

# FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS PROFUNDOS DEL MIOCENO SUPERIOR Y PLIOCENO INFERIOR EN EL D.S.D.P. SITE 135 (ATLÁNTICO NORORIENTAL)

Guillermo FRANCÉS, Fco. Javier SIERRO y Jorge CIVIS

Departamento de Geología (Area de Paleontología)  
Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca.  
37008 Salamanca (España).

## ABSTRACT

The deep benthonic Foraminifers assemblage in Cores 3 and 2 of D.S.D.P. Site 135 from the Upper Miocene and Lower Pliocene respectively, is probably related to a water mass whose characteristics are similar to the present NADW (North Atlantic Deep Water). This is demonstrated by the common presence of species such as *Epistominella exigua* (Brady), *Planulina wuellerstorfi* (Schwager), *Oridorsalis umbonatus* (Reuss) and others. However, the remaining of the assemblage suggests the existence of a relative anoxicity and/or high content of organic matter in the environment. We emphasize the absence of Foraminifers characteristic of the Antarctic Bottom Water.

With respect to preservation, we have noted that in Core 3 a strong dissolution occurred which mainly affected the planktonic foraminifer tests but also affected the diversity of benthonic Foraminifers and the planktonic/benthonic ratio. However, in Core 2 the preservation of planktonic fauna is rather good. According to these observations we conclude that the lysocline was clearly situated above the ocean floor during the Late Miocene at the core sites. The CCD would be situated below the ocean floor. On the contrary, during the early Pliocene the lysocline was situated at much lower levels.

**Keywords:** Deep foraminifers, Paleoceanography, NADW, Dissolution, Lysocline, Upper Miocene, Lower Pliocene, DSDP site 135, Northeast Atlantic.

## RESUMEN

La asociación de Foraminíferos bentónicos profundos en los Testigos 3 y 2 del D.S.D.P. Site 135, Mioceno Superior y Plioceno Inferior, respectivamente, está probablemente relacionada con una masa de agua de características similares a las de las aguas profundas del Atlántico norte actual, NADW ("North Atlantic Deep Water"). Así lo indica la presencia frecuente de especies como *Epistominella exigua* (Brady), *Planulina wuellerstorfi* (Schwager), *Oridorsalis umbonatus* (Reuss) y otras especies. Sin embargo, el resto de la asociación sugiere la existencia de una cierta anoxicidad y/o alto contenido en materia orgánica en el medio. Se destaca también la ausencia de Foraminíferos característicos de las aguas de fondo de la Antártida, AABW ("Antarctic Bottom Water").

En cuanto a la preservación, se ha observado que en el Testigo 3 se ha producido una fuerte disolución que ha afectado particularmente a los caparazones de Foraminíferos planctónicos y ha influido sobre la diversidad de los bentónicos y en la relación planctónicos/bentónicos. En el Testigo 2, sin embargo, la preservación de fauna planctónica es buena. De acuerdo con estas observaciones se concluye que la lisoclina se situaba claramente por encima del punto estudiado durante el Mioceno superior, mientras que el CCD estaría por debajo. En el Plioceno inferior, sin embargo, la lisoclina se sitúa en niveles mucho más bajos.

**Palabras clave:** Foraminíferos profundos, Paleoceanografía, N.A.D.W., Disolución, lisoclina, Mioceno Superior, Plioceno Inferior, D.S.D.P. Site 135, Atlántico Nororiental.

## INTRODUCCIÓN

En sus casi 20 años de historia el Deep Sea Drilling Project (DSDP), ahora Ocean Drilling Pro-

gram (ODP), ha revolucionado el mundo de las Ciencias de la Tierra. Mediante este proyecto se consiguieron en los primeros años pruebas decisivas de la Tectónica de placas y en la última década se ha visto nacer una nueva ciencia, la Paleoceanogra-

