

## CARACTERIZACION MINERALOGICA Y CRONOLOGICA DE LOS DEPOSITOS ARENOSOS NEOGENOS Y CUATERNARIOS DEL LITORAL DE HUELVA, ESPAÑA. (AREA: RIO TINTO-RIO GUADALQUIVIR)

L. Torcal \*, C. Zazo \*\* y R. Marfil \*\*\*

### RESUMEN

En el presente trabajo se estudian los depósitos detríticos de edad neógena y cuaternaria que se extienden a lo largo de una amplia franja litoral, entre las desembocaduras de los ríos Tinto y Guadalquivir.

El resultado de los análisis mineralógicos (granulométricos, difracción de rayos X, etc.) y la exoscopia de los granos de cuarzo, permiten separar cuatro «conjuntos sedimentarios» que pueden ayudar a establecer una cronología más detallada.

El tramo más bajo de la serie estudiada se corresponde con la «Fm. Arenas de Huelva» (Civis *et al.*, 1985), en la que dominan los feldespatos calco-sódicos sobre los potásicos y la esmectita e illita sobre la caolinita, en un medio de sedimentación submareal. Suprayacente aflora la «Fm. Arenas de Bonares» (Mayoral y Pendón, 1986-87), de edad pliocuaternaria, que se ha dividido en dos unidades: «UNIDAD INFERIOR», en la que la proporción de feldespatos se mantiene como en los depósitos infrayacentes, pero con predominio de esmectita sobre los demás minerales arcillosos, en un medio de sedimentación de submareal a intermareal, y «UNIDAD SUPERIOR», en la que se produce un cambio en la mineralogía, pasando a predominar los feldespatos potásicos y la caolinita, con desaparición de la esmectita, en un ambiente de sedimentación intermareal. A techo afloran una paraconglomerados, cuya matriz presenta unas características mineralógicas muy similares a la «Unidad superior».

El cambio mineralógico, textural, y de ambiente de sedimentación que se produce entre estas dos unidades, se interpreta como una posible variación en los componentes climáticos y geodinámicos de la cuenca en el paso Plioceno/Pleistoceno.

**Palabras clave:** *Ambientes sedimentarios, Mineralogía de arenas, Exoscopia del cuarzo, Neógeno, Cuaternario, Huelva.*

### ABSTRACT

The silt-sandy and sandy deposits dating from the Neogene and the Quaternary have been studied along a wide littoral area, between the mouths of the rivers Tinto and Guadalquivir (Province of Huelva, Spain).

Mineralogical analysis (granulometric, X-ray diffraction, etc.) and quartz grain microtextures, allow for the separation of four «sedimentary sets», which in turn can help to establish a more detailed chronology.

The lowest part on the studied series corresponds to the «Fm. Huelva sands» considered to be from the Lower Pliocene (Civis *et al.*, 1987), in which calcium-sodic feldspars dominate over potassic feldspars, and smectite and illite dominate over kaolinite in an infratidal sedimentation environment. Above, the Plio-Quaternary «Fm. Bonares sands» can be observed. These sands have been divided into two units: The «Lower Unit», in which the feldspar proportion of is similar to that of the lower deposits but in which there is a predominance of smectite over other clay minerals, in an infratidal to intertidal sedimentation environment; and the «Upper Unit» in which the mineralogical proportions change, with potassic feldspars and kaolinite predominating and smectite lacking, in an intertidal sedi-

\* Dpto. de Edafología, E.T.S.I. Agrónomos, U.P. de Madrid.

\*\* Dpto. de Geología, M.N.C. Naturales, C.S.I.C. de Madrid.  
Dpto. de Geodinámica, F.C. Geológicas, U.C. de Madrid.

\*\*\* Dpto. de Petrología y Geoquímica, F.C. Geológicas, U.C. de Madrid.

mentation environment. Upwards in this unit, some paraconglomerates appear in which the mineralogical characteristics of the matrix are similar to those of the «Upper Unit».

The mineralogical, textural and environmental change between these two units is interpreted as a possible variation in climatic and geodynamic conditions of the basin during the Pliocene-Pleistocene transition.

**Key words:** *Sedimentary environment, Sand mineralogy, Quartz surface microtextures (S.E.M.), Neogene, Quaternary, Huelva.*

## Introducción

El área objeto de estudio se sitúa dentro de la cuenca Neógena del Guadalquivir, en su borde más externo, entre las desembocaduras de los ríos Tinto y Guadalquivir (fig. 1). En este trabajo se presta especial atención a la denominada «Fm. Arenas de Bonares» (Mayoral y Pendón, 1986-87), tramo arenoso comprendido entre la «Fm. Arenas de Huelva» (Plioceno inferior, Civiš *et al.*, 1985) y el «Alto Nivel Aluvial» (Pleistoceno, Pendón y Rodríguez Vidal, 1986-87).

En todo el Golfo de Cádiz, a partir del Plioceno inferior, se produce una regresión generalizada que sólo es interrumpida en el borde costero por pequeñas oscilaciones positivas que se localizan tanto en los niveles inferiores de la «Fm. Arenas de Huelva» (Mayoral, 1986), como a lo largo del Cuaternario, y que en muchos casos son consecuencia de la actividad neotectónica de este área, que a su vez controla el dispositivo espacial de los materiales del Neógeno superior y Cuaternario (Viguier, 1974; Zazo, 1980).

Los materiales arenosos que rellenan la cuenca han sido objeto de numerosos trabajos (fig. 2): Cartográficos (Viguier, 1974; Torres, 1975; Pastor, 1976); faunístico (todos los autores anteriores y Sierro, 1985 y Civiš *et al.*, 1987); sedimentológicos y estratigráficos (Mayoral, 1986; Mayoral y Pendón, 1986-87; Pendón y Rodríguez Vidal, 1986-87; Rodríguez Vidal, 1989; Mayoral, 1989) y mineralógicos, éstos llevados a cabo de forma puntual (Rodríguez Vidal *et al.*, 1985; Rodríguez Vidal, 1989).

La ausencia en estos depósitos arenosos de fauna característica en unos casos y de fauna en la mayor parte de ellos, así como la similitud de las litologías, ha dado origen a un gran confusionismo, no sólo en cuanto a la terminología de las distintas formaciones sedimentarias aflorantes, sino también en cuanto a su edad.

En el estudio de Torcal (1989), basado fundamentalmente en el análisis mineralógico mediante difracción de rayos X de las fracciones  $<63\mu$  y  $<2\mu$  y en la exoscopia de los granos de cuarzo por microscopia electrónica de barrido, se subdividen estas «forma-

