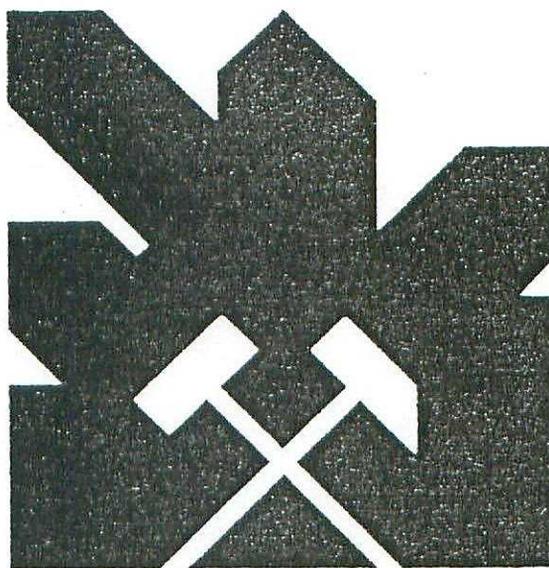


INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO NACIONAL E. 1:50.000

ESTUDIO DE LAS TRAZAS FOSILES (ICNOFAUNA)  
DEL CAMPO DE GIBRALTAR (PROVINCIA DE CÁDIZ)



**ESTUDIO DE LAS TRAZAS FOSILES (ICNOFAUNA)  
DEL CAMPO DE GIBRALTAR (PROVINCIA DE CADIZ)**

**José Carlos Garcia-Ramos**

## INDICE

- I.- INTRODUCCION
- II.- DESCRIPCION, CLASIFICACION E INTERPRETACION DE LAS TRAZAS FOSILES
  - II.1.- Relación de los icnotaxones
  - II.2.- Otras trazas fosiles sin atribución icnogenérica
- III.- AGRUPACION EN COMUNIDADES O ICNOCENOSIS
- IV.- RELACION CON EL AMBIENTE DE DEPOSITO
- V.- BIBLIOGRAFIA

## I.- INTRODUCCION

En los últimos años, el desarrollo de la Icnología, cuyo fin primordial consiste en el estudio e interpretación de las "trazas" fósiles y actuales, se ha visto notablemente incrementado, dadas sus aplicaciones a diversas disciplinas geológicas como la Sedimentología, Paleoecología, Estratigrafía, etc.

Por otro lado, los recientes avances, tanto en el conocimiento de la conducta y tipo de actividad de los organismos actuales, como en el de las estructuras generadas por ellos, vienen a facilitar en gran medida la interpretación de las trazas fósiles, si se utiliza como sistema de referencia, un proceso de carácter comparativo en el que se tengan en cuenta además, las sucesivas modificaciones que trae consigo la evolución orgánica.

En la presente memoria se pretende exponer un estudio sistemático acerca de los distintos tipos de trazas fósiles que aparecen dentro del área del Campo de Gibraltar, tanto en series turbidíticas profundas de edad Paleoceno a Mioceno inferior (ambas inclusive), como en sedimentos marinos someros del Mioceno superior-Plioceno inferior.

Para la realización del mismo, se ha examinado con detalle, un total de 42 series estratigráficas parciales, levantadas previamente por el equipo de la División de Geología de INYPSA, y comprendidas en su mayor parte dentro de las Hojas geológicas nºs 12-46 (Chiclana de la Frontera), 12-47 y 12-48 (Vejer de la Frontera), 13-47 (Tahivilla) y 13-48 (Tarifa).

No obstante, y con el objeto de completar lo mas posible el estudio, se revisaron además algunas otras sucesiones pertenecientes a Hojas limítrofes. Tal es el caso, por ejemplo, de las de Jimena de la Frontera (14-16) y La Línea (14-48), en donde se han investigado especialmente las secciones de Jimena (en la misma localidad que da nombre a la primera de ellas) y de Punta Carnero, respectivamente.

El objetivo del presente estudio es múltiple y persigue fundamentalmente los siguientes fines :

- 1) Establecer una relación, lo más completa posible, de las distintas trazas fósiles (a nivel icnogénérico o icnoespecífico, según los casos) que aparecen dentro del área investigada.
- 2) Comparar de una manera global los resultados de las asociaciones icnofaunísticas obtenidas, con los datos proporcionados por el estudio sedimentológico basado en otro tipo de criterios.
- 3) Complementar la información de tipo paleontológico por medio de datos adicionales "in situ", sobre el carácter, morfología y comportamiento de determinados organismos, especialmente de aquellos de cuerpo blando (sin esqueleto rígido) o de caparazón inestable frente a procesos diagenéticos (gusanos, artrópodos, etc).
- 4) Obtener datos puntuales específicos sobre algunos aspectos paleoecológicos o ambientales concretos : grado de oxigenación del fondo, velocidad de sedimentación, proporción y distribución de nutrientes en el substrato, etc.
- 5) Tratar de establecer una posible correlación entre determinados tipos de facies y las diferentes icnocenosis resultantes.

## II.- DESCRIPCIÓN, CLASIFICACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LAS TRAZAS FÓSILES

La situación de las series en las que se ha realizado el estudio, puede observarse en el mapa que se adjunta.

Se identificó un total de 34 icnogéneros distintos junto con más de 16 icnoespecies.

A continuación se describen las características fundamentales, significado, origen y localización de cada uno de estos icnotaxones, ordenados alfabéticamente.

## II.1.- Relación de los icnotaxones

### Belorhappe FUCHS, 1.895

Se presenta en los afloramientos como pequeños tubos semicilíndricos de diámetro constante (1 a 3 mm) con disposición meandriforme característica de dos ordenes distintos. Los de orden menor, de muy pequeño tamaño, se caracterizan por poseer la típica disposición en zig-zag (Fig. 1). Los de mayor amplitud pueden ser difíciles de observar si el ejemplar no está completo, como sucede a menudo.

Constituyen siempre hiporelieves convexos en la superficie de las capas.

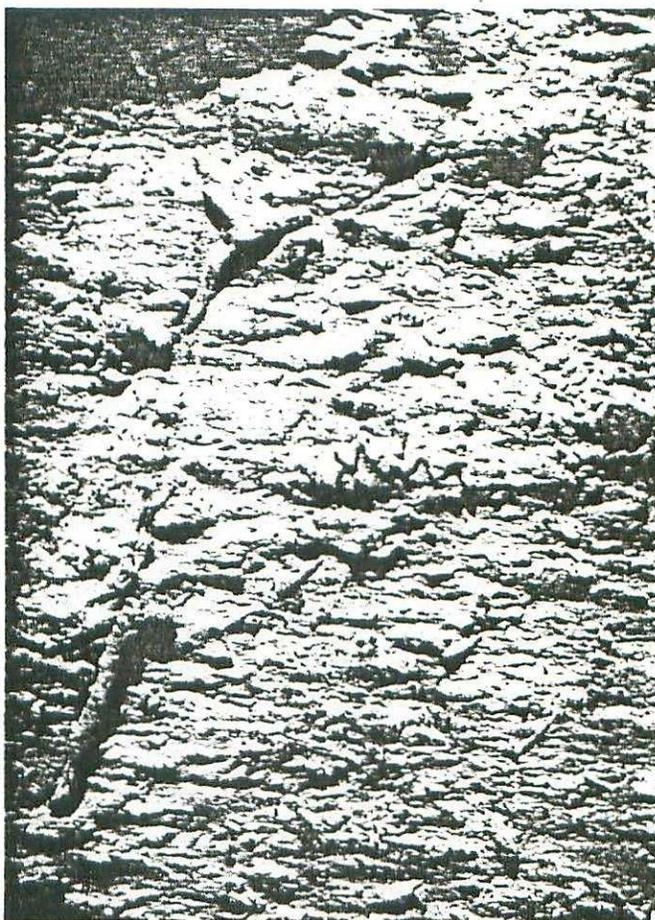
A juzgar por la escasez de hallazgos, parecen tener una escasa repartición en las series estudiadas. Los mejores ejemplares se han localizado en la base de capas turbidíticas de la sección "Loma del Aguila I", perteneciente a su vez al Oligoceno medio-superior de la Hoja 13-48 (Tarifa).

La única icnoespecie reconocida aquí es Belorhappe zickzack

Entre la icnofauna asociada en el muro de la misma capa, destaca Thalassinoides.

Esta traza pertenece al grupo de los Grafoglíptidos, que son característicos de facies marinas profundas. El organismo generador de la misma es desconocido, pero se sabe que excavaba galerías huecas en el fango, constituyendo pequeños edificios reticulares tridimensionales de disposición geométrica regular. Estas galerías probablemente servirían como trampas para atrapar pequeños microorganismos que circularan por su interior dentro de soluciones acuosas (SEILACHER, 1977).

En España, ha sido citada por CRIMES (1.977) en el flysch profundo del Cretácico superior de Guipuzcoa.



1.- Belorhapse zickzack (centro) y Thalassinoides sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Loma del Aguila I. Litofacies de margas y areniscas micáceas de Algeciras con areniscas del Aljibe. Oligoceno medio-superior. Base de capa.



2.- Chondrites sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Puerto de Piedracana. Litofacies de arcillas rojas y areniscas micáceas. Oligoceno inferior. Techo de capa.

**Cosmorhappe FUCHS, 1895**

Aparece en forma de pequeños tubos hemecilíndricos de diámetro constante (menor de 4 mm) y con disposición meandriforme característica de dos ordenes distintos. Ambos tipos de meandros presentan cambios muy graduales entre dos ondulaciones sucesivas sin modificaciones bruscas en la dirección.

Constituyen siempre hiporelieves convexos de 1 a 3 mm de altura, en la superficie de capas terrígenas.

Su repartición en las series estudiadas es escasa. Tan solo se ha observado algún ejemplar en la base de niveles turbidíticos de la sección: "Puente de las Cañas" perteneciente al Oligoceno inferior de la Hoja 13-47 (Tahivilla).

Esta traza, al igual que la anterior, pertenece también al grupo de los Grafoglíptidos, especialmente característico de facies marinas profundas. Su origen es similar igualmente al de Belorhappe, ya descrito.

Entre las citas más conocidas de este icnofosil destacan: facies de abanicos submarinos profundos del Cretácico-Eoceno de Suiza (CRIMES et al, 1981), depósitos profundos del tipo flysch del Cretácico-Eoceno de Guipúzcoa (CRIMES, 1973 y 1977), flysch Cretácico-Eoceno de los alrededores de Viena (KERN, 1978), flysch de los Cárpatos polacos (KSIASKIEWICZ, 1977; RONIEWICZ y PIENKOWSKI, 1977; KERN, 1980), turbiditas messinienses de la Cuenca de Vera en las C. béticas (MONTENAT y SEILACHER, 1978), etc.

EKDALE (1980), ha citado igualmente esta traza fosil en sedimentos actuales del Pacífico y del Atlántico a profundidades de 4.000 a 5.000 m.

### Chondrites VON STERNBERG, 1833

Consiste en tubos cilíndricos verticales y de paredes lisas, que en su parte inferior se horizontalizan gradual o bruscamente, a la vez que se ramifican de una forma más o menos regular constituyendo finalmente una red dendrítica paralela a la estratificación.

El diámetro de los tubos es variable de unos ejemplares a otros, pero en cualquier caso, no suele rebasar nunca los 5 mm.

Aparece siempre formando relieves completos (endicnos y exicnos) principalmente en la parte superior de capas turbidíticas. La mayor concentración suele encontrarse en los términos lutíticos (Te) de la secuencia de Bouma, aunque suelen afectar también a veces al Td.

En algunos casos hemos observado ejemplares de dos o mas tamaños distintos penetrando en un mismo intervalo turbidítico a diferentes alturas. Por lo común, los de dimensiones mayores (individuos adultos?) descienden a un nivel inferior dentro de la capa, y viceversa.

Habitualmente aparecen profusamente representados en la mayor parte de las secciones estudiadas, con la excepción de aquellas formadas mayoritariamente por litofacies de "Areniscas del Aljibe". En las Figs. 2, 3, 4 y 5 pueden apreciarse algunos ejemplares de este icnogénero.

Con respecto a la icnofauna asociada más comun dentro de la misma capa destacan: Helminthoida, Zoophycos, Planolites, Neonereites, Phyllocytes, Scolicia, etc.

Se trata de uno de los icnogéneros mas frecuentes en la literatura icnológica, tanto en facies marinas muy someras como en las profundas, desde el Cámbrico hasta la actualidad.

SIMPSON (1957) atribuyó el origen de Chondrites a un gusano sipuncúlido que se alimentaba de sedimentos del fondo (sedimentívoro),

explotando las capas mas ricas en materia orgánica a traves de una especie de pequeña trompa extensible (y quizas parte de su cuerpo) que introducía en el substrato a partir de un punto central situado en la superficie. CHAMBERLAIN (1971) supone que el individuo generador pudiera ser un anélido poliqueto y SELLWOOD (1970) lo atribuye simplemente a un organismo sedimentívoro muy activo.



3.- Chondrites sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Torre de la Peña I. Lito-  
facies de calizas, margas y arcillas . Paleoceno medio-superior.  
Techo de capa.



4.- Chondrites sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Puerto de Piedracana. Lito-  
facies de arcillas rojas y areniscas micáceas. Oligoceno inferior. Te-  
cho de capa.

Desmograpton FUCHS, 1895

La descripción de su trazado es bastante difícil, debido fundamentalmente a la variabilidad de formas que caracteriza a las diferentes icnoespecies.

A grandes rasgos, consta de una sucesión ordenada en dos hileras paralelas de pequeños segmentos de tubos semicilíndricos en U con diámetro constante (1 a 3 mm) y paredes lisas. Están conectados a su vez entre sí, por otros más cortos y rectos con disposición en zig-zag (Fig.6).

Constituyen siempre hiporelieves convexos de hasta 3 mm de altura en la superficie de capas turbidíticas.

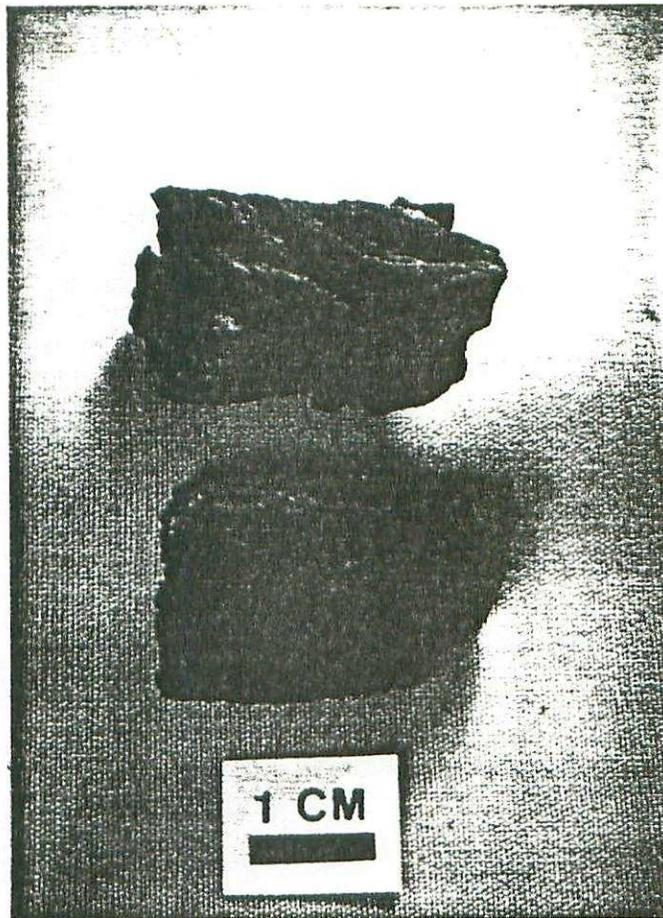
Dentro de las series estudiadas, lo hemos encontrado en las de : "Sierra del Cabrito I", y "Rio de la Vega III", ambas del Oligoceno medio-superior de la Hoja 13-48 (Tarifa). Asimismo ha aparecido también en la sucesión de "Casas del Castaño" en la Hoja 13-47 (Tahivilla).

Se han reconocido dos icnoespecies diferentes : Desmograpton geometricum y Desmograpton inversum.

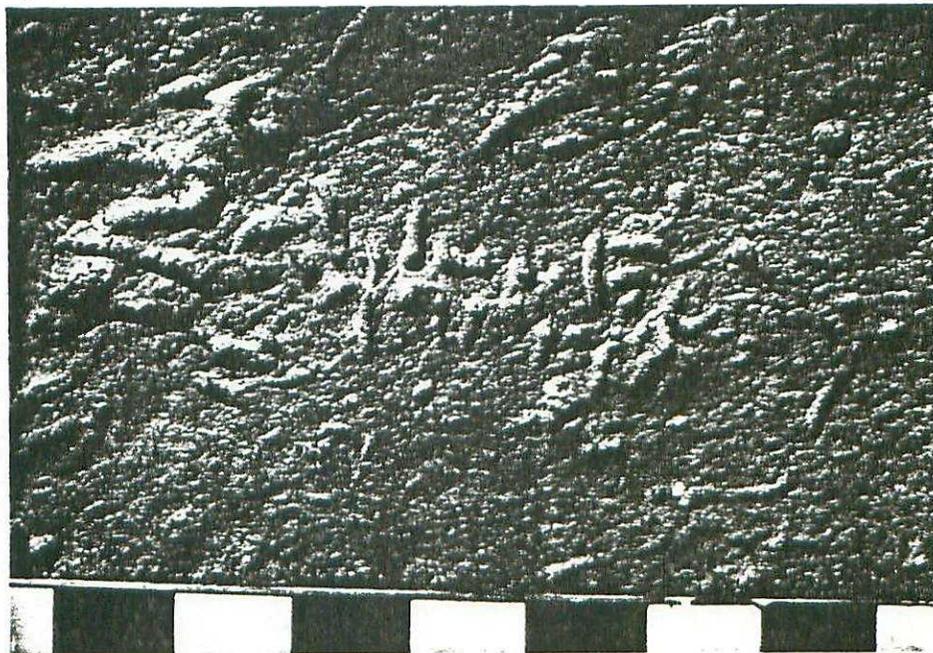
Entre la icnofauna asociada en el mismo nivel, destacan : Megagrapton, Belorhaphe, Cosmorhaphe, Helminthorhaphe, Paleodictyon, Spirorhaphe, Urohelminthoidea, etc.

Se trata de un Grafoglíptido asociado típicamente a facies marinas profundas. El organismo generador de esta traza es desconocido. Con respecto a su origen y significado, es similar al descrito para Belorhaphe.

Previamente ha sido reconocido en otras sucesiones por diferentes autores : Cretáceo-Eoceno de Suiza (CRIMES et al., 1981), Cárpatos polacos (KERN, 1980), Paleoceno de Zumaya, Guipuzcoa (SEILACHER, 1977), Eoceno? de Altomona, Italia (SEILACHER, 1977), etc.



5.- Chondrites sp. Hoja 14-46 (Jimena de la Frontera). Serie: Jimena de la F. Dos variedades de diferente tamaño incluidos en galerías tubulares - de crustáceos decápodos. Litofacies de Arcillas con Tubotomaculum. Oligoceno medio-Burdigaliense. Interior de interestrado (exicnos).



6.- Desmograption geometricum. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Rio de la Vega III. Litofacies de Margas y areniscas micáceas de Algeciras con areniscas del Aljibe. Oligoceno medio-superior. Base de capa.

**Fucusopsis PALIBIN en VASSOEVICH, 1932**

Aparece constituyendo cordones rectilíneos o ligeramente curvados, con estriación longitudinal en superficie y ramificaciones frecuentes. La anchura de dichos cordones es bastante variable, pero habitualmente no suele rebasar los 8 mm (Fig. 7).

Se presenta siempre como hiporelieves convexos en la superficie de intervalos turbidíticos.

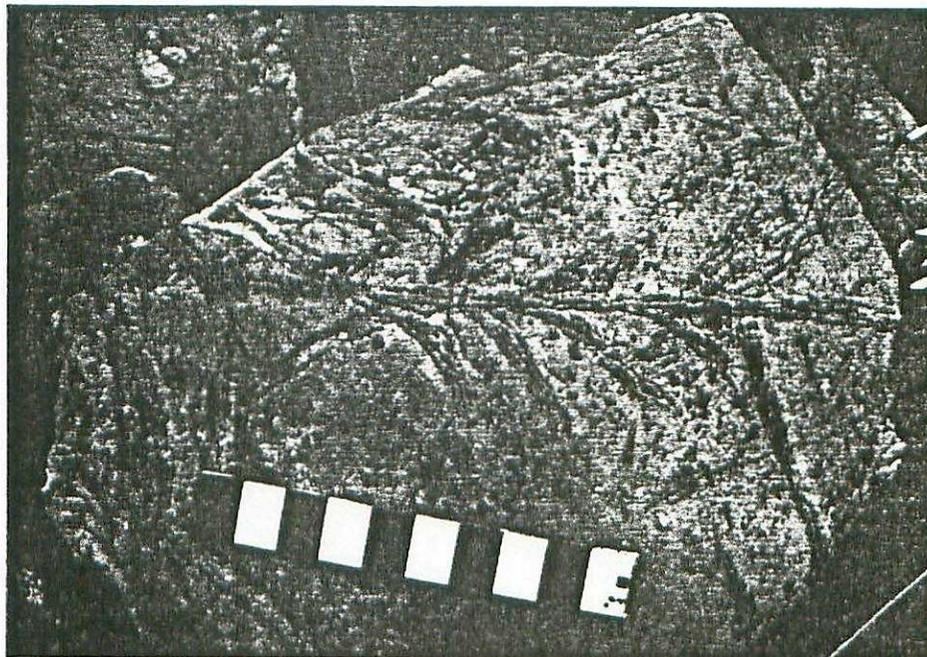
Es una de las trazas fósiles más representadas en las series objeto de estudio, con la excepción de las de las "Areniscas del Aljibe". Aparece con especial frecuencia en muchas de las sucesiones del Paleoceno y del Oligoceno medio-superior de la Hoja 13-48 (Tarifa): "Sierra del Cabrito I", "Rio de la Vega I, II y III", "Cerro Gordo", "Loma del Aguila I" y "Cerro de las Canteras II". En la Hoja de Tahivilla es común en la sección de "Puente de las Cañas". Igualmente es muy frecuente en la de "Punta Carnero" dentro de la Hoja de La Línea.

Entre la icnofauna asociada suelen encontrarse : Paleodictyon, Taphrhelminthopsis, Cosmorhappe, Urohelminthoida, Belorhappe, etc.

Se trata de una traza que aparece mayoritariamente en ambientes marinos profundos; no obstante se conocen también algunas referencias de ambientes someros (OSGOOD, 1970; HAKES, 1976).

A pesar de su frecuencia de aparición en estas series, sorprende la relativa escasez de citas del mismo en la literatura previa. Entre las de facies profundas se ha reconocido en los Cárpatos polacos (KSIASKIEWICZ, 1970; KERN, 1980), en el Cretácico-Eoceno de Suiza (CRIMES et al., 19-81).

El organismo generador de la traza es desconocido, pero probablemente se trate de un gusano o de un pequeño artrópodo que se alimenta de sedimento (sedimentívoro), principalmente en la interfase arena-fango.



7.- Fucusopsis sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Rio de la Vega II. Litofacies de calizas arenosas y arcillas. Paleoceno (Montiense-Landeniense). Base de capa.



8.- Gordia sp. y Lophoctenium sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: SW. de Facinas. Litofacies de arcillas con Tubotomaculum. Oligoceno medio- Burdigaliense. Techo de capa.

## Glockerichnus?

Tubos semicilíndricos de paredes lisas con disposición en U o en V, ramificados dicotómicamente a partir de un núcleo central y con disposición radial característica constituyendo hiporelieves convexos en la base de capas turbidíticas.

La nueva denominación de Glockerichnus sustituye a la antigua de Glockeria KSIAZKIEWICZ 1968 con la que se conocía habitualmente a esta traza fósil.

Hasta el momento, tan solo hemos encontrado en el área estudiada un ejemplar incompleto por erosión que parece corresponder a este icnogénero (Fig. 71). Se encuentra concretamente en el Paleoceno de la serie "Torre de la Peña I", dentro de la Hoja 13-48 (Tarifa).

Este icnofósil aparece casi siempre asociado a facies marinas profundas y ha sido citado anteriormente en algunas de ellas, como en el caso del flysch de los Cárpatos polacos (KSIAZKIEWICZ, 1970 y 1977; KERN, 1980) en el Terciario inferior de Guipuzcoa (SEILACHER, 1962 y 1977; CRIMES, 1973 y 1977), en el Cretácico-Eoceno de los Prealpes y Alpes suizos (CRIMES et al., 1981) o en el Cretácico de Hokkaido en Japón (TANAKA, 1971).

