

## LOS SEDIMENTOS CON DIATOMEAS DEL MIOCENO EN LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR: EDAD Y COMPOSICION LITOLOGICA

M. J. López García \* y M. A. Bustillo \*

### RESUMEN

El estudio de 93 puntos en el Mioceno de la cuenca del Guadalquivir ha permitido definir en esta cuenca la situación, bioestratigráfica y composición litológica de las margas con diatomeas o «moronitas». Dichas rocas incluyen gran variedad de términos litológicos estando constituidos principalmente por ópalo A (10-85 %) (mayoritariamente diatomeas; silicoflagelados, espículas de esponja y radiolarios en menor proporción), calcita (5-80 %) (microforaminíferos, nanoplancton calcáreo, micrita y esparita fundamentalmente), minerales de la arcilla (5-40 %) (esmectita predominando sobre illita y caolinita en menores proporciones) y cuarzo terrígeno (< 15 %).

Las asociaciones de diatomeas están constituidas fundamentalmente por diatomeas planctónicas de aguas templado-cálidas, con dominio de *Thalassionema nitzschoides*, *Thalassionema bacillaris* y *Thalassiotrix longuissima*, definiendo áreas de alta productividad (upwelling) en la zona durante el Mioceno Medio y Superior. El componente bentónico es escaso y diversificado, sin embargo localmente adquiere importancia el género *Delphineis* indicando zonas más litorales.

Se determinan tres episodios de sedimentación diatomítica basados en la zonación de baja latitud de Barron (1985c). El Episodio Inferior definido por las biozonas *Cestodiscus peplum* y *Coscinodiscus lewisianus*, comprende desde el Langhiense superior al Serravaliense inferior. Después de un período de tiempo sin deposición de diatomeas comienza el Episodio Medio definido por las biozonas *Craspedodiscus coscinodiscus* y *Actinocyclus moronensis*, y que incluye el techo del Serravaliense y el Tortoniense Inferior. El Episodio Superior que corresponde a la biozona *Thalassiosira yabei* comprende el Tortoniense Medio.

Los tipos de diluyentes fundamentales de la sedimentación diatomítica (componentes biogénicos calcáreos, terrígenos y arcillas), se mantienen en los tres episodios pero presentan gran variación en sus proporciones debido a la morfología «en lenguas» y composición de los depósitos sedimentarios formados bajo zonas de «coastal upwelling». El Episodio Superior diferenciado por el predominio del diluyente arcilloso-terrígeno y por una mayor proporción de *Delphineis* en las asociaciones de diatomeas, se interpreta formado más cerca del continente.

**Palabras clave:** diatomeas, «coastal upwelling», ópalo A, Mioceno Medio-Superior.

### ABSTRACT

The lithological composition and biostratigraphy of diatomaceous marls have been defined in 93 outcrops of the Guadalquivir Basin. The diatomaceous marls display a wide variety of lithological types, mainly comprised of opal A (10-85 %) (mainly diatoms and to a lesser extent silicoflagellates, spicules and radiolarians), calcite (5-80 %) (principally foraminifers, nannoplankton, sparite, micrite and microspar), clay minerals (5-40 %) (smectite in greater quantities than illite; and kaolinite in small quantities) and terrigenous quartz (< 15 %).

The diatom assemblages in the marls reflect the occurrence of temperate to warm water conditions in this area during middle and late Miocene. The diatoms are dominated by the following upwelling species: *Thalassiosira nitzschoides*, *Thalassiotrix longuissima* and *Thalassionema bacillaris*. Benthic diatoms are scarce but they have great species diversity. However, in some outcrops the genus *Delphineis* is more frequent thus indicating environments closer to shore areas. Three episodes based on Barron's (1985) low latitude zonation

\* Departamento de Geología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid.

have been defined. The Lower Episode includes *Cestodiscus peplum* and *Coscinodiscus lewisianus* Zone and is assigned to the upper Langhian- lower Serravalian. After a period of no diatom occurrence (*C. gigas* var. *diorama* Zone is missing), the Middle Episode is defined by *Craspedodiscus coscinodiscus* and *Actinocyclus moronensis* Zones and covers the latest Serravalian-early Tortonian. The Upper Episode corresponds to *Thalassiosira yabei* Zone and it is assigned to middle Tortonian.

The fundamental types of dilutants in diatomic sedimentation (biogenic calcareous, terrigenous and clay minerals), do not vary throughout the three episodes but there are great variations in the proportions. The coastal upwelling regime produces tongue-like patterns of sedimentation and the sedimentary record displays different changes of facies. The Upper Episode, where the clay-terrigenous dilutants predominate over calcareous dilutants and Delphineis appear in greater quantities, is interpreted as having been formed in an environment closer to the shore than other episodes.

**Key words:** diatoms, coastal upwelling, opal A, Middle and Late Miocene.

## Introducción

Los sedimentos con diatomeas de la cuenca del Guadalquivir, denominados «moronitas» a partir de los trabajos de Calderón y Paul (1886), han sido objeto de diferentes estudios desde el siglo pasado, aunque una gran parte de los datos existentes son antiguos y fuera de las nuevas tendencias de estudio.

En relación a la taxonomía de las diatomeas los estudios realizados en estas rocas han sido escasos. A pesar de ello podemos encontrar en Azpeitia (1911) una enumeración exhaustiva de especies en 18 yacimientos del Sur de España. Trabajos más recientes, Berggren *et al.* (1976) y Monjanel (1987), aportan pocos datos taxonómicos significativos, ya que poseen un enfoque puramente bioestratigráfico. Según han ido avanzando los estudios micropaleontológicos en microfósiles calcáreos, la edad atribuida a las «moronitas» ha ido modificándose, asignándolas cada vez una edad más moderna. Se ha pasado de considerar globalmente una edad única (Douvillé, 1906; Martínez y Rodríguez, 1949) a definir primero dos episodios de edades diferentes durante el Mioceno (Perconig y Granados, 1973) y más recientemente tres episodios. En este sentido Roldán y Divar (1988) y Roldán *et al.* (1988), consideran tres tramos y atribuyen al Inferior una edad Aquitaniense-Burdigaliense Inferior, al Medio una edad Burdigaliense Superior-Serravaliense y al Superior una edad Tortoniense. Posteriormente Roldán *et al.* (1992a y b), incluyen los sedimentos con diatomeas que aparecen en la provincia de Jaén en la Unidad de Castro del Río considerada como Serravaliense Medio-Tortoniense Inferior y encuentran también algunos sedimentos con diatomeas en la denominada Unidad de Porcuna considerada Tortoniense Superior-Messiense. Además estos últimos autores consideran que el tramo inferior descrito por Roldán y Divar (1988) y Roldán *et al.* (1988), no aparece en su área de es-

tudio. Todas estas determinaciones se basan en criterios tectónicos y tectosedimentarios en cuanto a los límites y en microfósiles calcáreos respecto a las dataciones, corresponden a áreas reducidas de la cuenca y pueden ser poco precisas cuando se analiza la edad de los sedimentos diatomíticos en sí.

Otros autores como Alvaro *et al.* (1987), Hernaiz *et al.* (1988), Díaz de Neira *et al.* (1988), Enrile *et al.* (1988) y García Cortés (1988), en diferentes zonas de la provincia de Jaén, distribuyen el Neógeno y particularmente el Mioceno, en una serie de ciclos, facies o unidades litológicas, y citan «margas blancas» en alguno de ellos. Las dataciones abarcan desde el Burdigaliense Superior-Langhiense Inferior, al Serravaliense Superior-Tortoniense Inferior. Además, señalan que el intervalo Langhiense Superior-Serravaliense no suele depositarse. Estas distribuciones son difíciles de aplicar a otras áreas de la cuenca del Guadalquivir en las que las litologías que acompañan a las «margas blancas» varían.

Los estudios que se refieren a las características composicionales de la roca tanto desde el punto de vista petrológico como sedimentológico y geoquímico, también son escasos. Sin embargo hay que resaltar el importante análisis global de estas facies y su significado realizado por Colom y Gamundi (1951) en el Sur y Levante español. Más recientemente, la evaluación del posible interés económico de los yacimientos de diatomititas (Calvo, 1981; Pliego y Babiliano, 1982), ha aportado datos puntuales sobre los tramos más ricos en diatomeas.

En relación al medio de depósito, inicialmente los trabajos se centran en configurar dos parámetros: distancia a la costa y/o profundidad de depósito, considerando exclusivamente la proporción de detriticos y la relación bentónicos/planctónicos. En esta línea Colom (1952), considera que las «moronitas» se formaron en el denominado «estrecho nord-bético», en un medio litoral y Viguier (1974) piensa en un mar

en calma, poco profundo y cálido. Ambos autores consideran que las diatomeas son aportadas por corrientes oceánicas más frías. Trabajos más recientes, pero en unos puntos muy específicos (Tjasma, 1971; Berggren *et al.*, 1976, y Molina *et al.*, 1987), concretan sobre pendientes de la cuenca, profundidades de depósito, temperaturas del agua o tipos de corrientes, aunque los resultados son diferentes para cada autor y zona. Actualmente, Curtó y Matías (1990 y 1991) y Sierro *et al.* (1992), tratan de concretar las características del «upwelling» causante de estas facies.

Por otra parte, las Memorias Geológicas más recientes correspondientes a la cartografía del Mapa Geológico Nacional han proporcionado importantes datos, quedando patente la importancia de la tectónica en la conformación de las cuencas y las relaciones de los sedimentos diatomíticos con otras facies, lo que ha permitido aproximaciones sobre el ambiente de sedimentación (Alvaro *et al.*, 1987; Roldán *et al.*, 1992a, b y c; Enrile *et al.*, 1988, y Jerez, 1990).

Se pretende en este trabajo el estudio preciso de los sedimentos miocenos con diatomeas de la cuenca del Guadalquivir, con motivo de analizar conjuntamente la edad y composición de dichas rocas. Ello constituye una orientación nueva en el conocimiento de estas rocas, al establecer relaciones entre los períodos de sedimentación diatomítica obtenidos a través de las diatomeas y las características petrológicas de las facies que originan.

### Contexto geológico

La cuenca del Guadalquivir es una depresión alargada en dirección ENE-OSO situada en el Sur de la Península Ibérica y que se encuentra rellena por sedimentos terciarios y cuaternarios. Durante el Neógeno, la mayoría de los autores coinciden en considerar la zona como una típica ante-fosa (Fontboté y Vera, 1983) o cuenca de antepaís (Portero y Alvaro, 1984) que evoluciona a partir de una cuenca de surco frontal (Sanz de Galdeano y Vera, 1992).

Con objeto de hacer un análisis de esta cuenca, enfocado al estudio de la sedimentación diatomítica, se han diferenciado cuatro unidades (fig. 1):

1. El macizo Hespérico, situado al Norte y constituido por rocas metamórficas y plutónicas. Fue el borde pasivo de la cuenca.

2. Las zonas externas béticas que incluyen rocas sedimentarias mesozoicas y el Mioceno Inferior. Estas rocas se han visto afectadas por importantes desplazamientos de tipo olitostromico desde su lugar de origen hasta la cuenca. Constituyó el borde meridional activo de la misma.

3. Formaciones que incluyen margas con diatomeas («moronitas») del Mioceno Medio y Superior, situadas hacia borde meridional de la cuenca.

4. Formaciones autóctonas del Mioceno Superior, situadas más cerca del borde septentrional de la cuenca y que sólo ocasionalmente incluyen margas con diatomeas. Se han incluido también los depósitos pertenecientes al Plioceno y Cuaternario.

Las dos primeras corresponden a los bordes de la cuenca mientras que las dos últimas son principalmente las unidades neógenas que rellenaron la misma.

Las margas con diatomeas están intercaladas con otras litologías distintas que son frecuentemente de naturaleza biocalcarenítica y además están repartidas en secuencias tectosedimentarias (Garrido Megías *et al.*, 1980) de diferente edad. Dentro de estas secuencias las rocas con diatomeas se sitúan preferentemente a techo de las mismas, en alternancias en las que se van haciendo progresivamente dominantes. Representan por tanto las etapas de mayor calma tectónica en las cuencas.

La evolución del «corredor bético», tiene un especial significado porque durante la mayor parte del Neógeno fue la llave que controló la comunicación entre el Atlántico y el Mediterráneo. Debido a ello la historia deposicional de la cuenca del Guadalquivir en el Neógeno es el resultado por un lado de la tectónica bética que fue modificando la paleogeografía y rellenando la cuenca con materiales olitostromicos y turbidíticos, y por otro de la paleoceanografía, ya que se establecieron en el agua oceánica unas condiciones de alta productividad, que permitieron la proliferación de diatomeas.