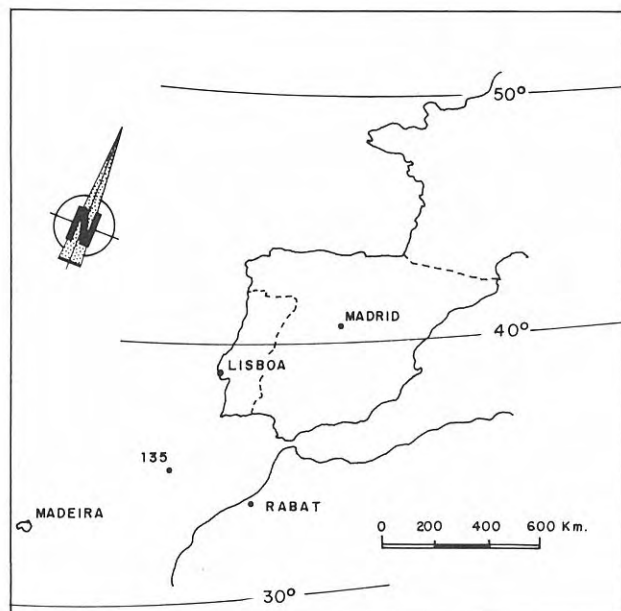


Figura 1. Situación del D.S.D.P. site 135.

fia, que abre un campo nuevo e inexplorado hasta ese momento de la historia de la Tierra.

El equipo de Paleontología de la Universidad de Salamanca comenzó hace varios años el estudio de diferentes grupos micropaleontológicos: Foraminíferos planctónicos, Foraminíferos bentónicos, Nanoplancton calcáreo, Polen, etc. en algunos sondeos del DSDP en el Atlántico ecuatorial y nororiental. En esta línea de investigación, el presente trabajo pretende abordar el estudio de los Foraminíferos bentónicos del sondeo DSDP site 135. Estos organismos permiten conocer la distribución de las diferentes masas de agua oceánica a grandes profundidades, su relación entre ellas y sus variaciones a lo largo del tiempo. Entre las características más importantes que dan identidad a cada una de estas masas de agua están su temperatura, el contenido en oxígeno, o la concentración en CO<sub>2</sub> o en nutrientes, peculiaridades que van a ser inferidas por medio de las comunidades de Foraminíferos que se han adaptado a las mismas.

El sondeo DSDP Site 135 fue realizado dentro de la campaña 14 en el sureste del eje de la llanura abisal "Horseshoe", al sur de una zona de fractura con actividad sísmica denominada Azores-Gibraltar (Fig. 1). Topográficamente, el sondeo se sitúa en una región elevada unos 750 m sobre el nivel de la llanura mencionada y a 4.250 m bajo el nivel del mar. Entre otros objetivos, el Sondeo 135 se realizó para obtener una secuencia bioestratigráfica del Terciario, por comparación con otras secciones tipo europeas. Se sondearon 689 m repartidos en nueve testigos. Los cuatro superiores cubren los primeros 325 m y están constituidos por sedimentos de fangos calcáreos de Nanoplancton. En este trabajo se han estudiado los Testigos 2 y 3 correspondientes al Plioceno inferior y al Mioceno superior respectivamente.

## MATERIAL Y TÉCNICAS

Todas las muestras estudiadas litológicamente están constituidas por fango cuyo componente esencial es el Nanoplancton calcáreo. Siempre que el volumen de muestra disponible lo permitió se han analizado entre 5 y 10 g de sedimento seco. La totalidad de las muestras fueron disgregadas en agua y calgón y tamizadas con los tamices de 500, 125 y 62 mm de luz de malla. De la fracción mayor de 125 mm, constituida en su casi totalidad por Foraminíferos planctónicos, se separaron en la microbata hasta un total de 200 individuos bentónicos, excepto en algunas muestras que contenían en total un número menor al citado. La denominación de las muestras es la habitual en el D.S.D.P. La primera cifra corresponde al número de testigo, la siguiente al número de sección dentro del testigo y las dos últimas al intervalo seleccionado expresado en centímetros.

## BIOESTRATIGRAFÍA Y CRONOESTRATIGRAFÍA

Con el fin de situar cronoestratigráficamente los testigos estudiados y dado que los Foraminíferos bentónicos no permiten una datación muy precisa de acuerdo con las escalas bioestratigráficas clásicas, se han realizado estudios de los Foraminíferos planctónicos y Nanoplancton calcáreo, cuyos resultados exponemos en este apartado.

En un estudio preliminar Hayes *et al.* (1972) sitúan el Testigo 3 en el Mioceno superior. Roth & Thierstein (1972) y Bukry (1972) coinciden en esta asignación, reconociendo la Zona de *Discoaster neohamatus*.

