

# Relación entre icnofósiles y sedimentación en materiales neógenos de Arcos de la Frontera (SW de la Depresión del Guadalquivir)

F. L. CLAUSS

*Departamento de Geología. Universidad de Huelva. La Rábida, 21819 Palos de la Frontera, HUELVA*

**Resumen:** Las trazas fósiles de arenas del Plioceno inferior-medio en el sector de Arcos de la Frontera se clasifican como rizolitos, desarrollados en la zona vadosa y en un clima variable entre subtropical y semiárido. Permiten caracterizar un ambiente sedimentario continental, con exposición subaérea y una intensa actividad pedodiagenética-paleosuelos (típico de medios eólicos). El ambiente de sedimentación es eólico. Se reconocen dos subambientes sedimentarios: "sand sheet" (transicional entre dunas y no eólico) y húmedo de interdunas ("wet interdune"). Las estructuras biogénicas están producidas por anélidos (oligoquetos), gasterópodos o por diferentes tipos de artrópodos?

**Palabras clave:** Trazas fósiles, Ambientes eólicos, Plioceno inferior-medio, Arcos de la Frontera.

**Abstract:** Trace fossils are described into a Lower-Middle Pliocene sands in the Arcos de la Frontera area. They are classified as rizoliths, being restricted to the vadose zone with a climatic setting ranging from subtropical to semiarid. They permit the characterization of a continental environment with subaerial exposition and an intense pedodiagenetic activity-paleosoils (eolian environment). Sedimentary conditions are characteristic of an eolian environment. Two eolian subenvironments are recognised: "sand sheet" (transicional between dunes and no eolian) and wet interdunes. Biogenic structures are produced by gastropods, worms (oligochaetes) or different types of arthropods?

**Key words:** Trace fossils, Eolian environment, Lower-Middle Pliocene, Arcos de la Frontera.

Clauss, F. L. (1995): Relación entre icnofósiles y sedimentación en materiales neógenos de Arcos de la Frontera (SW de la Depresión del Guadalquivir). *Rev. Soc. Geol. España*, 8 (1-2): 33-40.

Los primeros datos sobre estructuras orgánicas en la región del Bajo Guadalquivir proceden de Viguiér (1974) y Benkhalil (1976). El primero de ellos observa en las areniscas calcáreas miocenas de la sección Arcos de la Frontera - Bornos, pistas unilobuladas en la superficie de los estratos y galerías de pequeñas dimensiones en el interior de los mismos así como galerías concéntricas y verticales, indicadoras de depósitos marinos poco profundos o litorales.

Clauss y Mayoral (1992) en el sector de Arcos de la Frontera, establecen para materiales del Mioceno superior, la sistemática de los icnogéneros presentes y sus relaciones con las condiciones dinámicas de la sedimentación. Estos autores identifican *Bichordites* cf. *monasteriensis*, *Palaeophycus tubularis*, *Skolithos* (*Monocraterion*) cf. *tentaculatum*, *Rosselia socialis* y *Laminites*? icnoespecie A. Las icnocenosis que caracterizan el conjunto estudiado se corresponden con las icnofacies de *Skolithos* (Frey y Seilacher, 1980 y Bromley 1990).

Más al sur, en el litoral de la provincia de Cádiz, Aguirre-Rodríguez (1990) diferencia tres Unidades dentro del Plioceno, separadas por discontinuidades de distinta naturaleza. En la Unidad I (de edad Plioceno inferior), en el sector de Roche-El Puntalejo, describe trazas orgánicas del tipo *Arenicolites*, *Ophiomorpha*, *Skolithos*, *Corophioides*, *Teichichnus*, *Fascitodinia*, galerías

en forma de "J" y un hardground caracterizado por un desarrollo espectacular de *Thalassinoides*. En la Unidad III (Plioceno superior) se observan algunas láminas de la estratificación cruzada rotas debido a la acción de raíces (rizocreaciones). Para el área de la Barrosa distingue una Unidad I, de edad Plioceno inferior, en la que observa una bioturbación de desarrollo vertical. Finalmente en Torre del Puerco y en Torre del Puerco (Norte), delimita las unidades I y III; la primera de ellas muestra bioturbación de tipo vertical, mientras que en la segunda identifica estratificación cruzada en artesa, rota y distorsionada por el efecto de las raíces. Desde un punto de vista interpretativo, la Unidad I representa depósitos de "offshore", aunque al estudiar la icnofauna se puede ver una mezcla de estructuras biogénicas de aguas someras con otras características de un ambiente de mayor profundidad. Los materiales de la Unidad III, en cambio, corresponden a dunas eólicas costeras y a depósitos de "shoreface".

El objetivo de este trabajo consiste en la descripción, clasificación e interpretación de las trazas orgánicas presentes en materiales arenosos atribuidos al Plioceno inferior-medio, así como en el estudio de las relaciones existentes entre los aspectos icnológicos y la sedimentación, con el objeto de interpretar en detalle el medio de depósito.

