cercana línea de costa, en el sector de Bonares. En ambos casos esto se traduciría en una escasa colonización de los fondos.

Conforme las facies se vuelven más arenosas y el medio se hace más somero (sublitoral), las posibilidades de alimentación son mayores y éstas aumentan, pero no demasiado, pues la reelaboración del sedimento es frecuente y esto impide su fuerte desarrollo (Fig. 5.2). Este se alcanza cuando las facies se vuelven glauconíticas, lo cual como ya se ha comentado, implicaría unas condiciones de sedimentación más bajas, menor energía y mayor profundidad (factores éstos que favorecen la aparición de icnocenosis (Fig. 5.3).

El aprovechamiento del sedimento se realiza mediante túneles horizontales en las épocas de mayor tranquilidad y por galerías verticales en las de menor. Hacia el techo, los medios son cada vez más someros y más energéticos, desarrollándose casi exclusivamente galerías de tipo vertical, que se truncan bruscamente cuando se producen pulsaciones energéticas que ocasionan la acumulación de ricos horizontes faunísticos (Fig. 5.4).

CONCLUSIONES

A partir del estudio detallado de los sedimentos marinos del Neógeno terminal (Plioceno inferior) en el extremo suroccidental de la Cuenca Terciaria del Guadalquivir, se ha podido establecer el tipo de icnofacies que los caracterizan en base a la asociación de huellas fósiles o icnocenosis. Estas se han agrupado en producidas por:

— Anélidos poliquetos: *Skolitos* sp.; *Planolites* sp.; y *Teichichnus* sp.

— Crustáceos decápodos: *Gyrolithes vidali* Mayoral; *Ophiomorpha isabeli* Mayoral; *Ophiomorpha* sp. y *Thalassinoides* sp.

— Probables crustáceos decápodos: Galerías en forma de J y galerías irregulares.

Por sus características, las icnofacies se han agrupado según la clasificación de Frey & Seilacher (1980), en dos: icnofacies de *Skolitos* e icnofacies de *Cruziana*. La primera está compuesta generalmente por la icnocenosis siguiente: *Skolitos* sp.; *Ophiomorpha isabeli* Mayoral: *O.* sp.; *Gyrolithes vidali* Mayoral: Galerías en forma de J y galerías irregulares.

La segunda por: *Thalassinoides* sp.; *Planolites* sp.; *Teichichnus* sp. y galerías irregulares.

Estas icnofacies se presentan ampliamente solapadas en los tramos inferiores de la serie pliocena, siendo sus características de medios circalitorales y sublitorales relativamente profundos. Los medios sublitorales someros, intermareales y supralitorales, están re-

presentados por la icnofacies de *Skolitos* (aunque localmente puede aparecer también representada la de *Cruziana*).

Esta evolución vertical, está de acuerdo con el régimen regresivo general, que desde antiguo ha sido reconocido para esta gran área. Sin embargo, pulsaciones de signo contrario son registradas por determinadas icnocenosis, como lo son las de *Ophiomorpha* sp.; *Skolitos* sp.; *Thalassinoides* sp.; *Teichichnus* sp. y *Planolites* sp., en los sedimentos ricos en glauconita de los tramos inferiores de la Fm. Arenas de Huelva.

Las variaciones del entorno paleogeográfico de la cuenca y los cambios en la dinámica de sedimentación, naturaleza del sustrato y disponibilidad de alimentos, son las causas principales de la aparición/destrucción y/o migración de unas determinadas icnocenosis. Así las formadas por *Ophiomorpha isabeli* Mayoral; *Gyrolithes vidali* Mayoral; *Thalassinoides* sp.; galerías en forma de J; *Planolites* sp. y *Teichichnus* sp., propias de los sectores occidentales se verían favorecidas por la existencia de ciertos accidentes geomorfológicos que crearán zonas protegidas del mar abierto y que se irían trasladando meridionalmente a lo largo del tiempo. En los más orientales estos accidentes no existirían o su influencia no ha quedado registrada, posiblemente por la cercanía a la línea de costa que impediría su desarrollo limitando su composición a *Skolitos* sp. y *Thalassinoides* sp.