De acuerdo con los datos de Flores (1985) esta sección es anterior a lo que él denomina primer registro regular de *Eu-discoaster berggrenii* (Bukry) y posterior al último registro regular de *Eu-discoaster hamatus* (Martini & Bramlette). Se caracteriza el intervalo por la presencia de *Eu-discoaster bellus* (Bukry & Percival) y *Eu-discoaster neohamatus* (Bukry & Bramlette).

Los Foraminíferos planctónicos en líneas generales corroboran la edad obtenida mediante Nanoplancton calcáreo, si bien la asociación está afectada por una fuerte disolución. Hay que destacar la presencia en todos los niveles del grupo de *Neoglobobiquadrina acostaensis*, constituido por esta especie y por *Neoglobobiquadrina humerosa* (Takayanagi & Saito) (morfortipo *praeumerosa*), que nos permite situar el testigo en el Tortonense. La presencia de algunas formas de transición entre *Globigerinoides obliquus* Bolli y *Globigerinoides extremus* Bolli & Bermúdez y de abundantes individuos que pueden incluirse en el primer grupo de "*Globorotalia menardii*" de acuerdo con los resultados de Sierro *et al.* (1987) y Sierro *et al.* (en prep.) el testigo puede correlacionarse con un Tortonense medio-superior, anterior al Evento 1 definido por estos autores.

El Testigo 2, según Hayes *et al.* (op. cit.) abarca una edad entre el final del Mioceno y el Plioceno inferior. Esta edad se basó en los datos obtenidos por Roth & Thierstein (op. cit.), que hacen corresponder el testigo con la Zona de *Ceratolithus rugosus* (Plioceno inferior), y en los resultados de Beckman (1972) que sitúa el intervalo a caballo entre el Mioceno y el Plioceno. De acuerdo con nuestros resultados el conjunto de las muestras se sitúa en la mitad superior del Plioceno inferior. Tal edad puede inferirse de la presencia frecuente de *Globorotalia margaritae* Bolli & Bermúdez, *Globorotalia puncticulata* (Deshayes) y *Globorotalia crassaformis* (Galloway & Wissler) que apuntan hacia la zona MPL-3 de Cita (1973, 1976). La presencia, en las muestras más altas del testigo, de especies del género *Sphaeroidinellopsis* demuestra que no se alcanza la zona MPL-4, aunque algunos ejemplares próximos a *Globorotalia hirsuta* (d'Orbigny) parecen situarnos en las cercanías de esta última zona.

En cuanto al Nanoplancton calcáreo destaca la presencia regular en todo el Testigo 2 de *Eu-discoster asymmetricus* (Gartner) que posibilita la inclusión del intervalo estudiado en la Zona de *Discoster asymmetricus* de Martini (1971). Por otra parte, estamos de acuerdo con los autores antes mencionados en la correspondencia de estos niveles con la Zona de *Ceratolithus rugosus*.

## DISOLUCIÓN

Entre los procesos tafonómicos que tienen lugar en el océano, la disolución anterior a la sedimentación y sinsedimentaria afecta de forma notable a las asociaciones de Foraminíferos. El conocimiento de este proceso es importante; en primer lugar, porque nos permite poner de manifiesto la pérdida de infor-