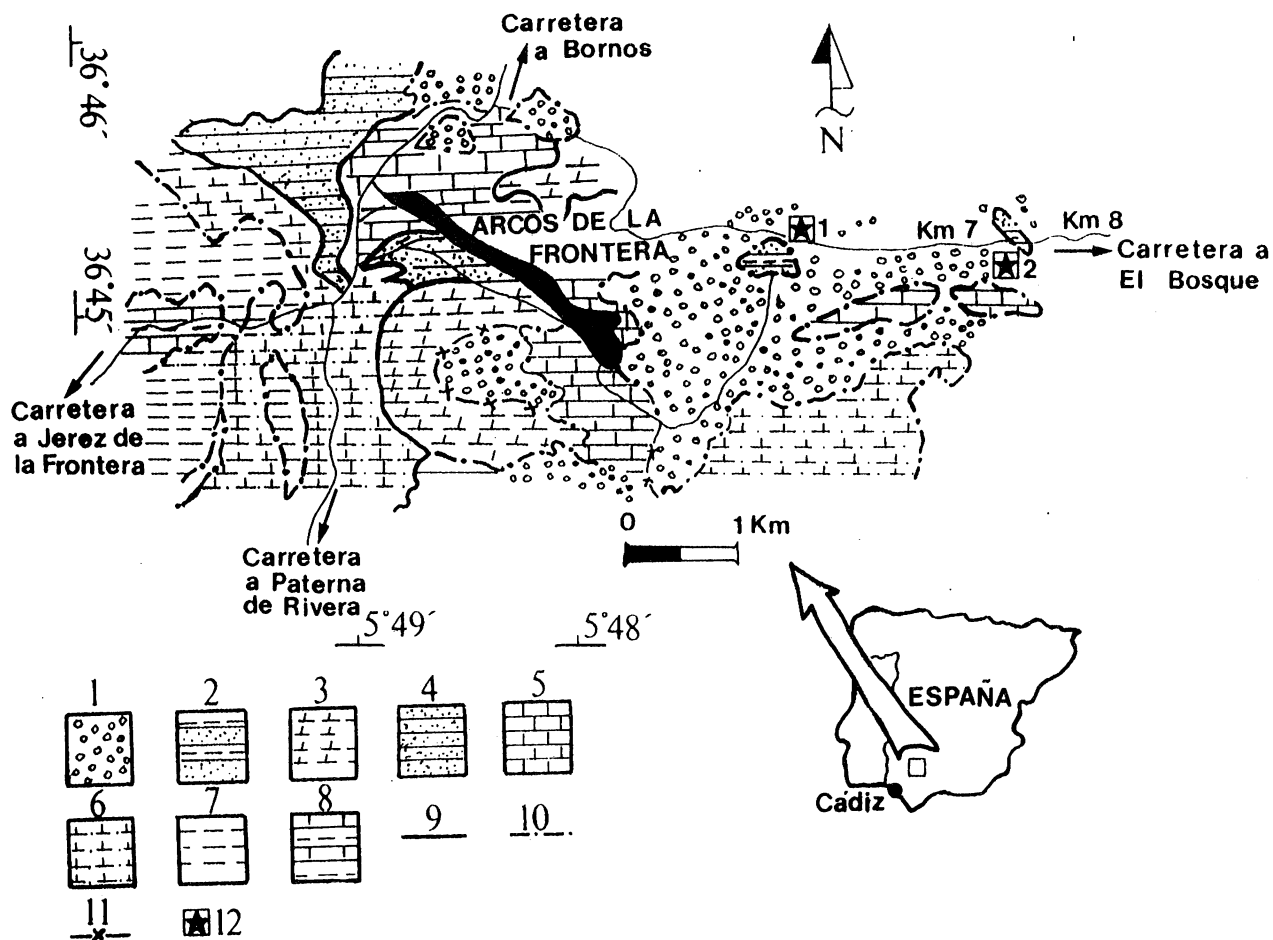


Figura 1.- Esquema geológico del sector de Arcos de la Frontera, mostrando la situación de las columnas estratigráficas citadas en el texto. 1: Cuaternario indiferenciado; 2: Arenas con margas de edad pliocena; 3: Margas verdes y grises. Mioceno superior; 4: Areniscas calcáreas de edad Mioceno superior; 5: Calizas bioclásticas - areniscas calcáreas. Mioceno superior; 6: Margas grises arenosas del Mioceno superior; 7: Margas blancas ("albarizas"). Mioceno inferior-medio-superior; 8: Calizas y margocalizas del Cretácico superior (Subbético); 9: Contacto concordante; 10: Contacto discordante; 11: Borde de terraza y 12: Localización de los perfiles estratigráficos.

**Situación geográfica y contexto geológico**

Los materiales estudiados afloran al E del pueblo de Arcos de la Frontera (Fig. 1). El primero de los perfiles se ha levantado en una cantera de arenas silíceas muy próxima al embalse de Arcos, mientras que el segundo

se construyó en un cantera ubicada entre los kilómetros 7 y 8 de la carretera Arcos de la Frontera - El Bosque (Fig. 2). El acceso a la zona se puede realizar a través de la misma carretera (Arcos-El Bosque) que bordea el pueblo de Arcos por su margen SE (río Guadalete) o a través de un desvío a la entrada de la localidad.

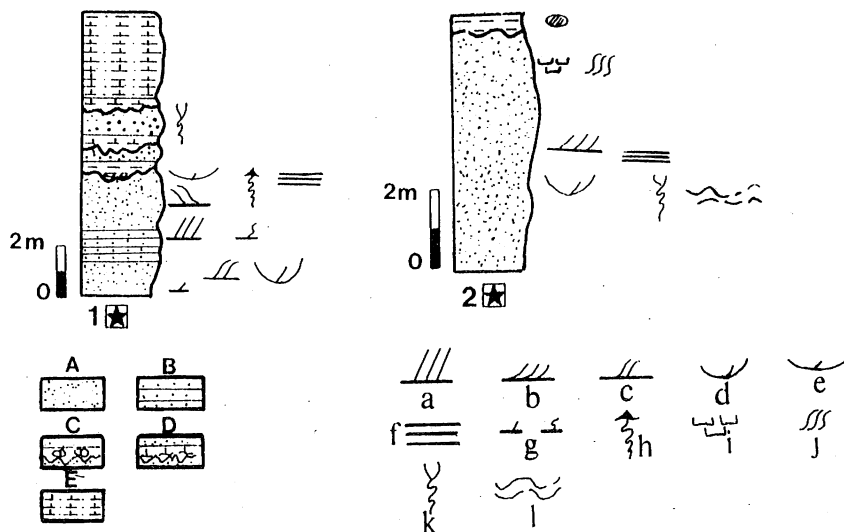


Figura 2.- Perfiles estratigráficos analizados: 1, embalse de Arcos de la Frontera y 2, carretera Arcos de la Frontera-El Bosque (ver Fig. 1). A: Arenas; B: Areniscas; C: Niveles margosos con conglomerados y cantos de rocas de diferente composición; D: Niveles margosos; E: Material de composición margoarenosa; a: Estratificación cruzada de gran escala; b: Laminación cruzada de media escala (láminas tangenciales); c: Laminación cruzada sigmoidal de media escala; d: laminación cruzada de base curva y media escala; e: Laminación cruzada de base curva y pequeña escala; f: Laminación paralela; g: Laminaciones cruzadas de pequeña escala, tabular y deformada; h: Estructuras de escape de fluidos; i: Estructuras "dish"; j: bioturbación abundante debida a gasterópodos, anélidos o artrópodos?; k: Rizolitos y l: Estructuras de disipación-infiltración.