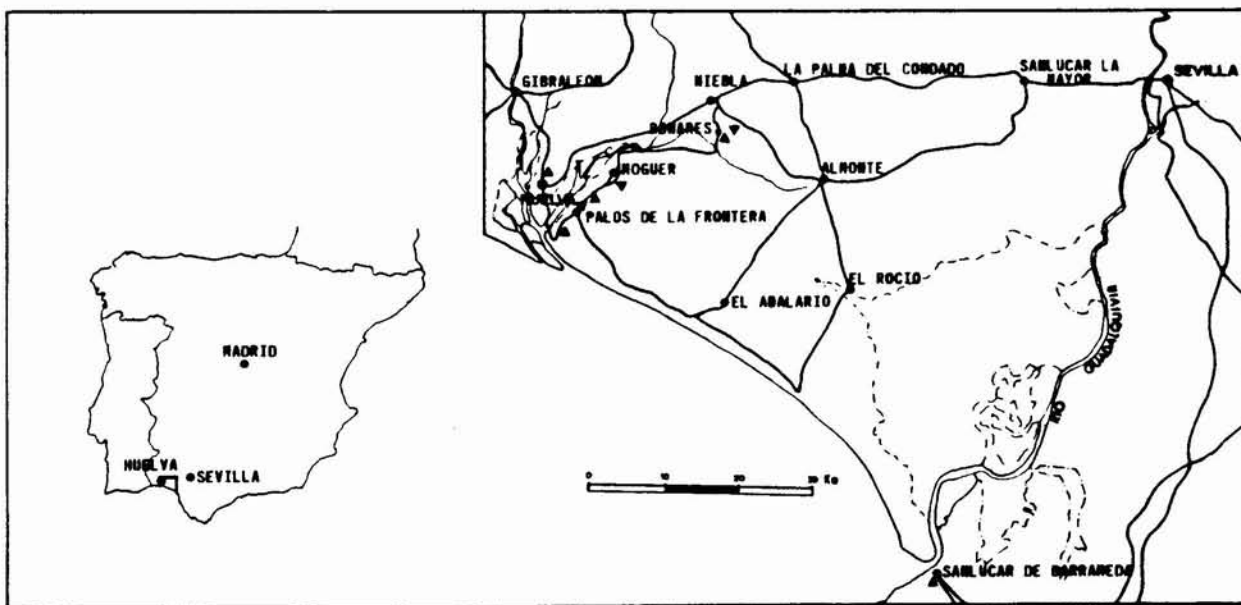


Fig. 1. Situación de los perfiles estudiados.

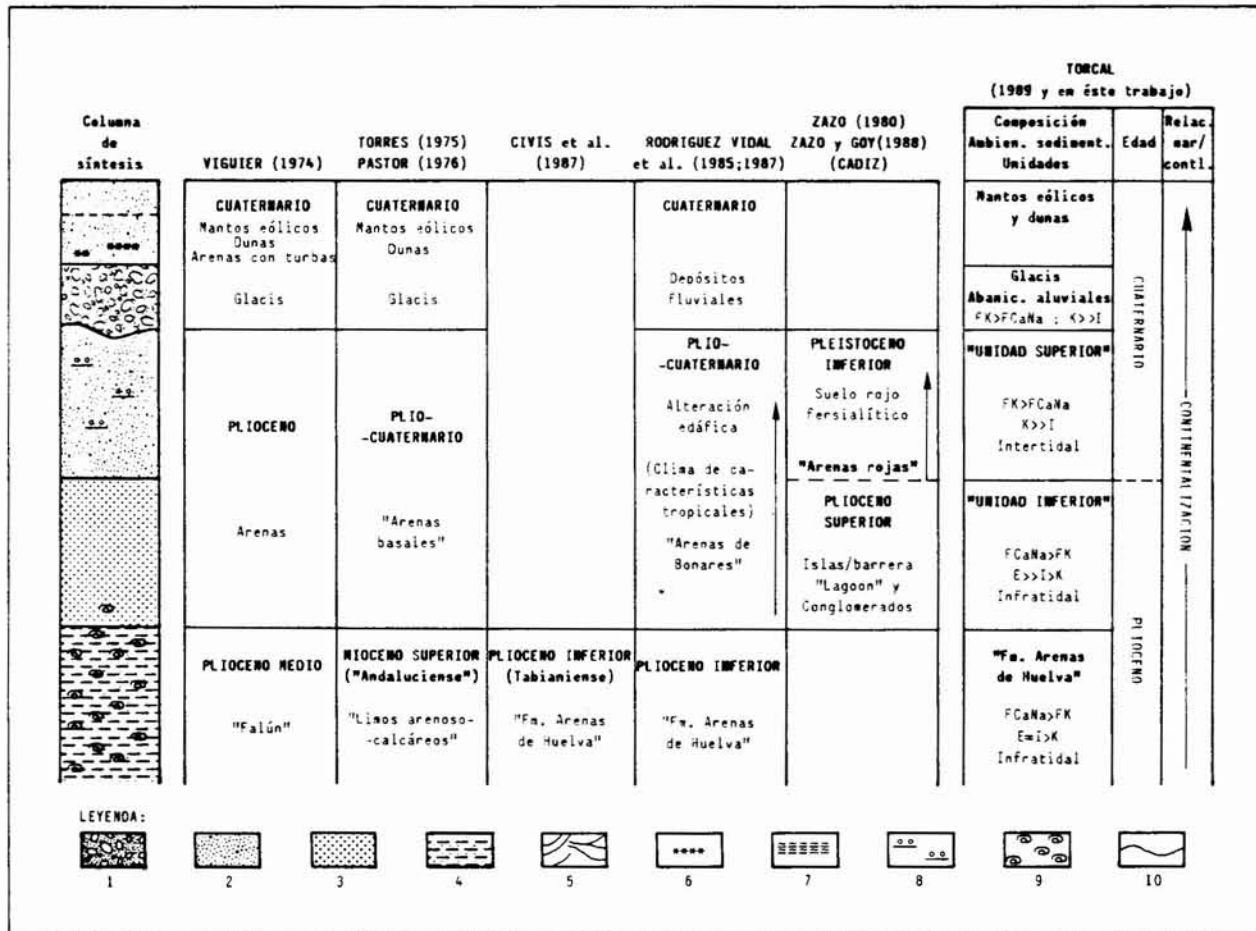


Fig. 2. Intento de correlación de los datos bibliográficos existentes en el área de estudio y zonas adyacentes, y los resultados expuestos en este trabajo. (Leyenda: 1. Conglomerados; 2. Arenas medias y gruesas; 3. Limos arenosos y arenas finas; 4. Limos arenoso-calcáreos; 5. Dunas; 6. Niveles de turbas; 7. Encostramientos ferruginosos; 8. Canales con cantos de cuarcita y cuarzo; 9. Macrofauna; 10. Erosión.)

ciones arenosas», tanto en la zona de Cádiz como en la de Huelva, en una serie de conjuntos sedimentarios, que permitían establecer unas equivalencias de facies, que podían tener su correspondiente cronológico. Fundamental en este trabajo es el análisis llevado a cabo sobre las denominadas «Arenas basales» (Torres, 1975; Pastor, 1976), posteriormente llamadas «Fm. Arenas de Bonares» (Mayoral y Pendón, 1986-87), consideradas por todos los autores mencionados de edad plio-cuaternaria. Un brusco cambio mineralógico se produce de muro a techo de esta formación, tanto en los feldespatos como en los minerales de la arcilla.

En este trabajo se analizan una serie de perfiles que abarcan desde el Plioceno inferior hasta el Pleistoceno inferior (ambos incluidos), dando los resultados mineralógicos y discutiendo las consecuencias paleogeográficas que éstos implican dentro de la cuenca.

Sobre todas las muestras tomadas se han realizado: Análisis granulométricos, análisis petrográficos de la fracción 0, 25-0, 50 mm, difracción de rayos X de las fracciones <63µ (P.T.) y <2µ (A.O.) y exoscopia de los granos de cuarzo.

Los porcentajes obtenidos de los análisis granulométricos y difracción de rayos X del polvo total (P.T.) y del agregado orientado etilenglicolado (A.O.), se han representado en columnas junto a la columna litoestratigráfica, según queda reflejado en las figuras correspondientes. Los análisis petrográficos se han representado en los correspondientes triángulos de clasificación (según Pettijhon *et al.*, 1972) y procedencia (según Dickinson y Suckzek, 1979 y Dickinson, 1985).