### Materiales y métodos

Se han recogido muestras de 93 afloramientos de «moronitas» a lo largo de la cuenca del Guadalquivir (fig. 1) intentando obtener la mejor representatividad de estas facies, teniendo en cuenta la localización geográfica de los afloramientos (ver Anexo). Las rocas son muy blandas y frecuentemente están además tectonizadas por lo que, los afloramientos suelen tener escaso espesor. Generalmente, la apariencia de estos sedimentos diatomíticos es muy monótona pero a pesar de ello se han distinguido tres tipos de estructuras: masiva, laminada y bandeada. El término banda se ha utilizado para definir niveles de pequeño espesor (0,5-1 cm), pero de mayor potencia que la lámina. Frecuentemente las bandas presentan diferente coloración, alternando rítmicamente, y pueden exhibir estructura interna laminada.

Se han levantado columnas litológicas en aquellos afloramientos de margas con diatomeas, que no presentaban tectonización, eran observables más de 3 m de potencia, y eran representativas en relación a su edad (puntos 1, 3, 4, 5, 14, 57, 59, 74, 114 y 115) (figs. 1, 2, 3 y 4). Además de en estos 10 puntos, para hacer un análisis de la composición de las «moronitas», se ha realizado un estudio de los principales componentes mineralógicos en 230 muestras situadas en 30 puntos que fueron escogidas en función de su situación geográfica y edad.

La abundancia de los componentes minerales se ha determina-

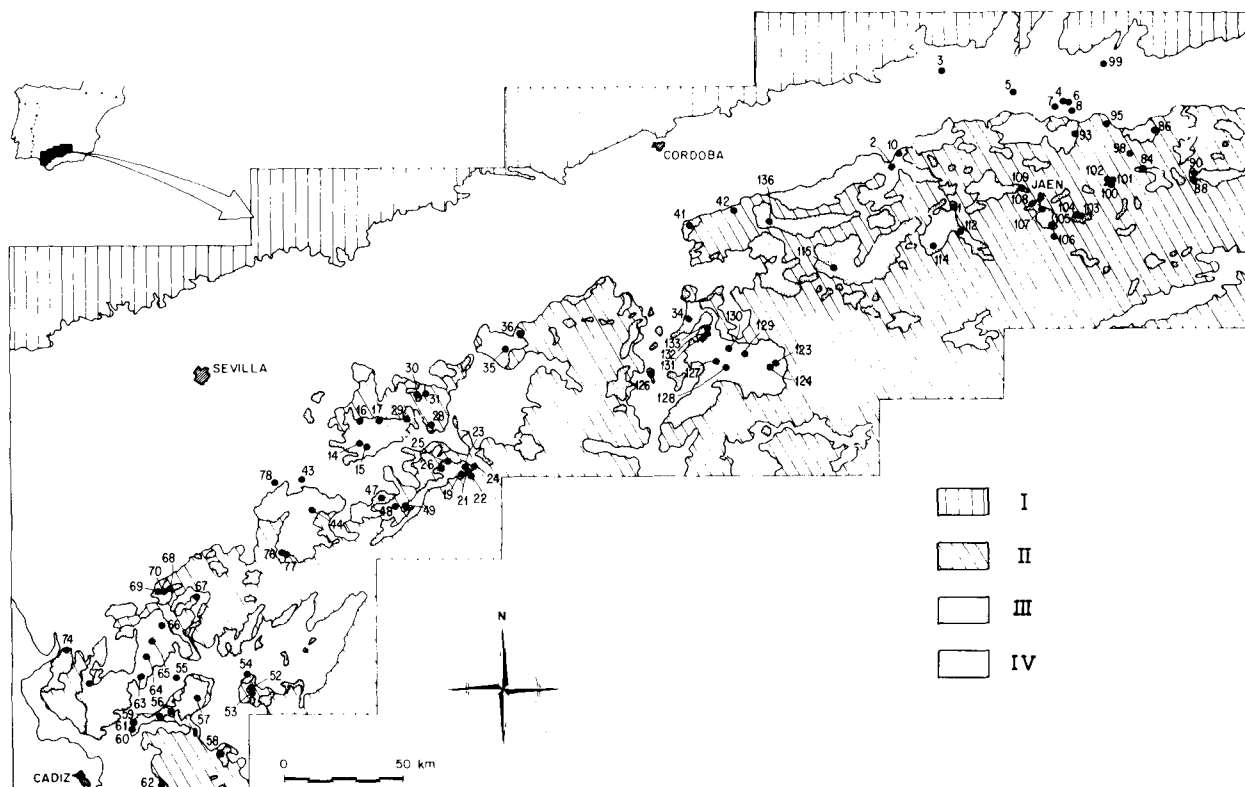


Fig. 1.—Esquema geológico del área estudiada obtenido a partir de la cartografía geológica a escala 1:50.000, y situación de los puntos de muestreo (ver en el texto discusiones sobre las edades referidas). I) Macizo Hespérico. II) Zonas Externas de las cordilleras Béticas incluidos los olitostromas del valle del Guadalquivir. III) Materiales del Langhiense-Tortonense medio que pueden estar implicados en los olitostromas como matriz. IV) Materiales del Tortonense Superior, Messiniense, Plioceno y Cuaternario.

do por un método que combina los análisis químicos totales, con las valoraciones mineralógicas obtenidas con la difracción de RX (Brewster, 1983). La cuantificación de la sílice biogénica fue establecida según la siguiente relación:

$$\%SiO_2 \text{ (biogénica)} = \%SiO_2 \text{ (total)} - \%SiO_2 \text{ (arcillas)} - \%SiO_2 \text{ (cuarzo)}$$

La sílice asociada a arcillas se determinó por cálculo normativo, considerando la cantidad de  $Al_2O_3$  y  $MgO$ , y el tipo de mineral de arcilla (Brewster, 1983). El cuarzo detrítico se determinó por DRX, por lo que la sílice restante se ha considerado que debía ser sílice biogénica (ópalo A) y ésta mayoritariamente correspondiente a las diatomeas. La proporción de sílice ligada a minerales detríticos silicatados (feldespatos, micas, etc.), ha sido despreciada debido a que su proporción era muy pequeña. La precisión de este método para cuantificar la proporción de diatomeas es relativa porque no es posible diferenciar el ópalo A disuelto y reprecipitado como ópalo A', del ópalo A correspondiente a los microfósiles silíceos, entre los cuales además de diatomeas hay silicoflagelados, espículas de esponjas y algunos radiolarios.

Todas las muestras han sido sometidas a un estudio micropaleontológico de diatomeas, consistente en el reconocimiento de taxones y datación bioestratigráfica. La separación de diatomeas para su estudio micropaleontológico se ha realizado según el método de Gasse (1975), atacando, primero con peróxido de hidrógeno y después con ácido clorhídrico. Para montar las preparaciones se ha utilizado un medio con alto índice de refracción (Naphrax).

### Composición litológica

De acuerdo con los datos obtenidos por DRX, y las valoraciones cuantitativas realizadas por la metodología anteriormente comentada, se ha determinado que las rocas con diatomeas presentan una gran variabilidad en su composición mineralógica. Están formadas por ópalo A (10-85 %), calcita (5-80 %), minerales de la arcilla (5-40 %) (smectita predominando sobre illita y caolinita en menores proporciones) y cuarzo (< 15 %). Otros minerales que aparecen ocasionalmente o en proporciones muy pequeñas son: ópalo C-T, dolomita, halita, yeso, feldespatos y micas. Las distintas proporciones de los minerales mayoritarios dentro de las «moronitas», hace que puedan ser definidos diferentes tipos de rocas (fig. 5) que son difíciles de considerar en el campo. Debido a ello se ha utilizado en las descripciones el término margas con diatomeas o «moronitas» por ser los más genericos.

La mineralogía de arcillas es bastante constante en el conjunto de las muestras. El mineral mayoritario

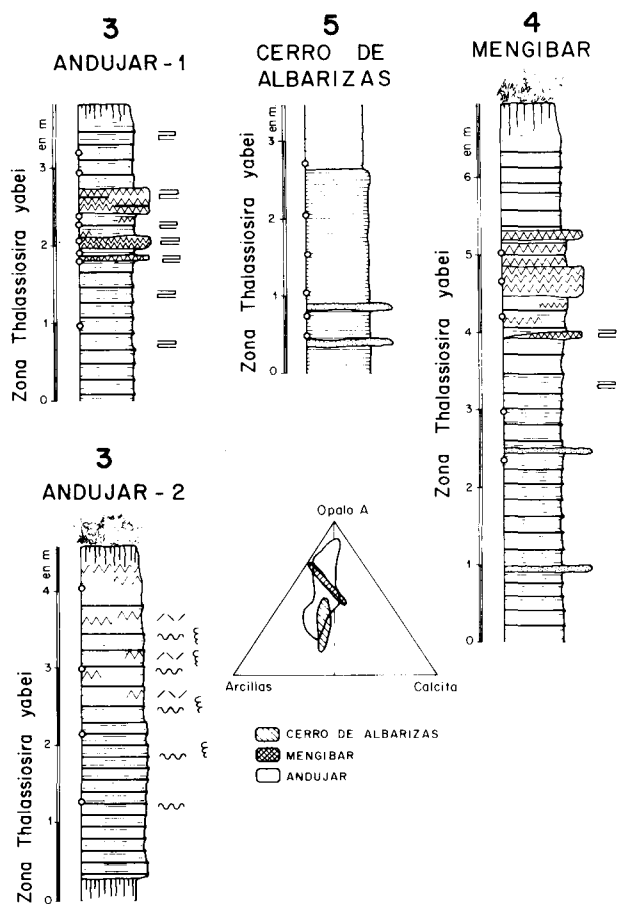


Fig. 2.—Columnas litológicas situadas en la zona Norte del área de estudio. Localización de las muestras y adscripción a biozona.

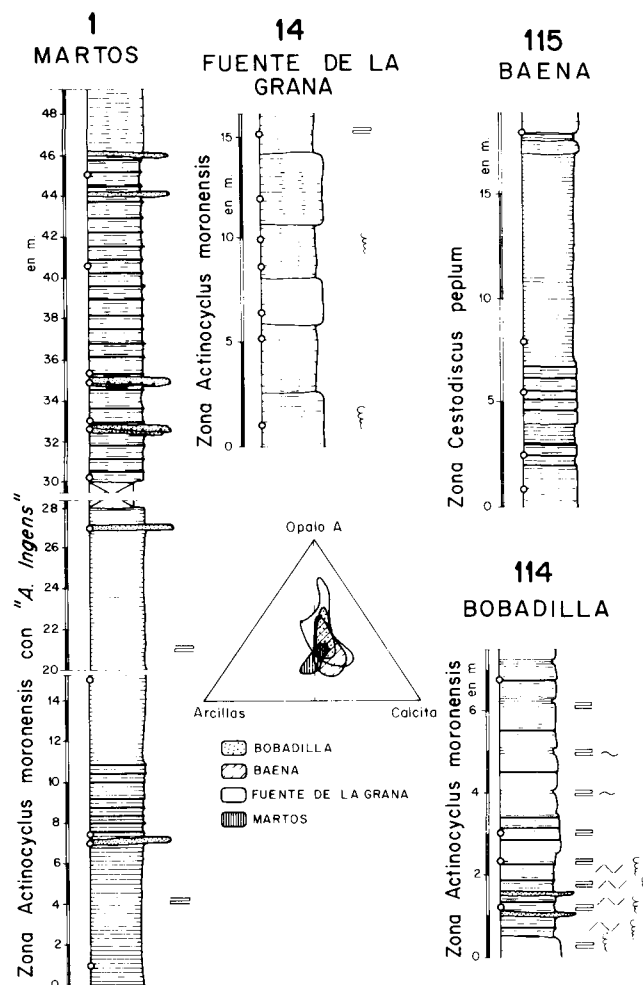


Fig. 3.—Columnas litológicas situadas en la parte central del área de estudio. Localización de las muestras y adscripción a biozona.

es esmectita dioctaédrica, variando de unos puntos a otros únicamente su cristalinidad. Ilita e interstratificados esmectita-ilita aparecen en menor proporción, aunque esporádicamente en alguna muestra pueden predominar sobre la esmectita. La caolinita suele ser muy frecuente pero siempre muy minoritaria. La variabilidad de génesis que pueden tener los minerales de la arcilla hace que la distinción entre arcillas detríticas, transformadas o autígenicas sea frecuentemente discutible. A pesar de ello consideramos que la asociación mineralógica anteriormente descrita puede ser interpretada principalmente como terrígena. Sin embargo hay que señalar que el predominio de esmectita en sedimentos formados bajo zonas de «upwelling» ha sido señalado por Kemper y Zimmerle (1983) indicando una posible relación entre ambos hechos.

A partir del estudio microscópico se ha observado que el ópalo A, corresponde mayoritariamente a las diatomeas, aunque también hay espículas de espon-

jas, silicoflagelados y radiolarios. La calcita es en gran parte biogénica ya que los foraminíferos pueden ser abundantes, y hay también nanoplancton calcáreo. Puntualmente y en muestras en las que la proporción de diatomeas era muy pequeña porque predominaban los componentes calcáreos, se determinó también la presencia de fragmentos de equinodermos, briozoos y moluscos. Muchas muestras poseen además cemento esparítico y matriz microesparítica según los casos. De una forma ocasional se puede observar fenómenos de calcitización de los microfósiles silíceos. La dolomita, halita y yeso son minerales muy minoritarios que no han podido ser observados por microscopía y que deben crecer en los espacios intersticiales por diagénesis. El ópalo C-T, que aparece únicamente en los niveles opalinos duros diferenciados en el campo, se produce por procesos de en-

vejecimiento y cementación de los componentes biogénicos silíceos.