Estas canteras están formadas por depósitos de arenas silíceas, con niveles de margas gris-azuladas (Fig. 2). Su edad no ha sido posible establecerla con exactitud por no haberse realizado hasta el momento estudios micropaleontológicos. Se les atribuye una edad Plioceno inferior-medio por su posición estratigráfica y por su semejanza con el Plioceno marino de la región de Cádiz (Jerez, 1991). Estos mismos autores las interpretan como características de un medio de playa-lagoon, aunque esta adscripción no está lo suficientemente documentada.

**Estratigrafía**

Desde un punto de vista litoestratigráfico pueden diferenciarse, de muro a techo, una serie de tramos en la columna estratigráfica de Arcos de la Frontera-Bornos (Fig. 3).

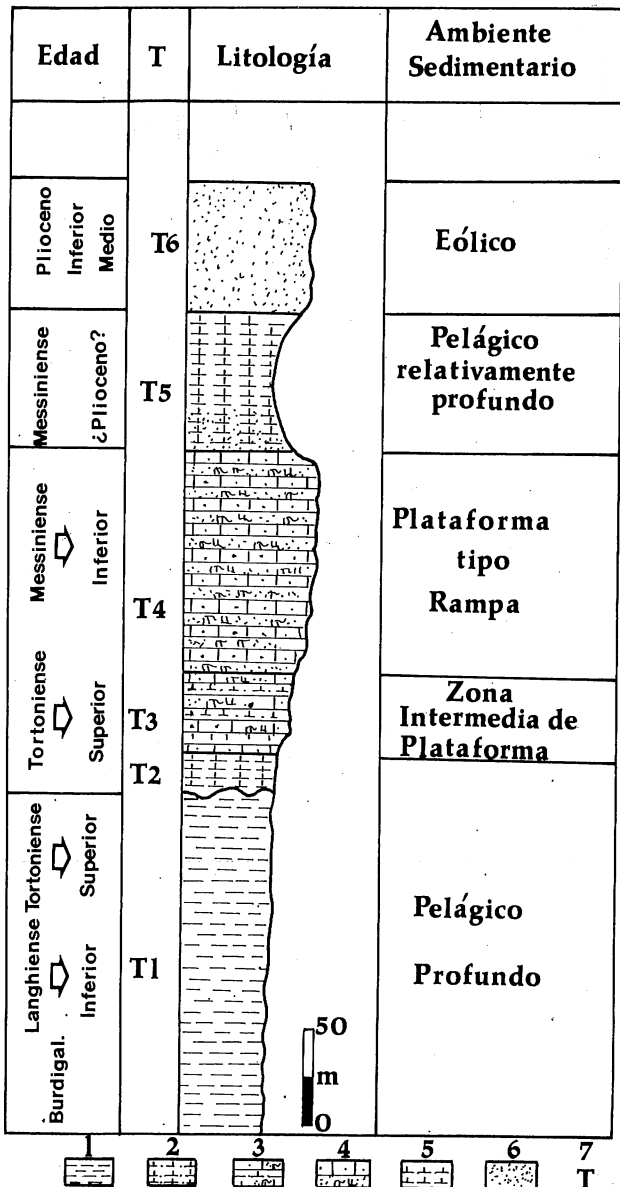


Figura 3.- Estratigrafía de la secuencia neógena para el área de Arcos de la Frontera. 1: Margas blancas albarizas; 2: Margas grises arenosas; 3: Alternancia de margas grises arenosas con areniscas calcáreas, arenas y calcarenitas bioclásticas; 4: Calcarenitas; 5: Margas grises; 6: Arenas y 7: Tramos.

El primero de los tramos (T1 en la Fig. 3) está compuesto por margas blancas y amarillentas, denominadas localmente "Moronitas" o "Albarizas". Su potencia supera los 150 m, sin haberse observado hasta el momento el muro de las mismas. Presentan material alóctono subbético. Han sido datadas por Jerez (1991) como Burdigaliense superior-Langhiense inferior en los niveles más inferiores, y como Mioceno superior (Tortoniense superior) en los más altos.

Discordantemente sobre el tramo anterior se encuentra un segundo tramo (T2) formado por margas grises arenosas, datadas por Perconig y Granados (1973) como tortonienses.

El tramo (T3) constituido por una alternancia de margas grises arenosas, arenas y areniscas calcáreas y calcarenitas bioclásticas. Los bioclastos incluyen algas rojas coralinas, briozoos, equinodermos, gasterópodos, bivalvos, foraminíferos planctónicos y bentónicos, etc... habiendo sido datadas por Jerez (1991) como pertenecientes al Tortoniense superior - Messiniense inferior.

Concordantemente se deposita el tramo 4, que se halla representado por calcarenitas bioclásticas, con predominio de la estratificación cruzada y de bioturbación perteneciente a la Icnofacies de *Skolithos* (Clauss y Mayoral, 1992). Estos materiales permiten caracterizar la implantación de una plataforma mixta, detrítico-carbonatada, de tipo rampa (Clauss, 1991). Su posición estratigráfica permite atribuir estos materiales al Tortoniense superior-Messiniense inferior.