Cada muestra se identifica mediante una sigla que coincide con la inicial de la Hoja Topográfica E: 1/50.000 y un número que es el que le corresponde dentro del perfil y de la hoja.

### Análisis y discusión de los perfiles estudiados (fig. 1)

Se han agrupado los perfiles según los conjuntos sedimentológicos aflorantes en los que se ha llevado el muestreo.

#### *Perfiles correspondientes a la «Fm. Arenas de Bonares» y «Alto Nivel Aluvial» (figs. 2 y 3)*

— Perfil de Arroyo de Domingo Rubio (fig. 3-A).

Está situado al pie del monasterio de La Rábida, teniendo una potencia de unos 8 m. Está constituido por arenas de tonos rosados en la base y arenas y paraconglomerados de tonalidades rojas hacia techo.

— Perfil de Palos de la Frontera (fig. 3-B).

Se sitúa en la entrada Sur del pueblo del mismo nombre. Tiene una potencia de unos 7 m y está constituido por varios niveles de arenas de tonos rosados, situándose a techo un nivel de paraconglomerados con encostramientos ferruginosos, de fuertes tonos rojos.

— Perfil de Cantera de la Gasolinera (fig. 3-C).

Está situado unos 400 m al norte de Palos de la Frontera, próximo a la gasolinera, presentando una potencia de unos 7 m. Los dos niveles inferiores tienen unas tonalidades amarillentas; los dos suprayacentes son de tonos rosados y a techo afloran unos paraconglomerados rojizos.

Los tres perfiles descritos son muy semejantes, presentando en la base (muestras H-1, H-3, H-4, H-8 y H-9) unos niveles de arenas finas con bastante limo y arcilla, e incluso algo de fauna (algún molde mal conservado) que según la bibliografía (Mayoral y Pendón, 1986-87) corresponderían a la «FM. Arenas de Bonares».

Los resultados obtenidos por nosotros en estos niveles son muy semejantes: La fracción arenosa es una subarcosa próxima a las cuarzoarenitas (fig. 3), con ligero predominio de cuarzo monocristalino sobre policristalino, así como con predominio también de feldespatos calco-sódicos, estando los potásicos ausentes en algunos casos. En la fracción arcillosa es dominante la esmectita, aunque la caolinita es también abundante. Con respecto a los granos de cuarzo, se han observado caracteres submareales (Lámina 1-B).

En las muestras correspondientes a los niveles H-5 y H-6 de Palos de la Frontera y H-10 y H-11 de cantera de la gasolinera, consideradas asimismo «Fm. Arenas de Bonares» por los autores antes mencionados, la fracción arenosa sigue siendo una subarcosa próxima a las cuarzoarenitas, con predominio de cuarzo monocristalino, pero en cambio puede observarse la disminución del porcentaje de feldespatos calco-sódicos, pasando a ser dominantes los potási-

cos (fig. 3). En la fracción arcillosa se produce la desaparición de la esmectita, con el correspondiente incremento de la caolinita que pasa a ser claramente dominante.

En los granos de cuarzo de estos niveles se observa después de la fase submareal, un episodio intermareal e incluso una segunda eolización (Lámina 1-C y 1-D) y en algunos casos también se han observado neogénesis de cuarzo en zonas cóncavas, lo que indicaría (Le Ribault, 1980; Legican *et al.*, 1989) el paso de estas arenas por un medio deltaico y/o estuario.

Finalmente, a techo de los tres perfiles aparece erosionándolos, el «Alto Nivel Aluvial» (Pendón y Rodríguez Vidal, 1986-87). La matriz de estos paraconglomerados es, asimismo, una subarcosa próxima a las cuarzoarenitas, con predominio de cuarzo monocristalino. Disminuye, en conjunto, la proporción de feldespatos, siendo más abundantes los potásicos, al igual que sucedía en la parte más alta de la «Fm. Arenas de Bonares», lo cual es lógico, puesto que estos depósitos erosionan los materiales infrayacentes incorporando parte de las arenas a los mismos.

El estudio al M.E.B. de los granos de cuarzo de la matriz de los paraconglomerados nos revela que son muy semejantes a los de la «Fm. Arenas de Bonares» infrayacentes, salvo que en algunos casos se han observado marcas del medio fluvial y pequeños «depósitos» de sílice globulosa en caras planas, indicadores, asimismo, del medio fluvial (Le Ribault, 1980; Legican *et al.*, 1989).

De los resultados anteriormente expuestos podemos deducir tres hechos claros: La disminución de los feldespatos calco-sódicos y el incremento de los potásicos; la desaparición de la esmectita con el correspondiente incremento de la caolinita y la progresiva continentalización de las arenas, al pasar de los niveles inferiores a los superiores y al «Alto Nivel Aluvial».

#### *Perfiles correspondientes a la «Fm. Arenas de Huelva» y a la parte inferior de la «Fm. Arenas de Bonares» (figs. 2 y 4).*

— Perfil de Casas de Montemayor (fig. 4-A).

Está situado en el camino que va de Moguer a la ermita de Montemayor. Tiene una potencia de cerca de 4 m y en la base afloran unas margas arenosas con abundante fauna de ostreas y pectínidos, de tonos grisáceos. Sobre las margas se apoyan unas arenas también de tonos grisáceos.

— Perfil de Bonares (fig. 4-B).

Se encuentra ubicado en la carretera que va de Lucena del Puerto a Bonares, teniendo una potencia aproximada de 3,5 m. Afloran en la base unas mar-