Con respecto al organismo generador de la traza, es desconocido, pero debía de tratarse de un pequeño sedimentoívoro que se enterraba en el sedimento del fondo hasta llegar a la interfase arena/fango en donde creaba la estructura que le caracteriza.

En contra de la opinión de SEILACHER (1977) no parece probable que Glockerichnus sea un grafoglíptido predeposicional, sino más bien el resultado de una excavación postdeposicional, o por lo menos hay algunos individuos de dicho icnogénero que pertenecen a este último grupo, como por ejemplo el que citan CRIMES et al. (1981) en el flysch suizo.

Gordia EMMONS, 1844

Trazas tubiformes muy finas, de paredes lisas y curvadas irregularmente (nunca meandriformes), que a menudo se cruzan unas sobre otras a distinto nivel.

Pueden constituir tanto epirelieves como hiporelieves sobre las superficies de las capas, aunque es mas frecuente lo segundo.

Aparecen en varias de las series estudiadas pero son especialmente comunes en los niveles de "Arcillas con Tubotomaculum" de los alrededores de Facinas (Hoja 13-48, Tarifa) en donde constituyen epirelieves cóncavos o epicnos negativos (Fig. 8).

Aunque se le ha descrito siempre dentro de ambientes marinos, no tiene ninguna preferencia batimétrica ya que aparece tanto en ambientes someros (GARCIA-RAMOS, 1976 y 1978) como en facies profundas (KSIASKIEWICZ, 1970 y 1977; KERN, 1980; CRIMES et al. , 1981).

El organismo generador de la traza fue probablemente un pequeño gusano filiforme que se alimentaba de sedimento (sedimentívoro).

### Granularia POMEL, 1849

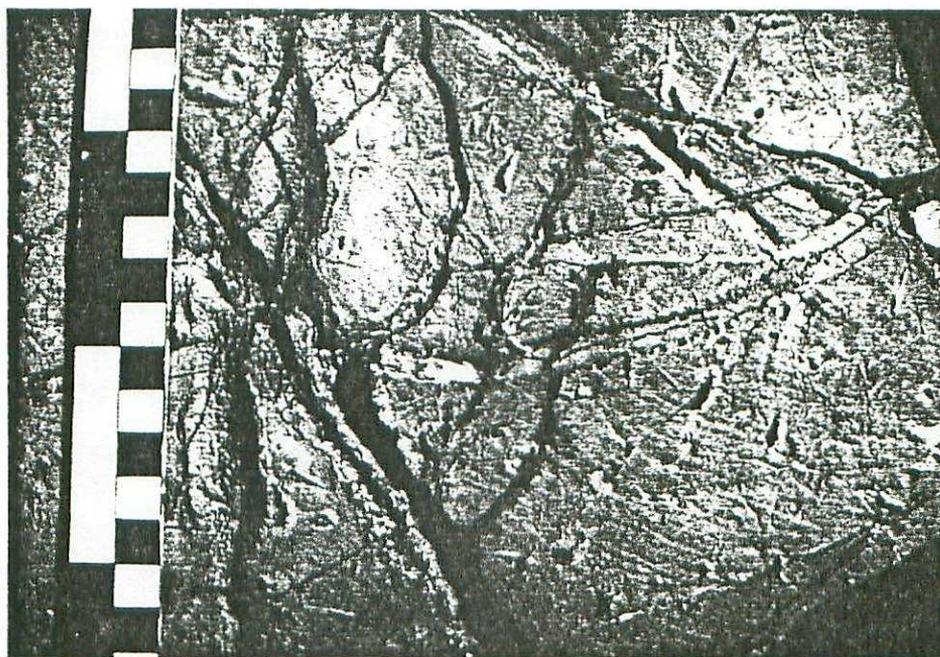
Traza tubiforme ramificada con las paredes recubiertas de pellets fecales, lo que le dá un aspecto superficial granuloso. La estructura generada es típicamente tridimensional.

Constituye relieves completos (endicnos) en el interior de estratos areniscosos o calcáreos bioclásticos. No obstante, una parte de la estructura tubiforme recorre a menudo las superficies superior (epicnos) o inferior (hipicnos) de las capas, aunque de forma discontinua.

Los mejores ejemplares de 8 a 15 mm de diámetro se han identificado en los alrededores de la localidad de Facinas (Hoja 13-48, Tarifa) dentro de la sucesión de "Arcillas con Tubotomaculum". Estan asociados allí en los techos de capas areniscosas a Lophoctenium, Gordia, Planolites y Nereite (var. Phyllodocites). Fig. 9 y 10.

Uno de los problemas de este icnogénero es su relativamente confusa determinación y definición, lo que hace a veces difícil de distinguir de Ophiomorpha que constituye el representante característico (aunque por lo común de mayor diámetro) de muchas facies litorales, marinas someras y de plataforma del Mesozoico y Terciario. Esta diferenciación se complica aún más si se tiene en cuenta que ambos se deben a la actividad excavadora de crustáceos.

Granularia ha sido citada ampliamente en sucesiones turbidíticas de diversos lugares de Europa: SEILACHER (1.962 y 1.977), HANINSCH (1.972), CRIMES (1.977), MONTENAT y SEILACHER (1.978), CRIMES et al (1.981). No obstante, hay que indicar que en muchos casos ha sido mal identificada, al confundirla a menudo con ejemplares pequeños de Thalassinoides, de características y origen similares, pero sin la cubierta externa pelletiforme.



9.- Granularia sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: SW. de Facinas. Litofacies de arcillas con Tubotomaculum. Oligoceno medio-Burdigaliense. Techo - de capa.



10.- Granularia sp. y Lophoctenium sp. Hoja 13-48 (Tarifa). SW. de Facinas. Litofacies de arcilla con Tubotomaculum. Oligoceno medio-Burdigaliense. Techo de capa.

**Helicolithus HANTZSCHEL, 1.962**

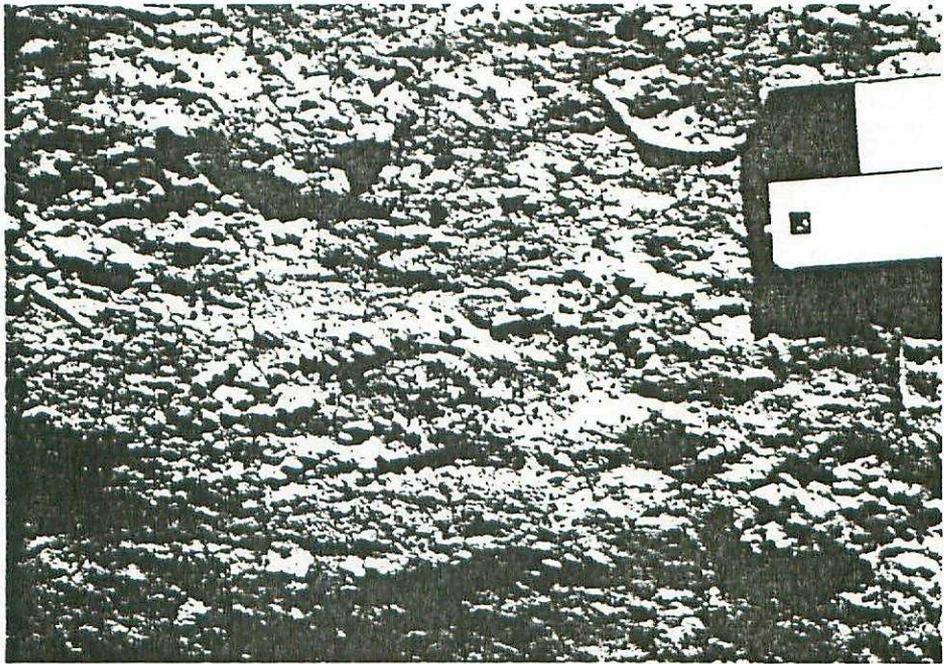
Estructuras tubiformes a 1 a 3 mm. de diámetro con disposición helicoidal cilíndrica de eje horizontal e incluidas a su vez en otras de orden mayor de trazado meandriforme sobre el plano de estratificación.

Dado que el eje meandriforme de la estructura helicoidal cilíndrica (en forma de sacacorchos) coincide aproximadamente con el plano basal de la estratificación, se crean hiporelieves convexos (hipicnos) en los que los tubos aparecen segmentados en cada vuelta por aquel, a lo largo de todo su recorrido (Fig. 11).

Dentro del área estudiada, tan solo se han encontrado varios ejemplares en el Oligoceno medio-superior de la sección "Sierra del Cabrito I" perteneciente a la Hoja 13-48 (Tarifa). En ella se ha reconocido la icnoespecie Helicolithus sampelayoi.

Se trata de una traza hasta el momento únicamente citada en ambientes marinos profundos: flysch de los Cárpatos polacos (KSIĄZKIEWICZ, 1.970 y 1.977; KERN, 1.980), Cretácico sup.-Terciario inf. de Guipúzcoa (CRIMES, 1.977; SEILACHER, 1.977), Eoceno de los alrededores de Viena (KERN, 1978),

La estructura orgánica pertenece al grupo de los Grafoglíptidos, pero el organismo generador es desconocido.



11.- Helicolithus sampelayoi. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Sierra del Cabrito I. Litofacies de margas y areniscas micáceas de Algeciras con areniscas del Aljibe. Oligoceno medio-superior. Base de capa.



12.- Helminthopsis sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Rio de la Vega I. Litofacies de calizas arenosas y arcillas. Paleoceno inferior (Montiense). Base de capa.

## Helminthoida SCHAFFHAULT, 1851

Pistas tubiformes de varios mm. de anchura, generalmente aplanadas por compactación, que forman estructuras meandriiformes muy apretadas sobre el plano de estratificación.

Constituyen típicamente relieves completos, por lo común dentro de la parte superior, de grano más fino, de intervalos turbidíticos. Cuando dichas capas se meteorizan a este nivel, las trazas pueden aparecer también como epirelieves.

Dentro del área estudiado, es relativamente frecuente en las series, aunque por su carácter interno (endicnos), las condiciones de observación del mismo suelen ser poco favorables. Su presencia se ha podido detectar en el Paleoceno (secciones de "Rio de la Vega I" y de "Torre de la Peña I"), Eoceno inferior y medio (sección de "Cerro de las Canteras I") y Oligoceno medio-superior (secciones de "Cerro de las Canteras II" y "Loma del Aguila I") y Oligoceno medio-superior (secciones de "Cerro de las Canteras II" y "Loma del Aguila I"). También se ha detectado en "Punta Carnero", ésta última dentro de la Hoja de La Línea.

Entre la icnofauna asociada más común, destacan : Chondrites, Neonereites, Phycosiphon, Nereites, Zoophycos, Subphyllochorda y Scolicia.

Se trata de un icnogénero característico de ambientes marinos profundos, especialmente frecuente en el Cretácico y Terciario de diversas localidades: Alpes orientales (HESSE, 1975), Messiniense de la cuenca de Vera en las Béticas (MONTENAT y SEILACHER, 1978), alrededores de Viena (KERN, 1978) y Cárpatos polacos (RONIEWICZ y PIENKOSKI, 1977; KZIAZKIEWICZ, 1970 y 1977; KERN, 1980).

El organismo generador de la traza era probablemente un gusano sedimentívoro que explotaba activa y eficientemente, determinados horizontes ricos en nutrientes, dentro de los términos superiores mas finos de capas turbidíticas.

### **Helminthopsis HEER, 1877**

Trazas tubiformes semicilíndricas de hasta 4 mm. de diámetro y paredes lisas, que describen meandros irregulares, laxos y espaciados dispuestos en la base de las capas (hiporelieves convexos o hipienos positivos). Fig. 12.

Es un icnogénero muy frecuente en las series del área estudiada. Los mejores ejemplos se han observado en las secciones de "Torre de la Peña II" (Paleoceno), "Río de la Vega I y II" (Paleoceno), "Cerro Gordo" (Paleoceno), "Loma del Aguila I" (oligoceno medio-superior) y "Río de la Vega III" (Oligoceno medio-superior). Dentro de la Hoja de La Línea, también se han identificado en "Punta Carnero".

La icnofauna asociada mas característica son : Grafolíptidos (Helminthorhaphé, Desmograpton, Urohelminthoidea, Paleodictyon, etc), Thalassinoides, Taphrohelminthopsis, Spirophycus y otros.

Puede aparecer tanto en ambientes marinos someros (BRADSHAW, 1981; GARCIA-RAMOS, 1976 y 1978) como profundos, pero mientras que en los primeros su peresencia es solo ocasional, en los segundos suele ser frecuente o incluso abundante.

Este icnogenero se debe a la actividad de un gusano sedimentívoro que se desplaza de un punto a otro, en la mayoría de los casos, sobre la superficie de un substrato fangoso.

### Helminthorhappe SEILACHER, 1977

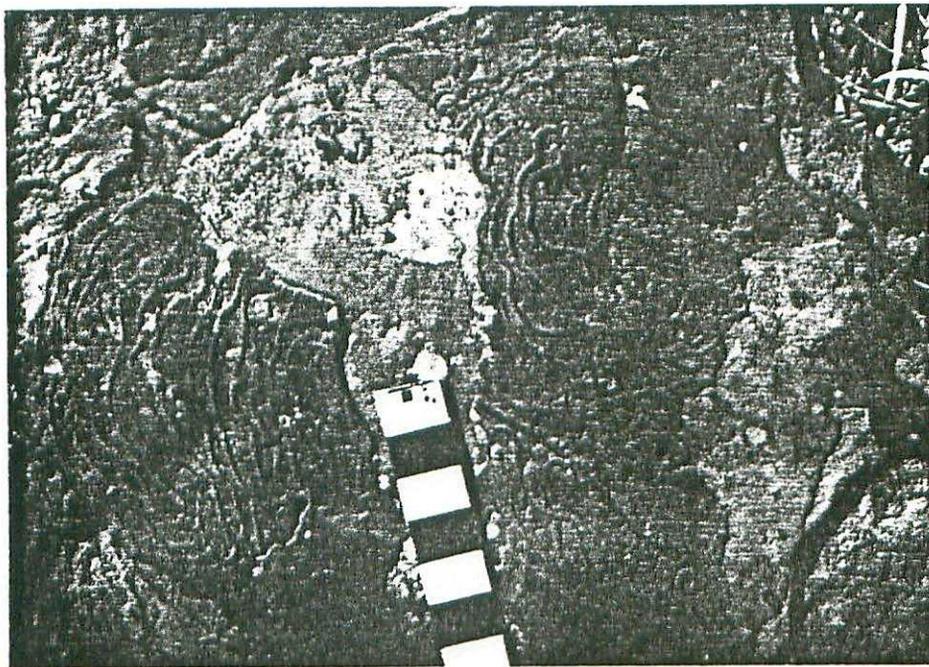
Pistas tubiformes semicilíndricas, de paredes lisas y de 1 a 2 mm de diámetro, que describen meandros de amplitud relativamente uniforme en la base de las capas (hipicnos positivos).

Dentro de la Hoja 13-48 (Tarifa), se ha reconocido en las sucesiones de "Cerro Gordo" (tramo B) y de "Loma del Aguila I", ambas del Oligoceno medio-superior, así como en la de "Cerro Gordo" (tramo A) del Paleoceno. Asimismo se ha observado otro ejemplar en la serie de "Puente de las Cañas" perteneciente a la Hoja 13-47 (Tahivilla).

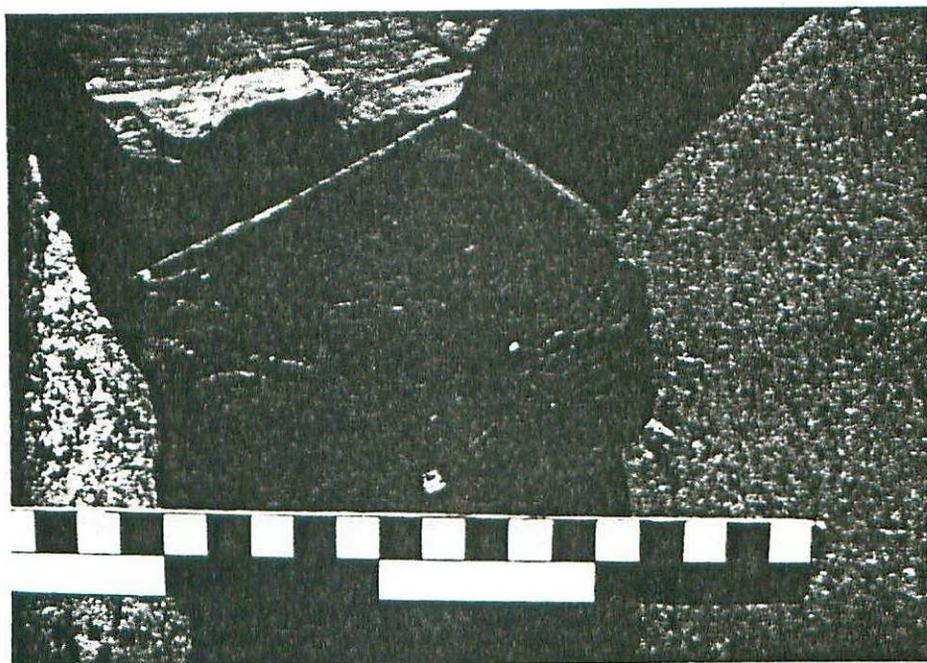
Concretamente, en el tramo A de la sección de "Cerro-Gordo" se identificó la icnoespecie Helminthorhappe japonica, que se caracteriza por poseer meandros bastante regulares y relativamente apretados (Fig. 13).

Los icnogéneros que aparecen con mas frecuencia asociados a este tipo de traza son : Helminthopsis, Cosmorhappe, Belorhappe, Taphrhelminthopsis, Paleomeandron, Paleodictyon, Megagraption, Urohelminthoida, etc.

Es una traza característica de ambientes marinos profundos, perteneciente al grupo de los Grafogliptidos. SEILACHER (1977) cita varios ejemplares del Cretácico superior de Marnia (Italia) y del Paleoceno de Boca de Uchiré (Venezuela). Este mismo autor sitúa dentro de este icnogénero definido por él, algunas de las referencias de Helmintoida, Helminthopsis y Urohelminthoida pertenecientes a publicaciones anteriores, y cuya morfología, disposición y comportamiento no coincide con la descripción formal de dichos taxones.



13.- Helminthorhaphé japonica sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Cerro Gordo, km. 89 de la C<sup>a</sup> de Tarifa a Algeciras. Litofacies de calizas arenosas y arcillas. Paleoceno. Base de capa.



14.- Lophoctenium sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Techo de capa.

**Lophoctenium RICHTER, 1850**

Se trata de una traza bastante difícil de describir literalmente. A grandes rasgos, se podría decir que consiste en pequeñas excavaciones orgánicas con ramificaciones agrupadas formando haces arqueados de aspecto palmeado, que parten a uno o a ambos lados, según los casos, de un supuesto eje central no bien definido. Figs. 14 y 15.

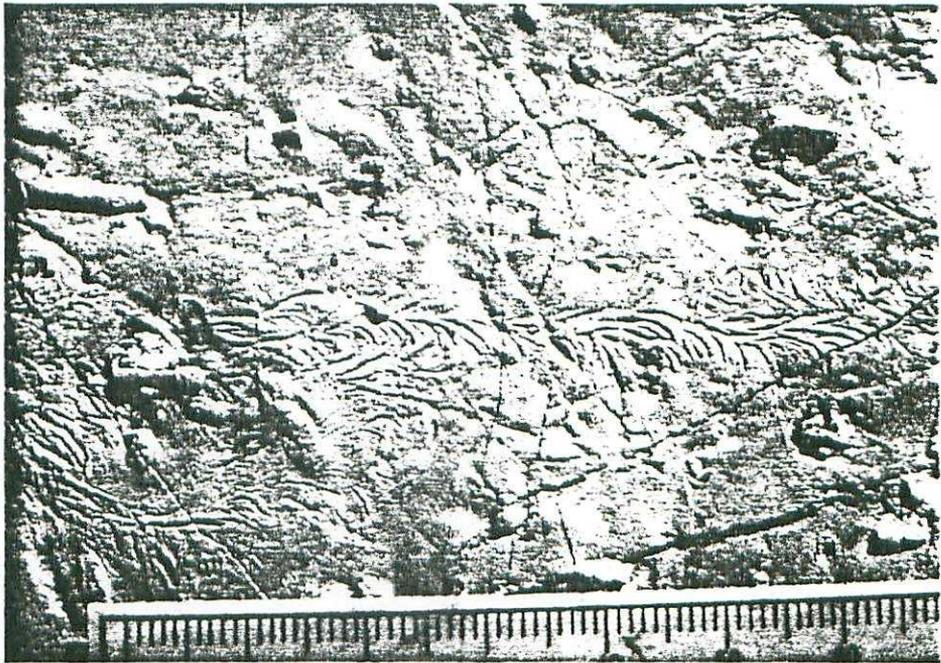
En las series que nos ocupan, aparece habitualmente constituyendo epirelieves, a menudo cóncavos, en los techos de capas areniscosas, a la altura de la interfase arena/fango perteneciente a un mismo intervalo turbidítico.

Los ejemplares mejor conservados han aparecido en la sucesión de "Arcillas con Tubotomaculum" (Oligoceno medio-Burdigaliente) que aflora inmediatamente al W. de Facinas, dentro de la Hoja 13-48 (Tarifa). Se ha encontrado también alguno en el Paleoceno de la sección "Rio de la Vega I" perteneciente a la misma Hoja.

La icnofauna asociada habitual, se compone de : Polykampton, Planolites, Nereites, Gordia, Granularia, Neonereites, Helminthoidea, Chondrites, Zoophycos, etc.

Es un icnogénero producido probablemente por un anélido poliqueto sedimentívoro que aparece por lo común en sedimentos marinos profundos. El organismo excavaba la traza en el interior del substrato y relativamente lejos del contacto con la superficie del mismo.

Ha sido citado previamente en facies turbidíticas profundas de los Cárpatos polacos (KSIĄZKIEWICZ, 1970 y 1975; KERN, 1980), del Eoceno de los alrededores de Viena (KERN, 1978) y del Cretácico-Eoceno de los Prealpes y Alpes suizos (CRIMES et al. 1981).



15.- Lophoctenium sp. y Planolites sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: SW. de Fa-  
cinas. Litofacies de arcillas con Tubotomaculum. Oligoceno medio-Burdi-  
galiense. Techo de capa.



16.- Lorenzinia sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Base de capa.

**Lorenzina DA GABELLI, 1900**

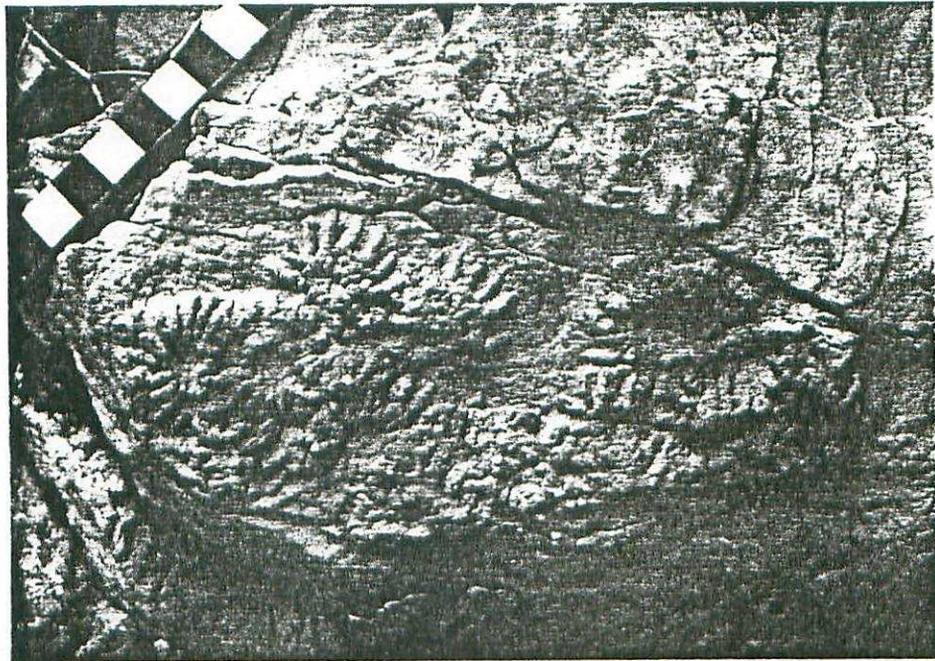
Trazas formadas por segmentos tubiformes semicilíndricos aislados entre sí, casi equidimensionales, y dispuestos radialmente en la base de las capas (hipicnos positivos). El diámetro de la estructura en conjunto, alcanza aquí hasta 3 ó 4 cm.

Dentro del area de estudio, este icnofosil ha aparecido en el muro de intervalos turbidífticos incluidos en las secciones del Paleoceno de "Cerro Gordo" (tramo A) y del Oligoceno medio-superior del "Cerro de las Canteras II", ambas en la Hoja de Tarifa (13-48). Figs. 16, 17 y 18.