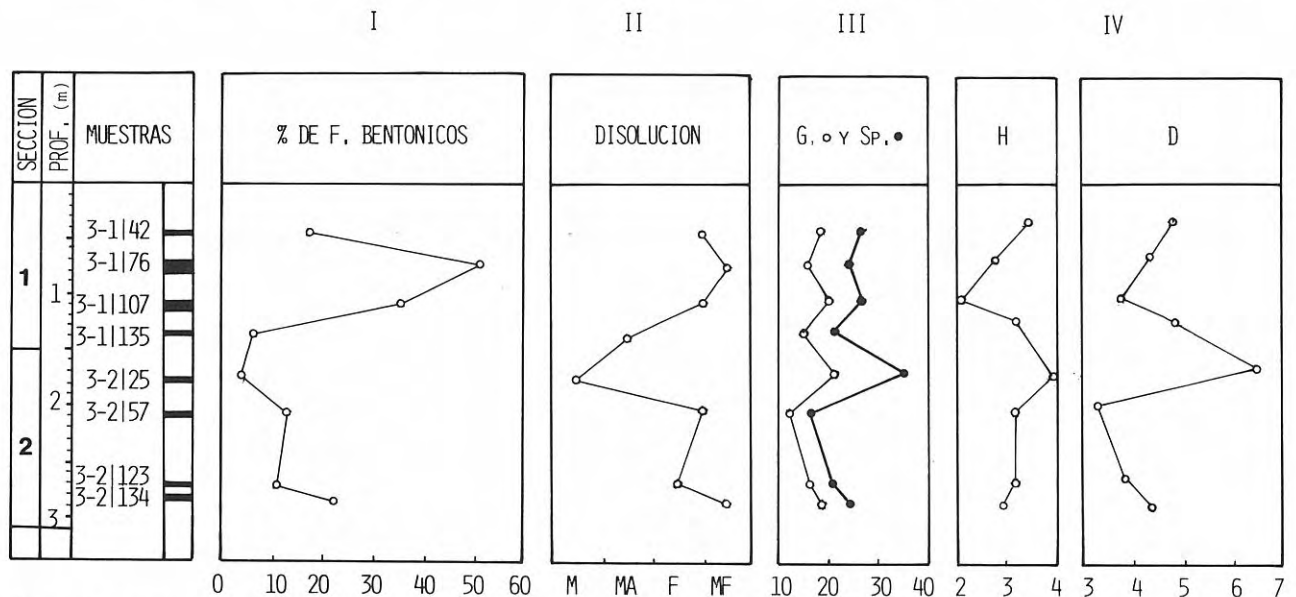
mación que ha tenido lugar durante los procesos de acumulación y fosilización y, especialmente, porque nos da una información muy valiosa sobre las propiedades de las masas de agua del fondo.

Desde que comenzaron los primeros estudios del DSDP se conoció la existencia de un comportamiento diferencial de los distintos grupos de microfósiles en relación con la disolución, estableciéndose una gradación en función de su resistencia a la misma. En esta escala, son los Pterópodos los caparzones menos resistentes, seguidos por los Foraminíferos planctónicos, Foraminíferos bentónicos y Nanoplancton calcáreo. El establecimiento de esta escala permite conocer, sin más que analizar la asociación micropaleontológica, si esos sedimentos han sido sometidos al proceso de disolución y su intensidad.

En el Testigo 3 la asociación de Foraminíferos planctónicos no refleja en ningún momento las condiciones paleoambientales de las masas de agua superficiales en esa región, puesto que las comunidades originales han sido sustancialmente alteradas. Los sedimentos han estado sometidos a una fuerte disolución que ha provocado la desaparición de la fauna menos resistente.

El análisis cualitativo y cuantitativo de la asociación de Foraminíferos planctónicos es uno de los mejores índices de la disolución. Mediante este análisis se han podido observar variaciones en el grado de disolución a través del tiempo (Fig. 2). En el Testigo 3 observamos por ejemplo una disolución más evidente en la muestra 3-1/107-111, en la que el grupo de *Globigerina druryi*-*Globigerina nepenthes* constituye un 63 % del conjunto, predominando también *Sphaeroidinellopsis* spp. (22 %) y *Globoquadrina dehiscens* (6,5 %), todas ellas especies muy resistentes. El resto de táxones está pobremente representado.

Por el contrario, el nivel 3-2/25-27 es uno de los menos afectados en términos relativos. En este



**Figura 2.** Comparación a lo largo del Testigo 3 entre: I) Porcentaje de Foraminíferos bentónicos respecto al total de Foraminíferos; II) Grado de disolución (M: moderada; MA: moderadamente alta; F: fuerte; MF: muy fuerte); III) Abundancia de géneros y especies (G.: Géneros, Sp.: Especies) y IV) Índices de diversidad (H: Índice de Shannon-Weaver; D: Índice de Margalef).