El componente detrítico observado al microscopio consta de granos de cuarzo, feldespatos y micas, frecuentemente sericitizadas. Ocasionalmente pueden aparecer fragmentos de pizarras, e incluso fragmentos de niveles diatomíticos previos o niveles de arcillas.

Los tres tipos de margas definidas: masivas, laminadas y bandeadas, presentan características microscópicas diferentes. Normalmente las margas con diatomeas masivas poseen las menores proporciones de diatomeas, que se encuentran muy mezcladas con los componentes biogénicos calcáreos, la microsparita y los componentes terrígenos. Las diatomeas, en este caso no presentan orientación, aparecen desorganizadas dentro de la roca, y se observa frecuentemente bioturbación. Las margas laminadas presentan la mayor proporción de diatomeas, llevan escasos componentes detríticos que son a su vez de tamaño fino, algún foraminífero disperso y matriz microsparítica. Las diatomeas en su mayoría filamentosas, determinan la fábrica planar de la roca, unas veces intacta y otras completamente distorsionada por bioturbación o deformación. Finalmente las margas con estructura bandeada tienen una composición variable dependiendo de los puntos. La estructura bandeada suele formarse por la acumulación en las bandas oscuras de una mayor proporción de diluyentes (carbonatos biogénicos, arcillas y componentes terrígenos), quedando las bandas claras ricas en diatomeas y presentando a veces estructura laminada. Las bandas oscuras pueden llegar a ser biocalcarenitas, incluyendo a su vez mayor proporción de componentes terrígenos. Los límites entre las bandas claras y oscuras son netos, y no se observan dentro de ellas variaciones texturales. En algunas ocasiones el bandeado se marca como consecuencia de procesos diagenéticos que originan tinciones por óxidos de Fe.

Si comparamos la composición mineralógica de las muestras obtenidas en las diferentes columnas (figs. 2, 3 y 4) se advierte que verdaderas diatomitas (más del 75 % de ópalo A) sólo aparecen en las secciones de Andújar, Martos y Sanlúcar. Estos términos son muy escasos y corresponden en unos casos a algunas bandas claras que constituyen las estructuras bandeadas y en otros, a niveles de diatomitas laminadas muy poco potentes. Cuando en una misma columna se diferencian tramos masivos y laminados, se observa que estos últimos son los que poseen mayor proporción de sílice biogénica, hecho también constatado en la formación Monterrey de California (Isacs, 1984) y considerado como significativo de mayor intensidad de «upwelling». Finalmente se advierte que en las columnas situadas en la zona Sur y Centro de la cuenca, la proporción de calcita domina so-

bre las arcillas, mientras que en las situadas en el Norte, domina la arcilla (fig. 2).

### Resultados del análisis micropaleontológico y bioestratigrafía

La identificación general de las diatomeas se ha realizado utilizando los trabajos de Schmidt (1874-1959), Peragallo (1897-1908), Azpeitia (1911), Hustedt (1927-1966) y Hendey (1937 y 1964). La caracterización de taxones específicos ha sido realizada también, a partir de los trabajos de Hajos (1968 y 1986), Burckle (1972), Schrader (1973), Gardette (1979), Gersonde (1980), Barron (1985a, b y c), Akiba (1985) y Yanagisawa (1985). En las tablas 1, 2 y 3 se ha enumerado únicamente los marcadores bioestratigráficos encontrados en la muestra con mayor número de taxones de cada punto. Debido a las características de los afloramientos no se han podido seguir la progresiva aparición y desaparición de los marcadores bioestratigráficos por lo que las dataciones son puntuales.

La asociación de diatomeas en las «moronitas» está constituida fundamentalmente por diatomeas planctónicas con el dominio de *Thalassionema nitzschoides*, *Thalassinema bacillaris* y *Thalassiotrix longuissima* que son diatomeas que proliferan actualmente en áreas de «upwelling». El componente bentónico es casi siempre muy escaso y diversificado, menos en algunas muestras en las que el género *Delphineis*, típico de áreas de «upwelling» más litorales (Schuette y Schrader, 1979) alcanza una cierta importancia.

Las especies de diatomeas en su conjunto componen una asociación de aguas templado-cálidas similar a la observada en los sedimentos miocenos del Pacífico Ecuatorial Oriental. La presencia de especies que son estratigráficamente útiles en el Pacífico Ecuatorial permite el reconocimiento y uso en la cuenca del Guadalquivir de la biozonación elaborada por Barron (1985c). Esta biozonación está a su vez basada en la elaborada por Burckle (1972) para el Este del Pacífico Ecuatorial.

El uso bioestratigráfico de los «datum» del Pacífico Ecuatorial en el Guadalquivir, ya propuesto por Monjanel (1987), presupone que los eventos bioestratigráficos fueron generalmente isocronos en el «estrecho nord-bético» y en el Pacífico Ecuatorial donde fueron definidos y correlacionados con las escalas paleomagnéticas. La secuencia estratigráfica de «datums» observados en las «moronitas» coincide con la observada en el Pacífico Ecuatorial Oriental.

Las edades estimadas para las diatomeas con interés bioestratigráfico son las consideradas por Barron (1985c), teniendo en cuenta ciertas modificaciones incluidas por Monjanel (1987) a partir de datos bi-

Tabla 1.—Presencia de marcadores bioestratigráficos

Puntos de muestreo	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	14	15	16	17	19	21	22	23	24	25	26	28	29	30	31	35	36	41	42	43	44	
<i>A. ellipticus</i>	?	*							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	?			*	
<i>A. elli. v. ellongatus</i>			*	*	*																											
<i>A. elli. v. lanceolata</i>			*	*	*			*																								
<i>A. ingens</i>	*								*									*									*	?	*	*		
<i>As. moronensis</i>	?								*		?	*	*	?	?		*	?				*	*	*	*							
<i>Az. antiqua</i>	?										*			?				?				?	*	*	*	?						
<i>Cs. peplum</i>																																
<i>Cs. pulchellus</i>																																
<i>C. blysmos</i>																																
<i>C. lewisianus</i>																														?	*	
<i>Cr. coscinodiscus</i>																*													*	*	*	
<i>Cru. nicobarica</i>																															*	
<i>Cru. punctata</i>	?																	*										*	*	*	*	
<i>D. hustedtii</i>	*	?			?	?			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>D. norwegica</i>																																
<i>H. cuneiformis</i>	*		*		?	*		?	*		*	*	*	*	?	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>M. splendida</i>	*										?		*	*	*		*				?	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>N. cylindrica</i>			*	*	*	*		*								?	?	?	?	?	?	?										
<i>N. fossilis</i>			*	*	*	*		*																								
<i>N. praereinholdii</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	?		*	*	*	?	*	*	*	*			?	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Rap. marylandicus</i>																																
<i>Rz. barboi</i>	*								*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Ros. paleacea</i>					*																											
<i>Sy. trinitatis</i>																																
<i>S. jouseana</i>																														*	*	
<i>S. jous. f. tipo</i>																																
<i>T. brunii</i>	?										*	*			?								?	?	*	?						
<i>T. burckliana</i>			*		*																											
<i>T. yabei</i>	*								*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	?	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Cor. triacantha</i>																														?	*	
Zona	D	F	F	F	F	F	F	F	D	E	E	E	E	E	E	E	E	D	E	D	E	E	E	E	E	D	E	C	B	B	D	E

A: Zona *Cs. peplum*. B: Zona *C. lewisianus*. C: Zona *Cr. coscinodiscus*. D: Zona *A. moronensis* (inf.). E: Zona *A. moronensis* (sup.). F: Zona *T. yabei*.

bioestratigráficos. También se ha consultado el intervalo de existencia de las especies de aguas frías presentes (zonación de alta latitud, Barron, 1985c).

Las asociaciones de diatomeas encontradas en las «moronitas» han permitido confirmar la existencia de las siguientes biozonas: 1) subzona b de la zona *Cestodiscus peplum*, 2) zona *Coscinodiscus lewisianus*, 3) zona *Craspedodiscus coscinodiscus*, 4) zona *Actinocyclus moronensis* y 5) zona *Thalassiosira yabei*. No se ha encontrado representada la zona *Coscinodiscus gigas* var. *diorama*, hecho ya señalado por Monjanel (1987), ni la subzona a de la zona *Cestodiscus peplum*, considerada por la anterior autora.

Las «moronitas» más antiguas corresponden a la parte media del Mioceno medio, en concreto a la subzona b de la zona *Cestodiscus peplum* (Langhiense Superior-Serravaliense Inferior). Solamente 4 puntos de muestreo se han atribuido a esta edad. El marcador principal de la zona, *Cestodiscus peplum*, sólo

aparece en el punto 115, pero la presencia de *Coscinodiscus blysmos* que desaparece poco antes del techo de la zona es característica y ha sido utilizado en su defecto. De las dos subzonas en que está dividida la zona, la primera no aparece, ya que no se ha encontrado en ninguna muestra *Annellus californicus*. Otras diatomeas con interés bioestratigráfico que se encuentran junto a las anteriores y confirman la presencia de esta zona son *Crucidentricula nicobarica*, *Synedra jouseana* f. *linearis*, *Coscinodiscus lewisianus*, *Craspedodiscus coscinodiscus*, *Raphyrodiscus marylandicus*, *Denticulopsis norwegica*, *Symbollophora trinitatis*, *Cestodiscus pulchellus*, *Actinocyclus ingens*, *Rossiella paleacea* y el sílicoflagelado *Corbissima triacantha*.

De la zona *Coscinodiscus lewisianus* (Serravaliense inferior) tampoco hay muchos puntos, sólo 6 se han atribuido a ella. La asociación de *Coscinodiscus lewisianus* que desaparece a techo de la zona con

Tabla 2.—Presencia de marcadores bioestratigráficos

Puntos de muestreo	47	48	49	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	72	74	76	77	78	84	86	88	90		
<i>A. ellipticus</i>	*	*	?		*	?			?			*			*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*				?		
<i>A. elli. v. ellongatus</i>																																	
<i>A. elli. v. lanceolata</i>																																	
<i>A. ingens</i>			*					*	*	?													*	?			*	*	*	*			
<i>As. moronensis</i>	*			*					*									*						*	*		?						
<i>Az. antiqua</i>										?													?	*	*	?	*						
<i>Cs. peplum</i>																																	
<i>Cs. pulchellus</i>											?	*	*																				
<i>C. blysmos</i>												*	?																				
<i>C. lewisianus</i>								*	*	*	*	*	*	*																?	?		
<i>Cr. coscinodiscus</i>			*				*	*	?	*														?					*	?			
<i>Cru. nicobarica</i>							*	*	*																								
<i>Cru. punctata</i>			*				*	*	*	?	*												*	*				*	*	*	*		
<i>D. hustedtii</i>	*	*			*	*	*	*	*	?	?	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>D. norwegica</i>							*			?				*	*																		
<i>H. cuneiformis</i>	*	*			*	*	*	*	*			*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	?			
<i>M. splendida</i>	?		*		*		?	*	*		?			*							*		?	*	*	*					*		
<i>N. cylindrica</i>																																	
<i>N. fossilis</i>				*	*	*			?					*	?								*	?									
<i>N. praereinholdii</i>	*	*	*		*	*	?	*						*	*					?	*	*	*	*	*	*	?	*					
<i>Rap. marylandicus</i>										?	*	*	*										*										
<i>Rz. barboi</i>		*						*					*	?	?	*							?		*	*							
<i>Ros. paleacea</i>																																	
<i>Sy. trinitatis</i>											?	?																					
<i>S. jouseana</i>								*	*	*	*	*																?			?		
<i>S. jous. f. tipo</i>																																	
<i>T. brunii</i>	*						?	*				*										?	*	?	*		?	*					
<i>T. burckliana</i>																																	
<i>T. yabei</i>	*	*		*	*	*	*	*	?			*		?	*	*	*				*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Cor. triacantha</i>								*	*	*																							

Zona E E C F? F? E E B D B A A E A E E E E E D D C D D D E C D C C

A: Zona *Cs. peplum*. B: Zona *C. lewisianus*. C: Zona *Cr. coscinodiscus*. D: Zona *A. moronensis* (inf.). E: Zona *A. moronensis* (sup.). F: Zona *T. yabei*.

*Denticulopsis hustedtii* que aparece en la base de la misma es definitiva para este intervalo. Otras diatomeas con interés bioestratigráfico que acompañan a las anteriores son *Crucidentacula nicobarica*, *Crucidentacula punctata*, *Actinocyclus ingens*, *Craspedodiscus coscinodiscus*, *Synedra jouseana*, *Mediaria splendida*, muy ocasionalmente *Raphidodiscus marylandicus* y *Actinocyclus ellipticus*. También está presente el silicoflagelado *Corbissima triacantha*. En algunos puntos, la presencia de *Thalassiosira yabei* indicaría que la edad es algo más reciente que el resto.