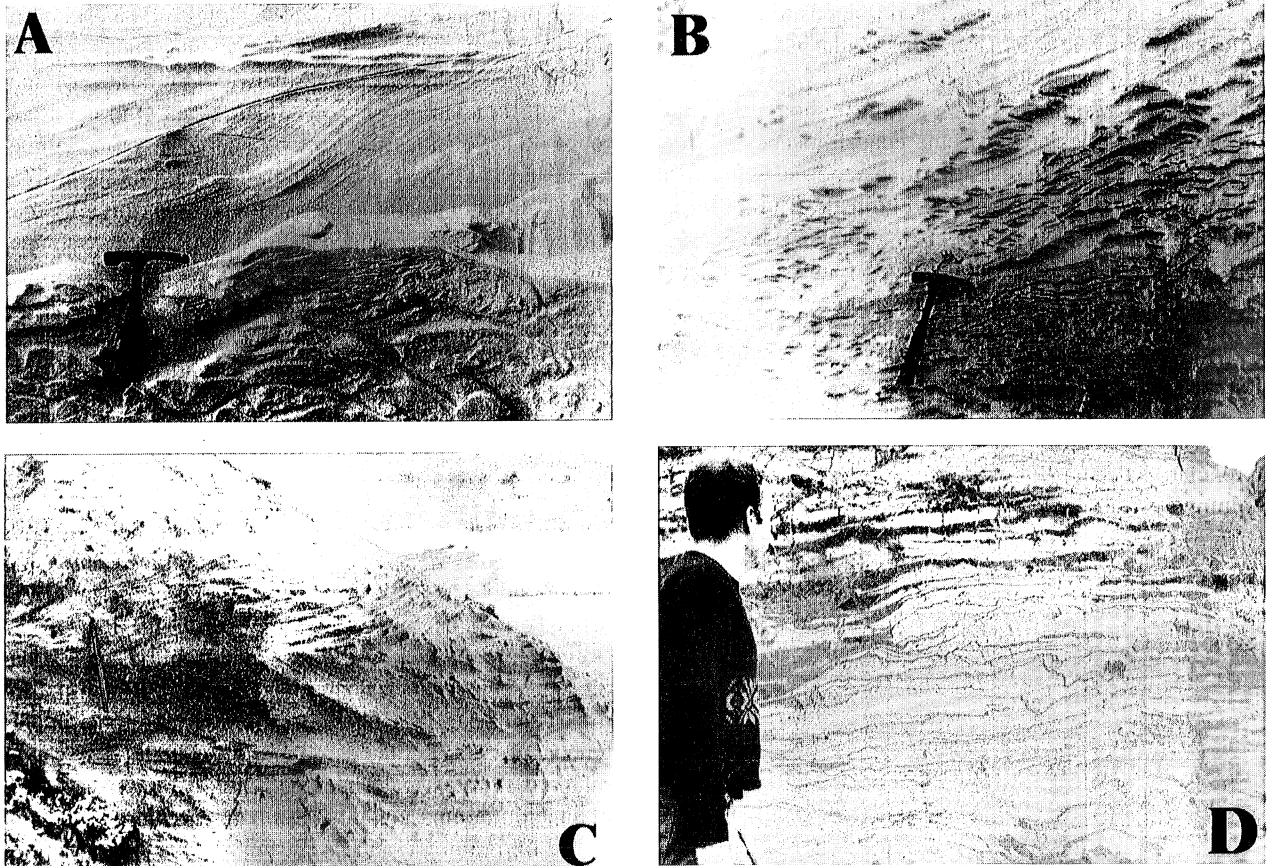
El tramo 5 (T5), concordante con el anterior, está constituido por margas grises, con intercalaciones calcareníticas en las proximidades del contacto. Jerez (1991) las data como Messiniense-Plioceno?

Finalmente la serie estratigráfica culmina con el tramo 6, compuesto por arenas silíceas y niveles de margas gris-azuladas.

*Afloramientos estudiados*

El primero de los afloramientos (Fig. 2) en el que aparecen trazas fósiles está constituido por arenas silíceas, con una potencia máxima observada de unos 11 metros, tamaño de grano medio y coloración blanquecina-marrón-amarillenta; localmente presenta tonalidades rojizas. Los granos de cuarzo son redondeados, detectándose la existencia de ilmenita. Hacia la base se observan niveles más cementados de arenisca, mientras que hacia la parte superior se distinguen niveles de margas gris-azuladas, de espesor centimétrico a métrico.

Las estructuras de ordenamiento interno comprenden sets de laminación cruzada de base curva de pequeña y media escala, laminación cruzada sigmoidal de media escala (Fig 4 A), y estratificación cruzada de gran escala (Fig 4 B). Las láminas muestran una orientación bimodal en los sets de escala menor. Las superficies limitantes de las unidades con laminación cruzada son tanto planas, como curvas. Son muy numerosas las superficies de reactivación entre los conjuntos de láminas de pequeña y media escala (Fig. 4 C). El alto buzamiento de las láminas para los conjuntos de media y gran escala, disminuye



**Figura 4.-** Estructuras sedimentarias en las arenas silíceas del tramo 6. A, laminación cruzada sigmooidal de media escala en la cantera más próxima al pueblo de Arcos de la Frontera, (al este). B, estratificación cruzada de gran escala. Cantera más cercana a la localidad de Arcos de la Frontera, hacia el este de dicha población. C, laminación cruzada de pequeña escala con superficies de reactivación en la cantera más próxima al pueblo de Arcos de la Frontera; D, estructuras de disipación/infiltración en la cantera situada entre el Km 7 y el Km 8 de la carretera Arcos de la Frontera-El Bosque.

considerablemente en ángulo hacia la superficie limitante inferior, observándose láminas tangenciales.

Se diferencian numerosas estructuras de escape de fluidos, y conforme se asciende en el perfil abundan láminas distorsionadas de la laminación cruzada previa.

En el segundo de los perfiles levantados la litología es similar a la del primer afloramiento y muestra una potencia de unos 7 metros aproximadamente. En el tramo inferior de esta sección (T6), con unos 4 m de espesor, abundan las estructuras de “disipación” o “infiltración” (Fig 4 D), sets cóncavos de laminación cruzada de media escala con abundantes superficies de reactivación, laminación cruzada tabular de gran escala (láminas tangenciales) y bioturbación intensa.

En el tramo superior, de espesor comprendido entre 2 y 3 metros, son representativas las evidencias de bioturbación, niveles margosos, estructuras de escape de fluidos (Fig. 5 A) - estructuras “dish”, así como estructuras secundarias de disipación-infiltración.