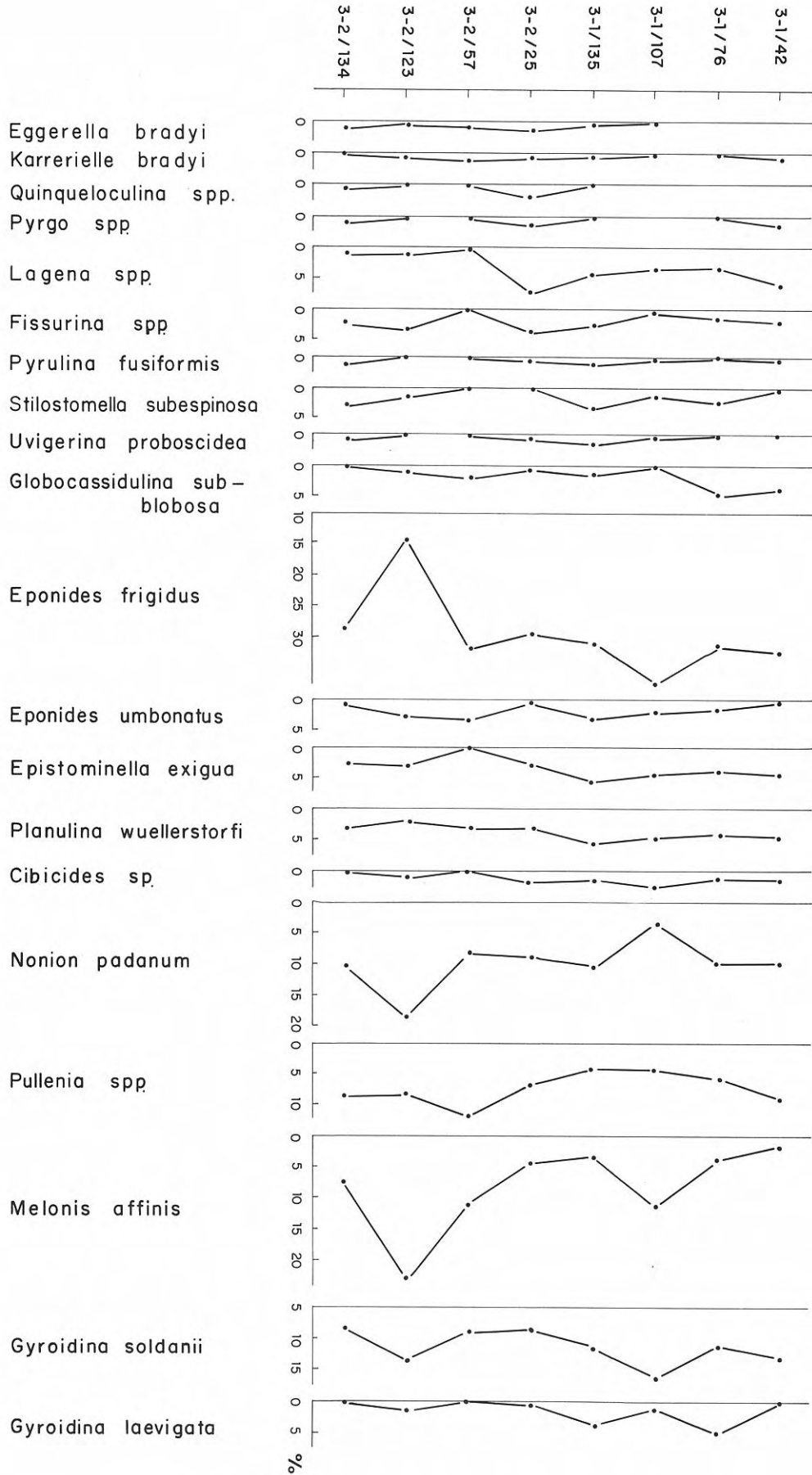


Figura 3. Distribución y abundancia relativa de los taxones en el Testigo 3.

nivel predomina el grupo de *Globigerinita glutinata* (22,9%), junto con *Neogloboquadrina acostaensis-humerosa* (27%), mientras que *G. druryi-G. nepenthes* se reduce a un 16% y *Globigerina apertura* presenta un 14,1%. Otras formas bien representadas son *Globigerinoides obliquus*, *Globigerina bulloides*, "*Globorotalia menardii*", *Globigerinoides bulloideus*, etc. Hemos observado que la elevada proporción de *G. druryi-G. nepenthes* junto con *G. dehiscens* y *Sphaeroidinellopsis subdehiscens* se correlacionan con un alto grado de disolución en todo el testigo.

Otro indicador del grado de disolución es el índice de rotura:  $Ir = n^{\circ}$  de Foraminíferos planctónicos fragmentados/ $n^{\circ}$  total de Foraminíferos planctónicos (enteros + fragmentados), si bien, este índice está también relacionado con otros factores como transporte, diagénesis, manipulación en el laboratorio, etc. En las muestras analizadas en el Testigo 3 el índice de rotura varía entre el 30 y el 80%, los cuales son valores anormalmente altos.