A partir de esta biozona, la sedimentación diatomítica se interrumpe, ya que el marcador principal de la siguiente zona *Coscinodiscus gigas* var. *diorama*, no se ha observado. Además, *Crucidentacula nicobarica* (que desaparece en la mitad de esta zona) no aparece más que asociada con los marcadores de las dos zonas inferiores. Este hecho descarta al menos la presencia de la mitad inferior de esta zona.

Por otro lado, *Actinocyclus ingens* que desaparece a techo de esta biozona en el Pacífico Ecuatorial (Barron, 1985c) se encuentra en estas rocas junto a *Hemidiscus cuneiformis* y a *Rhizosolenia barboi* que aparecen en la mitad de la zona *Craspedodiscus coscinodiscus*. Estos hechos indican la desaparición más tardía de *Actinocyclus ingens* en este área templada, tal y como expone Monjanel (1987). Por tanto, hay que señalar que la presencia de *Actinocyclus ingens* no excluye como cabría en un principio suponer, que la muestra pertenezca a la zona siguiente.

La zona *Craspedodiscus coscinodiscus* (techo del Serravaliense) viene caracterizada por la presencia de esta diatomea que desaparece a techo de la zona. Otra especie característica es *Crucidentacula punctata* que desaparece un poco antes. Otras diatomeas que completan la asociación característica de este intervalo son *Actinocyclus ingens*, *Denticulopsis hustedtii*, *Nitzschia praereinholdii*, *Azpeitia antiqua*.



Tabla 3.—Presencia de marcadores bioestratigráficos

Puntos de muestreo	92	93	95	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	112	114	115	123	124	126	127	128	129	130	131	132	133	134	136	
<i>A. ellipticus</i>	*			*	?		*	*	*		*	*	*		*				*		?									*	
<i>A. elli. v. elongatus</i>	*																				?								*		
<i>A. elli. v. lanceolata</i>																							*				?	*	*	*	
<i>A. ingens</i>						*	?	?		*					?	*					*				*				*	*	
<i>As. moronensis</i>					*			*	*				*								*				*						
<i>Az. antiqua</i>								*													*										
<i>Cs. peplum</i>																															
<i>Cs. pulchellus</i>																					*										
<i>C. blysmos</i>																					*										
<i>C. lewisianus</i>															*					?											
<i>Cr. coscinodiscus</i>					*										?						?								?	*	
<i>Cru. nicobarica</i>																					*										
<i>Cru. punctata</i>					*		*	*	*	*		?	?	?							*						?	?	*	*	
<i>D. hustedtii</i>	*	*	*	*	?	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>D. norwegica</i>																					*										
<i>H. cuneiformis</i>	?	*	*		*						*										*		?	*	*	*					
<i>M. splendida</i>								*		*		*	*	*	*	*							*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>N. cylindrica</i>					?																										
<i>N. fossilis</i>					*		*	*	*					*	*								?	?	?	?					
<i>N. praereinholdii</i>	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Rap. marylandicus</i>																															
<i>Rz. barboi</i>	*						*	*		*		*									*				*						
<i>Ros. paleacea</i>														?							?		*				?	*			
<i>Sy. trinitatis</i>																					*										
<i>S. jouseana</i>																															
<i>S. jous. f. tipo</i>																					*										
<i>T. brunii</i>								?		*					?						?			*			?	?			
<i>T. burckliana</i>											?																				
<i>T. yabei</i>	?			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Cor. triacantha</i>				*																	*									*	
Zona	E E E C E D D E D D F D D E B D E A E E D E E E E D D D C C																														

A: Zona *Cs. peplum*. B: Zona *C. lewisianus*. C: Zona *Cr. coscinodiscus*. D: Zona *A. moronensis* (inf.). E: Zona *A. moronensis* (sup.). F: Zona *T. yabei*.

*Thalassiosira yabei*, *Thalassiosira brunii*, *Hemidiscus cuneiformis* y *Rhizosolenia barboi*. Estas dos últimas hacen su aparición hacia la mitad de la zona. El número de puntos, pertenecientes a esta zona (8) es más elevado, que en las anteriores.

La zona *Actinocyclus moronensis* (Tortonense inferior) significa el tránsito del Mioceno Medio al Superior y es la más frecuentemente observada en la cuenca del Guadalquivir. Se han distinguido en ella una parte inferior que contiene aún *Actinocyclus ingens* y/o *Crucidentricula punctata*, aunque muy escasa, y una parte superior sin ninguna de las dos anteriores. Otras diatomeas que acompañan a las precedentes son *Actinocyclus ellipticus*, *Denticulopsis hustedtii*, *Nitzschia praereinholdii*, *Mediaria splendida*, *Hemidiscus cuneiformis*, *Rhizosolenia barboi*, *Thalassiosira yabei* y *Thalassiosira brunii*. Ocasionalmente se presentan *Asterolampra moronensis* y *Azpeitia an-*

*tiqua*. Todas ellas, confirman la existencia de esta biozona.

La zona *Thalassiosira yabei* (Tortonense medio) tiene representación en áreas muy concretas de la cuenca. Las muestras atribuidas a esta zona se sitúan sólo en el área de Mengíbar-Andújar y dudosamente en la de Arcos de la Frontera. Hay que señalar que los afloramientos de Mengíbar y Andújar están incluidos en el esquema cartográfico dentro del grupo IV por lo que se observa una discrepancia con la edad atribuida anteriormente (Tortonense Superior-Messiniense, Roldán *et al.*, 1992). Es característico de esta zona la ausencia de *Denticulopsis hustedtii*. Las diatomeas presentes son *Actinocyclus ellipticus* f. *lanceolata*, *Actinocyclus ellipticus* var. *elongata*, *Nitzschia praereinholdii*, *Nitzschia fossilis*, *Nitzschia cylindrica* y esporádicamente *Hemidiscus cuneiformis* y *Rhizosolenia barboi*. Las dos subzonas están repre-

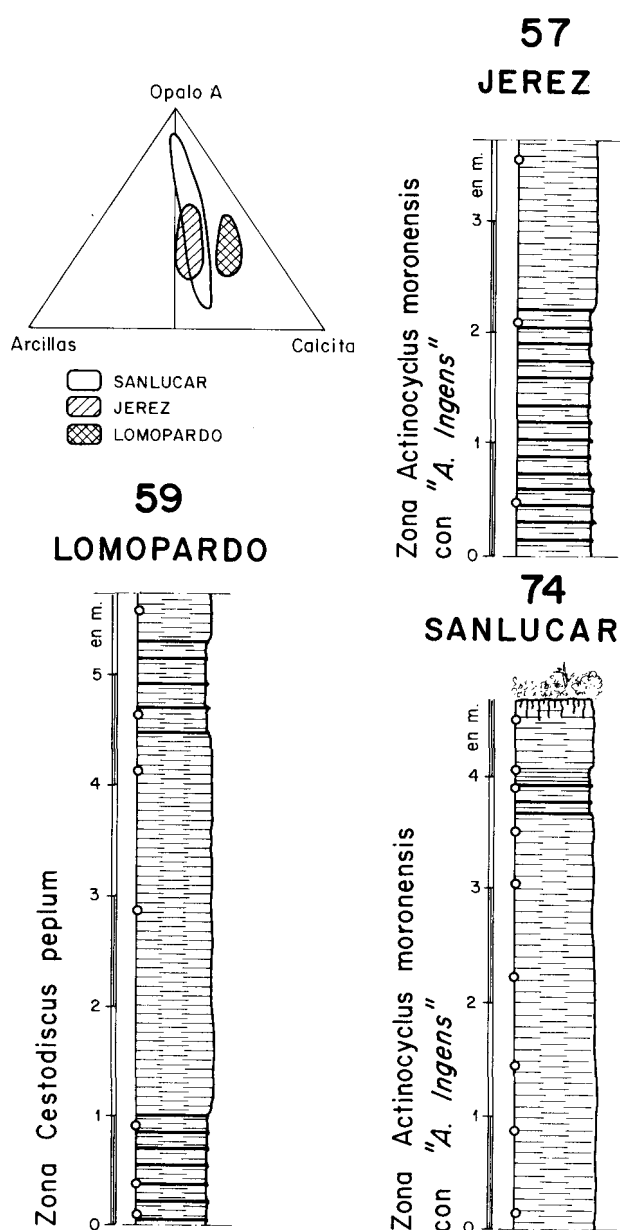


Fig. 4.—Columnas litológicas situadas en la zona Sur del área de estudio. Localización de las muestras y adscripción a biozona.

sentadas pues hay muestras con *Thalassiosira burckliana* y otras sin ella.

La adscripción dudosa de los puntos de Arcos de la Frontera, es debido al deficiente estado de conservación de las diatomeas. En estos puntos la determinación de la biozona *Thalassiosira yabei* se ha realizado sólo por criterios secundarios como es la presencia de *Nitzschia fossilis* y la ausencia de *Denticulopsis husledii*.

Finalmente hay que señalar que los procesos de re-trabajamiento que perturban de forma importante las asociaciones faunísticas y las dataciones, y que han sido observados en los estudios micropaleontológicos sobre foraminíferos y nanoplancton calcáreo, no se reflejan en las asociaciones de diatomeas. Debido a ello tenemos que considerar que las diatomeas o son microfósiles autóctonos dentro de la tanatocenosis o si sufrieron transporte éste fue muy limitado o tuvo lugar por corrientes de gravedad que no modificaron las asociaciones.

### Distribución temporal y espacial de los sedimentos con diatomeas y su composición

#### 1. Episodio Inferior

Incluye los sedimentos con diatomeas pertenecientes a las biozonas *Cestodiscus peplum* y *Coscinodiscus lewisianus* (Langhiense Superior-Serravaliense Inferior). Su límite superior viene determinado por la interrupción de la sedimentación diatomítica durante la zona *C. gigas* var. *diorama* (parte del Serravaliense). Este episodio aflora en la zona Sur y Norte de la cuenca del Guadalquivir, faltando en la parte central. Debido a que la tectónica no deja ver la relación de estos afloramientos con el contexto circundante y a que muchos de ellos tienen carácter olistotrómico no tiene gran significado su posición actual dentro de la Cuenca.

La sedimentación diatomítica durante este Episodio Inferior tiene un entorno muy activo tectónicamente, con fuerte subsidencia diferencial, migración de depocentros hacia el Norte y aportes básicamente meridionales. El término de este episodio coincidirá con un momento donde no se registran sedimentos con diatomeas en toda la cuenca del Guadalquivir.

Para el análisis de la composición de estos sedimentos se escogieron puntos de la parte Sur (56, 58, 59, 60 y 62) y Norte (41, 42 y 115) pertenecientes a las zonas *Cestodiscus peplum* [A] y *Coscinodiscus lewisianus* [B]. La representación gráfica de los tres componentes mayoritarios anteriormente descritos: ópalo A (microfósiles silíceos), calcita (microfósiles calcáreos y matriz o cemento calcáreo) y arcillas (mayoritariamente esmectitas) manifiesta que en este episodio la sedimentación de diatomeas es relativamente pobre porque se encuentra muy diluida por los carbonatos y arcillas (fig. 7). En la parte superior del Episodio [B], la dilución es muy grande predominando los componentes carbonáticos. No existe una diferenciación clara entre la composición litológica de los términos de las partes Sur y Norte aunque en un punto de la parte Norte (115) se diferencia términos más arcillosos.

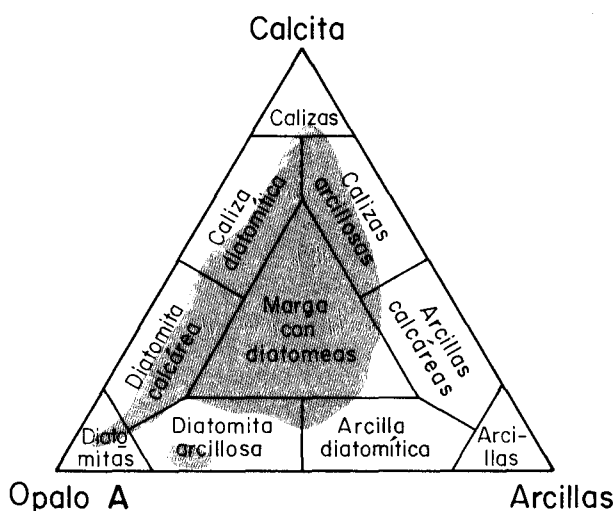


Fig. 5.—Diagrama triangular con los principales componentes mineralógicos de las «moronitas». Las zonas sombreadas han sido definidas por la proyección de la composición litológica de 230 muestras de «moronitas».

2. Episodio Medio

Se inicia al reemprenderse la sedimentación de diatomeas durante la zona *Craspedodiscus coscinodiscus* y comprende dicha zona y también la zona *Actinocyclus moronensis* (techo del Serravaliense-Tortonienso Inferior). La presencia de este episodio por toda la cuenca es general y muy frecuente, indicando la generalizada productividad de las aguas oceánicas en el «estrecho nordbético». Se le ha subdividido en tres partes: a) zona *Craspedodiscus coscinodiscus*, b) parte inferior a la zona *A. moronensis*, con *A. ingens* y c) parte superior de la zona *A. moronensis*, sin *A. ingens*.