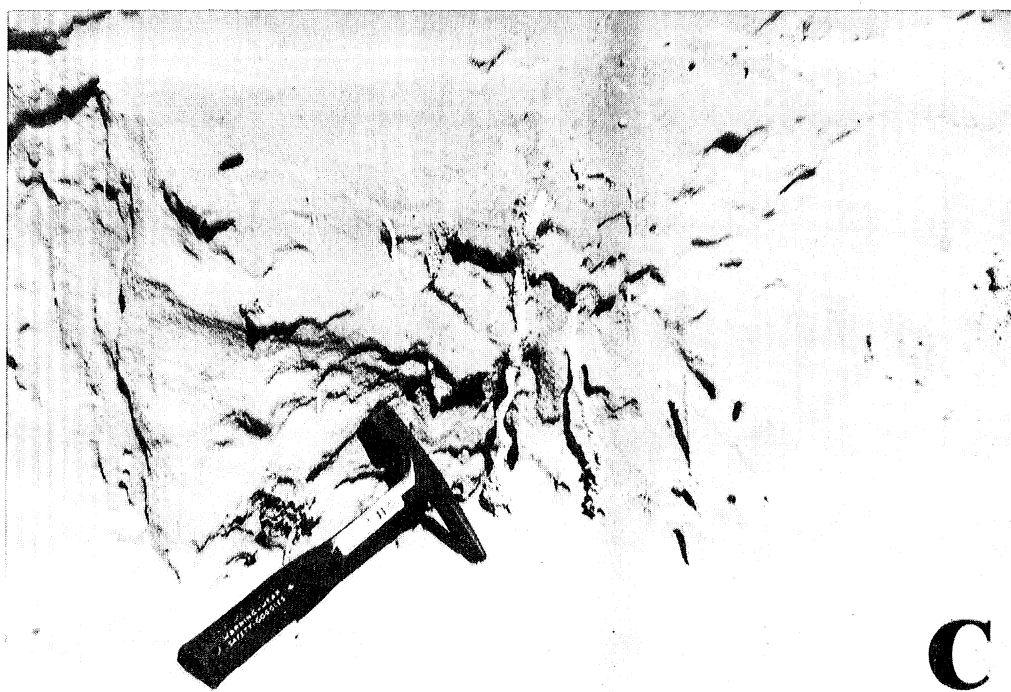
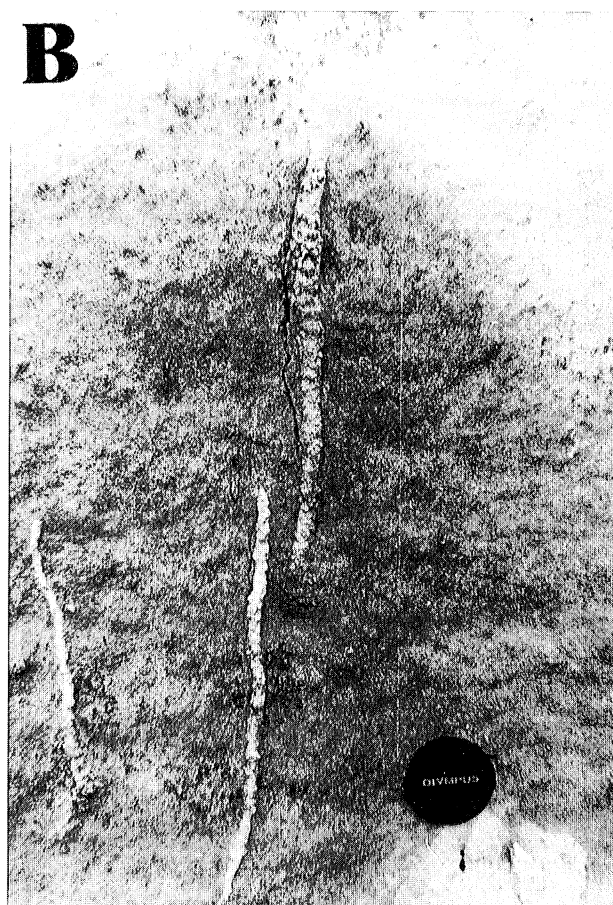
#### Descripción de las trazas orgánicas

En las arenas superiores, justo por encima de los niveles margosos se detecta la presencia de escasas estructuras bioturbadas, consistentes en conductos de desarrollo vertical, y de varios centímetros de longitud, que presentan una inflexión en su parte superior; se trata de tu-

bos calcáreos correspondientes a raíces, dikaka (Glennie y Evamy, 1968) o rizolitos (Klappa, 1980). Se clasifican morfológicamente en los grupos de tubos cilíndricos cementados alrededor de moldes de raíces (“root tubules”) y moldes de raíces (“root casts”) (Klappa, 1980).

En otra de las secciones estudiadas dentro de las arenas silíceas, este tipo de chimeneas verticales son muy abundantes y se presentan homogéneamente distribuidas. Corresponden a tubos de 10-12 cm de longitud (Fig. 5 B), aunque también se observan otros de mayores dimensiones (30-65 cm, Fig. 5 C), localmente ramificados, con desarrollo predominantemente vertical; se distinguen también túneles horizontales, con un revestimiento externo (cementación) de carbonato cálcico y un vacío central, presentándose homogéneamente distribuidas. Este tipo de trazas orgánicas forma una serie de pedestales, consecuencia de la erosión que actúa sobre los materiales previamente meteorizados. La oxidación y la eliminación del material carbonoso con posterioridad a la muerte de la planta deja un vacío que puede rellenarse con arena de distinta textura y color. La traza se hace más evidente cuando el molde de la raíz se oxida dando unas tonalidades rojizas y cuando no se produce relleno interno de arena (Glennie y Evamy, 1968; Ahlbrandt, 1974).