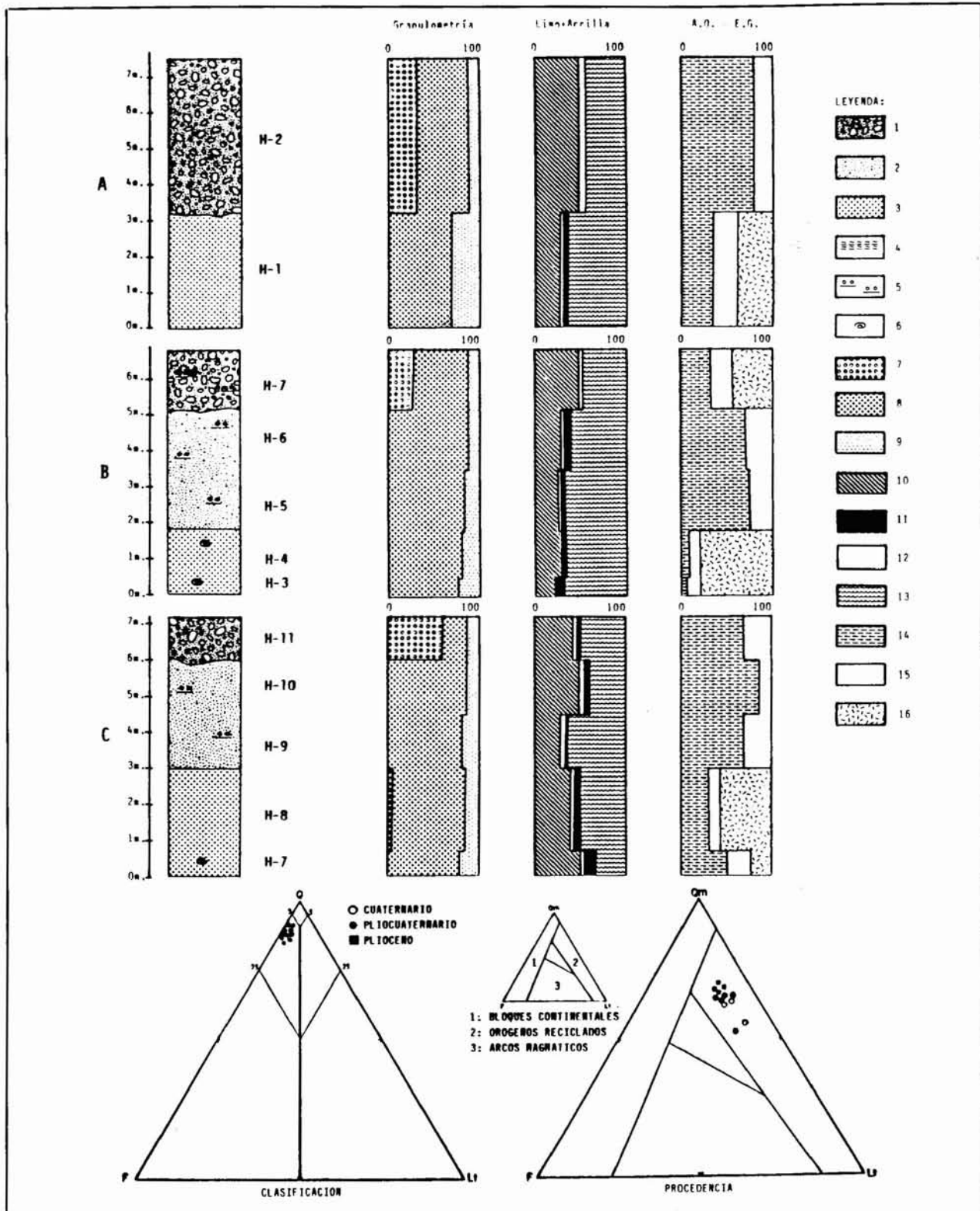


Fig. 3. Datos granulométricos y mineralógicos de los perfiles de Arroyo de Domingo Rubio, Palos de la Frontera y Cantera de la Gasolinera. (Leyenda: 1. Conglomerados; 2. Arenas medias y gruesas; 3. Limos arenosos y arenas finas; 4. Encostramientos ferruginosos; 5. Canales con cantos de cuarcita y cuarzo; 6. Escasa macrofauna; 7. Fracción >2 mm; 8. Entre 2 mm y 63 mm. 9 < 63 mm. 10. Cuarzo; 11. Feldespatos calco-sódicos; 12. Feldespatos potásicos; 13. Minerales arcillosos; 14. Caolinita; 15. Illita; 16. Esmeclita.

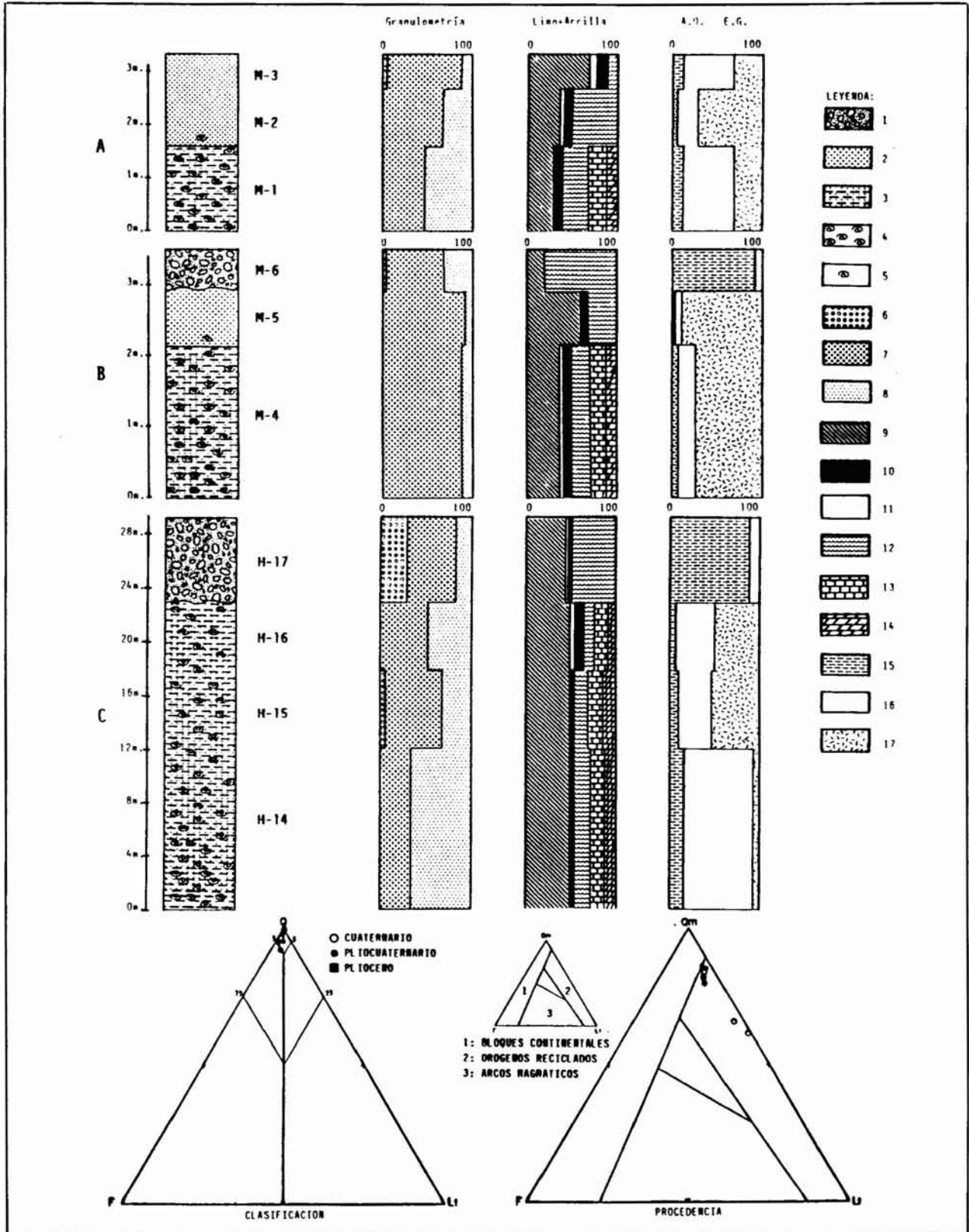


Fig. 4. Datos granulométricos y mineralógicos de los perfiles de Casas de Montemayor, Bonares y Plaza de Toros. (Leyenda: 1. Conglomerados; 2. Limos arenosos y arenas finas; 3. Limos arenoso-calcareos; 4. Abundante macrofauna; 5. Escasa macrofauna; 6. Fracción <2 mm; 7. Entre 2 mm y 63μ; 8. <63 mm; 9. Cuarzo; 10. Feldespatos calco-sódicos; 11. Feldespatos potásicos; 12. Minerales arcillosos; 13. Calcita; 14. Dolomita; 15. Caolinita; 16. Illita; 17. Esmeclita).

gas arenosas con abundante fauna de ostreas y pectínidos y sobre ellas aparecen unas arenas finas de tonalidades rosadas. Finalmente, erosionando a las arenas, afloran unas arenas gruesas con cantos y gravas, de fuertes tonos rojos.