Los afloramientos atribuidos a la zona *Craspedodiscus coscinodiscus* son los más escasos, seguidos en número por los de la parte inferior de la zona *Actinocyclus moronensis*, siendo más numerosos los de la parte superior de la zona *Actinocyclus moronensis*. Debido a ello pensamos que durante este episodio o bien fue aumentando la proliferación de diatomeas con la edad, o simplemente los sedimentos más modernos han ido ocultando a los antiguos.

El reinicio de la sedimentación diatomítica de este episodio coincide con una mayor tranquilidad tectónica. Sin embargo, la cuenca tenderá a colmatarse por emplazamiento póstumo de unidades gravitacionales procedentes de la diverticulación frontal de los mantos, hecho que se suele denominar «emplazamiento del olitostroma». El emplazamiento parece ser heterócrono a lo largo de la cuenca puesto que Martínez *et al.* (1984), lo sitúan en las provincias de Sevilla y Cádiz durante el Tortonienso, mientras que

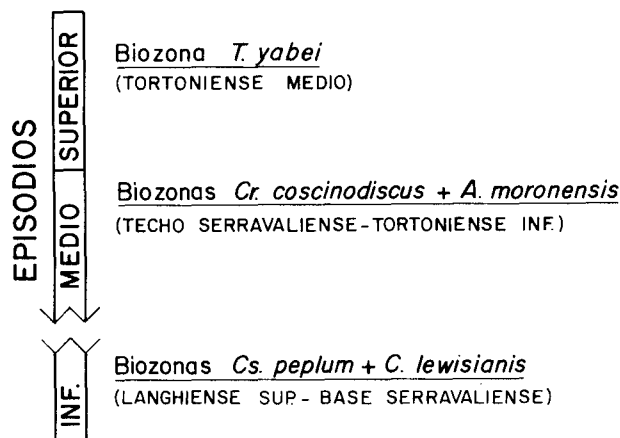


Fig. 6.—Distribución temporal de los episodios de sedimentación diatomítica.

Roldán *et al.* (1992a, b y c) atribuyen la «Unidad Olistotrómica» al Langhiense Superior-Serravaliense Inferior en la provincia de Jaén.

Los sedimentos con diatomeas aparecen en este episodio relacionados en ocasiones con aparatos turbidíticos distales manifestando intercalaciones de biocalcareníicas y otras veces alejados de la influencia de los mismos. Cuando los sedimentos con diatomeas son posteriores a los acontecimientos tectónicos, aparecen siempre subhorizontales.

Para el estudio de la composición mineralógica se han analizado 15 puntos homogéneamente distribuidos por toda la cuenca, considerando los espacios temporales diferenciados. Se observa que la parte inferior [D] presenta a la vez los términos más ricos y pobres en diatomeas, mientras que la superior [E], es más homogénea, siendo la dilución más constante (fig. 7). En general no se advirtió diferencias entre los puntos situados al Norte y Sur de la cuenca. Vemos entonces que el Episodio Medio, considerado en conjunto, además de ser el que mayor extensión tiene, es el que presenta mayor variedad de términos composicionales, aunque la principal dilución de la sedimentación diatomítica la constituyen los carbonatos como sucede en el Episodio Inferior.

3. Episodio Superior

Comprende la zona *Thalassiosira yabei* (Tortonienso medio) y se caracteriza, a diferencia de los anteriores, porque los afloramientos están muy localizados, situándose la mayoría de los puntos en el área de Mengíbar-Andújar-Porcuna. Estos sedimentos son posteriores a la actividad tectónica y se presentan siempre subhorizontales.

Se han analizado composicionalmente cinco puntos (2, 3, 4, 5 y 52). En este episodio, al igual que

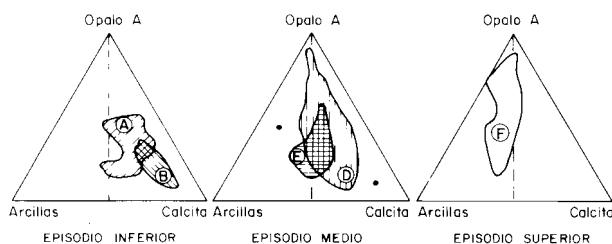


Fig. 7.—Diagramas triangulares donde quedan señaladas las composiciones litológicas de las muestras de las diferentes biozonas (A, B, D, E, F).

en el Medio, se observan las rocas más ricas en diatomeas, encontrándose también términos muy variables en cuanto al contenido en las mismas. Se diferencia este Episodio Superior, de todos los anteriores porque el diluyente predominante es arcilloso (fig. 7), y dentro de la mineralogía de arcillas la caolinita no aparece. Microscópicamente también se ha observado que en los carbonatos de este episodio, tiene una importante influencia la microsparita, siendo más escasos los foraminíferos. Asimismo aparecen en ciertos puntos de la parte norte niveles opalinos y de dolomías intercalados entre las margas con diatomeas, hecho que no se ha observado en ninguno de los episodios anteriores.

Concluimos que la distribución en tres episodios del período de tiempo con sedimentación diatomítica, basada en biozonas de diatomeas, tiene indudables ventajas. En primer lugar es independiente de la complicada tectónica de la zona y por tanto su aplicación tiene un carácter mucho más general para toda la cuenca. Además, las asociaciones de diatomeas no presentan signos de resedimentación, lo que sí ha sido descrito en microforaminíferos. En último lugar, su aplicación a distintas áreas de la cuenca del Guadalquivir es independiente de las diferentes litologías que suelen acompañar a las margas con diatomeas.

Respecto a la composición de las «moronitas», vemos que si comparamos globalmente los componentes que acompañan a las diatomeas, con los datos que existen sobre el registro sedimentario que aparece en zonas actuales de «upwelling», destaca inmediatamente la escasez de materia orgánica y fosfatos, aunque estos últimos no tienen por qué ser estrictamente indicativos de «upwelling». Se pueden dar varias explicaciones a estos hechos y en este sentido Krissek y Scheidegger (1983) consideran que la ausencia de materia orgánica puede ser debida a que la zona de mínimo oxígeno que se forma al aumentar la productividad no afecta a la interfase agua-sedimento y la materia orgánica se degrada. Estos autores también consideran que la falta de materia orgánica puede estar ocasionada por barrido, al aumentar la actividad

de las corrientes. En este sentido Rullkotter *et al.* (1983), suponen que si los sedimentos diatomíticos sufren transporte y se redepositan lentamente por corrientes no gravitacionales, la materia orgánica se pierde. Por otra parte hay que considerar que en los sedimentos actuales del Golfo de California, la diagénesis destruye el 50 % de la materia orgánica en la zona disaeróbica situada bajo la zona de mínimo oxígeno (Summermayes, 1983).

Otro aspecto a considerar es la morfología de los cuerpos sedimentarios y su composición (Schuette y Schrader, 1979), De Vries y Schrader (1981) y Schrader y Sorknes (1990), encuentran que la distribución de las diatomeas en los sedimentos de áreas de «coastal upwelling» tiene lugar en forma de «lenguas» que son un reflejo de una alta productividad en forma de «plumas» que varían de situación e intensidad a nivel incluso histórico. Todo lo anteriormente expuesto, junto al hecho de la compartimentación en subcuencas del área de sedimentación, explican el complejo entramado de cambios laterales y verticales de facies encontrados en estos sedimentos miocenos. En relación, al predominio en el Episodio Superior del diluyente arcilloso, sobre el biogénico carbonatado, existen dos posibles explicaciones que además no se excluyen entre sí: una mayor cercanía al continente de los cuerpos sedimentarios considerados (Bremner, 1983) y la incorporación del borde Norte de la cuenca como fuente de aportes (Portero y Alvaro, 1984).

Por último hay que señalar que no sólo las variaciones de los distintos componentes de estas rocas, reflejan las diversas condiciones en que se desarrolló el «upwelling». Las estructuras de estas rocas también lo ponen de manifiesto, pues son un reflejo de lo primero. Para Isaacs (1984) la mayor riqueza en sílice de una roca es indicativa de una intensidad mayor de «upwelling». Valorar así una paleoproduktividad es un poco arriesgado ya que no se tienen en cuenta la velocidad de aporte del resto de los componentes, pero es útil cuando la estructura uniforme de las rocas impide determinar el factor tiempo. De acuerdo con lo anterior, las rocas con estructura masiva representarían las áreas y momentos con menor productividad, las rocas con estructura laminada reflejan una mayor productividad y las rocas con estructura bandeada son reflejo de «blooms» de carácter cíclico en condiciones de máxima disponibilidad de nutrientes (Crawford y Schrader, 1982; Curtó y Matías, 1990 y 1991).

## Conclusiones

1. La proliferación y consecuente sedimentación de diatomeas en el «estrecho nordbético» se dio en

el intervalo de tiempo comprendido entre el Langhiense inferior y el Tortoniense Medio.

2. Se han diferenciado en dicho intervalo de tiempo tres episodios basados en biozonas de diatomeas que no coinciden con las de autores anteriores, ni en edad ni en criterios de diferenciación.

El Episodio Inferior, definido por las biozonas *Cestodiscus peplum* y *Coscinodiscus lewisianus*, comprende desde el Langhiense superior al Serravaliense Inferior. El Episodio Medio, definido por las biozonas *Craspedodiscus coscinodiscus* y *Actinocyclus moronensis*, comprende desde el techo del Serravaliense al Tortoniense Inferior. El Episodio Superior, que corresponde a la biozona *Thalassiosira yabei* incluye al Tortoniense Medio.

Esta distribución es independiente de factores tales como la tectónica y litología y por tanto se puede aplicar en toda la cuenca del Guadalquivir.

3. El límite entre el Episodio Inferior y Medio indica la ausencia de sedimentación diatomítica en el estrecho nordbético durante parte del Serravaliense y es reflejo de las perturbaciones que tuvieron lugar en el área durante el emplazamiento de las Unidades Externas Béticas. Sin embargo, el límite entre el Episodio Medio y Superior no se puede relacionar con ningún acontecimiento tectónico en la zona pero sí con cambios en las rocas en cuanto a su mineralogía y a su contenido en el tipo de diatomeas.

4. La extensión de la sedimentación diatomítica ha sido variable a lo largo del tiempo. Durante el Episodio Inferior los afloramientos de diatomeas se sitúan sólo en las partes Norte y Sur de la cuenca del Guadalquivir lo que puede indicar que la acumulación de diatomeas sólo se producía en dichas zonas o que los sedimentos diatomíticos de esta época han quedado ocultos por los sucesos tectónicos y/o sedimentarios posteriores. El Episodio Medio tiene una amplia representación por toda la cuenca, lo que es indicativo de la gran productividad de las aguas del estrecho nord-bético durante esta época.

El Episodio Superior, sin embargo, queda muy restringido en extensión. Concretamente se reduce al área de Andújar-Mengíbar-Porcuna y menos claramente a la zona de Arcos de la Frontera. Esta disposición puede estar ocasionada por el paso de una cuenca de surco frontal (foredeep) a una cuenca de antepaís propiamente dicha debido a la finalización de los desplazamientos horizontales de las zonas externas de las cordilleras Béticas hacia el NO (Sanz de Galdeano y Vera, 1992). El Episodio Superior representa importantes cambios paleogeográficos y paleoecológicos en la cuenca, con limitación y somerización de la sedimentación de diatomeas, anteriormente general por toda ella.

5. Los tipos de diluyentes fundamentales de la sedimentación diatomítica (componentes biogénicos

calcáreos, terrígenos y arcillas) se mantienen en los tres episodios, pero presentan gran variación en sus proporciones, que se explica si consideramos la morfología en «lenguas» y composición de los cuerpos sedimentarios que se originan bajo zonas de «coastal upwelling». El Episodio Superior, diferenciado por el predominio del diluyente arcilloso-terrígeno sobre el carbonático, se interpreta formado más cerca del continente teniendo mayor influencia los aportes del borde septentrional. Este hecho coincide con una mayor proporción de *Delphineis* en las asociaciones de diatomeas, lo que indica zonas cercanas al litoral.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la DGICYT a través del proyecto PB-920069. Se agradece a la Dra. Françoise Gasse del «Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie Isotopique, Université de Paris-Sud», su asesoramiento en el estudio taxonómico de las diatomeas. Asimismo nuestro reconocimiento a J. A. Vera por la revisión crítica del manuscrito.

Los autores expresan también su agradecimiento a J. Arroyo, M. Castillejo, A. Vilorio y M. C. Sendra por su asistencia técnica en delineación, preparación de láminas delgadas y mecanografía. R. García realizó las determinaciones mineralógicas por DRX.