Otras de las estructuras biogénicas observadas corresponden a tubos cilíndricos preferentemente verticales (Fig. 6 A), aunque también se han diferenciado trazas or-

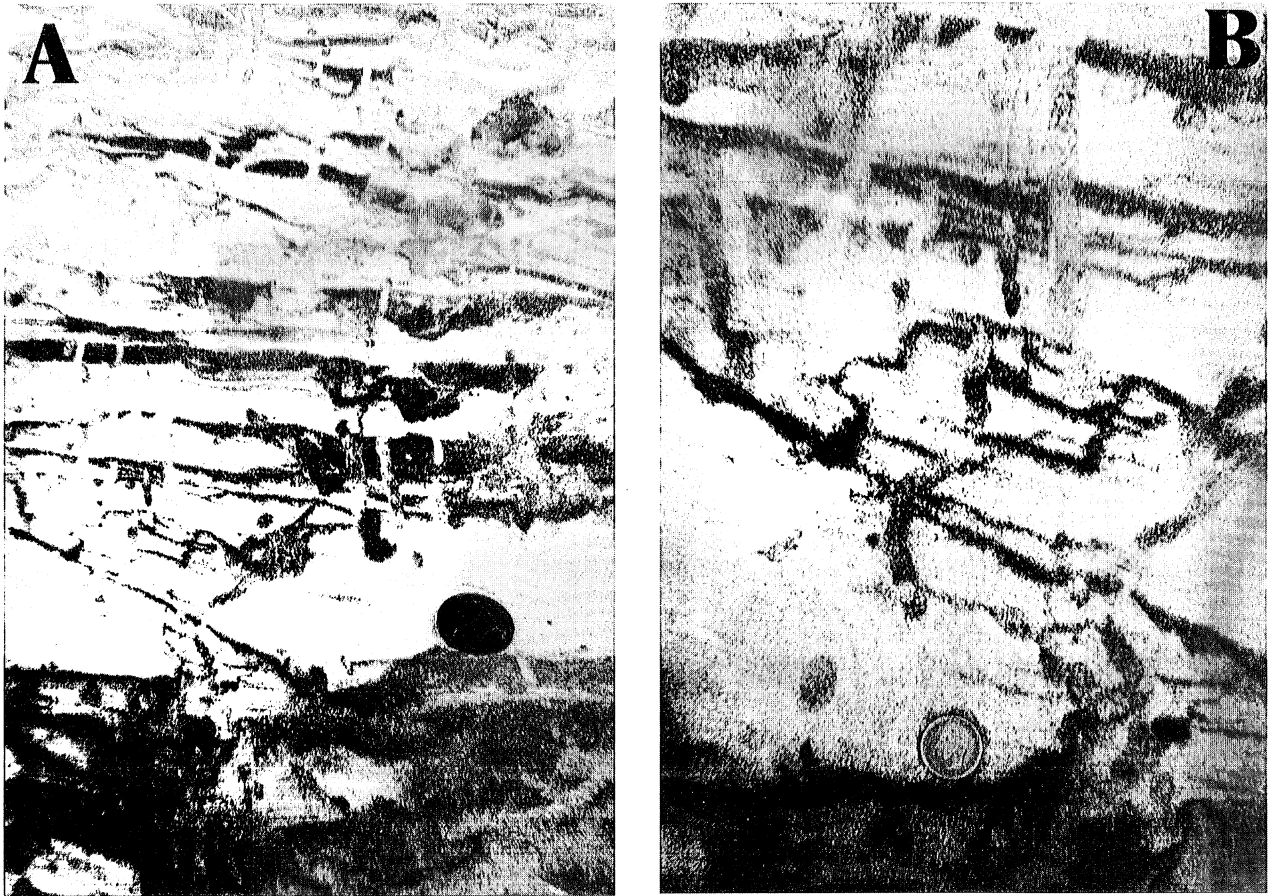


**Figura 5.-** Estructuras orgánicas e inorgánicas en las arenas silíceas del tramo 6. A, estructuras de escape de fluidos en la cantera situada en la carretera que comunica las poblaciones de Arcos de la Frontera y El Bosque. B, trazas verticales clasificadas como rizoletos, cantera en la carretera Arcos de la Frontera - El Bosque; C, rizoletos de gran tamaño. Cantera en la carretera que une las poblaciones de Arcos de la Frontera y El Bosque.

gánicas oblicuas y secciones horizontales (Fig. 6 B). Su longitud está comprendida entre 2,4 y 12 cm, mientras que su diámetro varía entre 7 y 21 mm, con un relleno interno activo de tipo meniscado, a base de laminaciones semiesféricas dirigidas hacia arriba y hacia abajo. No se detecta la estructura de la pared y la textura es de tipo figurativo. Se disponen cortando a las estructuras sedi-

mentarias inorgánicas. La composición del material externo e interno a la traza es similar, y el contacto entre las huellas y las arenas es neto. Las estructuras, tanto orgánicas como inorgánicas, se hacen evidentes debido a la impregnación con material coloidal (óxidos de hierro), que le da unos tonos rojizos.

Por otra parte, las estructuras inorgánicas (de disipa-



**Figura 6.-** Estructuras orgánicas presentes en las arenas silíceas del tramo 6. A, trazas orgánicas producidas por invertebrados en la cantera situada entre el Km 7 y el Km 8 de la carretera Arcos de la Frontera - El Bosque; B, Secciones longitudinales, transversales y oblicuas de estructuras biogénicas atribuidas a gasterópodos, anélidos y diferentes tipos de artrópodos?. Cantera al este de Arcos de la Frontera, entre el Km 7 y el Km 8 de la carretera Arcos de la Frontera-El Bosque.

ción o infiltración) se disponen atravesando a las estructuras originadas por bioturbación.

### Discusión

#### *Caracterización de los ambientes y subambientes de sedimentación*

La presencia de estratificación cruzada de moderado ángulo, dispuesta en sets tabulares con láminas tangenciales a la superficie limitante inferior, un alto ángulo de inclinación de los foreset, superficies de erosión planares, la intercalación de material margoso-arcilloso (interdunas) y la ausencia de trenes de ripples de olas y de corrientes; así como otros tipos de estructuras: moldes de raíces y “estructuras de disipación o infiltración” igualmente diagnósticas, observadas en los perfiles levantados, ha permitido caracterizar a estas arenas como correspondientes a un medio eólico. Esta afirmación se basa en los trabajos realizados por Ahlbrandt y Fryberger (1982) y Mader (1983) en ambientes eólicos, donde combinan varios criterios (estratificación, bioturbación, texturas e intercalaciones, entre otros).