— Perfil de Plaza de Toros (fig. 4-C).

Es un afloramiento muy potente, de más de 30 m de espesor y está situado detrás de la Plaza de Toros de Huelva. Está constituido por unos niveles masivos de margas arenosas, con abundante macrofauna, de tonalidades amarillo-grisáceas. Discordante sobre estos paquetes margosos aflora un depósito conglomerático de tonos rojos.

A pesar de que el perfil de Plaza de Toros se encuentra relativamente alejado de los otros dos, presenta analogías con éstos, ya que en la base de los dos primeros y a lo largo de todo éste (Plaza de Toros), aparece ampliamente representado el Plioceno inferior («Fm. Arenas de Huelva», *Civis et al.*, 1987) con abundante fauna de ostreoides.

Según nuestro estudio, las muestras correspondientes al Plioceno inferior (M-1, M-4, H-14, H-15 y H-16), presentan bastante proporción de calcita y dolomita (fig. 4). Todas ellas son cuarzoarenitas con predominio de cuarzo monocristalino, siendo asimismo, netamente dominantes los feldespatos calco-sódicos, estando los potásicos ausentes muchas veces. La esmectita es el mineral arcilloso dominante, estando subordinadas illita y caolinita. En los granos de cuarzo se observan caracteres submareales (Lámina 1-A).

En las muestras correspondientes a los niveles suprayacentes (M-2, M-3 y M-4), consideradas como «Fm. Arenas de Bonares» (Mayoral y Pendón, 1986-87), únicamente hay indicios de calcita, pero se mantiene el predominio de cuarzo monocristalino, de los feldespatos calco-sódicos y de las esmectitas (fig. 4). En cuanto a las microtexturas de los granos de cuarzo, son bastante similares a las de las muestras anteriores, aunque en algunos granos se observan retoques intermareales.

Finalmente en la muestra M-6 de Bonares y en la H-17 del Perfil de Plaza de Toros, correspondientes al «Alto Nivel Aluvial» (Pendón y Rodríguez Vidal 1986-87) la fracción arenosa sigue siendo una cuarzoarenita con predominio de cuarzo monocristalino; los feldespatos son muy escasos o están ausentes y no presentan esmectita, siendo la caolinita el mineral arcilloso dominante. En los granos de cuarzo de la matriz de los paraconglomerados se observan, sobreimpuestas a las marcas del medio marino, pequeños glóbulos silíceos en caras planas, indicadores, según hemos señalado anteriormente, de un medio fluvial (Lámina 1-F).

En resumen, nos aparece un nivel definido, la «Fm. Arenas de Huelva» sobre la que se apoyan unas arenas finas («Fm. Arenas de Bonares»), muy semejantes composicional y texturalmente a los niveles inferiores descritos en el apartado anterior. En estos perfiles no aflora la parte superior de la «Fm. Arenas de Bonares», apoyándose directamente el «Alto Nivel Aluvial» sobre las arenas limosas.

*Perfil correspondiente a la «Fm. Arenas de Bonares» (figs. 2 y 5)*

— Perfil de Cabezo de los Charquillos.

Está situado al sur del pueblo de Bonares, en el cerro que lleva este nombre. Tiene una potencia de unos 15 m y está constituido por varios niveles arenosos de diversas tonalidades, del blanco al rojizo, que se apoyan sobre unas margas arenosas con macrofauna de ostreas y pectínidos. A techo afloran unos conglomerados que engloban clastos de la costra ferruginosa infrayacente.

Se ha estudiado aisladamente este perfil por considerar que es algo diferente de los anteriores descritos, según veremos, aunque en la bibliografía, todos los niveles excepto las margas arenosas, que corresponden a la «Fm. Arenas de Huelva», están dados como «Fm. Arenas de Bonares».

Granulométricamente todos los niveles, exceptuando el correspondiente a la muestra M-7 (Roca inalterada de Rodríguez Vidal *et al.*, 1985), tienen sólo arena media y fina y escasísima proporción de arcilla, caso bastante excepcional en la zona de estudio. Composicionalmente todas las muestras son cuarzoarenitas prácticamente puras, con neto predominio de cuarzo monocristalino. En la muestra M-7, que se apoya sobre la «Fm. Arenas de Huelva», hay un elevado porcentaje de feldespatos calco-sódicos y a partir de este nivel desaparece (fig. 5). En la fracción arcillosa, la esmectita es el mineral predominante en la muestra M-7, desapareciendo en los restantes niveles y aumentando la caolinita hasta un 96 %.

Al M.E.B., las microtexturas de los granos de cuarzo indican que en el nivel inferior (M-7) hay un predominio de caracteres submareales, aunque con retoques intermareales y en los niveles superiores se observa, después de la fase intermareal (Lámina 1-E), una segunda eolización y posteriormente otra nueva fase intermareal, es decir, supondría que los niveles suprayacentes a M-7, han estado emergidos y han sufrido una eolización, causante tal vez de la homogénea granulometría.

Rodríguez Vidal *et al.* (1985), estudian este perfil y señalan la existencia de unas arcosas arcillosas de grano fino a medio, que se disponen ligeramente erosivas sobre la «Fm. Arenas de Huelva». Estos mate-