Basándonos en estos dos criterios hemos construido un gráfico que refleja el grado de disolución en las diferentes muestras del Testigo 3 de acuerdo con cuatro niveles (Fig. 2): muy fuerte (M.F.), fuerte (F.), moderadamente alta (M.A.) y moderada (M.). En la figura citada se observa un paralelismo entre la curvas que expresan la proporción de Foraminíferos bentónicos y la disolución. Ha sido mencionado en varias ocasiones el control que ejerce la disolución en el fondo sobre la relación Foraminíferos planctónicos/Foraminíferos bentónicos (FP/FB). Puesto que los segundos son más resistentes, dicha relación disminuye conforme aumenta la disolución. En condiciones normales la proporción de Foraminíferos bentónicos no suele ser mayor del 2% en los sedimentos de áreas oceánicas profundas.

La asociación de Foraminíferos bentónicos está también influida por estas variaciones en el grado de disolución. La mayor o menor abundancia de *Miliolina* y *Textulariina* parece estar condicionada por la disolución, así mismo los otros subórdenes, aún siendo dominantes, experimentan variaciones en su diversidad. La asociación aparece siempre dominada por tres especies a las que acompañan, dependiendo del grado de disolución, otras menos representadas.

En el Testigo 2 la disolución, si ha actuado, lo ha hecho en un grado muy bajo, puesto que no se observa enriquecimiento de formas resistentes y, sin embargo, están presentes formas muy sensibles como diferentes especies de *Globigerinoides*, *Orbulina*, etc. Del mismo modo, el índice de rotura es bajo, no muy superior al 10% y la proporción de Foraminíferos bentónicos no suele ser superior al 3%.

De acuerdo con todos estos datos podemos deducir que durante el Tortonense las aguas que bañaban el fondo de esta región se situaban claramente por debajo de la lisoclina y ligeramente por encima del CCD ("Calcite Compensation Depth"). Por el contrario durante el Plioceno Inferior, lo mismo que ocurre en el Cuaternario, de acuerdo con datos de Francés *et al.* (en prep.), el fondo estaba ligeramente por encima de la lisoclina, aunque muy próximo a ella.

Los ascensos y descensos de la lisoclina y CCD a escala regional y global pueden constituir una excelente herramienta en la correlación. En este sentido es bien conocido el ascenso de la lisoclina en buena parte del Atlántico durante el Mioceno Superior, período al que corresponde el Testigo 3.

## RESULTADOS

### TESTIGO 3

Toda la serie de este testigo aparece dominada por tres especies que se mantienen presentes con un porcentaje elevado a lo largo de la columna. En conjunto, *Eponides frigidus* (Cushman), *Nonion padanum* Perconig y *Gyroidina soldanii* (d'Orbigny) constituyen aproximadamente el 50% del total de todas las muestras. Acompañando a estas tres especies aparecen con una importancia menor *Eponides umbonatus* (Reuss), *Epistominella exigua* (Brady), *Planulina wuellerstorfi* (Schwager) y *Melonis affinis* (Reuss). Estas últimas aparecen representadas por un rango de porcentajes que varía entre 10,5 y 30%. Así pues, las siete especies mencionadas componen la fauna dominante de este testigo (Fig. 3). Un cortejo de especies de baja representatividad completan el total de la fauna. Algunas de ellas alcanzan valores significativos puntualmente, como *Globocassidulina subglobosa* (Brady), *Cibicides floridanus* (Cushman), *Pullenia bulloides* (d'Orbigny), *P. quadriloba* Reuss, *P. quinqueloba* (Reuss) y *P. salisburyi* (Stewart & Stewart). En ningún caso llegan a superar el 10% individualmente. La proporción de Foraminíferos bentónicos es muy alta en comparación con el Testigo 2. Aquí se alcanza hasta el 50% de bentónicos (muestra 3-1/70-80), aunque lo normal es que el porcentaje se sitúe entre el 10 y el 20% (Fig. 2).

Igualmente los índices de diversidad calculados (Shannon-Weaver y Margalef) y el reparto cuantitativo de géneros y especies muestran ciertas peculiaridades. La diversidad más elevada tiene lugar en la muestra 3-2/25-27, que es la que posee mayor número de géneros y de especies, a la vez que manifiesta la menor proporción de Foraminíferos bentónicos. Por el contrario, la menor diversidad la encontramos en la muestra 3-2/57-59, con un número menor de géneros y de especies. En general, se observa un paralelismo entre los valores de la diversidad de bentónicos y la proporción de Foraminíferos bentónicos a lo largo de toda la columna, esto es, a menor relación F.P./F.B., mayor diversidad (Fig. 2).