Manuscrito recibido: 4 de febrero, 1986

Manuscrito aceptado: 7 de abril, 1986

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, E.A. & Curran, H.A. 1974. Biogenic sedimentary structures produced by crabs in lagoon margin and salt marsh environments near Beaufort, North Carolina. *Journal of Sedimentary Petrology*, **44**, 538-548.
- Basan, P.B. & Frey, R.W. 1977. Actual-palaeontology and neoichnology of salt marshes near Sapelo Island, Georgia. In: *Trace Fossils 2*. (Eds. T.P. Crimes de J.C. Harper). Geological Journal; Special Issue, **9**.
- Braitwaite, C.J.R. & Talbot, M.R. 1972. Crustaceans burrows in the Seychelles Indian Ocean. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **11**, 265-285.
- Boyer, J.E. & Warme, J.E. 1975. Sedimentary facies and trace fossils in the Eocene Delmar and Torrey Sandstones, California. In: *Future energy horizons of the Pacific Coast*. (Eds. W. Weaver, G.R. Hornaday, Ann. Tipton). *Paleogene Symposium and Selected Technical Papers*. A.A.P.G.-S.E.P.M-S.E.G.
- Bromley, R.G. & Frey, R.W. 1974. Redescription of the trace fossil *Gyrolithes* and taxonomic evaluation of *Thalassinoides*, *Ophiomorpha* and *Spongiomorpha*. *Bulletin Geological Society of Denmark*, **23**, 311-335.
- Bromley, R.G., Curran, H.A., Frey, R.W., Gutschick, R.C. & Suttner, L.J. 1975. Problems in interpreting unusually large burrows. In: *The Study of Trace Fossils*. (Eds. R.W. Frey). New York. Springer-Verlag. 351-376.