Entre la icnofauna a la que aparece habitualmente asociado podemos citar : Helminthorhappe, Chondrites, Paleodictyon, Paleomeandron, Cosmorhappe, Belorhappe, Spirorhappe, Urohelmintholda, Helicolithus, etc.

Hasta el presente, se trata de una traza citada exclusivamente en facies marinas profundas de caracter turbidíftico : Cretácico superior-Terciario inferior de Guipúzcoa (SEILACHER, 1962 y 1977; CRIMES, 1973 y 1977), de los Cárpatos polacos (KSIĄZKIEWICZ, 1979 y 1977; KERN, 1980) y de Suiza (CRIMES et al., 1981).

El icnogénero pertenece al grupo de los Grafoglífticos, desconociéndose el organismo que lo generó, aunque se sabe que excavaba galerías abiertas en el sedimento fangoso subyacente.



17.- Lorenzinia sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Cerro Gordo, en la C<sup>a</sup> de Tarifa a Algeciras, km. 89. Litofacies de calizas arenosas y arcillas Paleoceno. Base de capa.



18.- Lorenzinia sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Cerro de las Canteras II. Litofacies de Margas y areniscas micáceas de Algeciras. Oligoceno medio-superior. Base de capa.

**Megagraption** KSIAZKIEWICZ, 1968

Trazas tubiformes semicilíndricas de trazado desigual, curvadas y a menudo meandriformes, que se ramifican tomando un aspecto reticulado irregular.

Pertenecen al grupo de los Grafoglíptidos y se presentan siempre en la base de las capas constituyendo hiporelieves convexos de paredes lisas de hasta 3 mm. de diámetro (Fig. 19).

La forma y tamaño de cada retículo, considerado individualmente, es muy variable, incluso de una parte a otra dentro de la misma estructura.

Se pudo identificar aquí la icnoespecie Megagraption irregulare caracterizada precisamente por fuertes diferencias en la morfología y dimensiones de los retículos que la componen.

Dentro de la Hoja 13-48 (Tarifa) hemos constatado su presencia en el Paleoceno (sección de Cerro Gordo, Tramo A), Oligoceno inferior-Eoceno (sección de Sierra de Ojén I) y Oligoceno medio-superior (series de "Sierra del Cabrito I" y de "Loma del Aguila I"). Igualmente se ha encontrado un ejemplar dentro de la Hoja de Vejer de la Frontera (serie de "Lomas del Pericon") perteneciente al Oligoceno medio-Mioceno inferior.

Asociados en la misma base de capa a este icnogénero, se encuentran a menudo : Belorhapse, Cosmorhapse, Paleodictyon, Protopaleodictyon, Helminthorhapse, Urohelminthoida, Desmograption, Paleomeandron, Helicolithus, Spirorhapse, Lorenzina, etc.

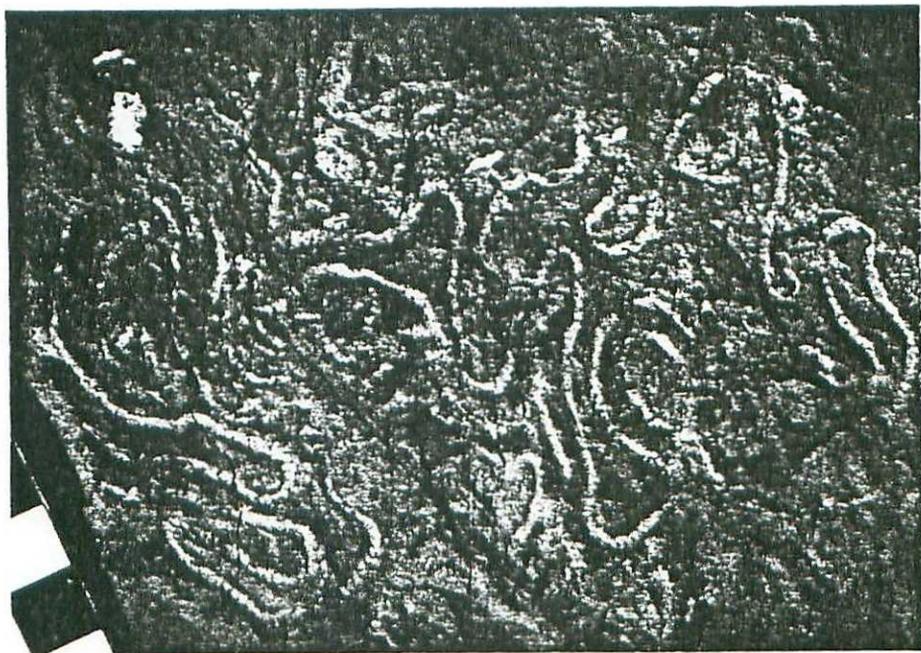
Este tipo de trazas se da habitualmente en facies marinas profundas. De ahí que haya sido citada multiples veces en dichos ambientes : Flysch de los Cárpatos polacos (KSIAZKIEWICZ, 1970; RONIEWICZ y PIENKOWSKI, 1977; KERN, 1980), turbiditas del Cretácico sup. y Terciario inf. de Guipuzcoa (CRIMES, 1973 y 1977b; SEILACHER, 1977), flysch cretácico de Japón (TANAKA, 1971), y turbiditas del Cretácico-Eoceno de Suiza (CRIMES et al.,

1981).

El organismo que da lugar a este tipo de estructuras es desconocido. No obstante se sabe que excavaba galerías abiertas en el fondo fangoso, probablemente ya firme, preturbidífico.



19.- Megagraptus irregularis. Hoja 12-47 (Vejer de la Frontera). Serie: Lomas del Pericón. Litofacies de calizas bioclásticas y arcillas. Bloque alóctono del Eoceno medio-superior (Luteciense-Priaboniense). Base de capa.



20.- Neonereites uniserialis. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Sierra del Cabrito I. Litofacies de margas y areniscas micáceas de Algeciras con areniscas del Aljibe. Oligoceno medio-superior. Techo de capa.

**Neonereites** SEILACHER, 1960

La descripción de este icnofosil va a depender en gran medida de su conservación actual en el techo o muro de las capas, así como de la icnoespecie considerada.

Neonereites uniserialis consta de una hilera simple de trazado y habitualmente meandriforme formada por una sucesión de pequeñas depresiones subcirculares (epirelieves cóncavos) o abultamientos del mismo carácter (hiporelieves convexos). Fig. 20. Este ejemplar, recuerda también en muchos aspectos a Helminthoida.

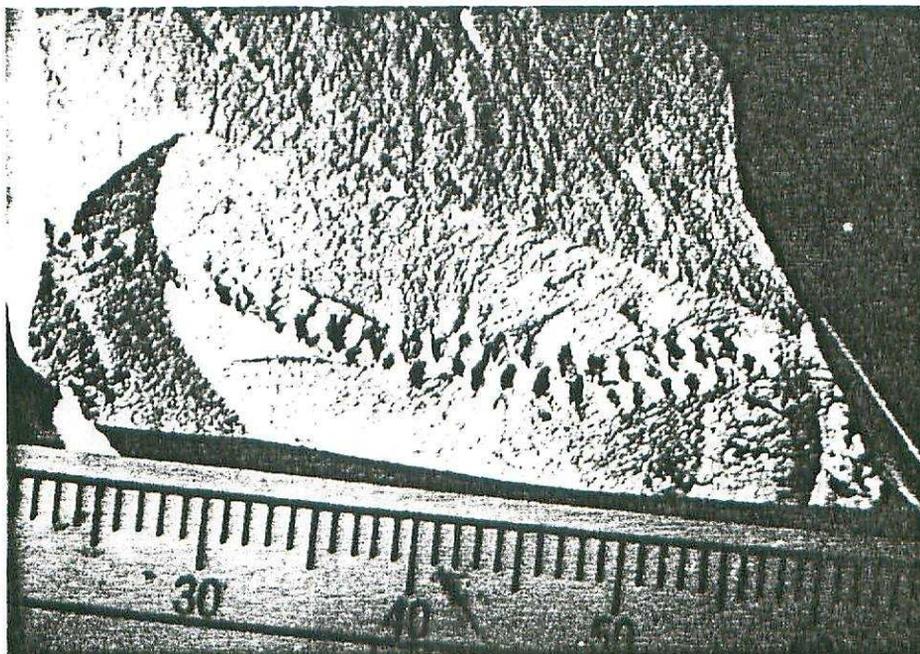
Neonereites biserialis está formado por una hilera doble similar a la descrita en el caso anterior, en la que las depresiones (o abultamientos) ocupan posiciones alternadas sucesivas a derecha e izquierda. Fig. 21.

CHAMBERLAIN (1978) considera que los icnogéneros Neonereites, Scalarituba, Nereites, y Phyllocytes pueden estar originados por un mismo individuo. Según él, en este caso, la atribución a un género u otro dependería de la conservación actual de la traza en el afloramiento con respecto a las superficies de estratificación.

Dentro del área estudiada, aparece en la C<sup>a</sup> de Bolonia a Punta Camarinal, en el Oligoceno inf.-Eoceno de la sección "Sierra de Ojen I" y en el Oligoceno medio-superior de la de la "Sierra del Cabrito I".

Entre la icnofauna comúnmente asociada en el mismo intervalo de depósito a este icnogénero destacan : Helminthoida, Lophoctenium, Chondrites, Nereites, Phycosiphon, Zoophycos, Subphyllochorda, Scolicia, etc.

Este tipo de traza, debida a la actividad excavadora de un gusano sedimentívoro que vive enterrado o semienterrado en el sedimento del fondo, no parece estar ligada a una batimetría determinada, pues se ha citado tanto en facies marinas someras como profundas.



21.- Neonereites biserialis. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Ensenada de Bolonia, en la C<sup>a</sup> de Bolonia a la Punta Camarinal. Interior de capa (endicos).



22.- Phyllodocites sp. y Planolites sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: SW. de Facinas. Litofacies de arcillas con Tubotomaculum. Oligoceno medio-Burdigaliense. Techo de capa.

**Nereites** MAC LEAY, 1839.

Trazas meandriiformes mas o menos apretadas que constan en el caso ideal, de un surco central y longitudinal, que a veces esta relleno de sedimento y material fecal, flanqueado a ambos lados por una sucesión de pequeños lóbulos de forma variable, solapados entre sí.

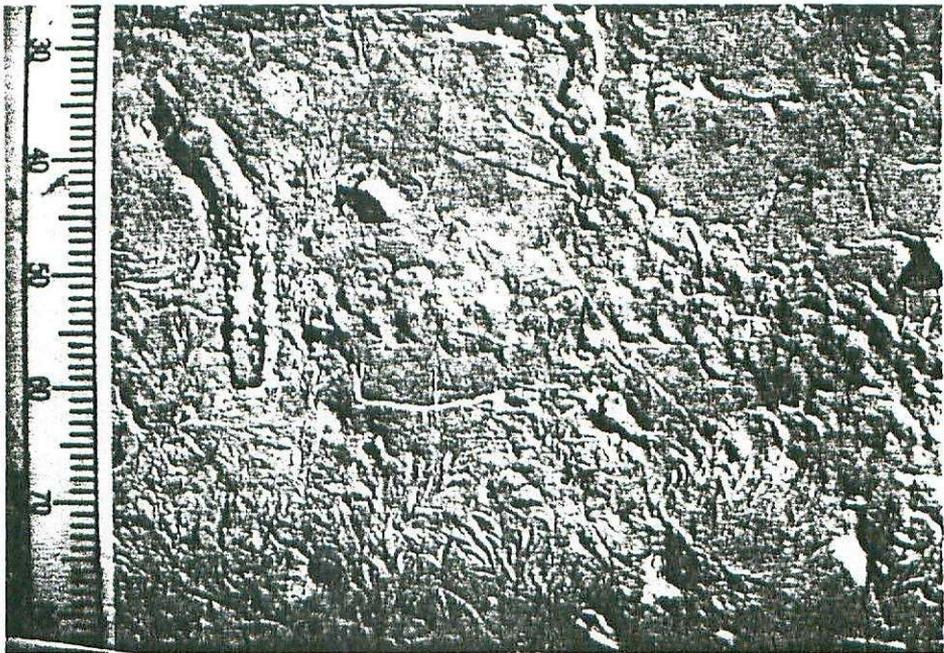
La variedad mas frecuente en estas sucesiones, es la que viene denominándose Phyllodocites GEINITZ, 1867. En ella, el surco central no es apenas visible dado que los lóbulos laterales, de disposición alterna, penetran hasta la parte central de la traza, presentando el conjunto un aspecto de estructura en cadena (Figs. 22 y 23).

Este icnogénero se presenta aquí a modo de epirelieves (epicnos), habiendo sido constatada su aparición en el Paleoceno de la sección "Rio de la Vega I", en el Eoceno inferior y medio de "Cerro de las Canteras I" y en las "Arcillas con Tubotomaculum" del corte de la carretera entre Bolonia y la Punta Camarinal.

Entre la icnofauna asociada a la misma unidad litológica, pueden citarse : Chondrites, Zoophycos, Granularia, Helminthoida, Lophoctenium, Neonereites, Phycosiphon, Planolites, Subphyllochora, etc.

No es utilizable como indicador batimétrico dado que puede presentarse a cualquier profundidad, aunque tiende a ser mas abundante en zonas de plataforma offshore y de fondo de cuenca. En estas últimas, la estructura meandriiforme tiende a ser mas regular y apretada, como corresponde a una búsqueda sistemática de nutrientes por parte del organismo, (probablemente un anélido poliqueto sedimentívoro) que da lugar a la traza.

Se trata de un icnogénero abundantemente descrito en la literarura, desde el Cámbrico hasta la actualidad.



23.- Phyllodocites sp., Lophoctenium sp. y Granularia sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie SW. de Facinas. Litofacies de arcillas con Tubotomaculum. - Oligoceno medio-Burdigaliense. Techo de capa.



24.- Paleodictyon (Glenodictyum) strozzii. Hoja 13-48 (Tarifa). Base de capa.

Ophiomorpha LUNDGREN, 1891

Traza tubiforme ramificada con las paredes externas recubiertas de pellets fecales, lo que le confiere un aspecto superficial granuloso. La estructura, considerada en conjunto muestra un claro caracter tridimensional.

Se presenta en forma de relieves completos (endicnos) en el interior de capas areniscosas o bioclásticas. A veces, no obstante, parte de la estructura tubiforme recorre las superficies superiores o inferiores de los estratos de forma discontinua, por lo que puede presentarse en esos casos como epicnos o hipicnos.

En el área estudiada, aparece tanto en sucesiones de facies someras como en las de ambientes profundos, dado que la traza no parece tener limitación batimétrica.

Dentro de las primeras se han observado algunos ejemplares en las sucesiones del Neógeno de "La Barca de Vejer" y de "Playa de Fontanilla", ambas pertenecientes a la Hoja de Vejer de la Frontera.

Entre las de facies profundas, destacan las localizadas en los afloramientos del Paleoceno de "Rio de la Vega II" y del Eoceno-Oligoceno inferior de la "Sierra de Ojen I", ambos en la Hoja 13-48 (Tarifa).

Es preciso recordar aquí lo indicado anteriormente al hacer referencia a Granularia, en el sentido de que, a partir de un determinado tamaño, puede ser difícil la diferenciación entre los dos icnogéneros, ya que presentan morfologías similares, habiéndose originado ambas como consecuencia de la actividad excavadora de crustáceos.

En cuanto a la icnofauna asociada a las trazas de Ophiomorpha, de aguas someras, destacan : Thalassinoides, burrows de Equínidos, Planolites, Skolithos, Diplocraterion, Monocraterion, etc.

Los de facies profundas en cambio, aparecen inscritos en una asociación radicalmente distinta con pocos elementos comunes con la anterior :

Lophoctenium, Fucusopsis, Helminthopsis, Spirophycus, Thalassinoides,  
Taenidium, Taphrhelminthopsis, Zoophycos y Grafoqlíptidos en general.

**Paleodictyon MENEZHINI en MURCHISON, 1850**

Trazas tubulares semicilíndricas de paredes lisas, constituyendo estructuras regulares formadas por yuxtaposición de retículos de contorno exagonal y tamaño variable.

Se presenta siempre en la base de las capas (hipicnos positivos). Los tubos presentan paredes lisas y su diámetro oscila entre 1 y 3 mm.

Aparece con bastante frecuencia dentro de las series turbidíticas del área estudiada. Concretamente, ha sido reconocido en la sección de "Puente del Cabrito I", Cerro de las Canteras II", "Rio de la Vega III" y "Loma del Aguila II", todas ellas del Oligoceno medio-superior en la Hoja de Tarifa; "Lomas del Pericón" en el Oligoceno medio-Mioceno inferior de la de Vejer de la Frontera y finalmente "Punta Carnero" en la de La Línea.

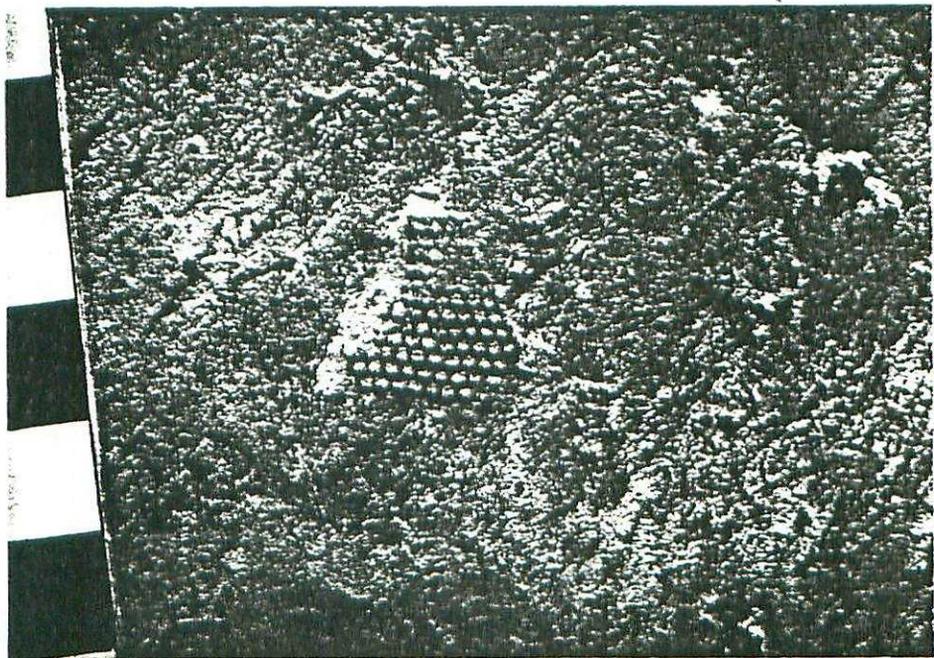
Se han reconocido aquí, al menos, tres icnoespecies : Paleodictyon (Glenodictyum) strozzii, con retículos exagonales bien desarrollados y de igual tamaño y forma (Fig. 24), Paleodictyon (Glenodictyum) imperfectum, con retículos mayores de diferente tamaño y forma (Fig. 25) y finalmente Paleodictyon (Glenodictyum) minimum con retículos exagonales regulares muy pequeños (Fig. 26).

Entre la icnofauna asociada mas frecuente en la misma base de la capa, se encuentran : el resto de Grafoglíptidos, Thalassinoides, Ophiomorpha, Planolites, Taphrhelminthopsis, Granularia, Helminthopsis, etc.

Paleodictyon, junto con los demas Grafoglíptidos, es característico de facies marinas profundas, habiendo sido citado profusamente como tal. El organismo generador de la traza es desconocido. EKDALE (1980) cita ejemplares actuales en el Atlántico a profundidades de 1400 a 3900 m.



25.- Paleodictyon (Glenodictyum) imperfectum. Hoja 13-47 (Tahivilla). Serie: Puente de las Cañas. Litofacies de calcarenitas margosas y arcillas rojas. Oligoceno inferior. Base de capa.



26.- Paleodictyon (Glenodictyum) minimum. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Rio de la Vega III. Litofacies de Margas y areniscas micáceas de Algeciras con areniscas del Algibe. Oligoceno medio-superior. Base de capa.

**Paleomeandron PERUZZI, 1881**

Traza formada por pequeños tubos, hemicilíndricos de diámetro constante (menor de 5 mm) y disposición meandriforme característica de dos órdenes distintos.

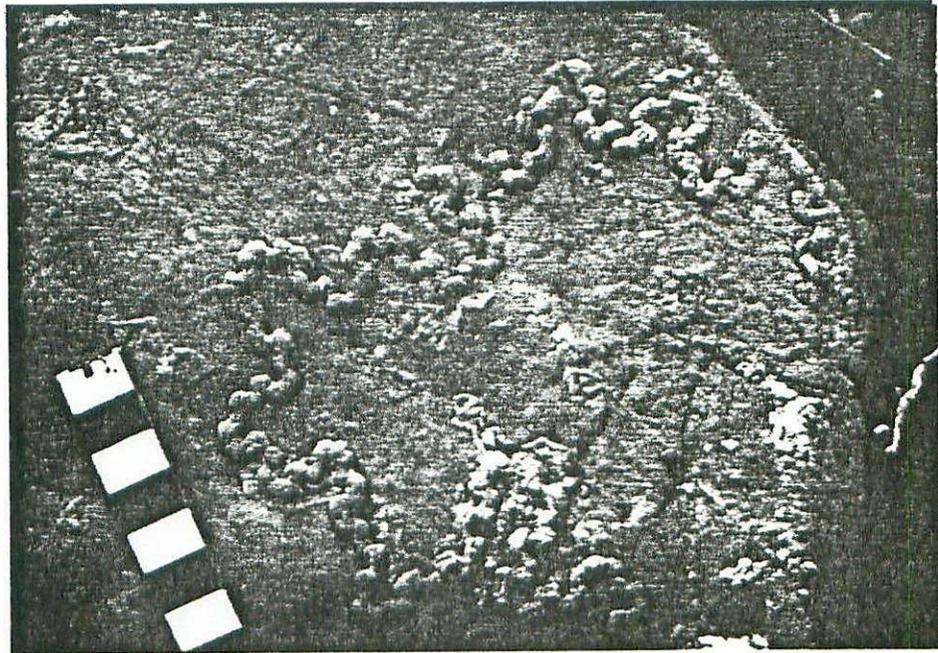
Los meandros de segundo orden presentan cambios bruscos de dirección a 90° unos de otros, por lo que dibujan una estructura almenada, típica del icnogénero.

En todo el área objeto de estudio, solamente se ha identificado un ejemplar, concretamente en la sección del "Rio de lo Vega I", en el Paleoceno de la Hoja 13-48 (Tarifa).

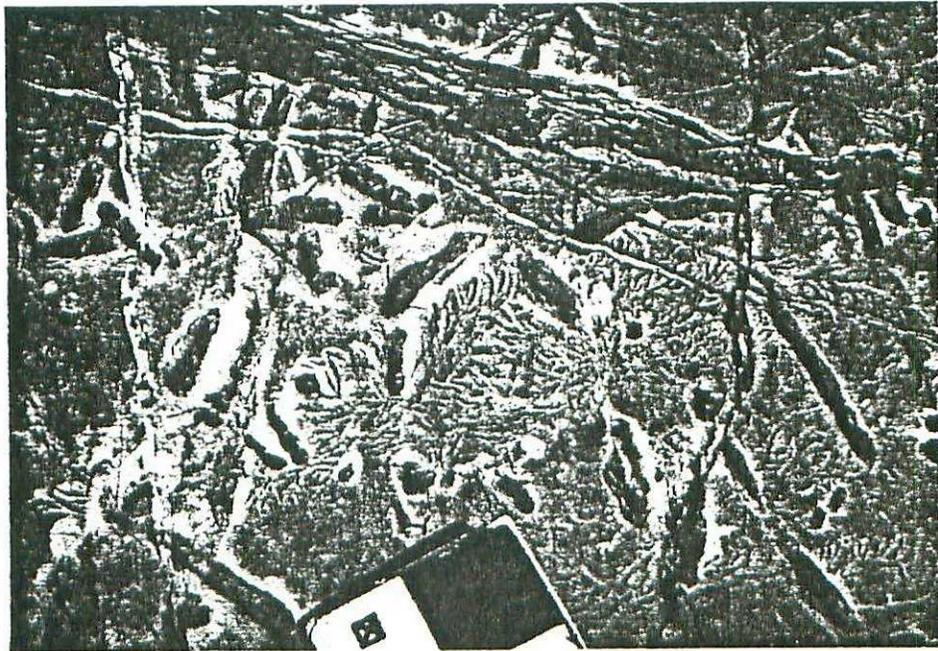
El único individuo encontrado, de unos 4 a 5 mm de diámetro y paredes lisas, pertenece a la icnoespecie Paleomeandron robustum. Se trata de un Grafoglíptido y aparece formando un hiporelieve convexo pronunciado (Fig. 27).