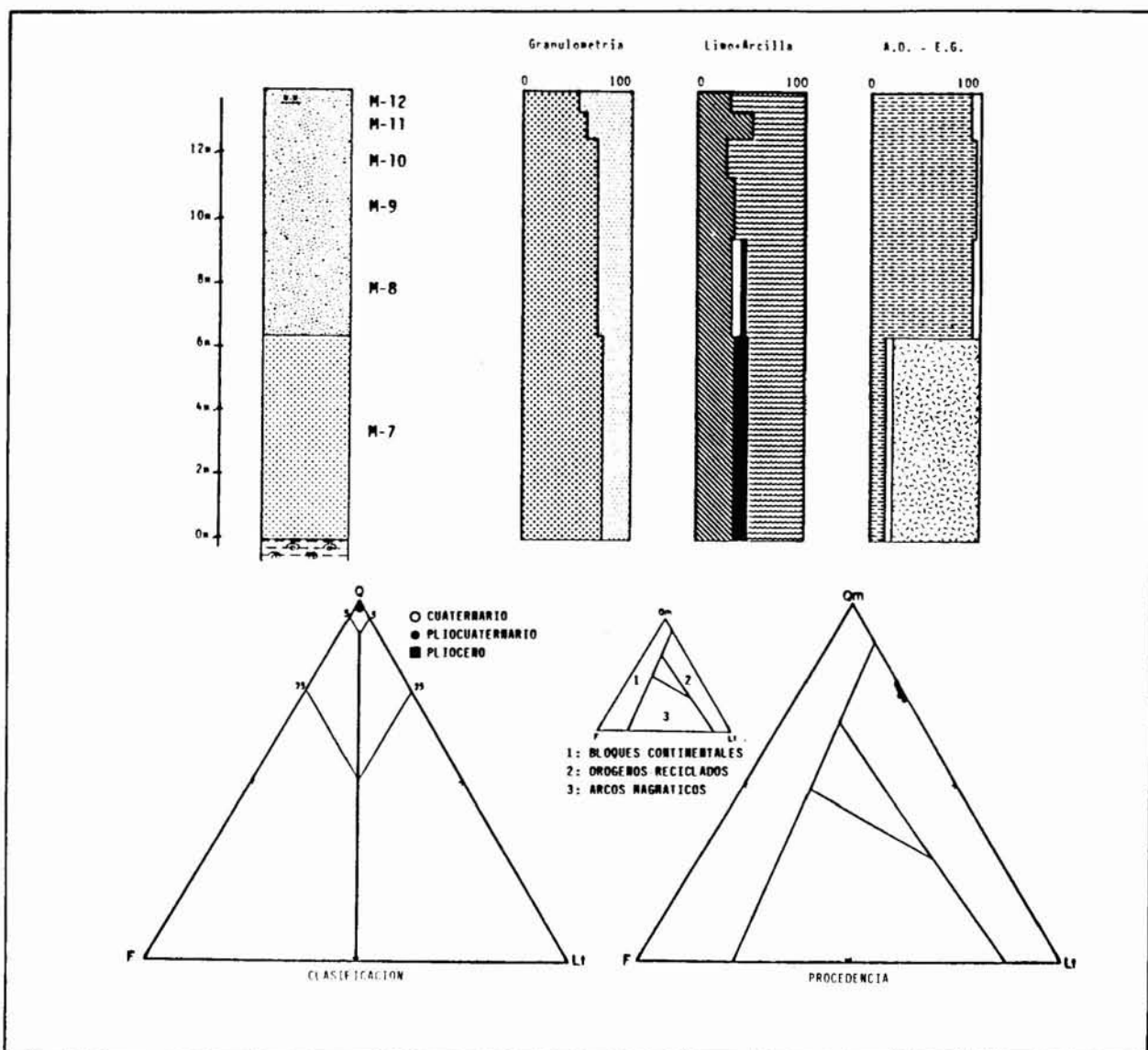


Fig. 5. Datos granulométricos y mineralógicos de perfil de Cabezo de los Charquillos. (Los símbolos de las columnas son los mismos que los de las figs. 2 y 3.)

riales arcóscicos presentan a techo un encostramiento ferruginoso sobre el que yacen unos conglomerados que engloban clastos de la costra. Dichos autores dividen, en esencia, el perfil en varios niveles: «Roca inalterada», en la que incluyen la «Fm. Arenas de Huelva» y la parte inferior de las «Fm. Arenas de Bonares», depositadas éstas en un medio litoral. Nosotros hemos considerado «UNIDAD INFERIOR» la parte inferior de la «Fm. Arenas de Bonares», por el alto contenido en esmectitas, dominio de los feldspatos calco-sódicos y caracteres submareales con retoques intermareales en los granos de cuarzo. Al tra-

mo que estos autores dominan «Litomarga», nosotros lo consideramos «UNIDAD SUPERIOR», ya que es a partir de aquí donde se nos produce el cambio mineralógico y donde las microtexturas de los granos de cuarzo son claramente intermareales con retoques eólicos.

Aparte de esta granulometría tan homogénea, del mejor redondeamiento de los granos de cuarzo y de la casi exclusividad de la caolinita en los niveles superiores, volvemos a tener los dos tramos perfectamente diferenciados dentro de la «Fm. Arenas de Bonares».



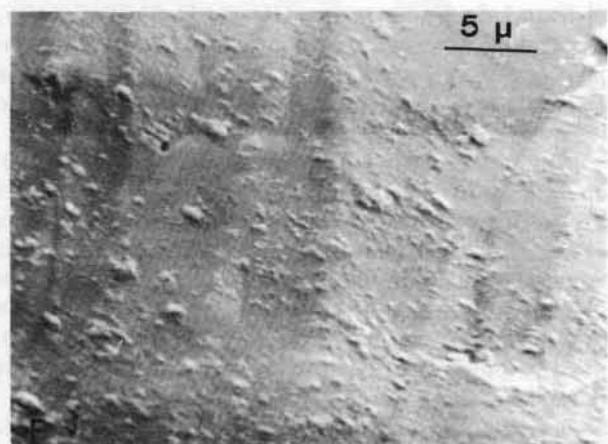
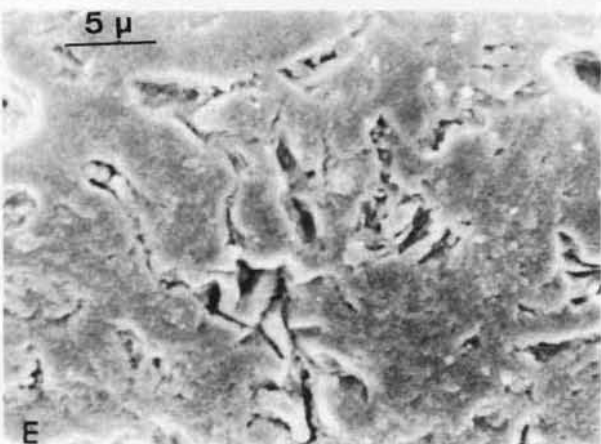
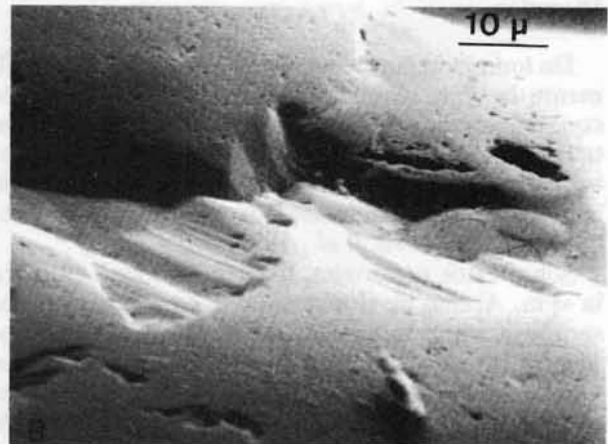
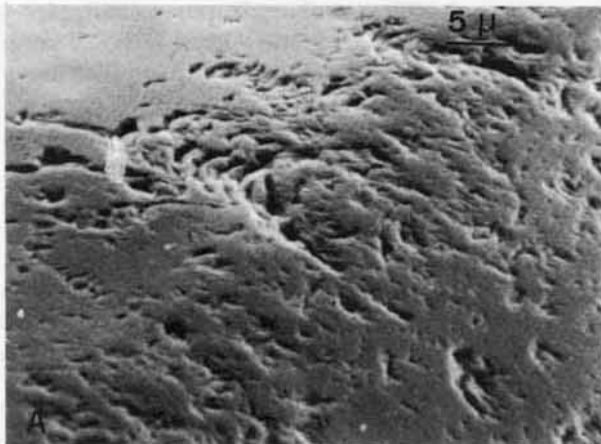


Lámina 1-A. «Chattermarks» y «grooves» agrandados por disolución marina, sobre una superficie bien pulimentada debida al paso del grano de cuarzo por un medio marino submareal prolongado. (Muestra M-1.)  
 B. Formas en «V» originadas por disolución del cuarzo a favor de su estructura, sobre una superficie muy bien pulimentada. Marino submareal. (Muestra H-3.)  
 C. Glóbulos de sílice de origen marino intermareal sobre formas en «V» debidas a disolución marina. (Muestra H-5.)  
 D. Formas en «V» producidas por impacto eólico, ligeramente pulimentadas, con glóbulos de sílice de origen marino intermareal en el fondo de ellas. (Muestra H-10.)  
 E. «Grooves» de origen eólico, poco pulidos, con ligero «depósito» de glóbulos de sílice de origen marino intermareal, sobre una superficie poco pulimentada. (Muestra M-11.)  
 F. Glóbulos de sílice de origen fluvial sobre una cara plana de un grano de cuarzo subredondeado. (Muestra H-17.)