- Byers, C.W. 1982. Geological significance of Marine Biogenic Sedimentary Structures. In: *Animal-Sediment Relations. The Biogenic Alteration of Sediments*. (Eds. P.L. McCall & M.J.S. Tevesz.), 2. Plenum Press. London, 336 pp.
- Civis, J., Sierro, F.J., González Delgado, J.A., Flores, J.A., Andres, I., Porta, J. & Valle, H.F. 1985. El Neógeno marino de la provincia de Huelva: Antecedentes y definición de las unidades litoestratigráficas. In: *Paleontología del Neógeno de Huelva*. Studia Geologica Salmanticensis. Vol. especial (en prensa).
- Curran, H.A. 1985. The trace fossil assemblage of a Cretaceous Nearshore environment: Englishtown Formation of Delaware, U.S.A. In: *Biogenic Structures*. (Ed. H.A. Curran), S.E.P.M. Special Publications, 35, 261-276.
- Curran, H.A. & Frey, R.W. 1977. Pleistocene trace fossils from North Carolina, (U.S.A.), and their Holocene analogues. In: *Trace Fossils 2*. (Eds. T.P. Crimes & J.C. Harper). Geological Journal, Special Issue, 9, 139-162.
- DeWindt, J.T. 1974. *Callianasid* burrows as indicators of subsurface beach trend, Mississippi River delta plain. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44, 1136-1139.
- Dörjes, J. 1971. Der Golf von Gaeta (Tyrrhenisches Meer). IV. Das Makrobenthos und seine Küstenparallele Zonierung. *Senckenbergiana Maritima*, 3, 203-246.
- Dörjes, J. 1972. Georgia coastal region Sapelo Island, U.S.A. Sedimentology and biology. VII. Distribution and zonation of macrobenthic animals. *Senckenbergiana Maritima*, 4, 186-216.
- Dörjes, J. & Hertweck, G. 1975. Recent biocoenoses and ichnocoenoses in shallow water marine environments. In: *The Study of Trace Fossils*. (Ed. R.W. Frey) Springer-Verlag, New York, 459-491.
- Dörjes, J. & Howard, J.D. 1975. Estuaries of the Georgia coast, U.S.A.: Sedimentology and biology. IV. Fluvial marine transition indicators in a estuarine environment, Ogeechee River-Ossabau Sound. *Senckenbergiana Maritima*, 7, 137.
- Farrow, G.E. 1971. Back-reef and lagoonal environments of Aldraba Atoll distinguished by their crustacean burrows. *Symposium. Zoological Society of London*, 28, 455-500.
- Frey, R.W. 1970 a. The Lebensspuren of some common marine invertebrates near Beaufort, North Carolina. II. Anemone burrows. *Journal of Paleontology*, 44, 308.
- Frey, R.W. 1970 b. Environmental significance of Recent marine Lebensspuren near Beaufort, North Carolina. *Journal of Paleontology*, 44, 507-519.
- Frey, R.W. & Mayou, T.V. 1971. Decapod burrows in Holocene barrier island beaches and washover fans, Georgia. *Senckenbergiana Maritima*, 3, 53-77.
- Frey, R.W. & Seilacher, A. 1980. Uniformity in marine invertebrate ichnology. *Lethaia*, 13, 183-207. Oslo.
- Frey, R.W.; Howard, J.D. & Pryor, W.A. 1978. *Ophiomorpha*: Its morphologic, taxonomic and environmental significance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 23, 199-229.
- Hayasaka, I. 1935. The burrowing activities of certain crabs and their geologic significance. *American Midland Naturalist*, 16, 99-101.