La traza ha sido citada exclusivamente en ambientes marinos profundos: flysch de los Cárpatos polacos (KSIASKIEWICZ, 1970 y 1977; KERN, 1980), flysch del Cretácico-Eoceno de Suiza (CRIMES et al., 1981), Cretácico superior de Guipuzcoa (CRIMES, 1977a), etc.

El organismo, de entidad desconocida, excavaba galerías huecas en el sedimento fangoso del fondo; éstas fueron luego rellenas pasivamente por el material arenoso de la siguiente acumulación turbidítica.



27.- Paleomeandron robustum. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Rio de la Vega I. Litofacies de calizas arenosas y arcillas. Paleoceno inferior (Montiense). Base de capa.



28.- Planolites sp. y Lophoctenium sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: SW. de Facinas. Litofacies de arcillas con Tubotomaculum. Oligoceno medio-Burdigaliense. Techo de capa.

**Phycosiphon VON FICHER - OOSTER, 1858**

Trazas horizontales o subhorizontales de pequeño tamaño formando apretadas estructuras en U, con "spreite" y ramificadas irregularmente. Recuerdan en muchos aspectos a diminutos ejemplares de Rhizocorallium irregulare.

Se deben a la actividad excavadora de gusanos poliquetos sedimentívoros sobre un sedimento de grano fino, como el que se acumula en la parte superior de los intervalos turbidíticos. Aparecen, por lo tanto, habitualmente formando relieves completos o epirelieves muy poco marcados. Fig. 39.

Dentro de la zona de estudio, son bastante frecuentes, habiéndolas encontrado en las sucesiones de : "Rio de la Vega I" (Paleoceno) y de "Cerro de las Canteras II", "Rio de la Vega III", y "Loma del Aguila I", estas tres últimas del Oligoceno medio-superior, pero todas ellas pertenecientes a la Hoja de Tarifa.

La icnofauna habitualmente asociada a este icnogénero es la siguiente : Chondrites, Zoophycos, Planilites, Lophoctenium, Helminthoida, Polykampton, Scolicia, Subphyllochora, Nereites, Neonereites, etc.

Se trata de una traza habitual en facies marinas profundas, aunque ha sido citada igualmente en ocasiones, en ambientes de aguas someras. Entre las referencias de batimetría elevada que contienen este icnofosil, se encuentran : Eoceno del SW. de los Pirineos (RUPKE, 1976), Cretácico a Eoceno de las inmediaciones de Viena (KERN, 1978), Flysch Cretácico-Terciario de los Cárpatos polacos (KSIAZKIEWICZ, 1970 y 1977; KERN, 1980), Eoceno de Toscana, Italia (SEILACHER, 1978), etc.

**Planolites NICHOLSON, 1873**

Tubos cilíndricos de diámetro constante a lo largo de un mismo ejemplar, de paredes lisas, con diferente grado de curvatura o rectos, no ramificados y dispuestos en cualquier posición en el espacio. Esto último hace que puedan aparecer en las series estratigráficas indistintamente como epicnos, hipicnos, endicnos o exicnos. Fig. 28.

La traza puede aparecer rellena de material fino (lutita) y situado dentro de otro mas grueso (arena, caliza bioclástica, etc) o viceversa.

Se debe a la actividad de un organismo sedimentívoro que excava irregularmente en un substrato por lo comun arenoso o fangoso, en busca de nutrientes.

Aparece en gran parte de las series del área estudiada y no tiene ninguna preferencia batimétrica definida.

Ha sido citado en múltiples ocasiones por diferentes autores.

**Polykampton OOSTER, 1869**

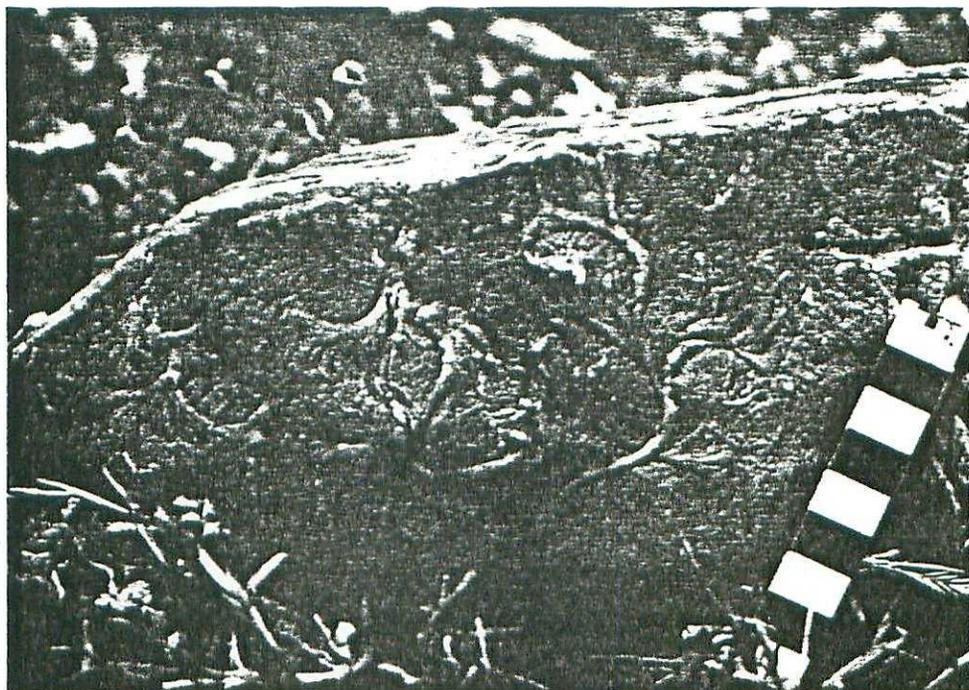
Traza horizontal o subhorizontal constituida por un tubo central mas o menos curvado, del que parte una "spreite" que se dispone a menudo alternativamente a derecha e izquierda del mismo.

En el área objeto de estudio, tan solo hemos localizado un ejemplar en la sección de "Rio de la Vega I" (Paleoceno) dentro de la Hoja 13-48 (Tarifa). Fig. 29.

Cabe la posibilidad de que se trate de una pequeña variación en el comportamiento del organismo que produce Zoophycos, dado su grado de semejanza morfológica y su frecuente asociación a este último en los mismos niveles.

El organismo sedimentívoro que generó la traza, excavaba en el interior de un substrato, probablemente escaso en nutrientes, como se deduce de la búsqueda sistemática de los mismos.

Los pocos datos que se conocen acerca de este icnogénero, raramente citado en la literatura al respecto, apuntan a un origen en condiciones marinas profundas : SEILACHER (1.959) y CRIMES et al. (1981).



29.- Polykampton sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Rio de la Vega I. Litofacies de calizas arenosas y arcillas. Paleoceno inferior (Montiense). Base de capa.



30.- Scolicia sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Techo de capa.

## Scolicia DE QUATREFAGES, 1849

Traza tribobulada horizontal, normalmente de 1 a 5 cm de anchura, con simetría bilateral y disposición curvada, por lo general meandriforme.

Consta a grandes rasgos de un surco o depresión central limitado a ambos lados, por paredes laterales con láminas imbricadas, e inclinadas en dirección al primero. Este, puede a su vez presentar diversos tipos de ornamentación, de caracter variable de unos ejemplares a otros; en algunos casos, se dibuja sobre el mismo una estructura en zig-zag característica. Figs. 30 y 31.

Algunos autores prefieren utilizar el término de Scolicia a un nivel mas amplio (ej: familia o grupo) es decir, para una serie de trazas con caracteres comunes, pero conservadas en el estrato de diferente manera. Así, al epirelieve cóncavo del "Grupo Scolicia", lo denominan Palaeobullia, mientras que el relieve completo y al hiporelieve o epirelieve convexos los incluyen en la denominación de Subphyllochora.

Es relativamente frecuente en las series estudiadas encontrándose concretamente en las de : "Sierra de Ojén I" (Eoceno sup.- Oligoceno inf.), "Cerro de las Canteras II", "Rio de la Vega III" y "Loma del Aguila I", las tres últimas del Oligoceno medio-sup. y todas ellas dentro de la Hoja de Tarifa. Igualmente se ha observado en la de "Lomas del Pericón" (Hoja de Vejer de la Frontera) y en la de Punta Carnero (Hoja de La Línea).

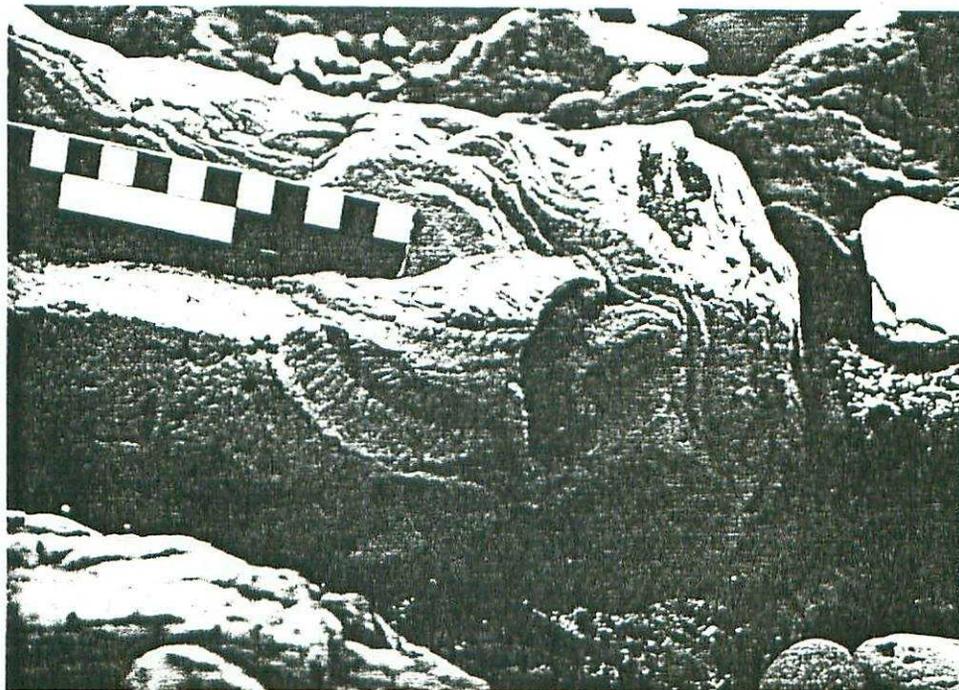
Entre la icnofauna asociada mas frecuente se encuentra : Subphyllochora, Planolites, Phycosiphon, Neonereites, Zoophycos, Lophoctenium, Helminthoidea, Nereites, etc.

Scolicia es característico de facies marinas profundas, pero puede aparecer tambien en sedimentos someros de plataforma e incluso en zonas de shoreface en playas. No obstante, los ejemplares de batimetría elevada, se caracterizan por un trazado mas sistemático y regular, sin entrecruzamientos, y a menudo por una disposición mas apretada de los meandros.

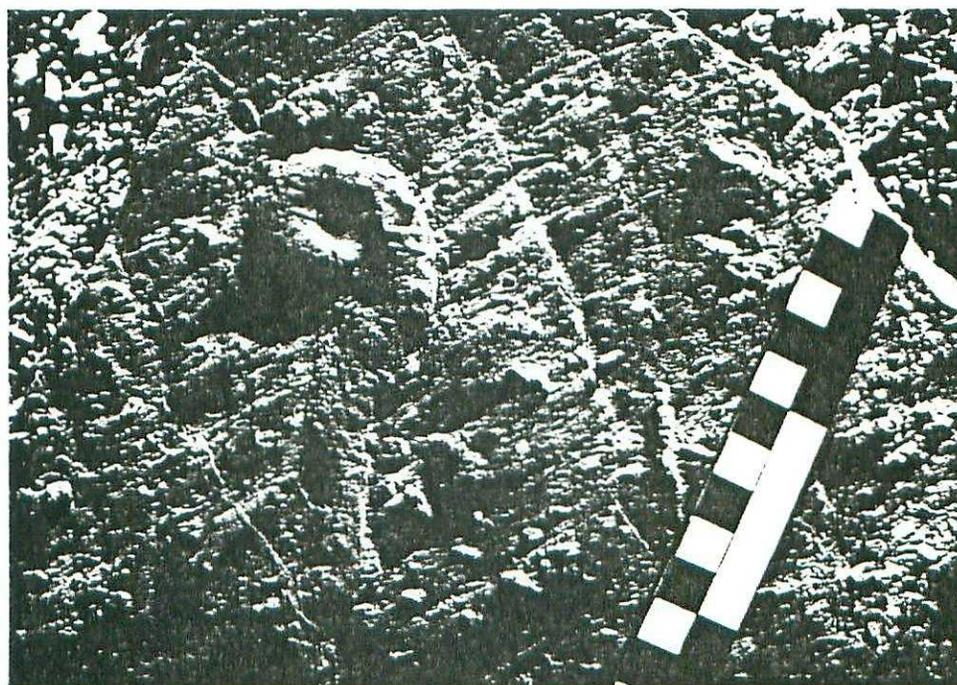
El organismo generador de la traza, puede variar. Así, en la mayor parte de los ejemplos del Cretácico y Terciario, éste es un equínido irregular del Orden de los Espotángidos o similar. No obstante, muchas de las estructuras de este tipo, especialmente en el caso de las precretácicas, que suelen tener una ornamentación externa mas sencilla, pueden estar originadas por otro tipo de organismos distintos : gasterópodos, crustáceos, etc.

El animal excavaba la traza unas veces semienterrado (semi-infauna) en el sedimento del fondo, mientras que otras lo hacia totalmente en el interior del mismo (infauna), ya sea dentro de un material arenoso homogéneo, o bien a lo largo de la interfase arena/fango. El estudio detallado del icnogénero, suele proporcionar datos suficientes como para llegar a deducir cual de estos tres sistemas de excavación se utilizó para crear la traza.

SMITH y CRIMES (1983) han realizado un estudio muy completo sobre Scolicia y estructuras orgánicas afines.



31.- Scolicia sp. Hoja 14-48 (La Línea). Serie: Punta Carnero. Litofacies de calizas bioclásticas y arcillas rojas. Eoceno inferior-medio (Ypresiense-Luteciense). Techo de capa.



32.- Spirophycus sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Puerto de Piedracana. Litofacies de arcillas rojas y areniscas micáceas. Oligoceno inferior. Base de capa.

**Spirophycus HANTZSCHEL, 1962**

Trazas de contorno tubular semicilíndrico y disposición espiral (poco desarrollada) al menos en uno de los extremos. Se presentan en la base de las capas como hiporelieves convexos de paredes rugosas o irregulares. El diámetro de los tubos, está comprendido habitualmente entre 5 y 20 mm.

En todo el área de estudio, tan solo se ha localizado un ejemplar en la serie de "Puerto de Piedracana" (Eoceno-Oligoceno inferior) de la Hoja 13-48 (Tarifa). Fig. 32.

La icnofauna asociada consta habitualmente de : Grafoglíptidos, Taphrhelminthopsis, Thalassinoides, Granularia, Planolites, Helminthopsis, Fucusopsis, Ophiomorpha, etc.

Se trata de una traza característica de ambientes marinos profundos. El organismo que la generó es desconocido, pero según algunos autores, podría tratarse de un anélido poliqueto sedimentívoro, aunque no existe evidencia determinante al respecto.

Entre las citas previas de este icnogénero destacan las del flysch de los Cárpatos polacos (KSIĄZKIEWICZ, 1970 y 1977; KERN, 1980), las del Terciario inferior de Guipuzcoa (SEILACHER, 1962; CRIMES, 1977) y las del Cretáceo-Eoceno de Suiza (CRIMES et al., 1981).

*Spirorhaphe* FUCHS, 1895

Trazas tubulares semicilíndricas, de paredes lisas y con disposición helicoidal característica de bastante número de vueltas. Se presentan casi siempre en la base de las capas constituyendo hiporelieves convexos y pertenecen al grupo de los Grafoglíptidos. El diámetro de las espirales está comprendido por lo común, entre 5 y 20 cm. (Figs. 33 a 36).

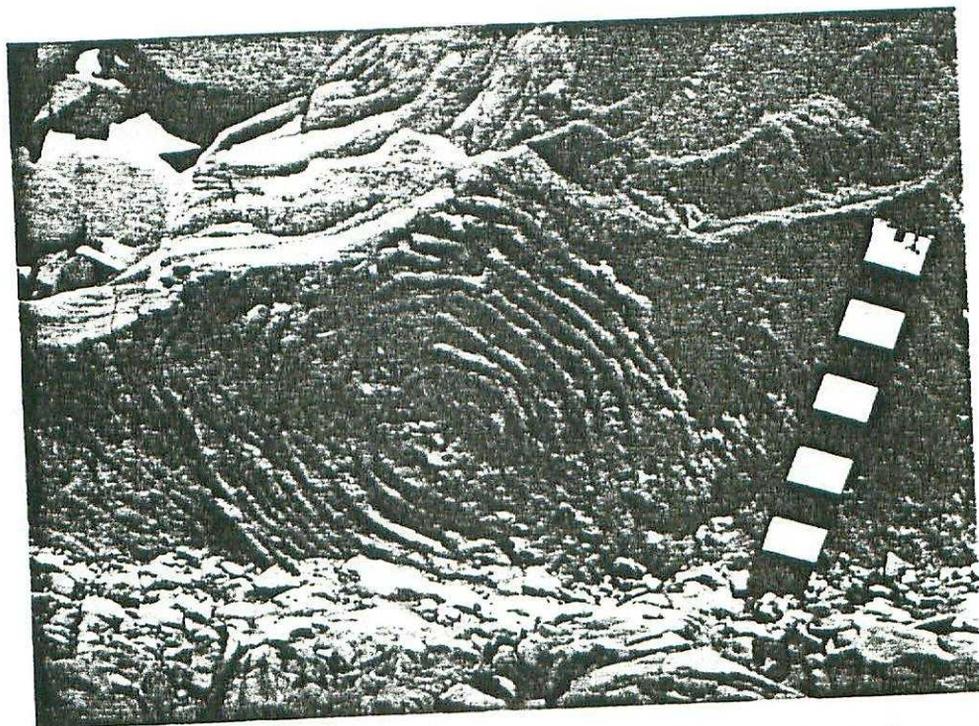
Dentro de la zona estudiada, se han identificado algunos ejemplares del Oligoceno medio-superior de las secciones de "Cerro de las Canteras II" y "Cerro del Cabrito I", pertenecientes ambas a la Hoja de Tarifa, así como en "Punta Carnero", de la Hoja de La Línea.

Han podido separarse tres subespecies : *Spirorhaphe involuta*, *Spirorhaphe azteca* y *Spirorhaphe zumayensis*. Esta última, a diferencia de las anteriores, aparece en forma de epirelieves y las secciones de los tubos presentan habitualmente una sucesión de estriaciones finas y bastante apretadas de disposición transversal (Figs. 35 y 36).

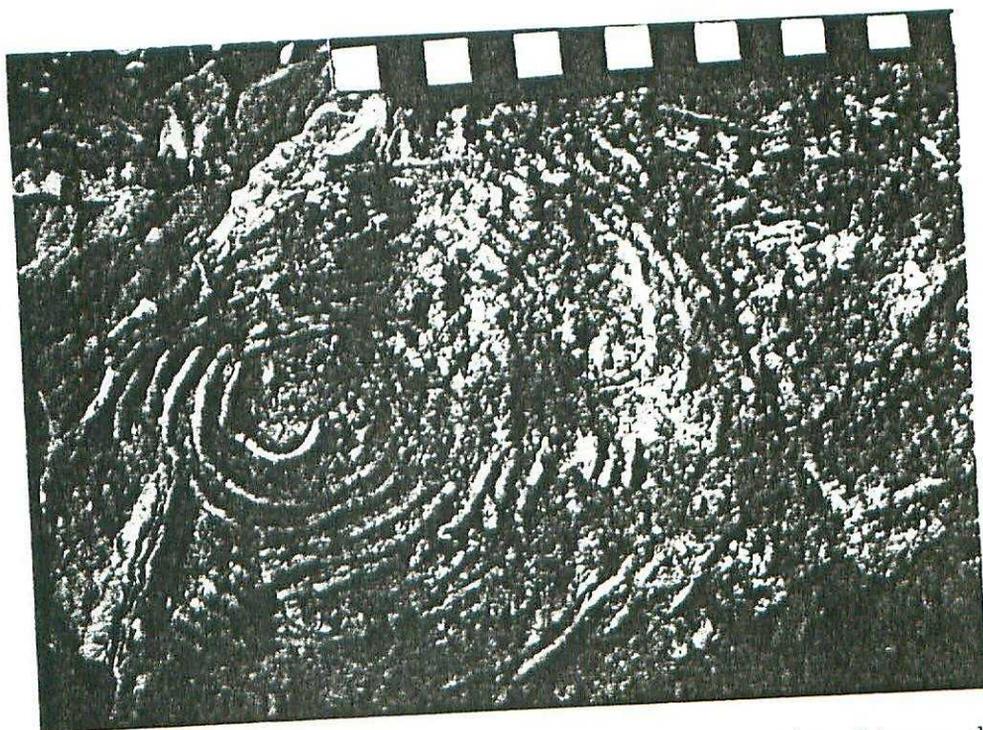
Entre la icnofauna asociada más habitual destacan : *Thalassinoides*, *Alaria*, *Urohelminthoidea*, *Taphrohelminthopsis*, *Paleomeandron*, *Megaqrapton*, *Helminthodictyon*, *Helminthopsis*, *Helminthorhaphe*, etc.

Este icnogénero es característico de ambientes marinos profundos habiendo sido citado previamente por PENDON (1977) en este mismo área, así como por CRIMES et al (1981) en el flysch del Cretácico-Eoceno de Suiza, por WACHNER (1977) en el Eoceno de Viena, México y Grecia, KERN (1978) en el Eoceno de los alrededores de Viena, CRIMES (1973) en el Paleoceno-Eoceno de Polonia y finalmente KSIAZKIEWICZ (1970, 1977) y KERN (1980) en las facies del Eoceno de los Cárpatos polacos. EKDALE (1980) cita ejemplos actuales del Atlántico y del Pacífico a profundidades de 3.300 a 5.100 m.

No se conoce el organismo generador de la traza, pero se sabe que excavaba galerías huecas en el interior de un substrato fangoso.



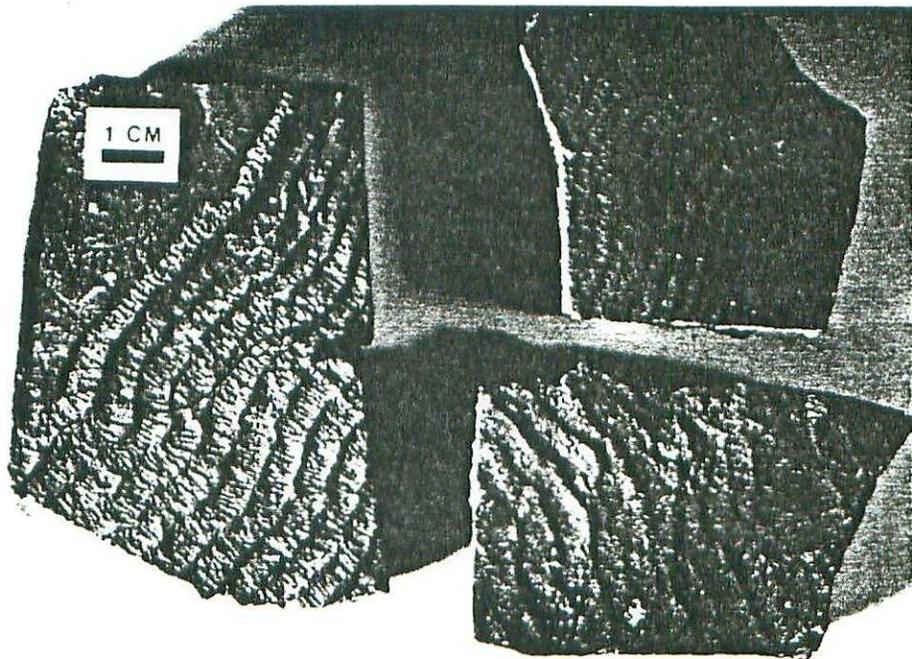
33.- Spirorhappe sp. Hoja 14-48 (La Línea). Serie: Punta Carnero. Litofacies de margas y areniscas micáceas de Algeciras. Oligoceno medio-superior. Base de capa.



34.- Spirorhappe involuta. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Sierra del Cabrito. Litofacies de margas y areniscas micáceas de Algeciras con areniscas del Aljibe. Oligoceno medio-superior. Base de capa.