En principio las variaciones de la diversidad y su correspondencia con la relación F.P./F.B. puede explicarse porque la tanatocenosis se encuentra fuertemente controlada por la disolución. Los datos más significativos que nos han conducido a descubrir la fuerte disolución son sin duda la observación directa del levigado, en el que multitud de caparzones de Foraminíferos planctónicos aparecen deteriorados, así como el estudio de la relación F.P./F.B. Se tiene poca información sobre el comportamiento de los Foraminíferos bentónicos frente a los procesos de

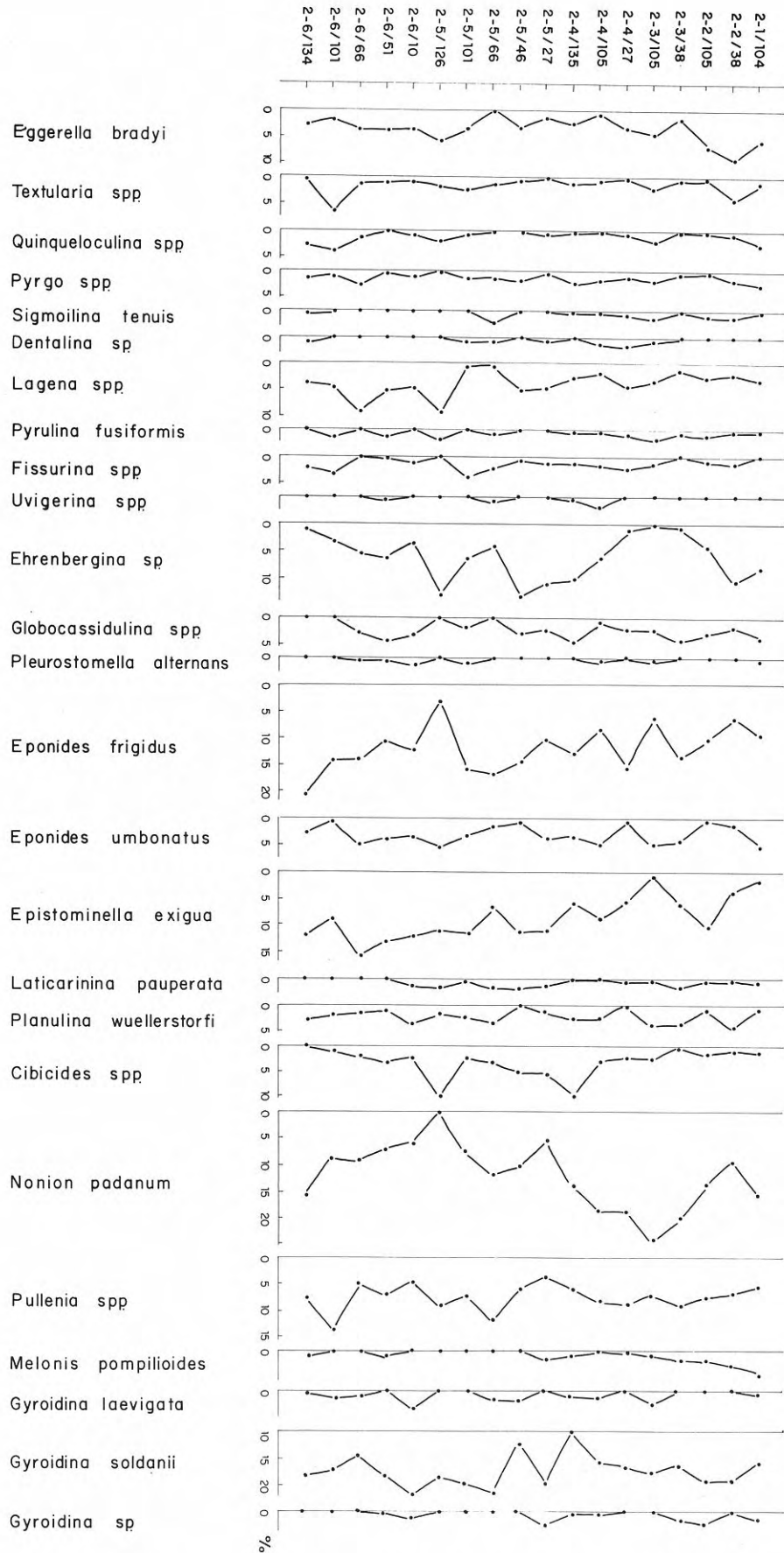


Figura 4. Distribución y abundancia relativa de los táxones en el Testigo 2.

disolución, si bien es conocida su mayor resistencia a los mismos frente a los planctónicos.