- Hertweck, G. 1972. Georgia coastal region, Sapelo Island, U.S.A.: Sedimentology and biology. V. Distribution and environmental significance of Lebensspuren and in situ skeletal remains. *Senckenbergiana Maritima*, 4, 125-167.
- Hester, N.C. & Pryor, W.A. 1972. Blade-shaped crustaceans burrows of Eocene age: a composite form of *Ophiomorpha*. *Bulletin Geological Society of America*, 83, 677-688.
- Hill, G.W. & Hunter, R.E. 1973. Burrows of the ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabricius) on the barrier islands, south-central Texas coast. *Journal of Sedimentary Petrology*, 43, 24-30.
- Howard, J.D. & Dörjes, J. 1972. Animal-sediment relationships in two beach-related tidal flats; Sapelo Island, Georgia. *Journal Sedimentary Petrology*, 42, 608.
- Howard, J.D. & Frey, R.W. 1975. Estuaries of the Georgia coast, U.S.A.: Sedimentology and biology. II. Regional animal-sediment characteristics of Georgia estuaries. *Senckenbergiana Maritima*, 7, 33-103.
- Howard, J.D. & Reineck, H.E. 1972. Georgia coastal region, Sapelo Island, U.S.A.: Sedimentology and biology. VIII. Conclusions. *Senckenbergiana Maritima*, 4, 217-222.
- Howard, J.D. & Scott, R.M. 1983. Comparison of Pleistocene and Holocene barrier island beach-to-offshore sequences, Georgia and northeast Florida coast, U.S.A. *Sedimentary Geology*, 34, 167-183.
- Instituto Geológico y Minero de España, 1975. *Mapa Geológico de España*. Escala 1:50.000. Explicación de la Hoja nº 999-1016 (Huelva-Los Caños). 1-18. Madrid.
- Mayoral, E. 1985 a. *Gyrolithes vidali* nov. icnoesp. (Plioceno marino) en el sector suroccidental del Valle del Guadalquivir (Area de Palos de la Frontera, Huelva, España). *Estudios Geológicos* (en prensa).
- Mayoral, E. 1985 b. *Ophiomorpha isabeli* nov. icnoesp. (Plioceno marino) en el sector suroccidental del Valle del Guadalquivir (Palos de la Frontera, Huelva). *Estudios Geológicos*, (en prensa).
- Pettibone, M.H. 1963. Marine polychaete worms of the New England region. I. Families Aphroditidae through Trochochaetidae. *Bulletin United States National Museum*, 227.
- Powell, E.N. 1977. The relationships of the trace fossils *Gyrolithes* (= *Xenohelix*) to the family Capitellidae (Polychaeta). *Journal of Paleontology*, 51, 552-556.
- Radwański, A. 1977 a. Burrows attributable to the ghost crab *Ocypode* from the Korytnica basin (Middle Miocene; Holy Cross Mountains, Poland) *Acta Geologica Polonica*, 27, 217-225.
- Radwański, A. 1977 b. Present-day types of trace in the Neogene sequence; their problems of nomenclatural and preservation. In: *Trace Fossils 2*. (Eds. T.P. Crimes de J.C. Harper). Geological Journal Special Issue, 9, 227-264.
- Radwański, A., Friis, H & Larsen, G. 1975. The Miocene Hagerør-Børup at Lillebaelt (Denmark): Its biogenic structures and depositional environment. *Bulletin Geological Society of Denmark*, 24, 229.
- Reineck, H.E., Dörjes, J., Sibylle, G. & Günter, H. 1968. Sedimentologie, Faunenzonierung und Faziesabfolge vor der Ostküste der inneren Deutschen Bucht. *Senckenbergiana Lethaea*, 49, 261-309.