El desarrollo de una abundante bioturbación por raíces, niveles de arena bioturbada de espesor métrico, producidos por la destrucción de las láminas a consecuencia

de la actividad biogénica (textura deformativa); las secuencias canalizadas de arcillas y conglomerados originados en lagoons o por la acción de aportes fluviales; y los cambios laterales de facies con los materiales eólicos s.s. permiten establecer un ambiente de “sand-sheet”. Este tipo de observaciones fueron realizadas por Fryberger *et al.* (1979) para materiales actuales en el Great Sand Dunes National Monument de Colorado. Los depósitos de sand-sheet representan una facies transicional entre dunas s.s. y sedimentos de origen no-eólico, y pueden ser considerados como marcadores estratigráficos del margen de un antiguo campo dunar (Fryberger *et al.*, 1979).

No obstante, la asociación de estructuras de infiltración, los niveles margo-arcillosos y la bioturbación por raíces observada indican un subambiente húmedo de interdunas (“wet interdune deposits”), de forma similar a lo expuesto por Ahlbrandt y Fryberger (1982).

#### *Identificación taxonómica de las huellas y/o de los organismos productores*

Los materiales arenosos estudiados presentan estructuras biogénicas correspondientes por su forma a rizolitos (Klappa, 1980); su longitud es de orden centimétrico y su diámetro está comprendido dentro del rango 0,1 mm-20 cm. Se trata de raíces que muestran preferencia

por sustratos arenosos (fig. 5 B -5 C). Esta asociación de huellas de raíces indica claramente un medio continental, con exposición subaérea debido a la existencia de paleosuelos, y con evidencia de modificación pedogenética del sedimento, de tal forma que el desarrollo de los rizolitos ha borrado localmente las estructuras sedimentarias preexistentes (textura deformativa).

Cohen (1982) utiliza en el Plio-Pleistoceno de Kenia la información suministrada por estas huellas para deducir las características del nivel freático. Asociadas a las mismas existen conductos de mayores dimensiones (rizolitos), característicos de un ambiente continental. La presencia de grandes galerías verticales (perfil 2, Fig. 5 C), con escaso desarrollo horizontal y de ramificaciones, permite situarlas en la zona subaérea vadosa. Es posible establecer el régimen climático en el que se desarrollan los rizolitos, que varía desde subtropical húmedo a semiárido (Semeniuk y Searle, 1985).

Como señala Klappa (1980) al estudiar los carbonatos cuaternarios en regiones costeras del Mediterráneo occidental, la cementación es responsable de que se conserve la morfología de las raíces en sedimentos no consolidados, aportando rigidez al sustrato. Para que tenga lugar este proceso se necesita un cierto aporte de agua (Glennie y Evamy, 1968). Al ser la cementación de estas raíces un proceso bastante frecuente, se puede deducir la existencia de corrientes de agua (más o menos estacionales y/o abundantes), que son igualmente responsables de los niveles canalizados conglomeráticos observados en uno de los perfiles.

Bown y Kraus (1983) identificaron en la formación aluvial Willwood del Eoceno inferior de Wyoming (U.S.A.), una serie de burrows meniscados, de dimensiones y orientaciones similares a los descritos en este trabajo (fig. 6 A y 6 B), tratándose de huellas de Fodinichnia, a las que denomina como tipo 7. Se disponen en zonas de espesor centimétrico a métrico, en forma de horizontes en la llanura de inundación. Probablemente fueron producidas por organismos específicos del medio (anélidos oligoquetos), que preferían suelos drenados en los que se producían fluctuaciones del nivel freático.

Por otra parte, Hasiotis y Bown (1992) indican como organismos responsables de bioturbación en las áreas de interdunas (fig. 6 A y 6 B) a los gasterópodos (hibernados), sapos y larvas de insectos voladores dependientes del agua. Según Ahlbrandt *et al.* (1978), gasterópodos pulmonados de las familias Planorbidae, Lymnacididae y Physidae están adaptados a la vida en áreas permanentes y efímeras de interdunas. Toleran el stress ambiental, excavando el sedimento humedecido y reduciendo su metabolismo a un estado de hibernación. Estos autores son de la opinión de que la bioturbación en depósitos eólicos producida por invertebrados (artrópodos) es geológicamente significativa por diversas razones, entre las que citan la variedad de galerías reconocibles construidas por estos organismos, muchos de los cuales presentan un relleno interno (observable en los ejemplos analizados en este trabajo) o dejan un registro distintivo más que una zona aislada (Fig. 6 A-B).

En cambio, Ekdale y Picard (1985) al estudiar las trazas fósiles en materiales eólicos jurásicos de Entrada Sandstone, Utah (U.S.A.), establecen un nuevo ichnogénero (*Entradichnus*) y una nueva ichnoespecie (*Entradichnus meniscus*) con rasgos descriptivos semejantes (sección, relleno interno, diámetro uniforme e intersecciones) a las observadas y descritas en el presente trabajo. Según estos autores estaría producida por larvas de insectos dípteros -típulas-. Las zonas intensamente bioturbadas representan probablemente depósitos húmedos o subacuados de interdunas en los cuales los artrópodos ponían sus huevos y los incubaban, dando lugar a numerosas poblaciones larvarias (Ahlbrandt *et al.*, 1978).

En síntesis, al ser difícil identificar y clasificar adecuadamente los organismos causantes de las huellas, optamos por la opinión de Ahlbrandt *et al.* (1978), para el que algunos tipos similares de burrows podrían estar producidos por diferentes organismos. Por tanto, en la formación de estas estructuras orgánicas intervendrían anélidos (oligoquetos), gasterópodos o diferentes tipos de artrópodos.

## Conclusiones

Sobre las margas grises del tramo 5 diferenciado en la columna estratigráfica representativa del sector de Arcos de la Frontera, se dispone concordantemente un conjunto arenoso de tamaño de grano medio.

Una serie de rasgos estratigráficos y sedimentológicos como la presencia de estratificación cruzada de gran escala, láminas tangenciales, altos ángulos de inclinación del foreset, superficies de erosión planas y ausencia de ripples de olas y corrientes, abundante bioturbación por raíces, e intercalaciones de material margoso-arcilloso, señalan unas condiciones de depósito características de un medio eólico. Se han podido reconocer dos subambientes eólicos, de "sand-sheet" (transicional entre dunas y no eólico) caracterizados por numerosos rizolitos, niveles de intensa bioturbación (textura deformativa), secuencias canalizadas, y cambios laterales de facies, así como húmedos de interdunas ("wet interdune deposits") en los que se distinguen abundante bioturbación, estructuras de disipación-infiltración y niveles margo-arcillosos.