#### Referencias

- Akiba, F. (1985). Middle Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy in the Naukai through and Japan trench, and modified lower Miocene through quaternary diatom zones for middle to high latitudes of the north Pacific. *Init. Reports DSDP*, 87, 393-478.
- Akiba, F. y Yanagisawa, Y. (1985). Taxonomy, morphology and phylogeny of the Neogene diatom zonal marker species in the middle-to-high latitudes of the North Pacific. *Init. Reports DSDP*, 87, 483-554.
- Alvaro, M., Hernández Samaniego, A. y Olmo, P. del (1987). *Cartografía y Memoria de la Hoja Geológica n.º 948 (Torres) del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000*. ITGE.
- Azpeitia Moros, F. (1911). La Diatomología Española en los comienzos del siglo XX. *Asoc. Esp. Prog. Cien. Congr. de Zaragoza*, Madrid, 312 págs.
- Barron, J. (1985a). Diatom paleoceanography and climatology of the Central and Easter Equatorial Pacific between 18 and 6.2 m.a. *Init. Reports DSDP*, 85, 935-945.
- Barron, J. (1985b). Late Eocene to Holocene diatom biostratigraphy of the equatorial Pacific Ocean. *Init. Reports DSDP*, 85, 413-456.
- Barron, J. (1985c). Miocene to Holocene planktic diatoms. En Bolli, H. M., Saunders, B. y Perch-Nielsen (eds.): *Plank to Stratigraphy*, Cambridge Univ. Press, 763-810.
- Berggren, W., Benson, R.H., Haq, B. U., Riechel, W. R., Sanfilippo, A., Schrader, H. J. y Tjasma, R. C. (1976). The El Cuervo Section (Andalusia, Spain): micropaleontologic anatomy of an Early Late Miocene lower bathyal deposit. *Marine Micropal.*, 1, 175-247.
- Bremner, J. M. (1983). Biogenic sediments on the Southwest Africa (Namibian) continental margin. En Suess, E. y Thiede, J. (eds.): *Coastal upwelling*. NATO Con-

- ference Series IV, V 10, Plenum Press, Nueva York, 73-105.
- Brewster, N. A. (1983). The determination of biogenic opal in high latitude Deep Sea Sediments. *Developments in Sedimentology*, 36, 317-333.
- Burckle, L. H. (1972). Late Cenozoic planktonic diatom zones from the Eastern Equatorial Pacific. *Nova Hedwigia*, 39, 217-246.
- Calderón, S. y Paul, M. (1886). La Moronita y los yacimientos diatomáceos de Morón. *Anales Soc. Esp. de Hist. Nat.*, 15, 477-493.
- Calvo Sorando, J. P. (1981). Los yacimientos de diatomitas en España. *Bol. IGME*, 92, 274-284.
- Crawford, S. y Schrader, H. J. (1982). Microfossil distribution in coarse-fraction (> 150  $\mu$ ). Analysis of DSDP site 480, Central Gulf of California preliminary results. *Init. Reports DSDP*, 68, 1245-1249.
- Curtó, J. A. y Matías, I. (1990). Génesis de laminas del Mioceno Superior de Sanlúcar de Barrameda (Cádiz, España). *Donnes sur le nannoplancton siliceux et calcareux. Paleobiologie continentale*, 18, 355-368.
- Curtó, J. A. y Matías, I. (1991). Nannofacies de los sedimentos terciarios de las Béticas. *Acta Geol. Hisp.*, 21-22, 529-534.
- Colom, G. (1952). Aquitanian-Burdigalian deposits of the North-Betic Strait, Spain. *J. Paleon.*, 26, 867-885.
- Colom, G. y Gamundi, J. (1951). Sobre la extensión e importancia de las moronitas a lo largo de las formaciones aquitano-burdigalienses del Estrecho Nord-Bético. *Estudios Geol.*, 14, 331-335.
- De Vries, T. J. y Schrader, J. H. (1981). Variation of upwelling/oceanic conditions during the late Pleistocene through Holocene off the Central Peruvian coast: a diatom record. *Marine Micropal.*, 6, 157-167.
- Díaz de Neira, A., Enrile, A. y López, F. (1988). *Cartografía y Memoria de la Hoja Geológica n.º 970 (Huelva) del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000*. ITGE.
- Douville, R. (1906). *Esquisse géologique des préalpes sub-bétiques (partie centrale)*. Tesis Doctoral, París.
- Enrile, A., Díaz de Neira, A., Hernaiz, P. y López, F. (1988). *Cartografía y Memoria de la Hoja Geológica n.º 969 (Valdepeñas de Jaén) del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000*. ITGE.
- Fontboté, J. M. y Vera, J. A. (1983). La Cordillera Bética: Introducción Geología de España T. II. En Comba, J. A. (ed.): *Libro jubilar J. M. Ríos*, IGME, 205-217.
- García Cortés, A. (1988). *Cartografía y Memoria de la Hoja Geológica n.º 968 (Alcaudete) del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000*. IGTE.
- Gardette, D. C. (1979). *Apport de l'étude des diatomées et des silico flagelles a la biostratigraphie et a la reconstitution du Messénien de méditerranée: analyse de quelques tripolis du passage Mio-Pliocène à Chypre, au Crète et au Maroc*. Tesis tercer ciclo, Univ. Paris-Sur, 188 págs.
- Garrido Mejías, A., Leret, G., Martínez del Olmo, W. y Soler (1980). La sedimentación neógena en las Béticas: Análisis tectosedimentario. *Estudios Geol.*, 2, 83-104.
- Gasse, F. (1975). *L'évolution des lacs de l'afar central (Ethiopie et TFAI) de Plio-Pleistocène à l'Actuel*. Tesis Doctoral, 3 vols., París, VI, 700 págs.
- Gersonde, R. (1980). *Paläokologische und biostratigraphische Auswertung von Diatomeen assoziation aus dem Mes-sinimum des Caltavisse Habeckens (Sizilien) und einiger vergleichs profile insopanian, NW-Algerien und auf lireta*. Tesis Doctoral, Kiel, 393 págs.
- Hajos, M. (1968). Die Diatomeen der Miozänen Aulagerungen des Matrazorlandes. *Geol. Hungarica Serv. Paleont.*, 37, 1-104.
- Hajos, M. (1986). *Stratigraphy of Hungary's Miocene Diatomaceous earth deposits*. *Geol. Hungarica Serv. Paleont.*, 49, 1-339.
- Hendey, I. (1937). A preliminary note on the distribution of marine diatoms during Tertiary Period. *J. Bot.*, 111-118.
- Hendey, I. N. (1964). An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V. Bacillariophyceae (Diatoms), Fishery Investigations, Serv. IV, 317 págs.
- Hernaiz, P., Díaz de Neira, A., Enrile, A. y López, F. (1988). *Cartografía y Memoria de la Hoja Geológica n.º 989 (Lucena) del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000*. IGTE.
- Hustedt, F. (1927-1966). Die Kiesalgen. Deutschlands, oesterreichs un der schweig, mit Berücksichtigung der übrigen Länder Zoropas sowieder angrenzenden Meer es gebiet. En: *Rebenhorts, Kryptogamen-Flora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz*, 7, parte I, sec. 1-5 (1927-1930); parte 2, sec. 1-5 (1931-1937); parte 3, sec. 1-3 (1961-1964). Akad. Verl. Leipzig.
- Isaacs, C. M. (1984). Hemipelagic deposits in a Miocene basin, California: toward a model of lithologic variation and sequence. En Stow, D. A. V. y Piper, D. J. (eds.): *Fine Grained Sediments: Deepwater Processes and Facies*, Geological Society, Special Publication, 15, 481-497.
- Jerez, L. (1990). *Cartografía y Memoria de la Hoja Geológica n.º 1.049 (Arcos de la Frontera) del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000*. ITGE.
- Kemper, E. y Zimmerle, W. (1983). Facies patterns of a Cretaceous/Tertiary subtropical upwelling system (Great Syrian desert) and an Aptian/Albian boreal upwelling system (NW Germany). En Suess, E. y Thiede, J. (eds.): *Coastal upwelling*, NATO Conference Series IV, V 10, Plenum Press, Nueva York, 501-534.
- Krissek, L. A. y Scheidegger, K. F. (1983). Environmental controls on sediment texture and composition in low oxygen zones off Peru and Oregon. En Suess, E. y Thiede, J. (eds.): *Coastal upwelling*, NATO Conference Series IV, V 10, Plenum Press, Nueva York, 163-180.
- Martínez, P. y Rodríguez, M. T. (1949). Contribución al estudio de la Moronita. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo extraordinario, 391-404.
- Martínez del Olmo, W., García Mallo, J., Leret, G., Serrano, A. y Suárez, J. (1984). Modelo tectosedimentario del bajo Guadalquivir. *I. Congr. Geol. de España*, 1, 199-212.
- Molina, J. M., Bustillo, M. A. y Ruiz Ortiz, P. A. (1987). The marine diatomite-dominated sediments of the Guadalquivir Basin in the Haen Province (Upper Miocene, Southern Spain). *IASSth Regional Meeting of sedimentology*, Túnez, Abstracts Book, 353-354.
- Monjanel, A. L. (1987). *Les diatomées Oligocenes a Holocenes de l'Atlantique nord et de la Méditerranée occidentale: Biostratigraphie et Paleceanographie*. Tesis Doctoral, Brest, 318 págs.
- Peragallo, M. M. H. y M. (1897-1908). Diatomées marines de France et des districts maritimes voiseus. Tempère, M. J. (ed.), Micrographe. Editeur, à Grez-sur-Loire (s-et-M.). *Reprinted by Koeltz Scientific Books*, 491 págs.

- Perconing, E. (1964). La estratigrafía del Mioceno en Andalucía Occidental (España). El límite Oligoceno-Mioceno y la fase terminal marina del Mioceno. *Cursillos y Confer.*, 9, 219-228.
- Perconig, E. y Granados, L. (1973). Facies de «albarizas» o «moronitas». *XIII Col. Europ. de Micropal.*, España, 247-253.
- Pliego, D. y Babiano, F. (1982). Las diatomitas en España. *Tecniterrae*, 46, 47-52.
- Portero, J. M. y Alvaro, M. (1984). La Depresión del Guadalquivir, Cuenca de ante-país durante el Neógeno: génesis, evolución y relleno final. *I Congr. Español Geol.*, 3, 241-252.
- Roldán, F. J. y Divar, J. (1988). *Cartografía y Memoria de la Hoja Geológica n.º 966 (Montilla) del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000*. ITGE.
- Roldán, F. J., Divar, J. y Molina, J. M. (1988). *Cartografía y Memoria de la Hoja Geológica n.º 988 (Puentegeñil) del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000*. ITGE.
- Roldán, F. J., Lupiani, E. y Villalobos, M. (1992a). *Cartografía y Memoria de la Hoja Geológica n.º 926 (Mengíbar) del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000*. ITGE.
- Roldán, F. J., Lupiani, E. y Villalobos, M. (1992b). *Cartografía y Memoria de la Hoja Geológica n.º 945 (Castro del Río) del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000*. ITGE.
- Roldán, F. J., Lupiani, E. y Villalobos, M. (1992c). *Cartografía y Memoria de la Hoja Geológica n.º 947 (Jaén) del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000*. ITGE.
- Roldán, F. J., Lupiani, E. y Villalobos, M. (1992d). *Cartografía y Memoria de la Hoja Geológica n.º 925 (Porcuna) del Mapa Geológico Nacional a escala 1/50.000*. ITGE.
- Rullkotter, Vichev, V., Hinz, K., Winterer, E. L., Baumgartner, P. O., Bradshaw, M. J., Channell, E. T., Lafrezo, M., Lausa, L. F., Leckie, R. M., Moore, J. M., Schaftenaar, C., Steiger y Wiegand, G. E. (1983). Potential deep-sea petroleum source beds related to coastal upwelling. En Suess, E. y Thiede, J. (eds.): *Coastal upwelling*, NATO Conference Series IV, V 10, Plenum Press, Nueva York, 467-484.
- Sanz de Galdeano, C. y Vera, J. A. (1992). Stratigraphic record and palaeogeographical context of the Neogene basins in the Betic Cordillera, Spain. *Basin Research*, 4, 21-36.
- Sierro, F. J. y Flores, J. A. (1992). Evolución de las fosas Bética y Rifeña y la comunicación Atlántico-Mediterráneo durante el Mioceno. *III Congr. Geol. de España y VIII Congr. Latinoam.*, Resúmenes, T. 2, Salamanca, 563-567.
- Schmidt, A. (1874-1959). *Atlas der Diatomaceen*. Leipzig, 472 págs.
- Schuetz, G. y Schrader, H. (1979). Diatom taphocoenoses in the coastal upwelling area off Western South America. *Nova Hedwigia Beiheft*, 64, 359-383.
- Schrader, H. J. (1973). Cenozoic diatoms from the northeast Pacific, leg 18. *Init. Report DSDP*, 17, 673-746.
- Schrader, H. J. y Sorknes (1991). Peruvian coastal upwelling: Late Quaternary productivity change revealed by diatoms. *Marine Geology*, 97, 233-249.
- Summerhayes, C. P. (1983). Sedimentation of organic matter in upwelling regime. En Suess, E. y Thiede, J. (eds.): *Coastal upwelling*, NATO Conference Series IV, V 10, Plenum Press, Nueva York, 29-72.
- Tjasma. (1971). Stratigraphy and foraminifera of the Neogene of the Eastern Guadalquivir basin (Southern Spain). Utrecht. *Micropaleontological Bulletins*, 4, 1-161.
- Viguier, C. (1974). *Le Néogène de l'Andalousie nord-occidentale (Espagne)*. Histoire géologique du bassin du bas Guadalquivir. Tesis Doctoral, Burdeos, 449 págs.