Rios, O. 1958. Relación de los principales sondeos para investigación de petróleos llevados a cabo en España desde 1939. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, **50**, 49-73.

Rodríguez-Vidal, J., Mayoral, E. & Pendón, J.G. 1985. Aportaciones paleoambientales al tránsito Plio-Pleistoceno en el litoral de Huelva. *Actas I Reunión del Cuaternario Ibérico*, **1**, 447-459. G.E.T.C. y G.T.P.E.Q. Lisboa, 1985.

Say, T. 1818. An account of the Crustacea of the United States. *Journal Academic Natural Sciences of Philadelphia*, **1**, 235-253.

Schäfer, W. 1972. *Ecology and Paleocology of marine environments*. University of Chicago. Press. Chicago.

Seilacher, A. 1957. An-aktualistisches Wattenmeer?. *Paläontologische Zeitschrift*, **31**, 198-206.



















Seilacher, A. 1967. Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology*, **5**, 413.

Shinn, E.A. 1968. Burrowing in recent lime sediments of Florida and the Bahamas. *Journal of Paleontology*, **42**, 879-894.

Sierro, F.J. 1984. *Foraminíferos planctónicos y bioestratigrafía del Mioceno superior-Plioceno del borde occidental de la Cuenca del Guadalquivir (S.O. de España)*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca, 1-391. (Inédita).

Weimer, R.J. & Hoyt, J.H. 1964. Burrows of *Callianassa major* Say, geologic indicators of littoral and shallow neritic environments. *Journal of Paleontology*, **38**, 761.

LEYENDA MACROFAUNA

| | | |
|--|---|--|
| <p><u>Bivalvia</u></p> <p> F. Veneridae</p> <p> G. Eburneopecten</p> <p> G. Pecten</p> <p> G. Chlamys</p> <p> F. Glycimeridae</p> <p> F. Cardiidae</p> <p> F. Mytilidae</p> <p> F. Tellinidae</p> <p> F. Nuculanidae</p> <p> F. Mactridae</p> <p> F. Ostreidae</p> | <p><u>Gastropoda</u></p> <p> F. Naticidae</p> <p> F. Muricidae</p> <p> F. Turritellidae</p> <p> F. Calyptraeidae</p> <p> F. Xenophoridae</p> <p> F. Vermetidae</p> | <p><u>Otros</u></p> <p> Balanomorpha</p> <p> Scaphopoda</p> <p> Dientes de Seláceos</p> <p> Huesos Pisciformes</p> <p> Coralarios solitarios</p> |
|--|---|--|