35.- Spirorhappe zumayensis. Hoja 13-48 (Tarifa). Techo de capa.



36.- Fragmentos de Spirorhappe zumayensis. Hoja 14-46 (Jimena de la Frontera). Serie: Jimena de la Frontera. Litofacies de arcillas con Tubotomaculum. Oligoceno medio-Burdigaliense. Techo de capa.

## Subphyllochora GOTZINGER y BECKER, 1932

Trazas habitualmente trilobuladas con simetría bilateral y disposición fuertemente curvada, por lo general meandriforme. Fig. 37 a 39.

La separación en tres segmentos longitudinales, viene a veces acentuada por la presencia de dos pequeños tubos o cordones paralelos, que constituyen la parte más saliente de la traza.

Generalmente aparece como hiporelieves convexos, pero se puede encontrar también formando relieves completos o incluso epirelieves ligeramente convexos o positivos (Fig. 39). En este último caso, la separación en tres partes no suele quedar bien definida.

En el área estudiada, se observaron ejemplares de este icnogénero en las secciones de "Rio de la Vega III" (Oligoceno medio-superior) dentro de la Hoja de Tarifa, y en la de "Punta Carnero" perteneciente a la de La Línea.

Dada su disposición indistintamente a techo, muro o en el interior del estrato, puede aparecer asociada prácticamente a cualquier otro tipo de traza de las pertenecientes a aguas profundas.

El organismo generador es variable, pero en este caso concreto, como pasa con la mayoría de los ejemplares de Subphyllochora del Cretácico superior y Terciario, consiste en un equínido que vivía enterrado o simienterrado en el sedimento del fondo.

El trabajo más completo sobre el significado de este icnogénero, se debe posiblemente a SMITH y CRIMES (1983). Otras citas del mismo, se deben a: CRIMES et al. (1981) en el flysch del Cretácico-Eoceno de Suiza, CRIMES (1973) en el Paleoceno-Eoceno de Guipuzcoa, KERN (1978) en el Cretácico-Eoceno de Viena, HANISCH (1972) en el Terciario de Zumaya, KZIAZKIEWICZ (1970, 1977) y KERN (1980) en el flysch de los Cárpatos polacos.



37.- Subphyllochora sp. Hoja 14-48 (La Línea). Serie: Punta Carnero. Lito-  
facies de margas y areniscas micáceas de Algeciras. Oligoceno medio-  
superior Interior de capa (endicnos, vista inferior).



38.- Subphyllochora sp. Hoja 14-48 (La Línea). Serie: Punta Carnero.  
Detalle del ejemplar de la foto anterior.



39.- Subphyllochordeae sp. y Phycosiphon sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Rio de la Vega III. Litofacies de Margas y areniscas micáceas de Algeciras con areniscas del Aljibe. Oligoceno medio-superior. Techo de capa.



40.- Taenidium sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Rio de la Vega III. Litofacies de margas y areniscas micáceas de Algeciras con areniscas del Aljibe. Oligoceno medio-superior. Techo de capa.

**Taenidium HEER, 1877**

Traza tubiforme ramificada, de menos de 1 cm. de diámetro, con relleno en menisco y a menudo con disposición radial. Recuerda en bastantes aspectos a Keckia y a Muensteria, pero estas últimas son de mayor tamaño y habitualmente no radiadas.

Se presenta en los afloramientos como relieves completos o como epirelieves. La estructura generada es típica de un organismo sedimentívoro que pasa el material a través de su cuerpo a la vez que avanza en la galería, que queda en todo momento cerrada. Este último era probablemente un gusano poliqueto.

Tan solo se han encontrado ejemplares de Taenidium dentro del área estudiada, en las sucesiones de "Rio de la Vega III" y "Loma del Aguila I", ambas de edad Oligoceno medio-superior y pertenecientes a la Hoja de Tarifa. Fig. 40.

Aunque es una traza frecuente en ambientes marinos profundos, no tiene valor batimétrico, pues aparece también en facies someras e intermedias.

Este icnogénero ha sido citado previamente en el Cretácico superior de Viena (KERN, 1978), así como en el flysch de los Cárpatos polacos (KSIIAZKIEWICZ, 1970, 1977; KERN, 1980).

### Taphrhelminthopsis SACCO, 1888

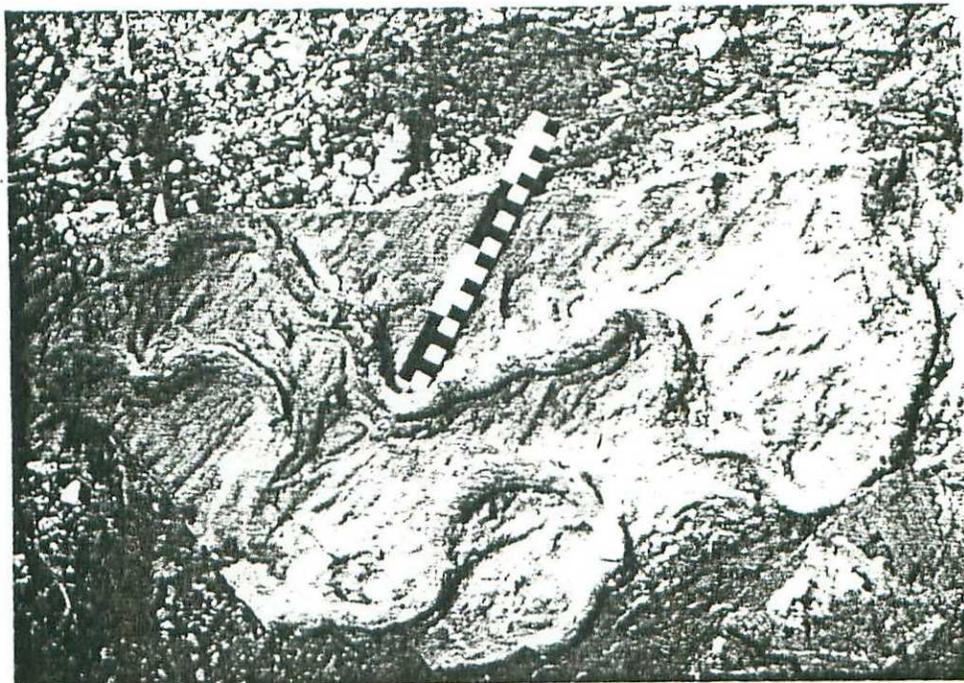
Traza bilobulada de relieve acusado, paredes lisas y trazado fuertemente curvado, a menudo meandriforme. Los ejemplares suelen tener 2 a 4 cm. de anchura, presentándose siempre como hiporelieves convexos. Figs. 41 a 43.

Dentro del área estudiada, aparece en muchas de las secciones como en las del Paleoceno de "Cerro Gordo" (tramo A) y de "Torre de la Peña I y II", en la de la carretera de Bolonia a Punta Camarinal, o en las del Oligoceno medio-superior de la "Sierra del Cabrito I", "Rio de la Vega III" y "Loma del Aguila I", todas ellas en la Hoja 13-48 (Tarifa).

La icnofauna asociada al mismo nivel está formada principalmente por : Grafogliptidos, Thalassinoides, Granularia, Helminthopsis, Fucusopsis, Planolites, etc.

El organismo generador de la traza podría ser un gasterópodo o un equínido, según los casos. De todas formas, es probable que una buena parte de los ejemplares del Cretácico y Terciario, correspondan a excavaciones de equínidos que se desplazaban sobre la superficie fangosa del fondo en ambientes marinos profundos.

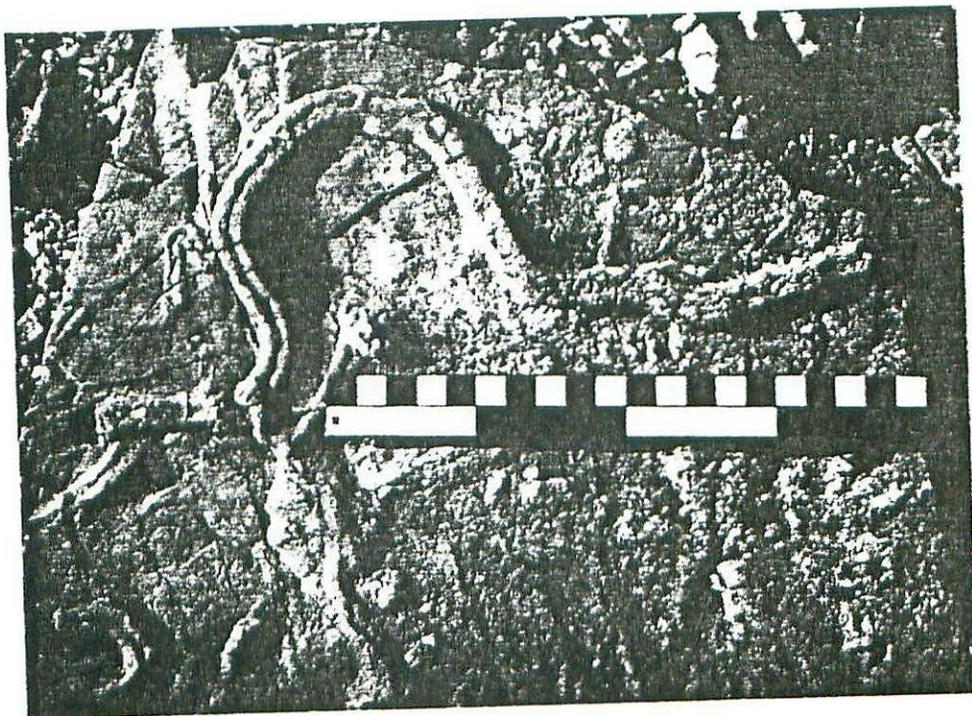
Este icnogénero ha sido estudiado recientemente por SMITH y CRIMES (1983). Entre las citas del mismo en sucesiones de batimetría elevada destacan las de : CRIMES et al (1981) en el Terciario inferior de Suiza, CRIMES (1973 y 1977) en el Cretácico sup. y Terciario de Guipuzcoa, PENDON (1977) en el Terciario del área de Gibraltar, HANISCH (1972) en el Terciario de Zumaya, Guipuzcoa, KSIAZKIEWICZ (1970, 1977), RONIEWICZ y PIENKOWSKY (1972) y KERN (1980), los tres últimos en el flysch de los Cárpatos polacos.



41.- Taphrhelminthopsis sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Loma del Aguila I. Litofacies de margas y areniscas micáceas de Algeciras con areniscas del Aljibe. Oligoceno medio-superior. Base de capa.



42.- Taphrhelminthopsis sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Rio de la Vega III. Litofacies de margas y areniscas micáceas de Algeciras con areniscas c Aljibe. Oligoceno medio-superior. Base de capa.



43.- Taphrhelminthopsis sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Ensenada de Bolonia, en la C<sup>a</sup> de Bolonia a la Punta Camarinal. Base de capa.



44.- Thalassinoides sp. Hoja 13-47 (Tahivilla). Serie: Puente de las Cañas. Litofacies de Calcarenitas margosas y arcillas rojas. Oligoceno inferior. Interior de interestrato (exicnos).

### Thalassinoides ENREMBERG, 1944

Trazas tubiformes ramificadas, de paredes externas lisas y de un diámetro de tubo que puede llegar a alcanzar los 25 mm. En las bifurcaciones de las ramas es frecuente observar un cierto ensanchamiento de las galerías. Figs. 44 a 46.

El icnogénero puede aparecer en los afloramientos en forma de epirelieves, relieves completos (endícnos y exícnos) o hiporelieves convexos; no obstante, este último tipo de conservación, es con mucho, el más frecuente.

Suele tratarse de una traza frecuente en la parte de las series estudiadas. Concretamente, se ha logrado identificarla en las de : "Sierra del Cabrito I", "Rio de la Vega I, II y III", "Cerro de las Canteras I y II", "Cerro Gordo", "Torre de la Peña I" y "Loma del Aguila I", todas ellas en el Paleoceno-Oligoceno de la Hoja de Tarifa. Igualmente, se ha encontrado en las de la "Barca de Vejer", "Playa de Fontanilla" y "Lomas del Pericón" pertenecientes a la Hoja de Vejer de la Frontera, así como en las de "Cerro del Gallinero" (Hoja de Chiclana), "Puente de las Cañas" (Hoja de Tahivilla) y "Punta Carnero" (Hoja de La Línea).

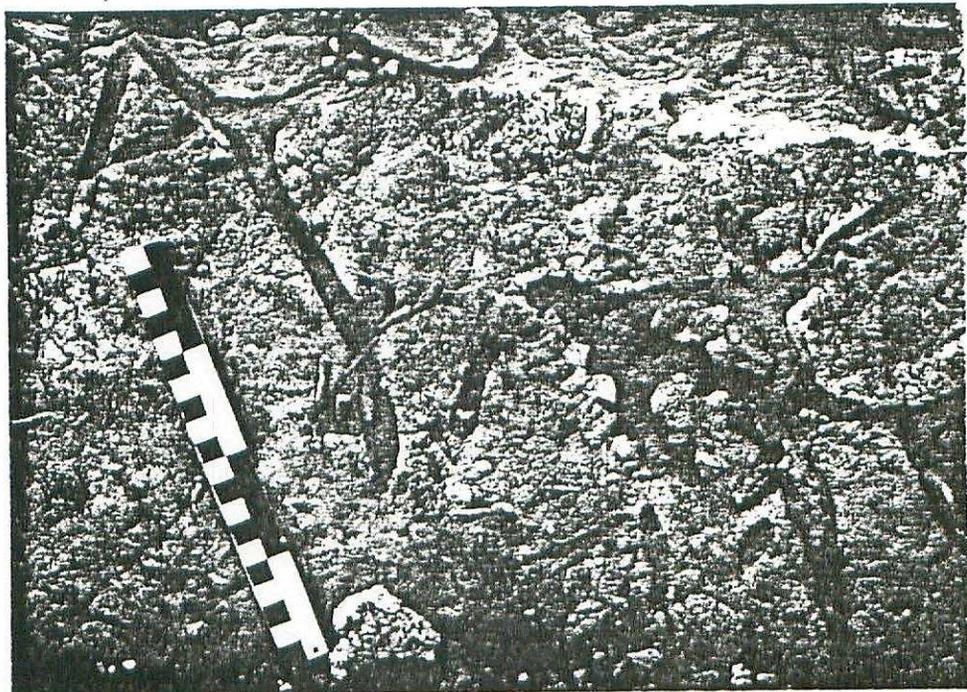
La fauna asociada puede ser sumamente variable, dada su indistinta aparición en el muro, techo o interior de las capas.

Se trata de una traza generada por crustáceos decápodos en el interior del sustrato. A veces, la profundidad de la excavación puede alcanzar incluso un metro o más, hecho que depende de diversos factores tales como : grado de estabilidad y granulometría del sustrato, grado de cohesión del mismo, tamaño del individuo generador del icnofosil, etc.

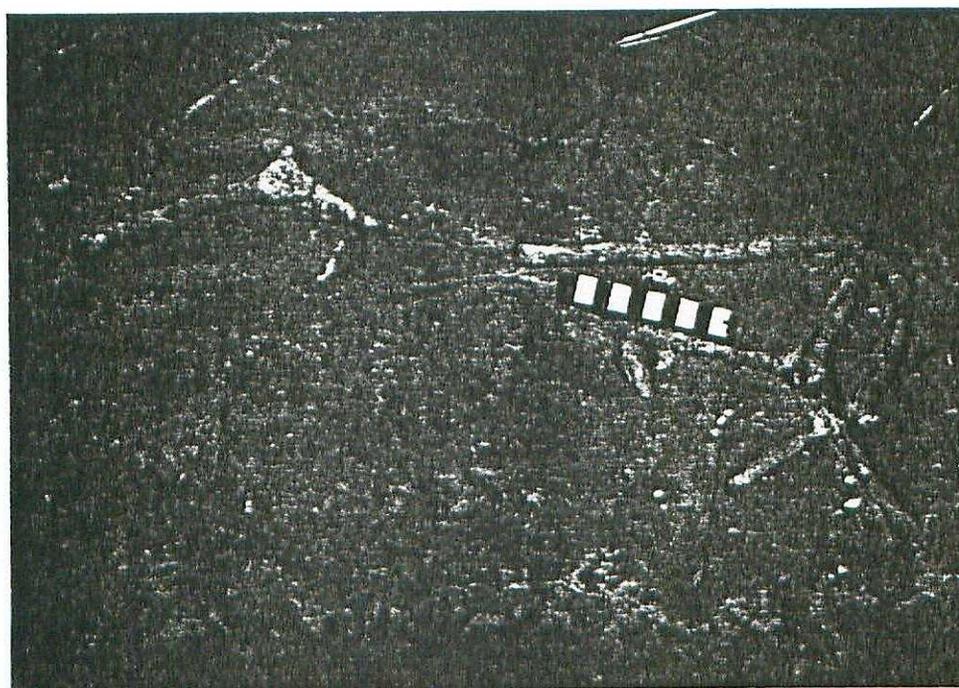
Es uno de los icnogéneros aparentemente menos afectado por las condiciones batimétricas, ya que aparece con frecuencia tanto en facies transicionales (estuarios, lagoons, deltas, playas), como en ambientes de plataforma interna o externa (ej: series de la "Barca de Vejer" y "Playa de

Fontanilla") o en facies marinas profundas (ej: resto de las secciones en las que se ha observado, dentro del área de Gibraltar).

Esta traza ha sido atribuida erróneamente a Ophiomorpha o a Granularia con bastante frecuencia, especialmente en las descripciones de series turbidíticas. La razón estriba a menudo en el relleno de la misma, que es a veces de granulometría más gruesa que la del sedimento encajante, lo que puede dar lugar a su confusión con la envuelta externa pelletiforme de origen fecal de Ophiomorpha, también debida a crustáceos.



45.- Thalassinoides sp. Hoja 13-47 (Tahivilla). Serie: Puente de las Cañas. Litofacies de Calcarenitas margosas y arcillas rojas. Oligoceno inferior. Interior de capa (endicnos).



46.- Thalassinoides sp. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Rio de la Vega II. Litofacies de Calizas arenosas y arcillas. Paleoceno (Montiense-Landenien~~se~~se). Base de capa.

## Tubotomaculum

En la literatura geológica del Terciario del Mediterráneo occidental, se encuentran abundantes referencias de "objetos enigmáticos" denominados Tubotomaculum que han llamado la atención de los geólogos durante varias décadas.

Estas estructuras orgánicas son especialmente frecuentes en depósitos, a menudo de aspecto caótico, de arcillas rojas o multicolores de edades comprendidas entre el Cretácico Superior y el Mioceno Inferior (DIDON, 1969; BROQUET, 1972; HOYEZ, 1975; RAOULT, 1975; LEBLANC y FEINBERG, 1982; BOURGOIS, 1978; etc.).

Las citas mas abundantes, se sitúan precisamente en el Eoceno-Oligoceno del S. de España (Andalucía), N. de Africa (Marruecos, Argelia, Tunicia) e Italia (principalmente Sicilia, Calabria, Liguria y San Marino).

Los Tubotomaculum han sido descritos como formas negruzcas o de color pardorjizo oscuro, subcónicas, subcilíndricas o aplanadas, con las extremidades redondeadas (Fig. 49). La superficie externa aparece recubierta por numerosas protuberancias de pequeño tamaño y de forma elipsoidal (Fig. 56) que recuerdan a granos de arroz (DURAND DELGA, 1955; GIAMMARINO y TEDESCHI, 1975; PAUTOT et al., 1975, etc.). Algunos autores italianos han denominado a estos objetos Azzarolia.

Nuestro estudio, basado en los ejemplares de Tubotomaculum encontrados principalmente en el Oligoceno Medio-Mioceno Inferior de la zona investigada, y en su comparación con los de algunos yacimientos del Mediterráneo, nos ha conducido a las conclusiones siguientes :

- Se trata de galerías internas o trazas de actividad de organismos excavadores dentro de un fondo fangoso, pero muy poco por debajo de la superficie, como lo demuestra la ausencia de tubos verticalizados o de curvaturas fuertes en los mismos (Fig. 49). Una interpretación de origen orgánico, que había sido ya ofrecida por DURAND DELGA (1955), fué mas tarde fuertemente discutida por diversos autores posteriores, que han

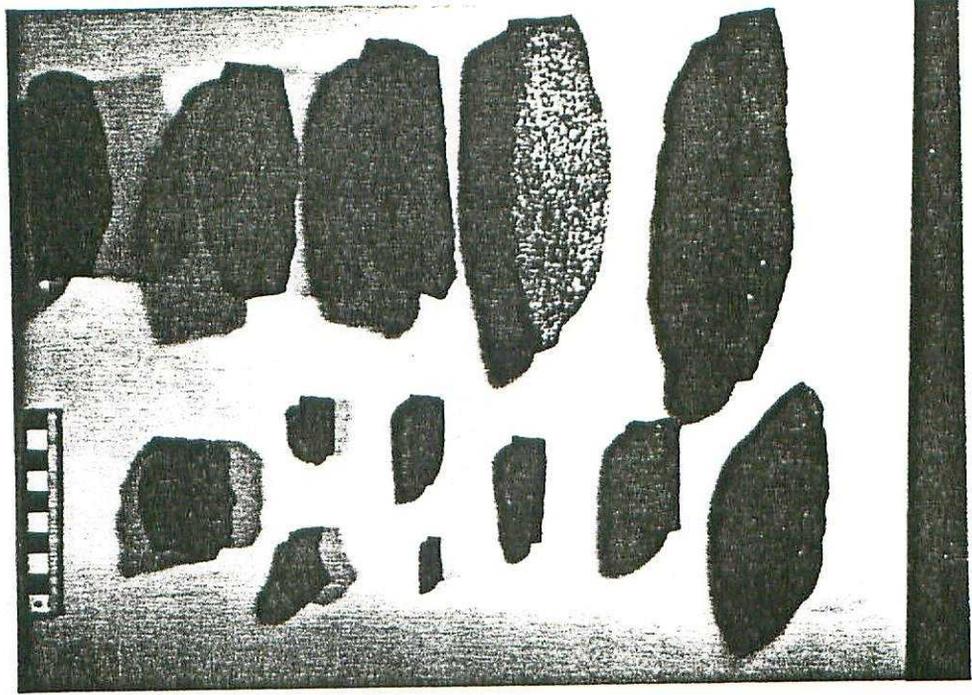
invocado incluso un origen exclusivamente diagenético, como nódulos polimetálicos oceánicos.

- Las protuberancias externas son pellets fecales o coprolitos que el organismo colocaba sobre las paredes de sus galerías para reforzarlas y evitar así el hundimiento de las mismas (Figs. 53 a 56). Este hecho prueba que el sustrato fangoso era relativamente blando en el momento de la excavación.
- Por el contrario, los ejemplares (menos frecuentes en las series) cuyas paredes externas aparecen recubiertas exclusivamente por marcas estriadas ("scratch-marks") cruzándose en varias direcciones, prueban que la excavación tuvo lugar sobre el sustrato ya relativamente firme que no necesitaba ser reforzado con pellets, el cual permitió la conservación de dichas estructuras de detalle (Fig. 52).
- Se ha observado incluso un tercer caso de ejemplares que presentan la parte superior recubierta con pellets, mientras que la inferior aparece surcada por "scratch-marks" (Fig. 51). Esto implica que el crustáceo excavó su galería por debajo de la interfase agua-sedimento, aproximadamente a la altura del límite entre el fango blando y el fango firme o semiconsolidado.
- Esta correlación entre el tipo de ornamentación externa y el grado de consolidación del sustrato, viene confirmada además por el hecho de que los ejemplares con pellets tienden a dar secciones generalmente más redondeadas, mientras que los de paredes estriadas, muestran más bien secciones subcuadráticas o subrectangulares (Figs. 51 a 53).
- Existe una relación directamente proporcional entre el tamaño de los pellets fecales, la anchura o diámetro de las trazas y las dimensiones de los organismos que las generaron, en este caso crustáceos decápodos (Fig. 55). En la parte inferior de algunos ejemplares, se aprecia una clara simetría bilateral, y en otros, incluso la impresión de parte de la cara central anterior del animal (ej: cefalón, Fig. 50).