Recibido el 12 de abril de 1994  
Aceptado el 26 de julio de 1994

## ANEXO

## Situación de los puntos de muestreo (Coord. UTM)

**Punto 1.** Martos-1

Situación: Dos canteras al Oeste de Martos.

Coord.: X: 412.1; Y: 4173.7.

N.º de muestras: 13, columna litológica.

**Punto 2.** Porcuna-1

Situación: Canteras al Sur de Porcuna.

Coord.: X: 399.40; Y: 4190.50.

N.º de muestras: 5, pertenecientes a un olistolito.

**Punto 3.** Andújar

Situación: Cantera al Norte de Andújar.

Coord.: X: 407.00; Y: 4212.8.

N.º de muestras: 9 y 4, en dos columnas litológicas diferentes.

**Punto 4.** Mengíbar-1

Situación: Cantera al Oeste de Mengíbar, próxima en la ctra. de Mengíbar a Villagordo.

Coord.: X: 432.45; Y: 4202.5.

N.º de muestras: 5, columna litológica.

**Punto 5.** Cerro de las Albarizas

Situación: Corte de carretera.

Coord.: X: 427.7; Y: 4203.45.

N.º de muestras: 6, columna litológica.

**Punto 6.** Molino del Rincón

Situación: Localidad a unos 3 km al Este de Mengíbar.

Coord.: X: 433.0; Y: 4202.9.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 7.** Mengíbar-2

Situación: Localidad al Este de Mengíbar, ctra. de Mengíbar a Villagordo.

Coord.: X: 432.45; Y: 4202.50.

N.º de muestras: 3, columna litológica.

**Punto 8.** Villagordo

Situación: Localidad a 1 km al NO del pueblo de Villagordo.

Coord.: X: 437.25; Y: 4200.75.

N.º de muestras: 3, seriadas.

**Punto 9.** Martos-2

Situación: Ctra. de Porcuna a Torredonjimeno, km 70.400.

Coord.: X: 400.25; Y: 4190.1.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 10.** Porcuna-2

Situación: Ctra. de Porcuna a Torredonjimeno, km 69.900.

Coord.: X: 399.70; Y: 4190.25.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 11.** Porcuna-3

Situación: Ctra. de Porcuna a Torredonjimeno, km 69.250.

Coord.: X: 399.6; Y: 4190.3.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 12.** Porcuna-4

Situación: Ctra. de Porcuna a Torredonjimeno, km 68.900.

Coord.: X: 399.5; Y: 4190.5.

N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 13.** Porcuna-5

Situación: Ctra. de Porcuna a Higuera de Cva., km 0.600.

Coord.: X: 396.75; Y: 4190.25.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 14.** Fuente de la Grana-1

Situación: A 1 km al SSO del pueblo de El Arahal, tendido del ferrocarril km 11.200.

Coord.: X: 272.7; Y: 4125.6.

N.º de muestras: 7, columna litológica.

**Punto 15.** Fuente de la Grana-2

Situación: A unos 100 m del punto anterior.

Coord.: X: 272.7; Y: 4125.6.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 16.** Vera Sevilla

Situación: Antigua cantera.

Coord.: X: 272.1; Y: 4128.15.

N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 17.** Cantera de los Alberos

Situación: Antigua cantera.

Coord.: X: 277.8; Y: 4130.0.

N.º de muestras: 6, columna litológica.

**Punto 18.** Cantera Abrigosos

Situación: Cerca de la ctra. que va de La Puebla de Cazalla a El Arahal, km 62.900.

Coord.: X: 289.5; Y: 4123.65.

N.º de muestras: 3, seriadas.

**Punto 19.** Canteras de Santa Ana-1

Situación: En el paraje denominado Loma del Téjar, cerca del río Carbones.

Coord.: X: 297.35; Y: 4118.85.

N.º de muestras: 3, seriadas.

**Punto 20.** Canteras de Santa Ana-2

Situación: Similar al punto anterior.

Coord.: id. punto anterior.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 21.** Canteras de Santa Ana-3

Situación: Similar al punto anterior.

Coord.: id. punto anterior.

N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 22.** Canteras de Santa Ana-4

Situación: Similar a los puntos anteriores.

Coord.: id. punto anterior.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 23.** Cañada Real-1

Situación: Cantera a unos 500 m del km 4,5 de la ctra. de La Puebla de Cazalla a San Antonio del Fontanar.

Coord.: X: 300.2; Y: 4119.8.

N.º de muestras: 5, seriadas.

**Punto 24.** Cañada Real-2

Situación: A 200 m del punto anterior, en un pequeño escarpe del camino.

Coord.: id. punto anterior.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 25.** La Puebla

Situación: Ctra. de La Puebla a Morón de la Frontera, km 3.200.

Coord.: X: 292.2; Y: 4119.5.

N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 26.** Cortijo de los Pozos

Situación: Cantera cercana al punto anterior.

Coord.: X: 292.6; Y: 4120.4.

N.º de muestras: 3, seriadas.

**Punto 27.** Cortijo La Cabra

Situación: Ctra. desde La Puebla a Marchena, km 11.

Coord.: X: 292.6; Y: 4125.7.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 28.** Cortijo del Río

Situación: Ctra. que va desde La Puebla a Marchena, km 8.

Coord.: X: 291.35; Y: 4128.15.

N.º de muestras: 3, seriadas.



**Punto 29.** Marchena

Situación: Ctra. de Marchena a Morón de la Frontera, km 39.  
Coord.: X: 284.0; Y: 4131.6.  
N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 30.** Marchena-2

Situación: Antigua cantera al Norte de Marchena.  
Coord.: X: 286.8; Y: 4135.5.  
N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 31.** Marchena-3

Situación: Cantera al Norte de Marchena.  
Coord.: X: 287.2; Y: 4134.85.  
N.º de muestras: 7, seriadas.

**Punto 32.** Marchena-4

Situación: Ctra. de Ecija a Marchena, km 10.200.  
Coord.: X: 305.9; Y: 4150.0.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 33.** Marchena-5

Situación: Ctra. de Marchena a Ecija, km 9,00.  
Coord.: X: 307.15; Y: 4150.7.  
N.º de muestras: 4, seriadas.

**Punto 34.** Hoya de la Ballestera-1

Situación: Ctra. de Ecija a Hoya de la Ballestera, km 6,500.  
Coord.: X: 308.05; Y: 4147.3.  
N.º de muestras: 3, seriadas.

**Punto 35.** Hoya de la Ballestera-2

Situación: Ctra. de Cija a Hoya de la Ballestera, km 4,000.  
Coord.: X: 308.85; Y: 4149.3.  
N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 36.** Hoya de la Ballestera-3

Situación: Ctra. de Ecija a Hoya de la Ballestera, km 1,500.  
Coord.: X: 310.25; Y: 4151.8.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 37.** Barranco de Chaves

Situación: Ctra. N-333 de Ecija a Marchena, km 4,300.  
Coord.: X: 311.05; Y: 4153.25.  
N.º de muestras: 9, seriadas.

**Punto 38.** Los Algarbes

Situación: En el paraje denominado de Los Algarbes.  
Coord.: X: 326.7; Y: 4163.5.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 39.** Cortijo de la Reina

Situación: A unos 400 m al Este del Cortijo de la Reina.  
Coord.: X: 321.35; Y: 4158.3.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 40.** Santaella

Situación: Ctra. que va desde la Nacional Ecija-Córdoba a Santaella, km 21,500.  
Coord.: X: 334.0; Y: 4162.75.  
N.º de muestras: 5, seriadas.

**Punto 41.** Santa Cruz

Situación: Silo a la salida del pueblo de Santa Cruz.  
Coord.: X: 356.0; Y: 4177.5.  
N.º de muestras: 8, seriadas.

**Punto 42.** Mudapelos

Situación: Lomas cercanas al entorno conocido con el nombre de Cortijo de Mudapelos.  
Coord.: X: 351.15; Y: 4173.5.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 43.** Los Molares-1

Situación: Cerca del lugar denominado Los Molares, antes de llegar al arroyo del Sarro.  
Coord.: X: 256.45; Y: 4115.55.  
N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 44.** Los Molares-2

Situación: Ctra. de Utrera a El Coronil, km 12,00.

Coord.: X: 261.9; Y: 4110.15.

N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 45.** Cortijo del Torrejón

Situación: Ctra. de El Coronil a Morón de la Frontera, antes de llegar al Cortijo del Torrejón.  
Coord.: X: 274.6; Y: 4110.85.

N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 46.** Morón-1

Situación: Cantera a la salida del pueblo de Morón de la Frontera, en la Ctra. a Marchena.

Coord.: X: 282.85; Y: 4114.6.

N.º de muestras: 4, seriadas.

**Punto 47.** Morón-2

Situación: Cantera frente al cementerio de Morón de la Frontera.

Coord.: X: 281.45; Y: 4111.9.

N.º de muestras: 4, seriadas.

**Punto 48.** Morón-3

Situación: Cantera en el km 29,500 de la ctra.

Coord.: X: 286.6; Y: 4110.35.

N.º de muestras: 4, seriadas.

**Punto 49.** Morón-4

Situación: En la pista que va de Morón a la Fuente del Piojo.

Coord.: a) X: 284.85; Y: 4107.5; b) X: 283.35; Y: 4110.0; c) X: 282.85; Y: 4110.1.

N.º de muestras: 3, seriadas y espaciadas, que corresponden a diferentes coordenadas.

**Punto 50.** Montellano-1

Situación: Ctra. de circunvalación a Montellano.

Coord.: X: 269.7; Y: 4097.65.

N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 51.** Montellano-2

Situación: Ctra. de circunvalación a Montellano.

Coord.: X: 269.25; Y: 4097.9.

N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 52.** Arcos-1

Situación: Ctra. de Arcos de la Frontera a la Barca de la Florida, km 4,000.

Coord.: X: 246.3; Y: 4067.6.

N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 53.** Arcos-2

Situación: Ctra. de Arcos de la Frontera a la Barca de la Florida, km 2,000.

Coord.: X: 247.1; Y: 4068.05.

N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 54.** Arcos-3

Situación: Cantera en la ctra. de Arcos a Jerez de la Frontera, en la desviación a la Barca de la Florida.

Coord.: X: 247.5; Y: 4070.7.

N.º de muestras: 7, seriadas.

**Punto 55.** Jerez-1

Situación: Ctra. que va de Jerez de la Frontera a Ronda, km 11,500.

Coord.: X: 766.45; Y: 4067.5.

N.º de muestras: 2, correspondientes al mismo nivel.

**Punto 56.** Jerez-2

Situación: Ctra. de Jerez de la Frontera a la Barca de la Florida, km 9,500.

Coord.: X: 765.15; Y: 4063.6.

N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 57.** Jerez-3

Situación: Ctra. de Jerez de la Frontera a la Barca de la Florida, en el km 12,500.

Coord.: X: 765.1; Y: 4063.0.

N.º de muestras: 7, columna litológica.

**Punto 58.** Paterna

Situación: Ctra. de Torreccera a Cortijo de los Arquillos, a la salida de Torreccera.

Coord.: X: 238.7; Y: 4052.0.  
N.º de muestras: 9, seriadas.

**Punto 59.** Lomopardo  
Situación: Ctra. de Estrella del Marqués a Lomopardo, km 4,900.  
Coord.: X: 761.6; Y: 4061.2.  
N.º de muestras: 9, columna litológica.

**Punto 60.** Cerro de la Liebre  
Situación: Ctra. del Portal a Cádiz.  
Coord.: X: 756.45; Y: 4059.85.  
N.º de muestras: 3, seriadas.

**Punto 61.** Cañada de la Loba  
Situación: Ctra. de Jerez de la Frontera a Puerto de Sta. María.  
Coord.: X: 754.1; Y: 4061.9.  
N.º de muestras: 3, seriadas.

**Punto 62.** Puerto Real  
Situación: Ctra. de Puerto Real a Paterna de Rivera, km 13,500.  
Coord.: X: 764.35; Y: 4045.55.  
N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 63.** Cañada Ancha de Albadalejo-1  
Situación: Ctra. cortada de Jerez de la Frontera a Lebrija, km 6,400.  
Coord.: X: 757.35; Y: 4071.15.  
N.º de muestras: 3, seriadas.