LEYENDA ICNOCENOSIS

| | |
|---|--|
| <p> Ophiomorpha sp</p> <p> O isabeli</p> <p> Thalassinoides sp</p> <p> Galerias irregulares</p> | <p> Gyrolithes vidali</p> <p> Teichichnus sp</p> <p> Planolites sp</p> <p> Galerías en forma de J</p> <p> Skolitos sp</p> |
|---|--|

LEYENDA LITOLOGIA

| | |
|--|--|
| <p> Conglomerados</p> <p> Arenas grano medio-grueso</p> <p> Arenas grano muy fino</p> <p> Arenas carbonatadas</p> <p> Arcillas arenosas</p> | <p> Arcillas</p> <p> Nodosos carbonatados</p> <p> Costras Fe "Ripples" Fe</p> <p> Nivel fosilifero</p> <p> Glauconita dispersa concentrada</p> |
|--|--|

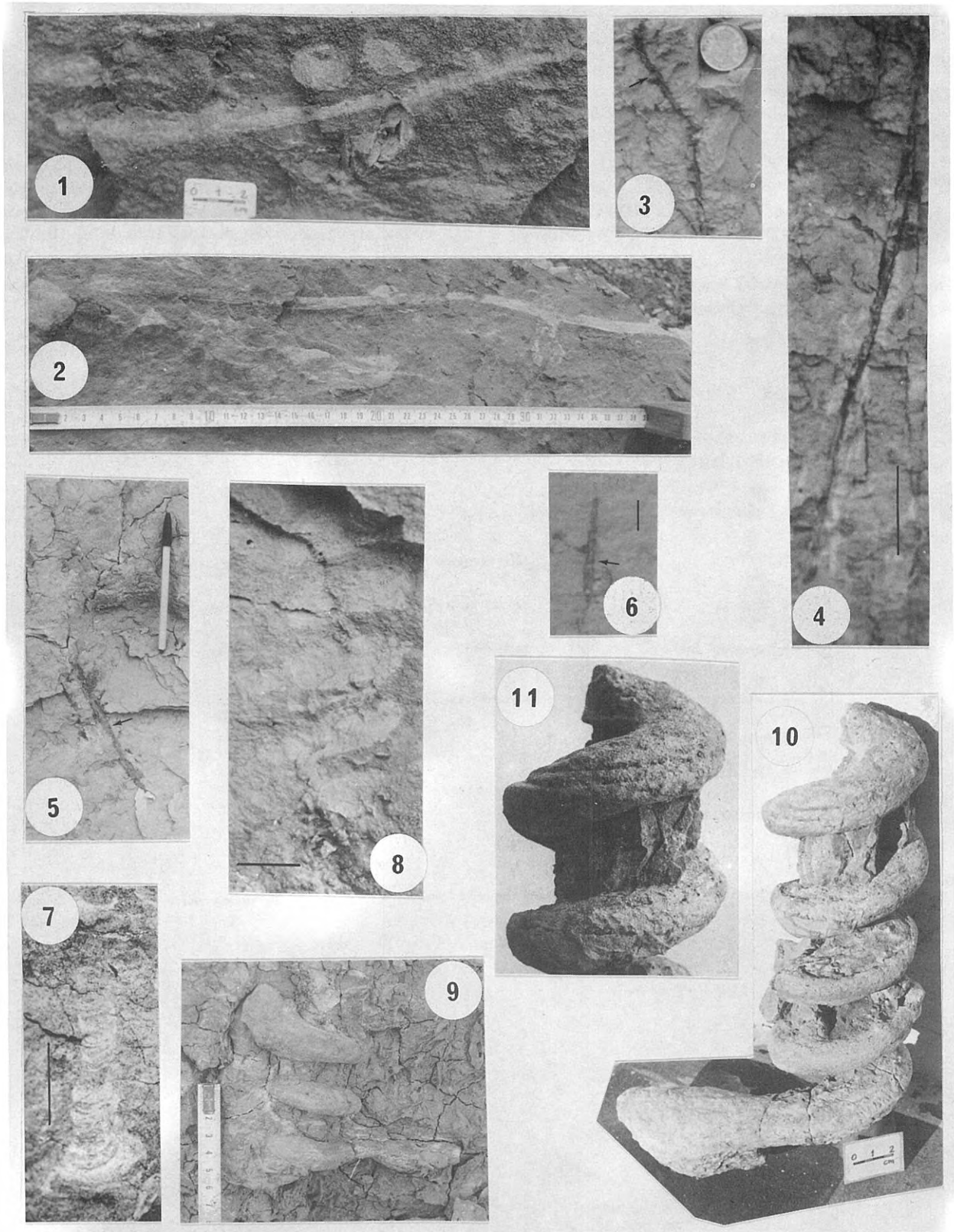


Lámina I. 1. Sección longitudinal de *Planolites* sp. y secciones transversas de *Thalassinoides* sp. Sector de Huelva, punto A, (tramo 2, basal).— 2. Sección longitudinal de *Planolites* sp., en el mismo punto que el anterior.— 3, 4, 5 y 6. *Skolithos* sp. La foto 3 procede del sector de Moguer, punto F, (tramo 1), las restantes son del sector de Bonares, punto H, (tramo 2, basal). Escala de la foto 4: 6 cm, y de la foto 6: 2 cm.— 7. *Teichichnus* sp. Sector de Bonares, punto H, (tramo 2, glauconítico). Escala: 2 cm.— 8. Sección transversal de *Gyrolithes vidali* Mayoral. Sector de Huelva, punto A, (tramo 2, basal). Escala a: 3 cm.— 9 y 10. *Gyrolithes vidali* Mayoral. Ambos proceden del sector de Palos de la Frontera, punto C, (tramo 1).— 11. Detalle de *G. vidali* Mayoral. En él se puede apreciar la ornamentación de estrías características.