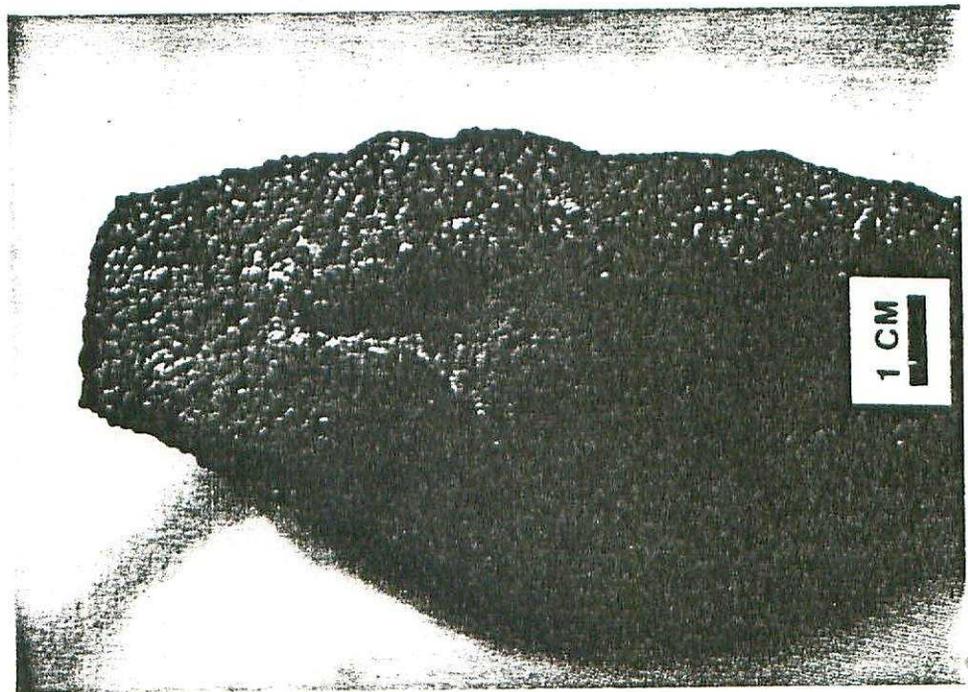
- Las dimensiones de los fragmentos de Tubotomaculum que hemos encontrado en los diversos afloramientos, son las siguientes: longitud (hasta 19 cm.), anchura (3 a 50 mm.), y altura o profundidad (3 a 55 mm.). La longitud del eje mayor de los pellets oscila entre 1 y 4 mm. (Fig. 54 y 56).
- La forma inicial de la traza sería aproximadamente cilíndrica, o bien prismática con sección subcuadrática, como se indicó anteriormente. Las formas subprismáticas de sección rectangular o pseudocónicas aplanadas, representan respectivamente una estructura más compleja por migración vertical hacia abajo (protrusiva) o hacia arriba (retrusiva) de toda la galería inicial, o de una parte de la misma, mientras que el resto permanece fijo.
- La morfología y génesis de esta traza fósil, recuerdan a Ophiomorpha, pero se diferencia fundamentalmente de ella, en que la mayoría de los ejemplares de Tubotomaculum no tienen bifurcaciones. Las denominaciones equivalentes para los pocos casos con ramificaciones, son las de Ophiomorpha para los individuos pelletiformes y Spongeliomorpha, para los de paredes con estriaciones o "scratch-marks".
- El nombre de Tubotomaculum no es válido, según HANTZSCHEL (1.975), ya que no ha sido descrito formalmente, no obstante, se utiliza aquí provisionalmente dada la gran difusión que ha tenido y con el objeto de evitar confusiones.
- Las galerías están rellenas fundamentalmente por siderita y por proporciones menores de rodocrosita y óxidos de hierro y de manganeso. La ausencia de señales de deformación con carga en los ejemplares con envuelta pelletiforme (tan solo presenta a veces algunas dislocaciones tectónicas tardías) demuestra que la mineralización debió de tener lugar en una etapa diagenética muy temprana.
- En el interior de algunos fragmentos de tubos orgánicos similares, aunque sin coprolitos externos y aplanados, se han encontrado trazas atribuibles a Chondrites, a veces incluso de dos tamaños diferentes dentro del mismo

ejemplar. Estas últimas representarían trazas de gusanos originadas después del abandono y relleno con fango de la galería excavada con anterioridad por un crustáceo.

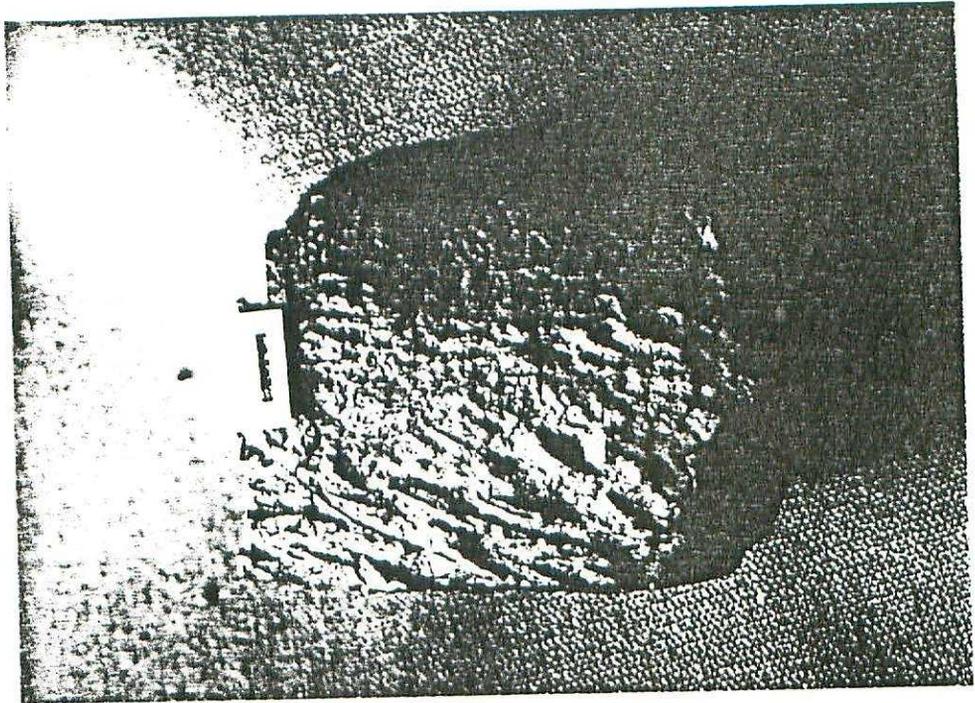
- Aunque los ejemplares se han encontrado siempre sueltos y fragmentados, su eje mayor estaba colocado dentro del sedimento, siempre con una disposición horizontal (Fig. 49, 53 y 55).
- Asociados a Tubotomaculum, se encuentran con frecuencia pequeños fragmentos de placas de 3 a 10 mm. de espesor, formadas también por pellets fecales alineados dentro de una "spreite" perteneciente a los icnogéneros Zoophycos y Rhizocorallium (Fig. 61.).
- Como conclusión final sobre este icnogénero, podemos decir que Tubotomaculum se ha originado en un dominio pelágico sobre fondos arcillosos blandos o ligeramente endurecidos (firmes), con una velocidad de sedimentación muy lenta, en un medio marino alejado de la costa, bien oxigenado y relativamente profundo.
- Dada la gran similitud entre las trazas de Tubotomaculum aquí estudiadas, y las citadas por diferentes autores en otros afloramientos terciarios del área mediterránea, parece muy probable, que las condiciones de formación y ambiente sedimentario que acabamos de exponer, sean aplicables al resto de los casos.



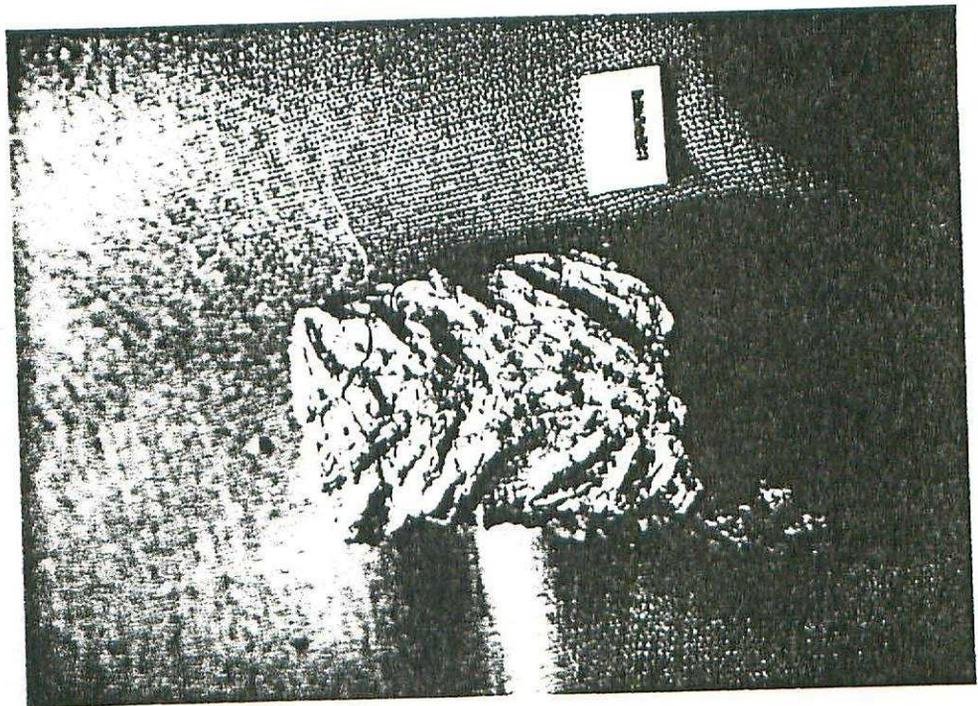
49.- Aspecto del conjunto de varios ejemplares de Tubotomaculum. Hoja 14-46 (Jimena de la Frontera). Serie: Jimena de la F. Litofacies arcillas con Tubotomaculum. Oligocene medio-Burdigaliense. Interior de interestrato (exicnos).



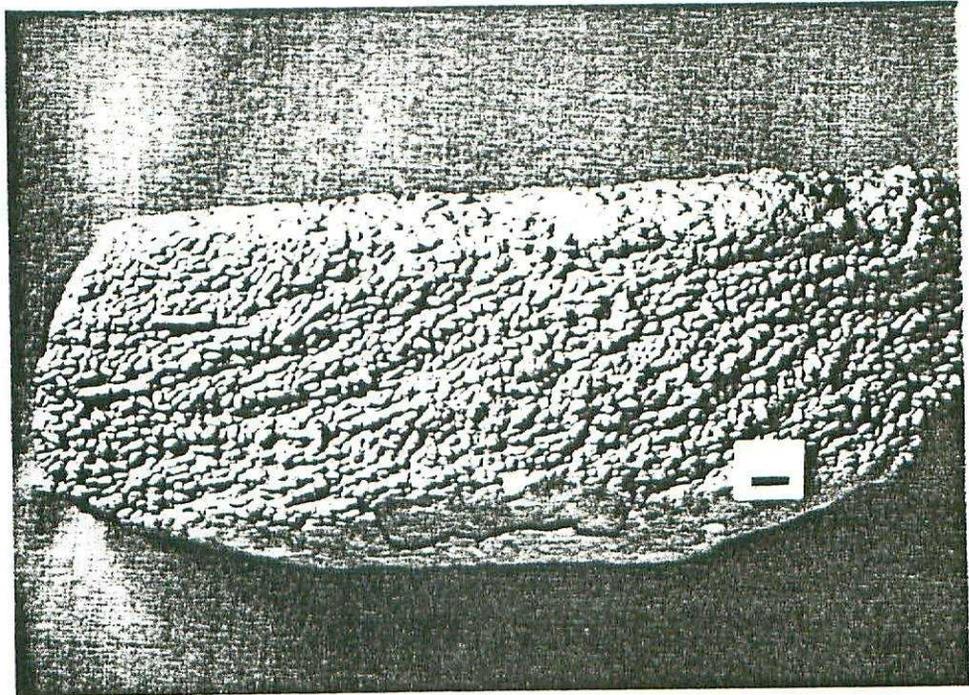
50.- Cara inferior de un ejemplar de Tubotomaculum. Se aprecia la simetría bilateral y la impresión de la parte del cefalón del crustáceo generador de la traza. Hoja 14-46 (Jimena de la Frontera). Serie: Jimena de la F. Litofacies de arcillas con Tubotomaculum. Oligoceno medio-Burdigaliense. Interior de interestrato (exicnos).



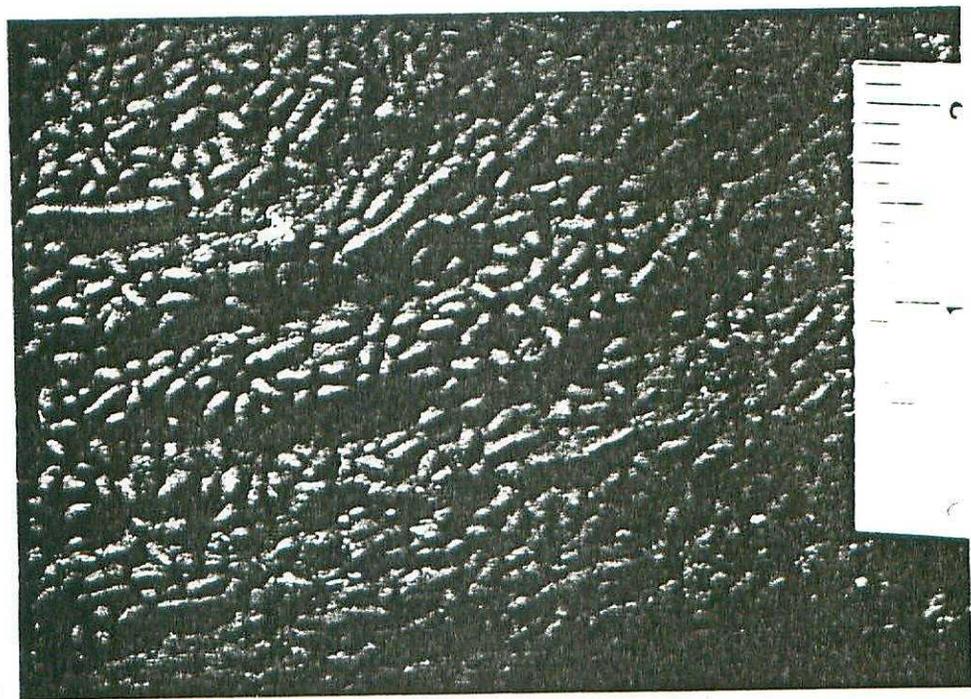
51.- Vista lateral de un ejemplar de Tubotomaculum con "scratch-warks" oblicuos, pasando hacia arriba a una cubierta pellitifforme. Hoja 14-46 (Jimena de la Frontera). Serie: Jimena de la F. Litofacies de arcillas con Tubotomaculum. Oligoceno medio-Burdigaliense. Interior de interestrato (exicnos).



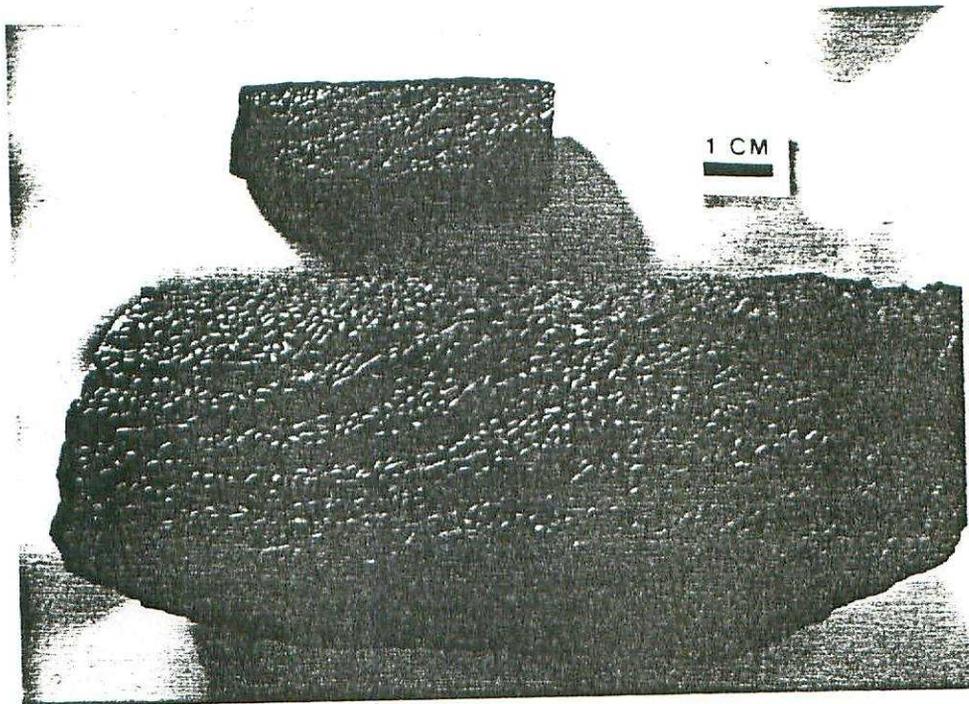
52.- Parte basal de un ejemplar de Tubotomaculum con los "scratch-warks" en su típica disposición en V, originados por los apéndices del cruceo generador de la traza. Hoja 14-46 (Jimena de la Frontera). Serie: Jimena de la F. Litofacies de arcillas con Tubotomaculum. Oligoceno medio-Burdigaliense. Interior de interestrato (exicnos).



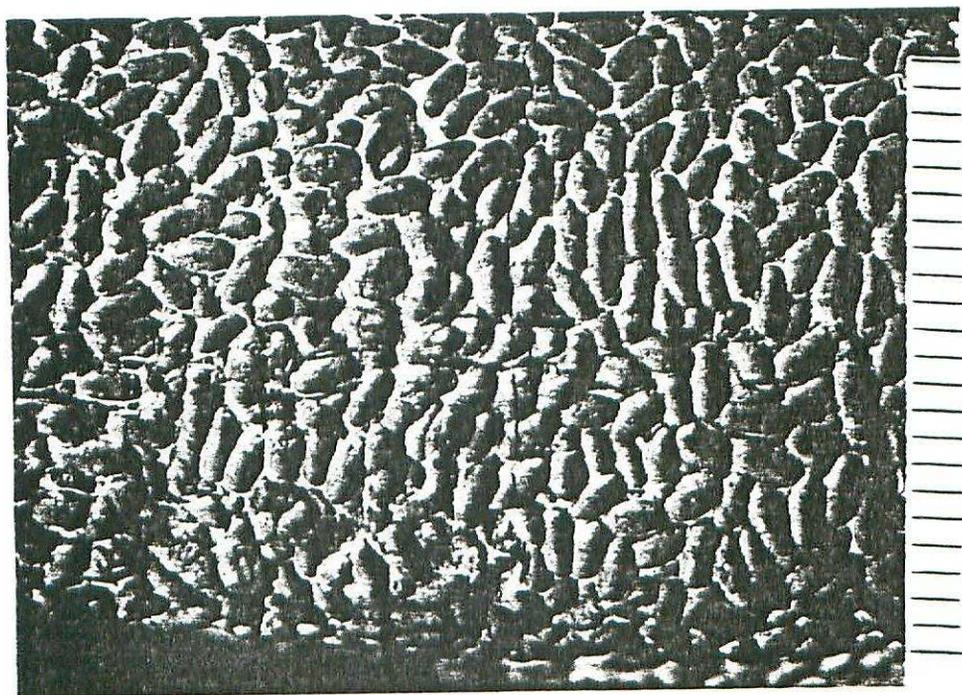
53.- Vista de la pared lateral de uno de los ejemplares de Tubotomaculum. Obsérvese la alineación oblicua de los pellets. Hoja 14-46 (Jimena - de la Frontera). Serie: Jimena de la F. Litofacies de arcillas con - Tubotomaculum. Oligoceno medio-Burdigaliense. Interior de interestra to (exicnos).



54.- Tubotomaculum. Aspecto de detalle del ejemplar de la foto anterior.



- 55.- Tubotomaculum. Observe la correlación directa entre el tamaño de los pellets y el de los individuos generadores de los mismos. Hoja 14-46 (Jimena de la Frontera). Serie: Jimena de la F. Litofacies de arcillas con Tubotomaculum. Oligoceno medio-Burdigaliense. Interior de interestrato (exicnos).



- 56.- Tubotomaculum. Detalle de los pellets fecales extremos, con su forma elipsoidal característica. Hoja 14-46 (Jimena de la Frontera). Serie: Jimena de la F. Litofacies de arcillas con Tubotomaculum. Oligoceno medio-Burdigaliense. Interior de interestrato (exicnos).

## Urohelminthoida SACCO, 1888

Trazas tubiformes semicilíndricas y de paredes lisas que presentan un aspecto pseudomeandriforme mas o menos apretado, según la icnoespecie considerada. Los puntos de giro de cada meandro o vuelta son bruscos y angulares, partiendo de cada uno de ellos, un pequeño segmento lateral a modo de ramificación. Figs. 47 y 48.

Se trata de un Grafoglíptido y se presenta siempre formando hiporelieves convexos (base de las capas).

Dentro de la zona estudiada, se han encontrado ejemplares de este icnogénero en las secciones de "Cerro Gordo" (tramo A) en el Paleoceno de la Hoja de Tarifa, de "Lomas del Pericón" en la de Vejer de la Frontera y el "Puente de las Cañas" en el Eoceno-Oligoceno inferior de la Hoja de Tahivilla.

La icnofauna asociada mas comun está formada por el resto de Grafoglíptidos, mas Thalassinoides, Granularia, Fucusopsis, Helminthopsis, Planolites, Taphrhelminthopsis, etc.

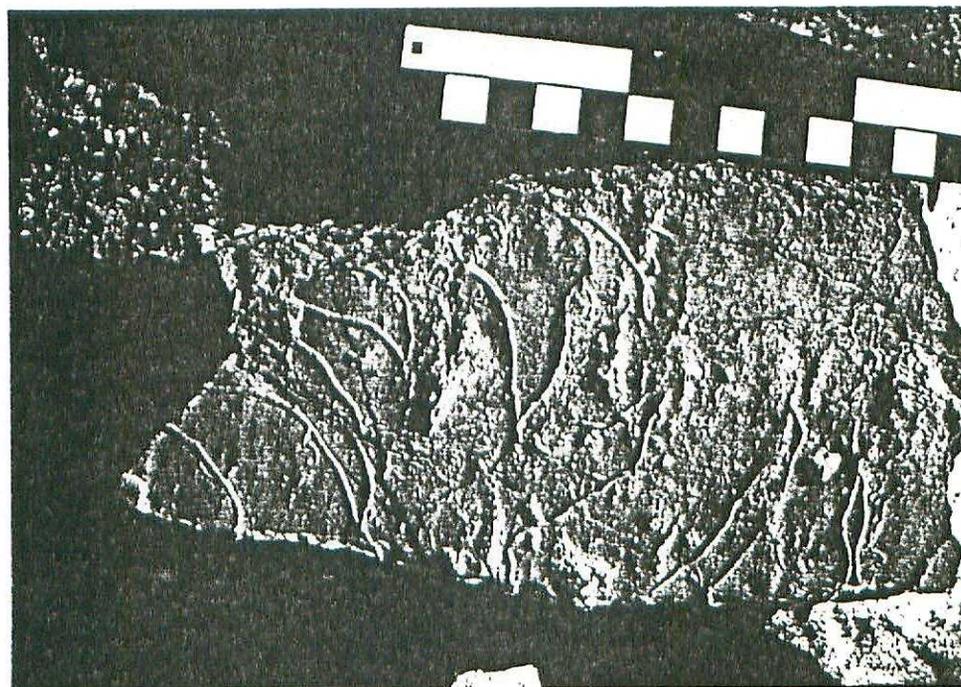
Por otro lado, se diferenciaron aquí dos icnoespecies diferentes : Urohelminthoida dertonensis (de meandros mas espaciados) y Urohelminthoida appendiculata (con meandros apretados).

Esta traza es característica de ambientes marinos profundos y se debe a un organismo desconocido de muy pequeño tamaño que excavaba galerías abiertas en un sustrato fangoso estable.

Ha sido citada previamente en dichos sedimentos profundos por CRIMES (1973 y 1977) y SEILACHER (1977) en el Terciario inferior de Guipuzcoa, KSIAZKIEWICZ (1970, 1977) y KERN (1980) en el flysch de los Cárpatos polacos y CRIMES et al. (1981) en el Paleoceno-Eoceno de Suiza.



47.- Urohelminthoida appendiculata. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Cerro Gordo, km. 89 de la C<sup>a</sup> de Tarifa a Algeciras. Litofacies de calizas arenosas y arcillas. Paleoceno. Base de capa.



48.- Urohelminthoida aff. dertonensis. Hoja 12-47 (Vejer de la Frontera). Serie: Lomas del Pericón. Litofacies de calizas bioclásticas y arcillas. Bloque alóctono del Eoceno medio-superior (Luteciense-Priaboniense). Base de capa.

ycos MASSALONGO, 1855

Traza compleja con "spreite" amplia y bien desarrollada, que presenta diversas variaciones morfológicas de unos ejemplares a otros. Fundamentalmente, se pueden considerar dos formas básicas : una con sección cónico helicoidal (Figs. 58 y 60) y otra plano-lobulada (Figs. 57 y 59).