**Punto 64.** Cañada Ancha de Albadalejo-2  
Situación: Ctra. cortada de Jerez de la Frontera a Lebrija, km 5,500.  
Coord.: X: 757.35; Y: 4070.25.  
N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 65.** Cañada Ancha de Albadalejo-3  
Situación: Ctra. cortada de Jerez de la Frontera a Lebrija, km 4,700.  
Coord.: X: 757.15; Y: 4069.55.  
N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 66.** El Cuervo  
Situación: Ctra. N-IV, km 617.  
Coord.: X: 763.0; Y: 4081.75.  
N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 67.** El Rulo  
Situación: Ctra. N-IV, km 607.  
Coord.: X: 235.0; Y: 4088.75.  
N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 68.** Lebrija-1  
Situación: Calle en construcción al Norte de Lebrija.  
Coord.: X: 760.65; Y: 4090.90.  
N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 69.** Lebrija-2  
Situación: Calle en construcción al Norte de Lebrija, cercano al punto anterior.  
Coord.: id. punto anterior.  
N.º de muestras: 6, seriadas.

**Punto 70.** Lebrija-3  
Situación: Ctra. de Lebrija a Trebujena, km 30.  
Coord.: X: 758.9; Y: 4089.  
N.º de muestras: 4, seriadas.

**Punto 71.** Trebujena  
Situación: A la salida de Trebujena por la ctra. a Sanlúcar de Barrameda.  
Coord.: X: 751.65; Y: 4084.0.  
N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 72.** Sanlúcar-1  
Situación: Ctra. de Sanlúcar de Barrameda a Jerez de la Frontera, km 13,500.  
Coord.: X: 743.1; Y: 4068.0.  
N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 73.** Sanlúcar-2  
Situación: Ctra. de Sanlúcar de Barrameda a Trebujena, km 60,00.  
Coord.: X: 740.15; Y: 4075.  
N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 74.** Sanlúcar-3  
Situación: Ctra. de Sanlúcar de Barrameda a Trebujena, km 57,00.  
Coord.: X: 740.2; Y: 4073.4.  
N.º de muestras: 13, columna litológica.

**Punto 75.** Cabezas de San Juan  
Situación: Al SSO del pueblo de Cabezas de San Juan.  
Coord.: X: 238.15; Y: 4096.  
N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 76.** Palmar-1  
Situación: Ctra. del Palmar a Montellano, km 6,500.  
Coord.: X: 255.5; Y: 4097.85.  
N.º de muestras: 8, seriadas.

**Punto 77.** Palmar-2  
Situación: Ctra. del Palmar a Montellano, km 5,200.  
Coord.: X: 255.15; Y: 4098.7.  
N.º de muestras: 3, seriadas.

**Punto 78.** Utrera  
Situación: Ctra. de Utrera a El Coronil, km 3,000.  
Coord.: X: 255.85; Y: 4116.2.  
N.º de muestras: 5, dispersas.

**Punto 79.** Ubeda  
Situación: Ctra. de Linares a Ubeda, a 500 m pasada la ctra. a Iberos.  
Coord.: X: 456.7; Y: 4211.75.  
N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 80.** Loma de Chinchilla  
Situación: Ctra. comarcal en el paraje denominado Loma de Chinchilla.  
Coord.: X: 470.45; Y: 4199.95.  
N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 81.** Doña Aldonza  
Situación: Ctra. comarcal en la falda Norte del cerro denominado Doña Aldonza.  
Coord.: X: 471.15; Y: 4200.35.  
N.º de muestras: 6, seriadas.

**Punto 82.** Cortijo La Campana  
Situación: A unos 500 m del punto anterior.  
Coord.: X: 471.65; Y: 4200.7.  
N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 83.** Ubeda La Vieja  
Situación: En el entorno de las ruinas de Ubeda La Vieja.  
Coord.: X: 470.6; Y: 4198.0.  
N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 84.** Jimena-1  
Situación: Camino de Bedmar a Jimena.  
Coord.: X: 459.45; Y: 4187.95.  
N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 85.** Jimena-2  
Situación: Camino de Bedmar a Jimena.  
Coord.: X: 459; Y: 4187.35.  
N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 86.** Bedmar-1  
Situación: Ctra. que sigue el río Bedmar, km 13,200.  
Coord.: X: 459.55; Y: 4195.85.  
N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 87.** Mancha Real-1  
Situación: Ctra. de Jimena a Mancha Real, km 16,300.  
Coord.: X: 455.2; Y: 4189.7.  
N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 88.** Bedmar-2

Situación: Ctra. de Jodar a Bedmar.  
Coord.: X: 467.7; Y: 4186.3.  
N.º de muestras: 3, seriadas.

**Punto 89.** Torres-1

Situación: Desviación de la ctra. de Jodar a Bedmar, hacia Belmez de la Moraleda, a 500 m de la desviación.  
Coord.: X: 467.7; Y: 4185.0.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 90.** Torres-2

Situación: Ctra. de Jodar a Bedmar, km 33,300.  
Coord.: X: 466.7; Y: 4184.9.  
N.º de muestras: 3, seriadas.

**Punto 91.** Torres-3

Situación: Ctra. comarcal que sale al Sur de Bedmar al Torreón de Cuadros.  
Coord.: X: 463.6; Y: 4184.9.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 92.** Torres-4

Situación: Ctra. de Jimena a Albanchez de Ubeda.  
Coord.: X: 459.7; Y: 4184.9.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 93.** Torrequeradilla-1

Situación: Ctra. que sale de Villagordo a Torrequeradilla.  
Coord.: X: 438.4; Y: 4197.45.  
N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 94.** Torrequeradilla-2

Situación: En la misma ctra. del punto anterior, a unos 4 km.  
Coord.: X: 440.55; Y: 4196.1.  
N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 95.** Torrequeradilla-3

Situación: Ctra. de Torrequeradilla a Los Vados de Torralba.  
Coord.: X: 446.35; Y: 4198.85.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 96.** Vados de Torralba

Situación: En el paraje denominado Vados de Torralba, unos 6 km al Sur de Torreblascopedro.  
Coord.: X: 444.0; Y: 4200.2.  
N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 97.** Torreblascopedro

Situación: Vía del tren, a unos 2 km al Este de Torreblascopedro.  
Coord.: X: 445.85; Y: 4206.0.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 98.** Molino de Canales

Situación: Ctra. de Menjibar a Jaén.  
Coord.: X: 452.5; Y: 4188.0.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 99.** Linares

Situación: En las cercanías del pueblo de Linares.  
Coord.: X: 451.5; Y: 4187.2.  
N.º de muestras: 2, correspondientes al mismo nivel.

**Punto 100.** Mancha Real-2

Situación: Ctra. de Jimena a Mancha Real, a 1 km de este último pueblo.  
Coord.: X: 447.2; Y: 4183.2.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 101.** Mancha Real-3

Situación: Cantera a unos 200 m del punto anterior.  
Coord.: X: 447.25; Y: 4182.95.  
N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 102.** Mancha Real-4

Situación: Cantera en ctra. de Mancha Real a Jimena, km 3.  
Coord.: X: 447.15; Y: 4182.85.  
N.º de muestras: 4, seriadas.

**Punto 103.** Pegalajar

Situación: Al Sur de la localidad de Pegalajar, en el km 3 de la ctra. de ésta a La Guardia de Jaén.  
Coord.: X: 442.5; Y: 4176.4.  
N.º de muestras: 3, seriadas.

**Punto 104.** Jaén-1

Situación: Ctra. de Pegalajar en la N-323, a 1 km aproximadamente antes del cruce.  
Coord.: X: 441.25; Y: 4175.45.  
N.º de muestras: 27, columna litológica.

**Punto 105.** Puente de la Sierra

Situación: Ctra. comarcal que va de Puente de la Sierra al paraje denominado Cabeza Gorda.  
Coord.: X: 433.8; Y: 4174.75.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 106.** Quebrajano

Situación: Ctra. de Jaén al embalse de Quebrajano.  
Coord.: X: 432.54; Y: 4172.5.  
N.º de muestras: 8, columna litológica.

**Punto 107.** Jaén-2

Situación: Ctra. de Jaén al embalse de Quebrajano, a unos 2 km de Jaén capital.  
Coord.: X: 430.45; Y: 4178.35.  
N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 108.** Jaén-3

Situación: Muy cerca del punto anterior.  
Coord.: X: 430.35; Y: 4178.4.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 109.** Torre del Campo

Situación: Ctra. de Jaén a Torre del Campo.  
Coord.: X: 426.65; Y: 4182.9.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 110.** Torredonjimeno-1

Situación: Ctra. de Torre del Campo a Torredonjimeno, km 68.  
Coord.: X: 420.3; Y: 4180.8.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 111.** Torredonjimeno-2

Situación: Ctra. de Torredonjimeno a Martos, km 78,400.  
Coord.: X: 414.2; Y: 4176.6.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 112.** Alcaudete-1

Situación: Ctra. de Martos a Alcaudete, km 82,500.  
Coord.: X: 412.55; Y: 4173.65.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 113.** Alcaudete-2

Situación: Ctra. de Martos a Alcaudete, km 88,500.  
Coord.: X: 408.0; Y: 4170.75.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 114.** Bobadilla

Situación: A 1 km antes de la desviación a Bobadilla, en la ctra. de Martos a Alcaudete.  
Coord.: X: 407.7; Y: 6169.1.  
N.º de muestras: 4, columna litológica.

**Punto 115.** Baena

Situación: Ctra. de Baena a Alcaudete, km 340,600.  
Coord.: X: 385.1; Y: 4161.9.  
N.º de muestras: 5, columna litológica.

**Punto 116.** Doña Mencía

Situación: Ctra. de Baena a Doña Mencía, km 86,500.  
Coord.: X: 379.55; Y: 4161.0.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 117.** Nueva Carteya-1

Situación: Ctra. de Baena a Nueva Carteya, km 6,500.  
Coord.: X: 374.65; Y: 4161.15.  
N.º de muestras: Unica muestra.

**Punto 118.** Nueva Carteya-2

Situación: Al SO del pueblo de Nueva Carteya.

Coord.: X: 370.75; Y: 4160.45.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 119.** Cortijo de la Bota-1

Situación: Ctra. de Nueva Carteya a la que va a unirse a la N-432, km 10,500.

Coord.: X: 372.5; Y: 4162.8.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 120.** Cortijo de la Bota-2

Situación: Ctra. de Nueva Carteya a la que va a unirse a la N-432.

Coord.: X: 379.1; Y: 4165.6.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 121.** Valenzuela

Situación: Ctra. de Baena a Valenzuela, km 74,150.

Coord.: X: 387.2; Y: 4165.75.

N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 122.** Arjona

Situación: Ctra. de Arjona a Higuera de Arjona.

Coord.: X: 410.45; Y: 4199.6.

N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 123.** Cabra

Situación: Ctra. de Cabra a Lucena, km 108,700.

Coord.: X: 371.2; Y: 4146.0.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 124.** Lucena

Situación: Ctra. de Cabra a Lucena, km 110,550.

Coord.: X: 370.65; Y: 4145.35.

N.º de muestras: 2, seriadas.

**Punto 125.** Cerro de las Mesetas

Situación: Al Sur de la Hoja, en la ctra. comarcal de Jauja a la que va desde Puentegeñil a Benamejí.

Coord.: X: 354.75; Y: 4134.75.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 126.** Puentegeñil

Situación: Canteras a la salida de Puentegeñil.

Coord.: X: 342.15; Y: 4139.25.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 127.** Moriles-1

Situación: Ctra. de Moriles a enlazar con la de Puentegeñil-Lucena, km 1,500.

Coord.: X: 356.0; Y: 4143.75.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 128.** Moriles-2

Situación: En la misma ctra. del punto anterior, km 1,000.

Coord.: X: 356.5; Y: 4144.05.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 129.** Monturque

Situación: Ctra. de Monturque a Lucena, km 468,900.

Coord.: X: 364.0; Y: 4144.3.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 130.** Moriles-3

Situación: Ctra. de Monturque a Moriles.

Coord.: X: 358.4; Y: 4146.05.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 131.** La Torre-1

Situación: Ctra. de Moriles a Aguilar, km 3,900.

Coord.: X: 353.4; Y: 4149.75.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 132.** La Torre-2

Situación: En la misma ctra. de la muestra anterior, km 1,950.

Coord.: X: 353.4; Y: 4151.8.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 133.** Aguilar-1

Situación: Al SO de Aguilar de la Frontera, en la ctra. de Aguilar a Puentegeñil, km 1,000.

Coord.: X: 352.55; Y: 4152.75.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 134.** Aguilar-2

Situación: En la misma ctra. del punto anterior, km 4,500.

Coord.: X: 349.3; Y: 4152.85.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 135.** Montemayor

Situación: Ctra. cortada que sale hacia el Este, al Sur de Montemayor.

Coord.: X: 351.0; Y: 4167.95.

N.º de muestras: Única muestra.

**Punto 136.** Castro del Río

Situación: A la entrada del pueblo de Castro del Río.

Coord.: X: 368.9; Y: 4172.15.

N.º de muestras: Única muestra.

*Nota:* Sólo las muestras de los afloramientos señalados en la figura 1 contienen diatomeas, hecho observado después de los tratamientos para su estudio micropaleontológico.