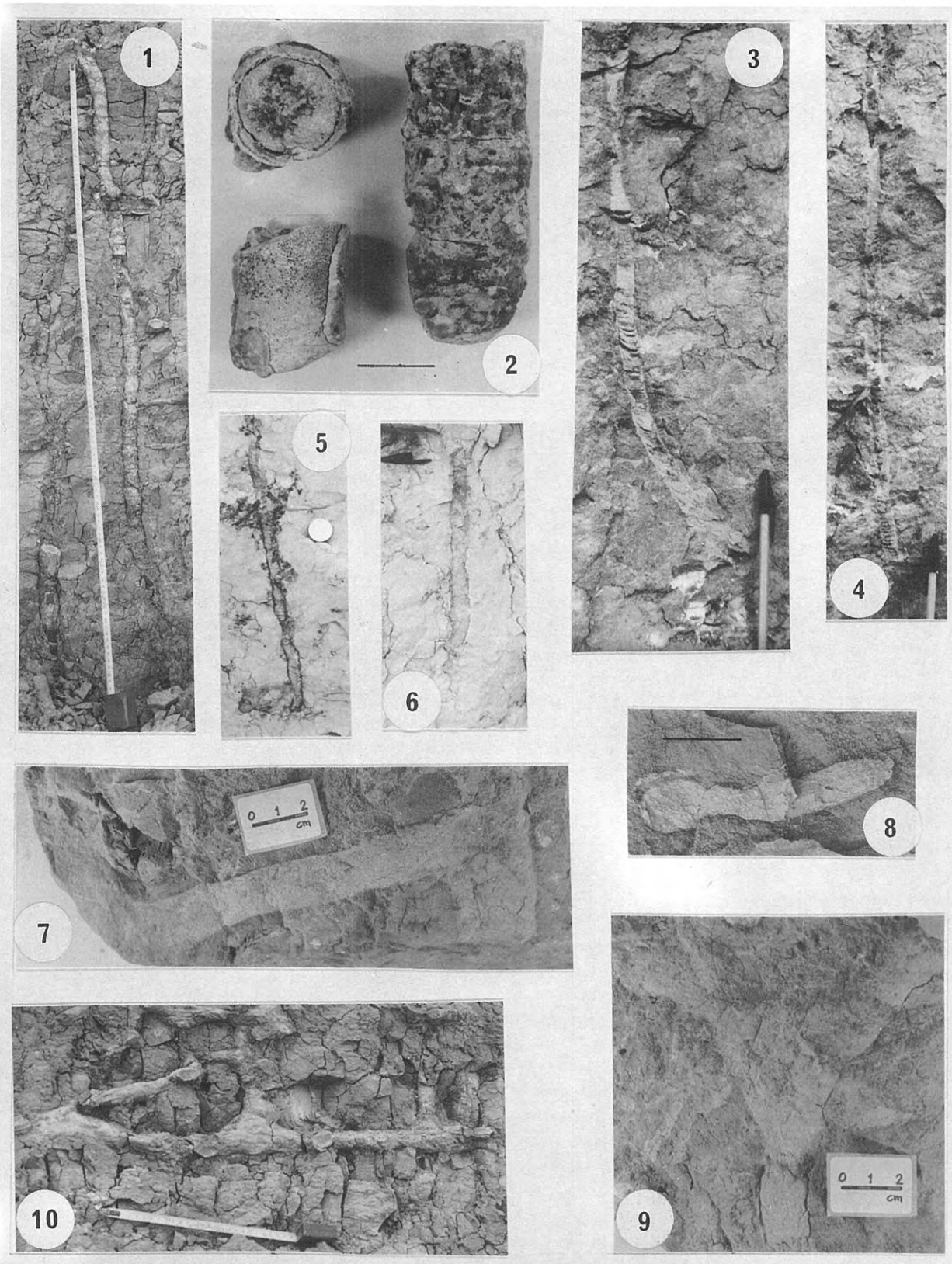


Lámina II. 1. *Ophiomorpha isabeli* Mayoral. Sector de Palos de la Frontera, punto C (tramo 1).— 2. Detalle de *O. isabeli* Mayoral. Se puede apreciar el revestimiento y la textura pseudopelletiforme de las paredes. Procede del mismo punto. Escala: 2 cm.— 3, 4 y 5. *Ophiomorpha* sp. Sector de Bonares, punto H, (tramo glauconítico). Se puede apreciar el relleno pasivo de láminas meniscadas en el interior de ellas.— 6. Idem, procede de los tramos poco fosilíferos del mismo punto.— 7 y 8. Secciones transversales de *Ophiomorpha* sp. Sector de Huelva, punto A, (tramo 2, basal). Escala de la foto 8: 3 cm.— 9. *Thalassinoides* sp. Vista basal de un ejemplar procedente del sector de Huelva, punto A, (tramo 2, basal). Se aprecia la típica bifurcación en ángulos de 120° y el ensanchamiento de la zona de unión.— 10. Sistema de bifurcación de *Thalassinoides* sp. según un plano vertical. Se observa la zona de ensanchamiento en los puntos de unión con chimeneas de trazado vertical. Sector de Palos de la Frontera, punto C, (tramo 1).