## Discusión

De todo lo expuesto se deduce que composicionalmente la «Fm. Arenas de Huelva» se corresponde con sedimentos marinos inframareales, con abundante macro y microfauna y predominio de los feldspatos calco-sódicos y de la esmectita e illita. La edad de esta formación establecida por microfauna, es Plioceno inferior (Civis *et al.*, 1987).

Sobre estos materiales aparece en toda la cuenca la «Fm. Arenas de Bonares», que en algunos puntos se apoya sobre la anterior en discordancia erosiva. Dentro de esta formación se pueden distinguir dos grandes unidades: «UNIDAD INFERIOR» con escasos restos fósiles debido a disolución fosildiagenética (Civis *et al.*, 1987), que mineralógicamente es similar a los depósitos infrayacentes aunque con mayor predominio de la esmectita y con un ambiente de sedimentación submareal con transición a intermareal, y una «UNIDAD SUPERIOR» caracterizada por una granulometría en general más grosera (pequeños «lag» de cantos de cuarcita aislados), en la que se produce un cambio en la composición mineralógica, pasando a predominar los feldspatos potásicos y la caolinita, estando ausente la esmectita. El medio de depósito es intermareal y ocasionalmente transicional (deltaico, estuarino), con algún retoque eólico.

Sobre esta formación se desarrollan en el litoral de Huelva, alteritas con costras ferruginosas, lo que indicaría (Rodríguez Vidal *et al.*, 1985) un clima con características tropicales, aunque no tropical típico. En el litoral de Cádiz, esta «UNIDAD SUPERIOR», mineralógicamente es comparable a las «Arenas rojas» con *Box auros* (Cuaternario) de Sanlúcar de Barrameda (Zazo, 1980; Zazo y Goy, 1988), sobre las que se desarrolla un suelo rojo fersialítico.

Mayoral (1986), y Mayoral y Pendón (1986-87), en el estudio que realizan sobre estos materiales arenosos, consideran que el tramo inferior de la «Fm. Arenas de Bonares», correspondería a una zona de transición entre *shoreface* y *foreshore*, por el alto contenido en huellas orgánicas, señalando que las zonas más bioturbadas correspondían a zonas protegidas; en definitiva, señalan un medio de depósito de submareal somero a intermareal.

Nosotros, en este mismo tramo («UNIDAD INFERIOR») encontramos que las microtexturas de los granos de cuarzo nos indican lo mismo que a ellos, medio submareal con transición a intermareal y además, composicionalmente, tenemos la abundancia de esmectita y de feldspatos calco-sódicos.

Hacia los tramos superiores, los autores antes mencionados, indican una progresiva disminución de las icnocenosis y cada vez más bajos contenidos en macrofauna, correspondientes a un medio cada vez más

energético y hostil, corroborado por megaripples y aumento del tamaño del grano y hacia techo de la serie, los niveles presentan indicios del establecimiento de un medio subaéreo (*backshore*).

En este tramo, que nosotros hemos denominado «UNIDAD SUPERIOR», las microtexturas de los granos de cuarzo nos indican, asimismo, un medio intermareal o transicional, con retoques eólicos y a veces fluviales, pero la mineralogía nos cambia brusca-mente, ya que nos desaparece la esmectita, pasando a ser casi exclusiva la caolinita y de predominar los feldspatos calco-sódicos a ser muy abundantes los potásicos. En el perfil de Cabezo de los Charquillos, nos sucede otro tanto, según hemos visto, a la «UNIDAD INFERIOR» corresponde la «Roca inalterada» (Rodríguez Vidal *et al.*, 1985) y a la «UNIDAD SUPERIOR» la litomarga. En la zona de Cádiz, a la «UNIDAD INFERIOR» corresponde el Plioceno superior y a la «UNIDAD SUPERIOR» las «Arenas rojas».

En el «Alto Nivel Aluvial», sin embargo, las microtexturas de los granos de cuarzo nos indican medios fluviales superpuestos a los marinos, pero la mineralogía se mantiene semejante a la de «UNIDAD SUPERIOR».

Por otro lado, Diester-Haas & Chamley (1978); Chamley & Giroud d'Argoud (1979) y Chamley (1983), han estudiado las variaciones en la mineralogía de las arcillas en zonas mediterráneas y del norte de Africa, interpretando estas variaciones como consecuencia de cambios climáticos. Dichos autores indican que la abundancia de esmectita sugiere un clima seco con estaciones contrastadas y marcados períodos lluviosos y la abundancia de caolinita correspondería a períodos más húmedos y cálidos. También Rodríguez Vidal *et al.* (1985-88), asocian, en la zona de estudio, los encostramientos ferruginosos que aparecen en la «Fm. Arenas de Bonares» a un clima con características tropicales, aunque no tropical típico.

Nosotros consideramos que el brusco cambio composicional que se produce entre las dos unidades debe ser consecuencia, de un cambio climático unido a un cambio en las áreas de aporte.

Indudablemente, sin un registro paleontológico no podemos establecer categóricamente la transición Plio-Pleistoceno. El cambio de medio de muro a techo de la formación parece un hecho, según han demostrado los autores antes mencionados y nosotros mismos, pero el brusco cambio composicional ¿sólo significa un cambio de facies? Cambia el medio, la granulometría y la mineralogía, ¿no podríamos por tanto considerar que la transición se produce entre las dos unidades indicadas?

Nosotros consideramos que el cambio mineralógico que se produce en el seno de la «Fm. Arenas de Bonares», entre la «UNIDAD INFERIOR» y la «UNIDAD SUPERIOR», podría corresponder al paso Plioceno superior/Pleistoceno inferior, dato que concuerda con la presencia de fauna ya cuaternaria en los depósitos de Cádiz.

La evolución paleogeográfica de este área podría resumirse de la siguiente forma: Durante el Plioceno inferior el mar ocupaba la parte baja de la cuenca del Guadalquivir y bajo un ambiente de mar abierto se depositaron las «Arenas de Huelva». Posteriormente la zona se va continentalizando y en estas condiciones se deposita la «Fm. Arenas de Bonares», en concreto la «UNIDAD INFERIOR», en un ambiente marino más somero, durante el Plioceno medio-superior.

A partir de ese momento, en este área se desarrollan medios marino-continuales que hacen llegar a la cuenca aportes fluviales. Un cambio mineralógico brusco se produce en ese momento, debido posiblemente a un cambio en el área de aportes, ocasionado probablemente por la reactivación de algunos accidentes (Zazo *et al.*, 1984) y a un cambio climático, que indicaría el inicio del Cuaternario.

Posteriormente el desarrollo del «Alto Nivel Aluvial», indica claramente una continentalización mayor de este área y la instalación de una red fluvial que, a grandes rasgos, sería similar a la que observamos en la actualidad.

### Conclusiones

Del estudio expuesto se pueden establecer cuatro conjuntos sedimentarios que de muro a techo serían:

— «Fm. Arenas de Huelva», caracterizadas por la presencia de abundante macro y microfauna y desde el punto de vista mineralógico, por el predominio de feldespatos calco-sódicos sobre los potásicos y de esmectita e illita sobre caolinita, en un medio de depósito submareal y una edad del Plioceno inferior (Civis *et al.*, 1987).