El contenido en trazas orgánicas es muy elevado; se trata por una parte de rizolitos con desarrollo preferentemente vertical, localizados en la zona vadosa. Dichas trazas permiten identificar un ambiente continental, con exposición subaérea e intensa actividad pedogenética y cierto aporte de agua. El clima pudo oscilar entre subtropical húmedo y semiárido.

Asociados a los rizolitos se observan estructuras biogénicas atribuibles a anélidos (oligoquetos) por sus dimensiones (longitud-diámetro: milimétrico a centimétrico), orientación (preferentemente vertical) y zonación; a gasterópodos o a diferentes tipos de artrópodos, debido a la tipología de las galerías, a su relleno interno (meniscado), registro en el sedimento, sección, diámetro (uniforme) e intersecciones.

Agradezco al Dr Eduardo Mayoral la revisión crítica del manuscrito original e igualmente a dos revisores anónimos cuyas contribuciones han mejorado sustancialmente dicho manuscrito.

## Bibliografía

- Aguirre-Rodríguez, J. (1990): *El Plioceno marino de la costa de Cádiz entre Chiclana y Conil*. Tesis de Licenciatura. Univ. de Sevilla (inédita)
- Ahlbrandt, T. S. (1974): Dune stratigraphy, archaeology and the chronology of the Killpecker dune field: Wyoming. *Geol. Survey, Rept. of Inv.* 10: 51-60.
- Ahlbrandt, T. S., Andrews, S. y Gwynne, D. T. (1978): Bioturbation in eolian deposits. *Jour. Sed. Petrol.*, 48 (3): 839-848.
- Ahlbrandt, T. S. y Fryberger S. G. (1982): Eolian Deposits. In: *Sandstone Depositional Environments* (P. A. Scholle y D. Spearing, Eds.) *Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, Mem. 31: 11-47.
- Benkhelil, J. (1976): *Etude néotectonique de la terminaison occidentale des Cordillères Bétiqes (Espagne)*. Tesis 3c. Univ. Nice, 180 pp.
- Bown, T. M. y Kraus, M. J. (1983): Ichnofossils of the alluvial Wilwood Formation (Lower Eocene), Bighor Basin, Northwet Wyoming, U.S.A. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaecol.* 43: 95-128.
- Bromley, R. G. (1990): *Trace Fossils. Biology and Taphonomy*. CT Scrutton & C. P. Hughes, Eds. Unwin Hyman., London, 280 pp.
- Clauss, F. L. (1991): Las microfácies carbonatadas neógenas en un sector occidental de la Depresión del Bajo Guadalquivir. *Estudios Geol.*, 47: 183-192.
- Clauss, F. L. y Mayoral, E. (1992): Icnofácies de Skolitos en el Mioceno Superior del borde meridional de la Cuenca del Guadalquivir (Arcos de la Frontera, Cádiz) *Geogaceta*, 12: 102-104.
- Cohen, A. S. (1982): Paleoenvironments of root casts from the Koobi Fora Formation, Kenya. *Jour. Sed. Petrol.*, 52: 0401-0414.
- Ekdale, A. A., y Picard, M. D. (1985): Trace fossils in a Jurassic eolianite, Entrada Sandstone, Utah, USA. In: *Biogenic structures: Their use in interpreting depositional environments*. (H. A. Curran ed.), SEPM Special Publications, 35 : 3-12.
- Frey, R. W. y Seilacher, A. (1980): Uniformity in marine invertebrate ichnology. *Lethaia*, 13:183-207.
- Fryberger, S. G., Ahlbrandt, T. S. y Andrews, S. (1979): Origin, Sedimentary features, and significance of low-angle eolian "sand sheets" deposits, Great Sand Dunes National Monument and vicinity, Colorado. *Jour. Sed. Petrol.*, 49: 0733-0746.
- Glennie, K. W. y Evamy, B. D. (1968): Dikaka: plant-root structures associated with aeolian sand. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaecol.*, 4: 77-87.
- Hasiotis, S. T. y Bown, T. M. (1992): Invertebrate TraceFossils: the backbone of Continental Ichnology. In: *Short Courses in Paleontology*, (Maples C. G and West, R. R. Eds.). The Paleontological Society, 5: 64-94.
- Jerez, L. (1991): Mapa Geológico de España E. 1:50000, Hoja n.º 1049 (13-44) (Arcos de la Frontera). Memoria Explicativa por L. Jerez, E. Moreno, L. F. Granados y F. Leyva, 54 p. (1991). *Instituto Geológico y Minero de España*, Madrid.
- Klappa, C. F. (1980): Rhizoliths in terrestrial carbonates: classification, recognition, genesis and significance. *Sedimentol.*, 27: 613-629.
- Mader, M. (1983): Aeolian sands terminating an evolution of fluvial depositional environment in Middle Buntsanstein (Lower triassic) of the Eifel, Federal Republic Germany. In: *Eolian Sediments and Processes*. (M. E. Brookfield and T. S. Ahlbrand, Eds.), *Developments in Sedimentology*, 38: 583-612.
- Perconig, E. y Granados, L. (1973): Sección de Arcos de la Frontera. *XIII Coloquio Europeo de Micropaleontología*, España. Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Geológicas, S. A., 297-300.
- Semeniuk, V. y Searle, D. J. (1985): Distribution of calcrete in Holocene coastal sands in relationship to climate, southwestern Australia. *Jour. Sed. Petrol.*, 55: 86-95.
- Viguiet, C. (1974): *Le Néogène de L' Andalousie Nordoccidentale (Espagne) Histoire géologique du bassin du bas Guadalquivir*. Tesis. Univ. Bourdeaux, 449 pp.

Manuscrito recibido el 22 de Noviembre de 1993

Aceptado el manuscrito revisado el 27 de Octubre de 1994