Representan siempre relieves completos pero pueden presentarse también en forma de epirelieves (techo de capas).

En las series del área estudiada está profusamente representada, pudiéndose observar en las de : "Rio de la Vega I, II y III", "Cerro de las Casas I y II", "Sierra de Ojén I", "Puerto de Piedracana", "Torre de la Peña I" y "Cima del Aguila I", todas ellas dentro de la Hoja 13-48 (Tarifa). Igualmente ha sido observado en las de "Cerro del Gallinero" en la Hoja de Chiclana, "Puente de las Casas" y "Casas del Castaño" en la Hoja de Tahivilla y finalmente en la de "Cerro de la Carnero" en la Hoja de La Línea.

Entre la icnofauna mas comunmente asociada a esta traza, destacan : Anthoidea, Phycosiphon, Chondrites, Planolites, Lophoctenium, Neonereites, Ampton, Nereites, Scolicia, Subphyllochora, etc.

El organismo generador de la traza permanece desconocido aunque se han planteado numerosas hipótesis al respecto.

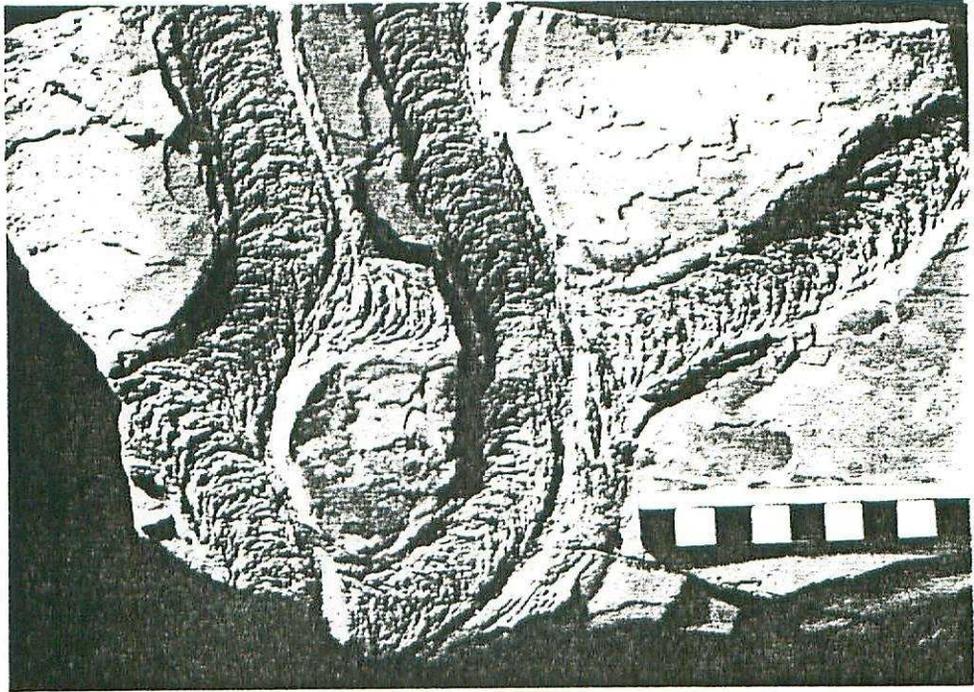
Parece tratarse de un icnogénero típico de ambientes marinos con profundidades de batimetría muy variable, que ha sido producido por un organismo bentívoro excavando en un sustrato estable y oxigenado, pero con nutrientes orgánicos relativamente escasos. La elaboración de la traza tendría lugar con frecuencia en áreas de baja intensidad de sedimentación, en relación a menudo con capas transgresivas, y a bastante profundidad por debajo de la superficie.



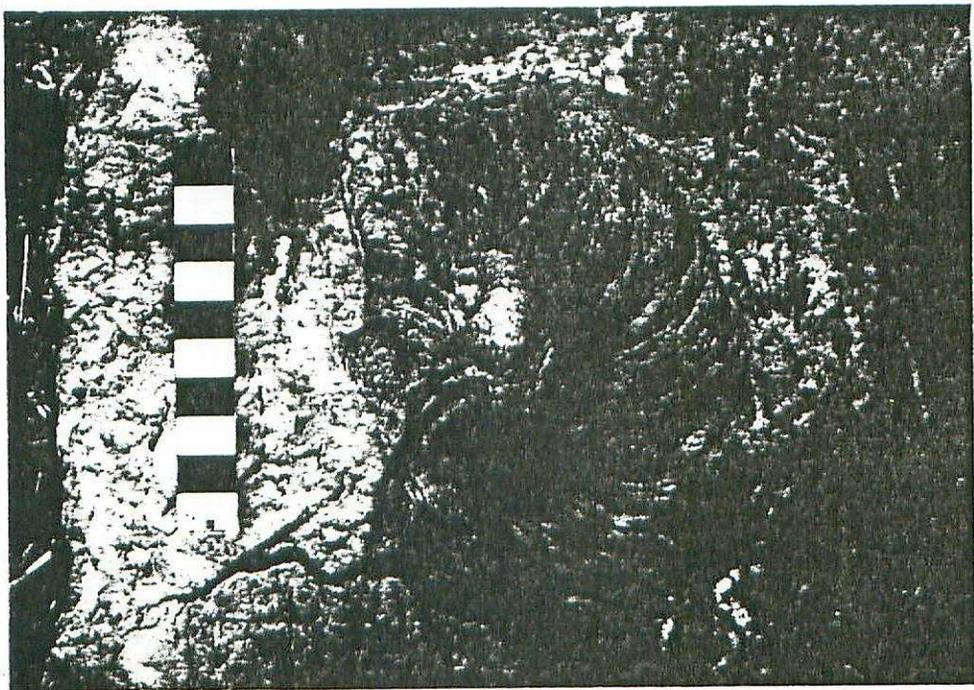
57.- Zoophycos sp. (Variedad plano-lobulada). Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Torre de la Peña I. Litofacies de calizas, margas y arcillas. Paleoceno medio-superior: Techo de capa.



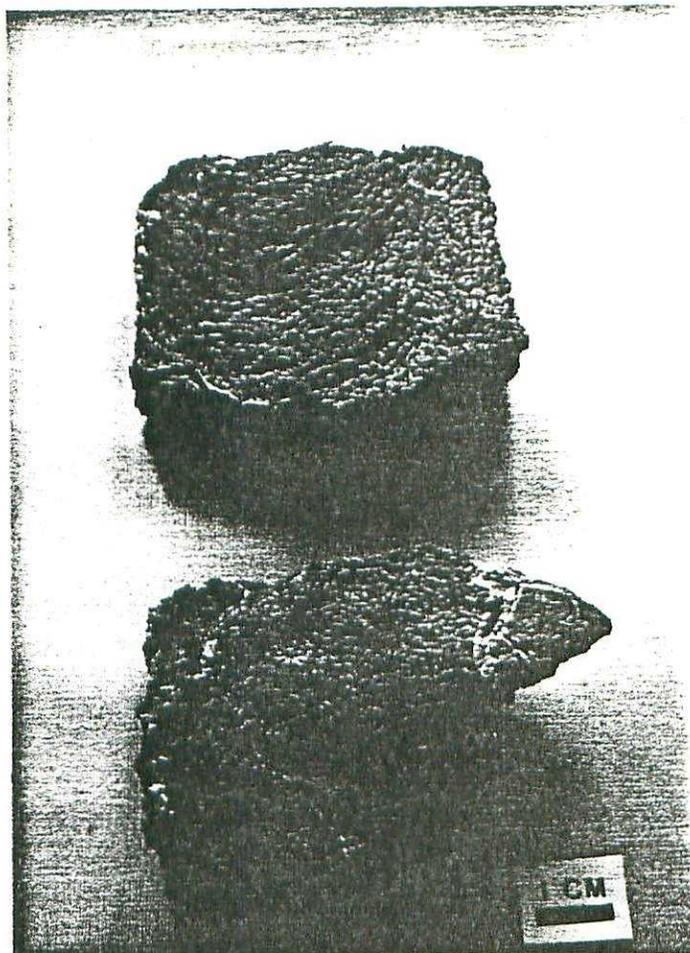
58.- Zoophycos sp. (Variedad cónico-helicoidal). Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Sierra de Ojén I. Litofacies de arcillas rojas, areniscas micáceas y calcarenitas margosas. Eoceno-Oligoceno. Techo de capa.



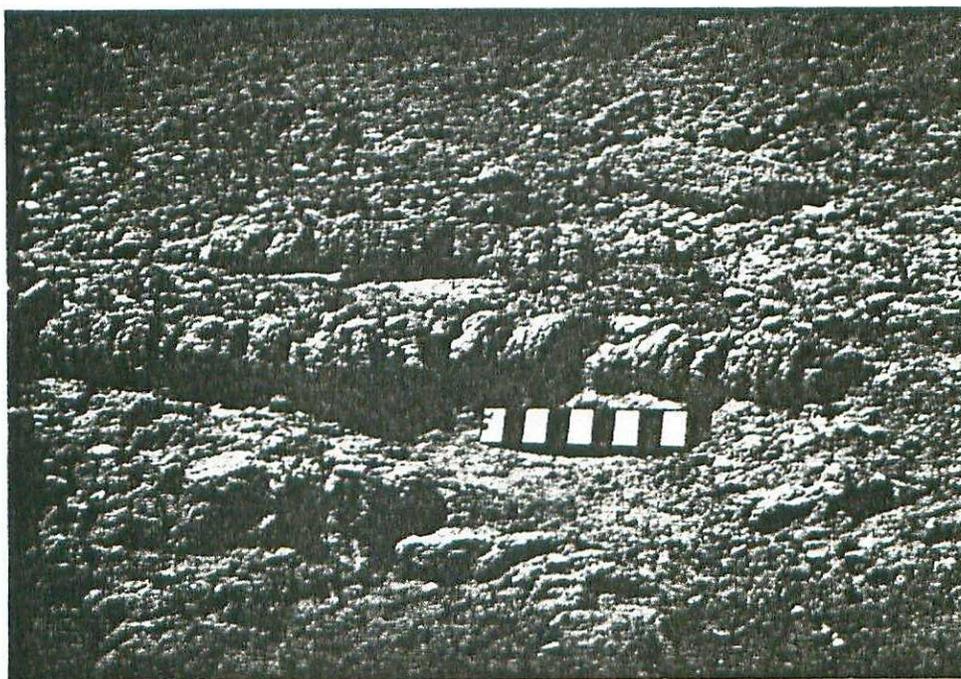
59.- Zoophycos sp. (Variedad plano-lobulada). Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Rio de la Vega II. Litofacies de calizas arenosas y arcillas. Paleoceno (Montiense-Landeniense). Techo de capa.



60.- Zoophycos sp. (Variedad cónico-helicoidal). Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Rio de la Vega II. Litofacies de caliza arenosas y arcillas. Paleoceno (Montiense-Landeniense). Techo de capa.



61.- Zoophycos sp. (Variedad pelletiforme). Hoja 14-46 (Jimena de la Frontera). Serie: Jimena de la F. Litofacies de arcillas con Tubotomaculum. Oligoceno medio-Burdigaliense. Interior de interestrato (exicnos).



62.- Vista lateral de huellas de excavación de equínidos pertenecientes al Orden Espotángidos. Hoja 12-37 (Vejer de la Frontera). Serie: Playa de Fontanilla. Messiniense. Interior de capa (endicnos).

## II. OTRAS TRAZAS FOSILES SIN ATRIBUCION ICNOGENERICA

Se incluyen en este apartado aquellas trazas que no pertenecen a un icnogènero determinado, bien por tratarse de taxones nuevos que no han sido descritos formalmente como tales hasta el momento presente, o bien por no presentar suficientes rasgos morfológicos determinantes.

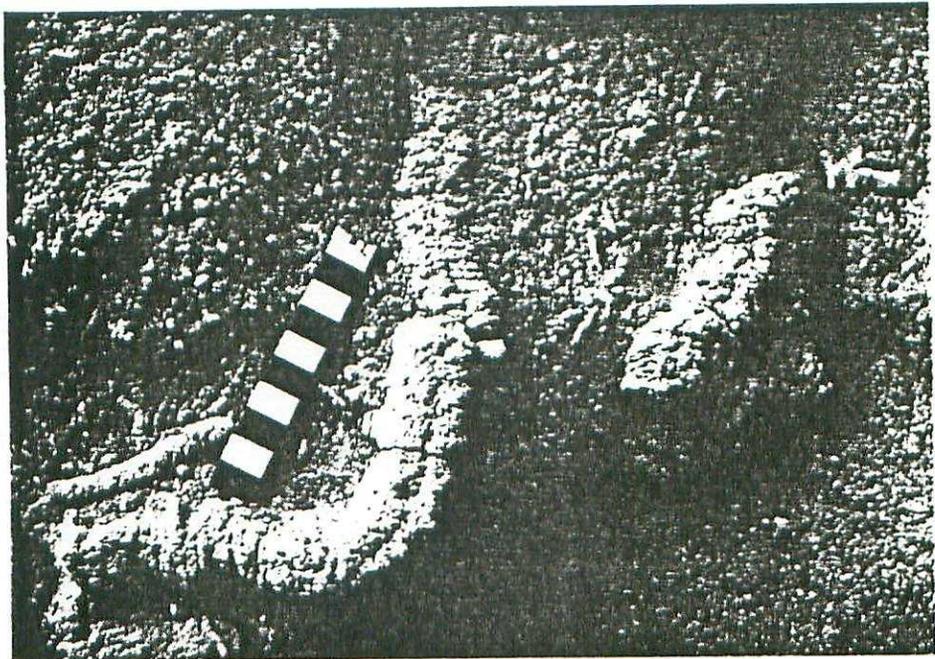
## Excavaciones de equínidos

En las sucesiones del Mioceno superior-Plioceno inferior de la Hoja de Vejer de la Frontera (ej.: "La Barca de Vejer", "Playa de Fontanilla"), aparecen con mucha frecuencia "burrows" de trazado horizontal con relleno en menisco y sección subcircular o elipsoidal de hasta 6 cm. de diámetro (Figs. 62 y 64).

Vistos en planta, presentan un trazado totalmente irregular y fuertemente curvado cruzándose a menudo sobre sí mismo (Fig. 65). En la parte superior, se aprecia además con frecuencia, un estrecho surco central de hasta 4 mm. de anchura, que recorre la traza longitudinalmente (Fig. 63).

Se trata de huellas de excavación de equínidos irregulares pertenecientes al Orden Espatángidos, que vivían en este caso enterrados, probablemente a unos 10 o 15 cm, de profundidad, dentro de un sedimento arenoso-bioclástico. El surco longitudinal de la parte superior de la traza, es el resultado del desplazamiento en horizontal del tubo respiratorio conectado con la superficie. La huella de este último que se conserva en algunos afloramientos inmediatamente por encima de la traza, presenta un perfil en embudo característico (por colapso de sedimento) y es el que permite deducir la profundidad de enterramiento del equínido generador de la estructura.

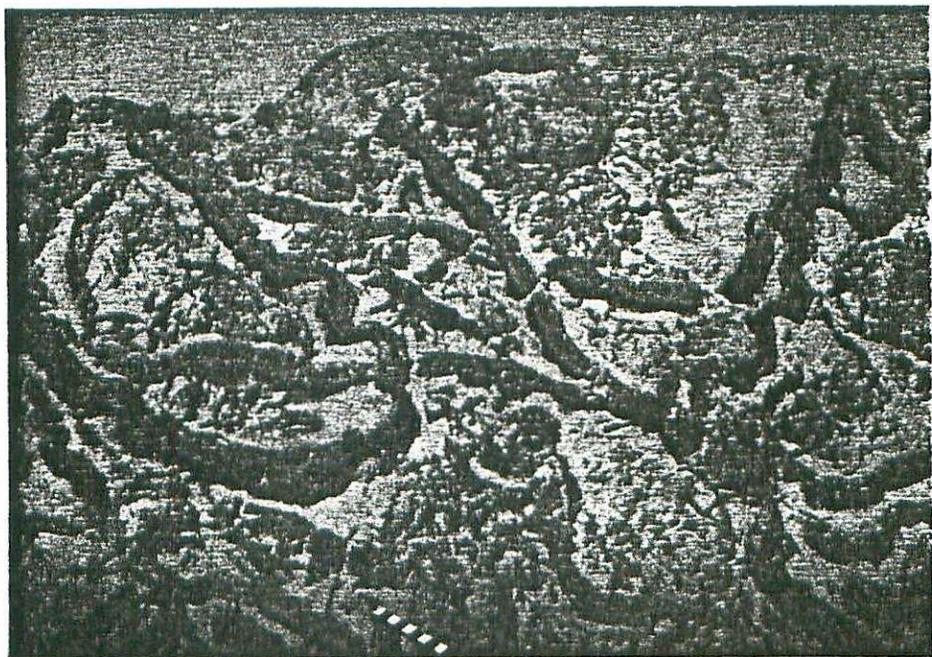
Trazas fósiles similares a estas han sido descritas entre otros por WARD y LEWIS (1.975) en el Oligoceno de Nueva Zelanda, RADWANSKI et al. (1.975) en el Mioceno de Dinamarca y BROMLEY y ASGAARD (1.975) en el Pleistoceno de Grecia.



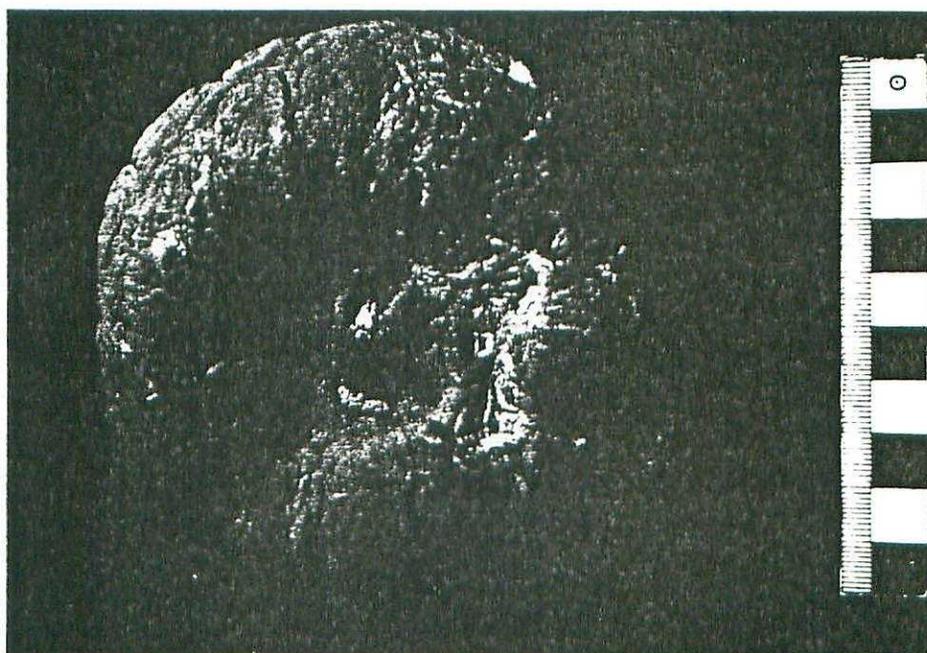
63.- Huellas de excavación de equínidos del orden Espotángidos. Vista superior con el surco central longitudinal, que es el resultado del desplazamiento en horizontal del tubo respiratorio conectado con la superficie. Hoja 12-47 (Vejer de la Frontera). Serie: Playa de Fontanilla, Messiniense. Interior de capa (endicnos).



64.- Detalle de una de las huellas de excavación de equínidos con la típica estructura interna en menisco de doble hilera. Hoja 12-47 (Vejer de la Frontera). Serie: La Barca de Vejer. Messiniense-Plioceno inferior. Interior de capa (endicnos).



65.- Aspecto general de huellas de excavación de equínidos vistas en planta. Obsérvese el trazado curvo e irregular característico de estos organismos cuando viven en aguas someras. Hoja 12-47 (Vejer de la Frontera). Serie: Playa de Fontalilla. Messiniense. Interior de capa (endicnos).



66.- Traza de contorno circular atribuible probablemente a un medusoide (vista superior). Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Sierra de Ojén I. Lito-facies de arcillas rojas, areniscas micáceas y calcarenitas margosas Eoceno-Oligoceno. Interior de interestrato (exicnos).

### Estructuras debidas a medusoides

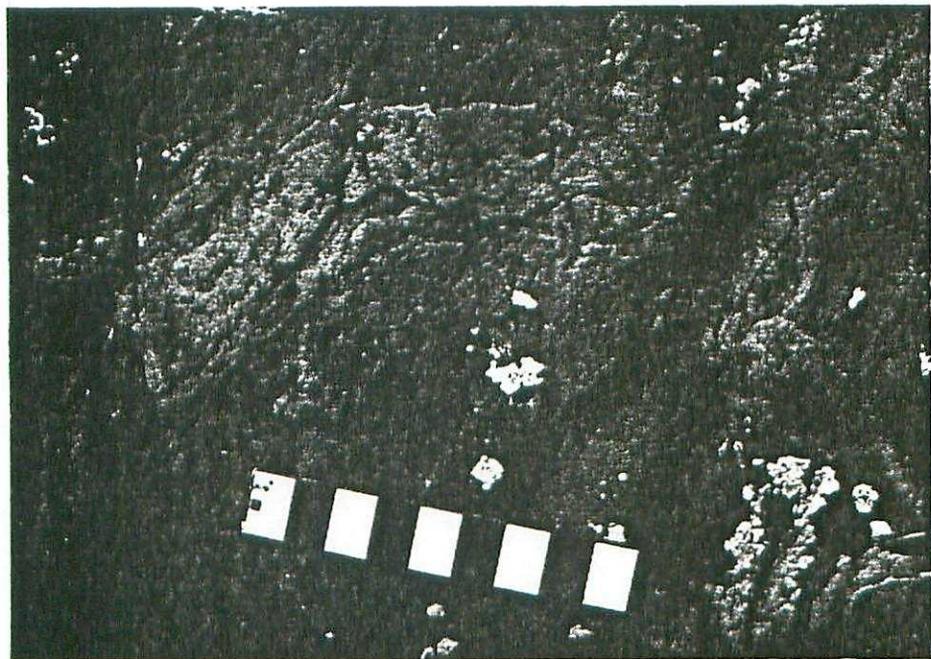
Se trata de una forma discoidal de unos 11 cm, de diámetro que apareció suelta dentro de la Litofacies de arcillas rojas, areniscas micáceas y calcarenitas margosas (Eoceno-Oligoceno) de la sección "Sierra de Ojén I", dentro de la Hoja de Tarifa.

La estructura, que debió de conservarse originalmente dentro de un material lutítico, presenta en la cara superior una depresión central de unos 3,5 cm. de diámetro, sin ornamentación externa aparente (Fig. 66). La cara inferior de la misma, presenta por el contrario una sucesión de pequeños lóbulos aplanados con disposición radial característica que convengen hacia el centro en un núcleo, a la vez que disminuyen de diámetro en dicha dirección (Fig. 67).

El conjunto de la estructura, recuerda en muchos aspectos a una precursora con la parte inferior cónica terminando en un pedúnculo de fijación, y la superior en forma de copa, que fue deformada y "aplastada" posteriormente por efecto de la compactación. Perteneció muy probablemente a un medusoide.



67.- Vista inferior de la traza debida a un medusoide de la foto anterior. Obsérvese el aspecto radial y concéntrico característico.



68.- Pequeña traza reticulada e irregular de atribución icnogénica incierta. Se trata probablemente de un Graefoglyptido. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Cerro Gordo, en la C<sup>a</sup> de Tarifa a Algeciras, km. 89. Lito-facies de calizas arenosas y arcillas. Paleoceno. Base de capa.

### Estructuras irregulares de aspecto reticulado

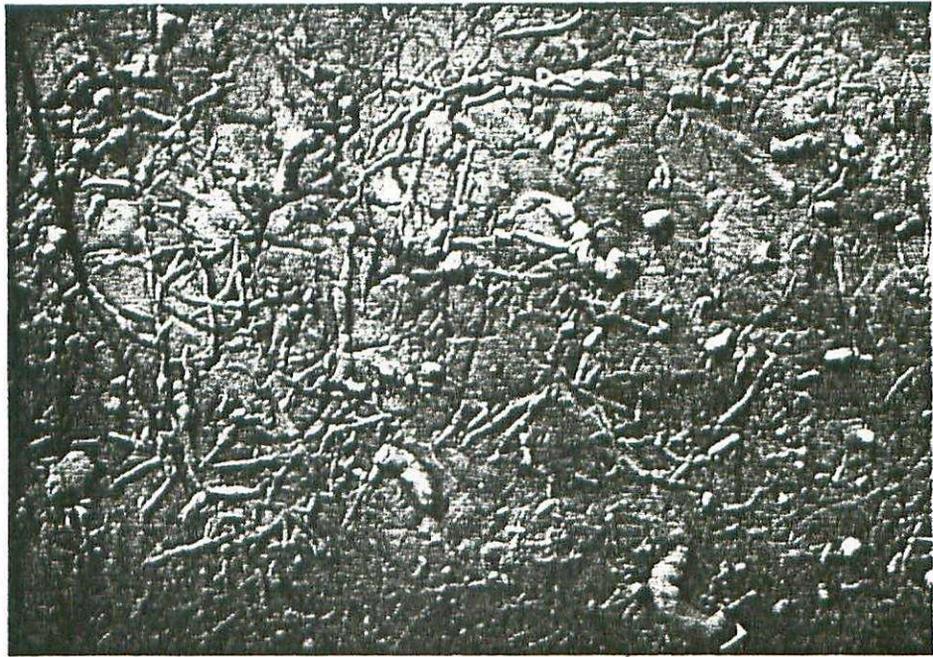
Se trata de trazas tubiformes de muy pequeño tamaño (hasta 2 mm. de diámetro) que se ramifican de una forma muy irregular, presentando a menudo un aspecto reticular denso, pero sin una ordenación definida en su conjunto (Figs. 68 a 70). Aparecen exclusivamente en facies turbidíticas.