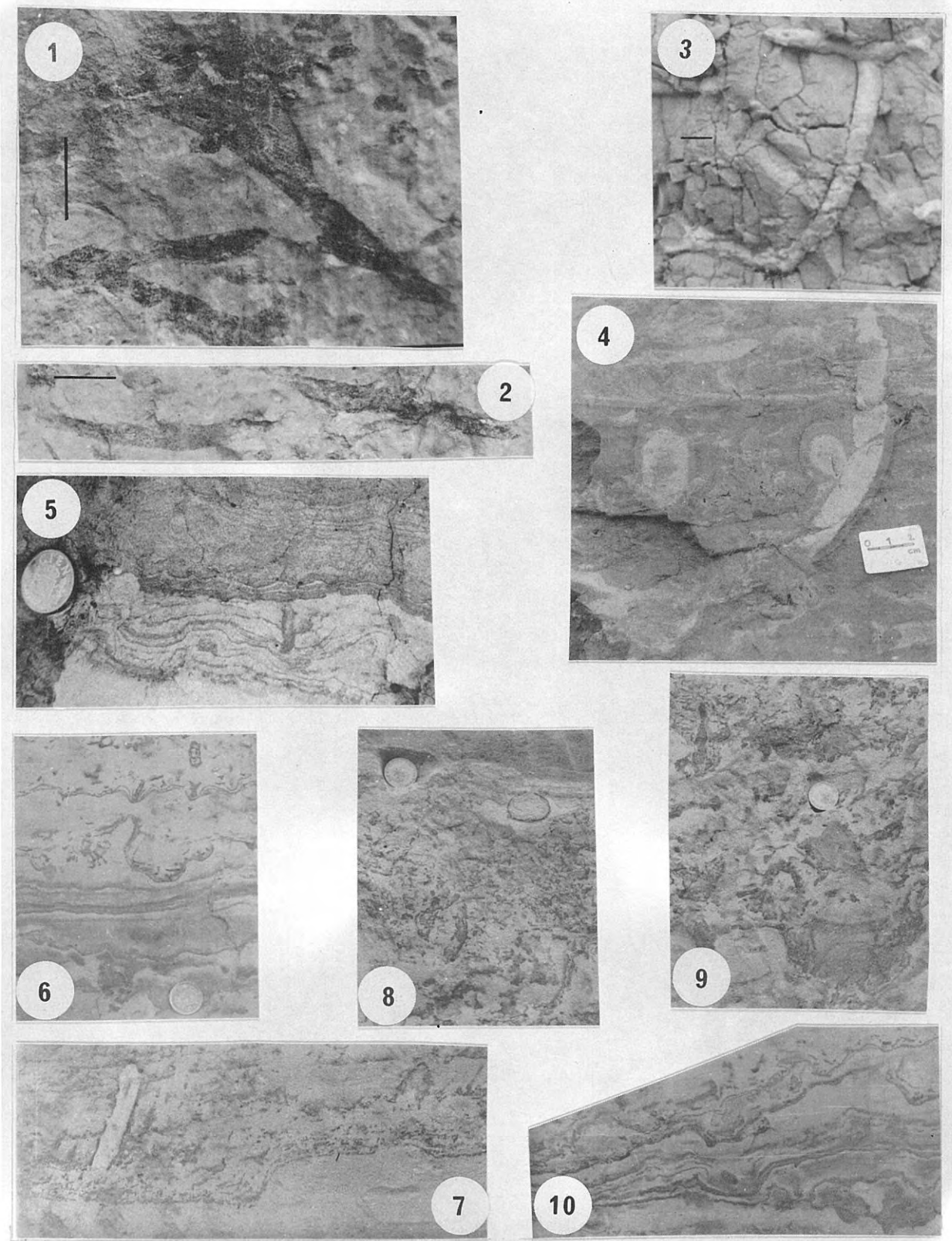


Lámina III. 1 y 2. *Thalassinoides* sp. Sector de Bonares, punto H, (tramo glauconítico). Se distingue el relleno activo de láminas enriquecidas en glauconita en relación con el sedimento circundante. Escalas: 6 cm.— 3 y 4. Galerías en forma de J. La foto 3 corresponde al sector de Palos de la Frontera, punto C, (tramo 1). Escala: 2 cm. La foto 4, al sector de Huelva, punto A, (tramo 2, basal).— 5 a 10. Estructuras físicas de colapso de sedimento asociadas a la acción de faunas de origen incierto. En 5, 6 y 7, se reconocen posibles *Ophiomorpha* sp., y en 8, de *Thalassinoides* sp. Las fotos 5, 7, 8 y 9, proceden del sector de Moguer, punto G, (tramo 3). La 6 y 10, son del sector de Palos de la Frontera, punto E, (tramo 3).