— «Fm. Arenas de Bonares», que se apoya localmente en discordancia erosiva sobre las anteriores y que están formadas por dos conjuntos mineralógicos diferentes:

— «UNIDAD INFERIOR», composicionalmente muy similar a la «Fm. Arenas de Huelva», aunque con mayor contenido en esmectitas.

— «UNIDAD SUPERIOR», en la que no sólo se observa un aumento del tamaño del grano, llegando a contener «lag» discontinuos y planos, de cantos de cuarcita hacia techo, sino que además presenta predominio de los feldespatos potásicos sobre los calco-sódicos y de caolinita sobre illita, desapareciendo la

esmectita, en un medio de sedimentación intermareal con retoques eólicos en unas zonas y fluviales en otras.

A techo de esta última unidad se desarrollan aleritas con costras ferruginosas en la costa de Huelva (Rodríguez Vidal *et al.*, 1985) y suelos rojos fersialíticos en el litoral de Cádiz (Zazo, 1980).

— Sobre estos materiales y en discordancia erosiva aflora el «Alto Nivel Aluvial», ya más relacionado con la red actual y cuya composición mineralógica es similar a la de la «UNIDAD SUPERIOR».

Desde nuestro punto de vista este brusco cambio mineralógico debe ser producto de un cambio en el área de aportes (Neotectónico) y de un cambio climático que, por otra parte se registra a nivel global al inicio de Cuaternario.

Por tanto consideramos, aunque no tenemos registro paleontológico, que por todo lo expuesto y por la similitud de la «UNIDAD SUPERIOR» con las «Arenas rojas» con *Box auros* del litoral de Cádiz que la transición Plioceno/Pleistoceno podría situarse entre estas dos unidades.

### Referencias

- Civis, J.; Sierro, F. J.; González Delgado, J. A.; Andrés, I.; De Porta, J., y Valle, F. (1987). *Paleontología del Neógeno de Huelva (W. Cuenca del Guadalquivir)*. Universidad de Salamanca, 163 págs.
- Chamley, H. (1983). Indications paleoclimatiques fournies par les successions argileuses du Neogene Supérieur Méditerranéen. *Geol. Medit.*, 7: 25-34.
- Chamley, H., y Diester-Haas, L. (1979). Upper Miocene to Pleistocene climates in North-West Africa deduced from terrigenous components of site 397 sediments. (D.S.P.S. Leg 47A.) *Initial Reports D.S.D.P.*, 47, 1: 641-646.
- Chamley, H., y Giroud d'Argoud, G. (1979). Clay mineralogy of site 397, South of Canary islands (D.S.D.P. Leg 47A.) *Initial Reports D.S.D.P.*, 47, U.S. Gov. Print, of Washington D.C., 1: 595-601.
- Dickinson, W. R. (1985). Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. In *Provenance of arenites* (G. G. Zuffa, edit.). Nato. Asi Series, 333-361.
- Dickinson, W. R., y Suczek, C. A. (1979). Plate tectonics and sandstone compositions. *Amer. Assoc. Petroleum Geologist Bull.*, 63: 2164-2182.
- Legigan, Ph.; Le Ribault, L., et Montron, S. (1989). Exoscopie des quartz fluviaux. Delai d'acquisition des caractères de la surface des grains au long du cours d'une rivière. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 309-II, 575-581.
- Le Ribault, L. (1980). *Exoscopie des quartz, fiches signalétiques et interprétation des principaux caractères phenomorphiques*. These 3eme Cycle. Univ. Paris-Sud (Centre D'Orsay), 104 págs.
- Mayoral, E. (1986). Icnofacies de Skolitos y Cruziana en el Neógeno superior (Plioceno marino) del sector Huelva-Bonares (Valle del Guadalquivir, España). *Rev. Española de Paleontología*, 1: 13-28.

- Mayoral, E. (1989). Geología de la depresión inferior del Guadalquivir. El Cuaternario en Andalucía occ., *AEQUA Monografías*, 1: 7-20.
- Mayoral, E., y Pendón, J. G. (1986-87). Icnofacies y sedimentación en zona costera. Plioceno superior (?). Litoral de Huelva. *Acta Geológica Hispánica*, 21-22: 507-513.
- Pastor, F. (1975). *Mapa Geológico de España E. 1:50.000 (2.ª serie), Hoja n.º 1.000, Moguer*. I.G.M.E., Madrid, 32 págs.
- Pendón, J. G., y Rodríguez Vidal, J. (1986-87). Caracteres sedimentológicos y geomorfológicos del Alto Nivel Aluvial cuaternario en el litoral de Huelva. *Acta Geológica Hispánica*, 21-22: 107-111.
- Pettijohn, F. J.; Potter, P. E., y Siever, R. (1973). *Sand and sandstones*. Springer-Verlag, New York-Heidelberg-Berlin, 618 págs.
- Rodríguez Vidal, J. (1989). El inicio de la red fluvial cuaternaria en el sector occidental de la depresión del Guadalquivir. El Cuaternario en Andalucía occ., *AEQUA Monografías*, 1: 27-31.
- Rodríguez Vidal, J.; Mayoral, E.; Castiñeira, J.; García Rincón, J. B.; Del Olmo, F.; Vallespi, E.; Baedo, R.; Alvarez, G., y Baeza, F. (1988). Tránsito marino-continental y aluvionamientos cuaternarios en los alrededores de Huelva. En: *Aluvionamientos cuaternarios en la depresión inferior del Guadalquivir*. (Encuentros de campo). AEQUA. Grupo Andaluz del Cuaternario, 11-16.
- Rodríguez Vidal, J.; Mayoral, E., y Pendón, J. G. (1985). Aportaciones paleoambientales al tránsito Plio-Pleistoceno en el litoral de Huelva. *Actas I, Reunión del Cuat. Iber.* 1, 447-459.
- Sierro, F. J. (1985). Estudio de los foraminíferos planctónicos, bioestratigrafía y cronoestratigrafía del Mio-Plioceno del Borde Occidental de la Cuenca del Guadalquivir (S.O. de España). *Studia Geol. Salmaticensis*, 21: 7-85.
- Torcal, L. (1989). *Los depósitos detríticos Plioceno-Pleistocenos del litoral del Golfo de Cádiz: Petrología, Mineralogía de arcillas y exoscopia del cuarzo*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid (inédita), 335 págs.
- Viguié, C. (1974). *Le Neogene de l'Andalousie Nord Occidentale (Espagne). Histoire géologique du Bassin du bas-Guadalquivir*. These Univ. Bordeaux. 450 págs.
- Zazo, C. (1980). *El Cuaternario marino-continental y límite Plio-Pleistoceno en el litoral de Cádiz*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid (inédita), 436 págs.
- Zazo, C., y Goy, J. L. (1988). *Mapa Geológico de España, E. 1:50.000 (2.ª serie), Hoja n.º 1.047, Sanlúcar de Barrameda*. I.G.M.E., Madrid, 35 págs.
- Zazo, C.; Goy, J. L.; Dabrio, C.; Civil, J., y Baena, J. (1985). Paleogeografía de la desembocadura del Guadalquivir al comienzo del Cuaternario (Provincia de Cádiz, España). *I Reunión do Quaternario Iberico*, Lisboa, 461-472.

Recibido el 21 de diciembre de 1988  
Aceptado el 23 de julio de 1989