Se presentan siempre constituyendo pequeños hiporelieves convexos y llegan a ser a veces extraordinariamente abundantes, formando una tupida red de tubos diminutos conectados entre sí.

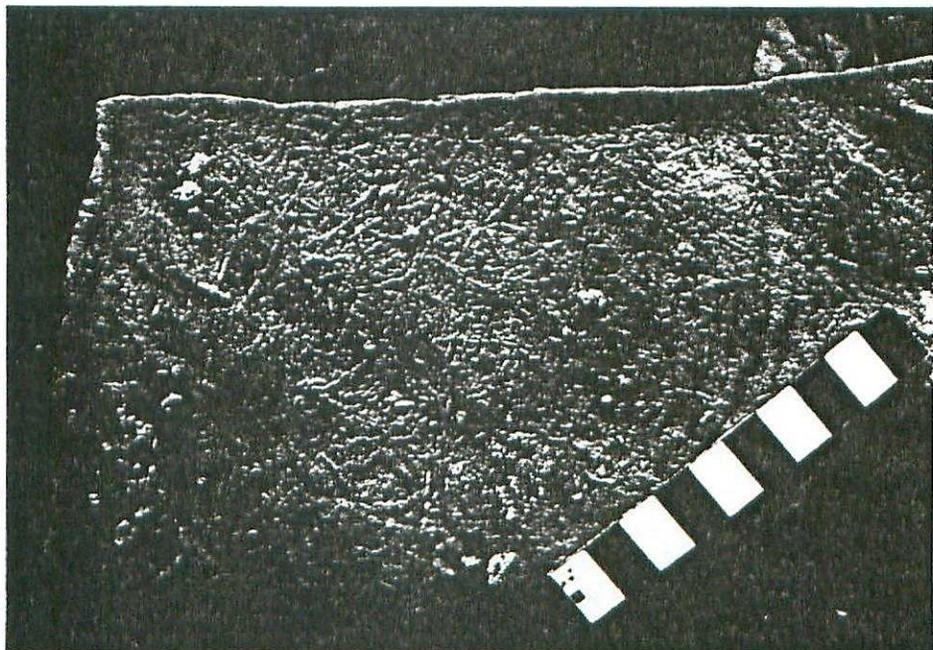
Algunas de estas trazas (Fig. 68), recuerdan en algunos aspectos a Grafoglíptidos, tanto por la estructura reticulada como por el diámetro prácticamente constante de los tubos, pero se diferencian de ellos por tener un trazado más anárquico sin ninguna ordenación definida.

Otras, como las de las Fig. 60 y 70, presentan cambios rápidos en el grosor de los tubos y se asemejan más a diminutos Thalassionides. Su origen, en este caso, podría estar relacionado con la actividad excavadora de crustáceos diminutos.

Unas y otras, aparecen en las bases de muchas capas, especialmente de aquellas de menor espesor, pertenecientes a la mayor parte de las series de facies profundas y su descripción no se acomoda a ninguno de los icnogéneros conocidos hasta el presente.



69.- Trazas ramificadas irregularmente, de grosor desigual y atribución icnogénérica indefinida. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Torre de la Peña. Litofacies de calizas, margas y arcillas. Paleoceno medio-superior. Base de capa.



70.- Trazas de carácter similar a las de la foto anterior. Hoja: 13-48 - (Tarifa). Serie: Rio de La Vega I. Litofacies de calizas arenosas y arcillas. Paleoceno inferior (Montiense). Base de capa.



71.- Traza ramificada de atribución icnogénérica dudosa. Podría tratarse de un ejemplar incompleto de Glockerichnus. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Torre de la Peña. Litofacies de calizas, margas y arcillas. Paleoceno medio-superior. Base de capa.



72.- Traza rectilínea discontinua no perteneciente a ningún espécimen conocido. Se trata probablemente de un icnogénero nuevo. Hoja 13-48 (Tarifa). Serie: Cerro Gordo, en el km. 89 de la C<sup>a</sup> de Tarifa a Algeciras. Litofacies de Calizas arenosas y arcillas. Paleoceno. Base de capa.

### Estructuras rectilíneas discontinuas

Constituyen hiporelieves convexos truncados por su base, que se presentan a modo de botones aislados de forma subcircular a ovalada, de unos 7 a 10 mm. de diámetro, y perfectamente alineados en un trazado recto. La separación entre los botones, de relleno arenoso, oscila entre 9 y 15 mm. (Fig. 72).

Hasta el momento han aparecido exclusivamente 3 o 4 ejemplares en el tramo A (Paleoceno) de la Serie de "Cerro Gordo", dentro de la Hoja de Tarifa. Su origen, aunque indudablemente orgánico, es desconocido, tratándose además probablemente de un icnogénero nuevo. La única traza hasta cierto punto similar es Ctenopholeus descrita en facies relativamente profundas del Devónico inferior de Alemania por SEILACHER y HEMLEBEN (1.966). No obstante su ejemplar tiene un trazado curvado y es de menor tamaño y longitud.

### III. AGRUPACION EN COMUNIDADES O ICNOCENOSIS

Al intentar una aplicación sedimentológica y/o paleoecológica de una determinada agrupación de trazas fósiles, existe un factor importante a tener en cuenta, que consiste en la "datación relativa" de cada una de las estructuras orgánicas dentro de dicha agrupación.

Entendemos por este concepto de "datación relativa", al momento de formación de las mismas con respecto a un proceso sedimentario determinado como puede ser la sedimentación, la erosión o los que dan lugar a una "no-deposición".

En los primeros casos (depósito y erosión), es conveniente separar las trazas que denominaremos predeposicionales de las postdeposicionales, ya que hay que diferenciar los ejemplares pertenecientes a dos o más poblaciones distintas, puesto que estas últimas aparecen con frecuencia juntas dentro de un mismo nivel en los afloramientos. Estos conceptos de pre y post se refieren a la base de la capa arenosa o calcarenítica que constituye a menudo la parte inferior de cada depósito turbidítico.

Partiendo de este modelo, se denominan trazas predeposicionales a aquellas excavadas por un determinado organismo bien en la superficie del sedimento o bien en su interior durante las etapas estables de baja a nula intensidad de acumulación, que tienen lugar entre dos descargas turbidíticas sucesivas. Para que las trazas internas pertenezcan a esta categoría, es requisito indispensable que no alcancen en profundidad la base de la capa turbidítica previamente depositada.

Por el contrario, las estructuras orgánicas postturbidíticas, se generan durante las mismas condiciones de sedimentación que las anteriores, pero aquí el organismo excava siempre galerías internas que alcanzan en este caso la interfase deposicional arena-fango, en donde bioturba activamente, mezclándose allí su traza con las previamente creadas en la etapa anterior, antes de la acumulación de dicha capa turbidítica.

Concretamente, en las series aquí estudiadas, se ha observado un comportamiento postdeposicional en algunos de los ejemplares de: Thalassinoides, Ophiomorpha, Granularia, Fucusopsis, Planolites, Subphyllochorda, etc.

Todos los Grafoglíptidos, por el contrario, son predeposicionales y constituyen galerías huecas en el interior del sedimento fangoso: Belorhapse, Cosmorhapse, Desmograpton, Glockerichnus, Helicolithus, Helminthorhapse, Lorenzimia, Megagrapton, Paleodictyon, Paleomeandron, Spirorhapse y Urohelminthoida.

Existen finalmente otro tipo de estructuras debidas a diversos organismos sedimentarios, que han sido excavadas y rellenas simultaneamente en la parte superior fangosa de los intervalos turbiditicos, aunque algunas de ellas pueden descender suficientemente como para afectar al material arenoso situado por debajo y perteneciente al mismo evento deposicional. Entre ellas están: Chondrites, Helminthoida, Lophoctenium, Phycosiphon, Zoophycos, Nereites, Neonereites, etc.

Dentro de este último tipo de trazas, se ha observado a veces que existe una zonación vertical en profundidad en cuanto a la morfología o tamaño de un determinado ejemplar. Así por ejemplo, Chondrites y Helminthoida presentan a menudo dos variedades de distintas dimensiones; la de menor tamaño situada en la parte más alta del término fino de la secuencia turbidítica y la de mayor calibre en la parte baja del mismo. Este hecho podría interpretarse como debido a dos especies distintas de organismos comportándose de idéntica manera pero bioturbando a profundidad diveras, o bien a una sola especie en la que están representados individuos jóvenes y adultos.

#### IV. RELACION CON EL AMBIENTE DE DEPOSITO

Las trazas fósiles investigadas en el presente estudio, pertenecen a dos poblaciones claramente diferenciadas en lo que respecta a su batimetría, aunque existan algunos icnogéneros comunes.

La asociación somera representada en las series del Mioceno superior-Plioceno inferior consta esencialmente de: Thalassinoides, Ophiomorpha, excavaciones de equínidos y Planolites. Ninguna de estas trazas es característica de una batimetría determinada, pero en cambio, no se ha encontrado asociada a ellas, ni una sola que sea típica exclusivamente de ambientes profundos.

Por otro lado, las excavaciones de equínidos que aparecen aquí, se diferencian netamente de las de batimetría elevada, dado que son de trazado muy irregular, sin deposición organizada sistemáticamente (Fig. 65), de morfología algo diferente y se cruzan a menudo sobre si mismas.

Estos burrows de equínidos someros están además asociados preponderantemente a tres tipos de superficies de discontinuidad sedimentaria con diferente orden de magnitud de menor a mayor: determinadas láminas de estratificación cruzada en el interior de megaripples y sandwaves mareales, planos de separación entre dos sets o casts sucesivos de las estructuras anteriores y finalmente bandas espesas de orden decimétrico o métrico con destrucción total de la laminación interna.

En la actualidad se está investigando en este mismo área el significado exacto de cada una de estas discontinuidades marcadas por una intensa bioturbación, que parecen estar relacionadas con variaciones entre períodos de mareas vivas y muertas, interrupciones en la progradación con variaciones en la profundidad y finalmente abandonos temporales largos de todo el sistema.

La asociación profunda, que ha sido estudiada en las sucesiones de edad comprendida entre el Paleoceno y el Mioceno inferior, se caracteriza en

cambio por presentar elementos en su mayoría radicalmente distintos a los anteriores, con un predominio de trazas que presentan un conjunto de particularidades comunes como: alto grado de organización, abundancia de estructuras reticuladas y meandriformes, estas últimas bastante regulares y apretadas, etc. El grupo más característico de esta asociación, que como es sabido lo componen los Grafoglíptidos, representa precisamente el elemento dominante en las sucesiones aquí estudiadas.

En este orden de cosas, se puede decir además que hemos observado en este caso concreto, un aumento progresivo tanto en el grado de regularidad como en el de apretamiento entre las sucesivas vueltas de los meandros, en las trazas de dicho carácter, desde las zonas relativamente más someras hacia las profundas, y dentro de estas últimas, desde las más proximales observadas (lóbulos deposicionales) hacia las más distales y/o laterales (llanura submarina, áreas interlóbulo, franja de abanico, etc.). De entre los icnogéneros de batimetría variable encontrados en la zona de estudio, aquellos en los que se hace más patente esta evolución son: Nereites, Subphyllochora, Taphrhelminthopsis, Scolicia, Helminthopsis y Neonereites.

Otro tanto ocurre en el mismo sentido, de somera a profunda y de proximal a distal/lateral en cuanto al diámetro de las galerías y al tamaño global de las estructuras debidas a crustáceos (Thalassinoides, Ophiomorpha, Granularia, etc.). En un orden menor, es constable asimismo una correlación directa entre los dos parámetros indicados para dichas trazas y el espesor de las capas areniscas o calcareníticas que las contienen.

Por otra parte, la ausencia en estas series de las facies más proximales canalizadas dentro de los abanicos submarinos (excepción hecha de los términos de Aljibe que comentaremos aparte), es perfectamente coherente con la inexistencia en ellas de determinados tipos de trazas consideradas como formas predominantes y características, de aguas someras (Arenicolites, Diplocraterion, Pelecypodichnus, Skolithos, Rhizocorallium, etc.). Estas, han sido citadas sin embargo, en facies canalizadas de abanico interno y medio del Terciario de Guipuzcoa y de Suiza (CRIMES, 1.977; CRIMES et al. 1.981).

En el caso concreto de otros icnogéneros tales como Zoophycos, se ha podido detectar aquí, por un lado su preferente asociación a aquellas series profundas con elevado porcentaje en carbonato y por otra, su tendencia a concentrarse en aquellas áreas con tasas de sedimentación más bajas: llanura submarina, lóbulos distales abandonados, franja de abanico, etc. En el Terciario de Guipúzcoa, parecen darse unas tendencias similares, si bien no han sido puestas de manifiesto hasta el momento por los autores que lo han estudiado (CRIMES, 1.973 y 1.977; VAL VLIET, 1.978).

Existen además en las series estudiadas una característica que a nuestro juicio es importante subrayar y que consiste en la práctica ausencia de trazas fósiles en determinadas litofacias, concretamente en la de "Areniscas del Aljibe" y en la de carácter mixto (areniscoso-pelítico) de las megaturbiditas. En estas últimas, que alcanzan aquí notable espesor y frecuencia durante el Oligoceno medio-superior, tan solo se han observado algunas estructuras orgánicas debidas a sedimentívoros en la parte más superior, cerca del techo. La ausencia de las mismas en el resto del depósito es lógica, si se tiene en cuenta: la intensa capacidad erosiva de su base, la frecuencia relativa de su acumulación que impide una verdadera recolonización del fondo por organismos entre dos descargas sucesivas, la incapacidad de éstos últimos para penetrar en el interior del sedimento más allá de un determinado límite de espesor, la acusada inestabilidad del fondo durante dichos períodos, y la rapidez de acumulación del depósito.

En el caso concreto de las "Areniscas del Aljibe", a las circunstancias adversas que acabamos de describir, habría que añadir además, la escasa disponibilidad de nutrientes orgánicos, especialmente en los términos areniscosos.

Aún es algo prematuro, el tratar de determinar con mayor exactitud las asociaciones precisas de trazas fósiles en relación con las diferentes partes de un abanico submarino, o la comparación entre las de cada una de estas y las de llanura submarina, debido a que, por su lado, se dispone de muy pocos datos previos para comparación y por el otro, a la diversidad y complejidad de los modelos deposicionales profundos, aún no suficientemente conocidos. No

obstante, confiamos en que las conclusiones, tanto de índole paleoecológica como sedimentológica, obtenidas en este trabajo, sirva, junto con las de otros recientes del mismo carácter, para un conocimiento mucho más amplio de la interrelación animal-sedimento en los paleoambientes marinos de alta batimetría.

BIBLIOGRAFIA

- BOURGOIS, J. (1.978) La transversale de Ronda (Cordillères Bétiques, Espagne). Données géologiques pour un modèle d'évolution de l'Arc de Gibraltar. Thèse, Univ. Besaçon, 445 p.
- BRADSHAW, M.A. (1.981). Paleoenvironmental interpretations and systematics of Devonian trace fossils from the Taylor Group (lower Beacon Supergroup). Antarctica. N.Z. Jour. Geol. Geophys., 24 (5/6), 615-652.
- BROMLEY, R. G. y ASGAARD, U. (1.975). Sediment structures produced by a spatangoid echinoid: a problem of preservation. Bull. Geol. Soc. Denmark, 24, 261-281.
- BROQUET, P. (1.972). Etude géologique de la Région des Madonies (Sicile). Sédimentologie et tectonique. Geol. Rom., 11, 1-114.
- CRIMES, T.P. (1.973). From limestones distal turbidites: a facies and trace fossil analysis in the Zumaya flysch (Paleocene-Eocene), North Spain. Sedimentology, 20 (1) 105-131.
- CRIMES, T. P. (1.977). b. Trace fossils of an Eocene deep-sea sand fan, northern Spain. En: CRIMES, T. P. y HARPER, J. C. (Eds.), Trace Fossils 2, Geol. J., Spec. Issue 9, Seel House Press, Liverpool, 71-90.
- CRIMES, T. P., GOLDRING, R., HOMEWOOD, P., van STUIJVENBERG, J. y WINKLER, W. (1.981). Trace fossil assemblages of deep-sea fan deposits, Gurnigel and Schlierem flysch (Cretaceous-Eocene) Switzerland. Eclogae geol. Helv., 74 (3), 953-995.
- CHAMBERLAIN, C. K. (1.978). b. Recognition of trace fossils in cores. En: BASAN, P.B. (Ed.), Trace Fossil Concepts, SEPM Short Course, 5, Notebook, Oklahoma, 119-166.
- DIDON, J. (1.969). Etude géologique du Campo de Gibraltar (Espagne méridionale). Thèse Univ. Paris, 539 p.

- DURAND DELGA, M. (1.955). Etude géologique de l'Ouest de la chaîne numidique. Bull. Serv. Carte géol. Alg., 24, 1-548.
- EKDALE, A. A. (1.980). d. Graphoglytid burrows in modern deep-sea sediment. Science, 207 (4428), 304-306.
- GARCIA-RAMOS, J. C. (1.976). Morfología de trazas fósiles en dos afloramientos de "Arenisca de Naranco" (Devónico Medio) de Asturias (NW de España). Trabajos de Geología, Univ. de Oviedo, 8, 131-171.
- GARCIA-RAMOS, J. C. (1.978). Estudio e interpretación de las principales facies sedimentarias comprendidas en las formaciones Naranco y Huergas (Devónico Medio) en la Cordillera Cantábrica. Trabajos de Geología, Univ. de Oviedo, 10, 195-247.
- GIAMMARINO, S. y TEDESCHI, D. (1.975). Première mention de Tubotomaculum dans les Ligurides internes. Bull. Soc. géol. France, 17 (6), 999-1001.
- HANISCH, J. (1.972). Vertikale Verteilung der Ichnofossilien im Tertiär-Flysch von Zumaya (N. Spanien). N. Jb. Geol. Paläon. Mh., 9, 511-526.
- HANTZSCHEL, W. (1.975). Trace fossils and problematica. En: TEICHERT, C. (Ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, Part. W. (Miscellanea), 2nd Ed., Univ. Kansas & Geol. Soc. Am., Lawrence, Kansas, 269 pp.
- HESSE, R (1.975). Turbiditic and non-turbiditic mudstone of Cretaceous flysch sections of the East Alps and other basins. Sedimentology, 22 (3), 387-416.
- HOYEZ, B. (1.975). Dispersion du matériel quartzueux dans les formations aquitaniennes de Tunisie septentrionale et d'Algérie nord-orientale. Bull. Soc. géol. France, (7), 17 (6), 1147-1156.

- KERN, J.P. (1.978). a. Trails from Vienna Woods: paleoenvironments and trace fossils of Cretaceous to Eocene flysch, Vienna, Austria. *Palaeogeog. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 23 (3/4), 231-262.
- KERN, J. P. (1.980). Origin of trace fossils in Polish Carpathian flysch. *Lethaia*, 13 (4), 347-362.
- KSIAZKIEWICZ, M. (1.970). Observations on the ichonofauna of the Polish Carpathians. En: CRIMES, T. P. y HARPER, J. C. (Eds.), *Trace Fossil, Geol. J., Spec. Issue 3*, Seel House Press. Liverpool, 283-322.
- KSIAZKIEWICZ, M. (1.975). Bathymetry of the Carpathian flysch basin. *Acta Geol. Polonica*, 25, 3-17.
- KSIAZKIEWICZ, M. (1.977). Trace fossils in the flysch of the Polish Carpathians. *Palaeont. Polonica*, 36, 1-208.
- LEBLANC, D. y FEINBERGS, H. (1.982). Nouvelles données stratigraphiques et structurales sur le Numidien du Rif oriental (Maroc). Implications géodynamiques. *Bull. Soc. géol. France*, (7), 24 (4), 861-865.
- MONTENAT, Ch y SEILACHER, A., (1.978). Les turbidites messiniennes à Helminthoides et Paleodictyon du bassin de Vera (Cordillères Bétiques Orientales). *Bull. soc. Geol. France*, 7, 22 (3), 319-322.
- PAUTOT, G., TRUILLEET. R. y HOFFERT, M. (1.975). "Tubotomaçulum" et nodules de manganèse. Comparaison d'objets énigmatiques fossiles avec des concrétions marines et lacustres. *Bull. Soc. Geol. France*, (7), 17 (1), 25-37.
- PENDON, J. G. (1.977). Diferentes tipos de trazas orgánicas existentes en las turbiditas del Campo de Gibraltar. *Estudios geol.*, 33 (1), 23-33.
- RADWANSKI, A., FRIIS, H. y LARSEN, G. (1.975). The Miocene Hagenør-Børup sequence at Lillebaelt (Denmark): its biogenic structures and

depositional environmet. Bull. Geol. Soc. Denmark, 24, 229-260.

- RAOULT, J. F. (1.975). Evolution paléogéographique et structurale de la chaîne alpine entre le golfe de Skirda et Constantine (Algerie orientale). Bull. Soc. géol. France, (7), 17 (3), 394-409.
- RONIEWICZ, P. y PIENKOWSKI, G. (1.977). Trace fossils of the Podhale Flysch Basin. En: CRIMES, T.P. y HARPER, J.C. (Eds.), Trace Fossils 2, Geol. J., Spec. Issue 9, Sell House Pres, Liverpool, 273-288.
- SEILACHER, A. (1.959). Zur ökologischen Charakteristik von Flysch und Molasse. Eclog. Geol. Helvetiae., 51 (3) 1, 1062-1072.
- SEILACHER, A. (1.962). Paleontological studies on turbidite sedimentation and erosion. J, Geol., 70, 227-234.
- SEILACHER, A. (1.977). a. Pattern analysis of Paleodictyon and related trace fossils. En: CRIMES, T. P. y HARPER, J.C. (Eds.), Trace Fossils 2, Geol. J., Spec. Issue 9, Seel House Press. Liverpool, 289-334.
- SEILACHER, A. (1.978). a. Use of trace fossils for recognizing depositional environments. En: BASAN. P.B. (Ed.), Trace Fossil Concepts, SEPM Shor Course, 5, Notebook, Oklahoma, 167-181.
- SEILACHER, A. & HEMLEBEN, C. (1.966). Beiträge zur Sedimentation uns Fossilführung des Hunsrückschiefers. 14. Spurenfauna und Bildungstiefe der Hunsrückschiefer (Unterdevon). Notizbl. hess. L.-Amt. Bodenforsch, 94, 40-53.
- SELLWOOD, B.W. (1.979). The relation of trace fossils to msall scale sedimentary cycles in the British Lias. En: CRIMES, T,P. y HARPER, J.C. (Eds.), Trace Fossils, Geol. J., Specc. Issue 3, Seel House Press, Liverpool, 489-504.
- SIMPSON, S. (1.957). On the trace-fossil Chondrites. Quart. J. Geol. Soc.

London, 112 (4), 475-499.

- SMITH, A.B. y CRIMES, T.P. (1.983). Trace fossils formed by heart urchins a study of Scolicia and related traces. *Lethaia*, 16, 79-92.
- TANAKA, K, (1,971). Trace fossils from the Cretaceous flysch of the Ikushumbetsu area, Hokkaido, Japan. *Rep, Geol. Surv. Japan*, 242, 1-31.
- VAL VLIET, A. (1.978. Early Tertiary deepwater fans of Guipuzcoa, northern Spain. En: STABLEY, D.J. y KELLING, G. (Eds.), *Sedimentation in Submarine Canyons, Fans and Trenches*, Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg, Pennsylvania, 190-209.
- WARD, D.M. y LEWIS, D.W. (1.975). Paleoenvironmental implications of storm-scoured, ichnofossiliferous Mid-Tertiary Limestones, Waihao district, South Canterbury, New Zealand. *N. Z. Jour. Geol. Geophys*, 18 (6), 881-908.