Este hecho condiciona la diversidad faunística y así hemos comprobado que las especies de Foraminíferos bentónicos más frecuentes no son las más indicativas desde el punto de vista paleoecológico, debido a su carácter más cosmopolita. La información paleoecológica la vamos a obtener por tanto de las especies menos dominantes.

## TESTIGO 2

La asociación de este testigo es muy monótona. Cuatro especies dominan de forma clara el conjunto de las muestras: *Eponides frigidus* (Cushman), *Epistominella exigua* (Brady), *Nonion padanum* Perconig y *Gyroidina soldanii* (d'Orbigny) constituyen más del 50 % del total, excepto en la muestra 2-5/126-128, que se presentan con un 35 % aproximadamente (Fig. 4).

Otras especies aparecen bien representadas, aunque con un porcentaje menor. *Eggerella bradyi* Brady, *Ehrenbergina* sp., *Globocassidulina subglobosa* (Brady), *Eponides umbonatus* (Reuss), *Planulina wuellerstorfi* (Schwager), *Pullenia quinqueloba* (Reuss) y *P. salisburyi* (Stewart & Stewart) dan lugar a más del 20 % de cada una de las muestras. Resalta que los valores máximos del grupo de especies dominantes coincide con los mínimos de las últimas citadas. Igualmente, los mínimos de aquéllas y los máximos de éstas también muestran coincidencia.

Por subórdenes, los máximos valores de Textulariina se deben a *Eggerella bradyi* Brady y *Textularia articulata* d'Orbigny. Aunque esta última rara vez sobrepasa el 2%, aparece de forma bastante constante en todo el testigo. Por lo que respecta a Miliolina s.l. (Foraminíferos bentónicos de concha porcelanoide) dos especies son las mejor representadas: *Quinqueloculina seminulum* (Linneo) y *Pyrgo murrhina* (Schwager). Ambas aparecen con frecuencia, pero con porcentajes poco significativos, raramente superan el 2%. A ellas les acompañan de forma esporádica *Quinqueloculina venusta* Karrer y diversas especies de *Pyrgo*.

El Suborden Lagenina está representado por numerosas especies de *Lagena* y *Fissurina* que, a nivel específico, no ofrecen significación alguna (menos del 2%). Agrupando a dichas especies en sus respectivos géneros se observa que éstos aparecen de forma constante en toda la serie, con porcentajes inferiores al 10 %, excepto en la muestra 2-5/126-128 en la que *Lagena* llega a tener un 11 %.

De la observación de la gráfica de porcentajes relativos entre Foraminíferos planctónicos y Foraminíferos bentónicos (Fig. 5) se desprenden dos conclusiones inmediatas: el porcentaje de Foraminíferos planctónicos es muy superior al de bentónicos. Frente a más del 95 % de los primeros se opone un 0,5 % de bentónicos en los casos más extremos. La segunda conclusión es la existencia de dos partes bien diferenciadas en la curva. En la primera mitad ofrece un aspecto caótico, con constantes dientes de sierra oscilando entre los límites antes mencionados. Por el contrario, la parte superior de la serie posee

una relación F.P./F.B. bastante constante, con ligeras oscilaciones en torno al 2,5 % de bentónicos.

En cuanto a la asociación principal que muestra este testigo, el único dato destacable es su estabilidad. En conjunto no sufre modificaciones notables a lo largo de la columna. Únicamente se observan ligeras variaciones muy puntuales.

## DISCUSIÓN

De acuerdo con Schnitker (1986), ninguna de las asociaciones faunísticas anteriores al Plioceno superior-Pleistoceno tiene su equivalente en el Océano Atlántico nororiental actual, sin embargo, sí podemos interpretar en alguna medida cuáles eran las características de las masas de agua en esta región durante el Mioceno Superior y el Plioceno.

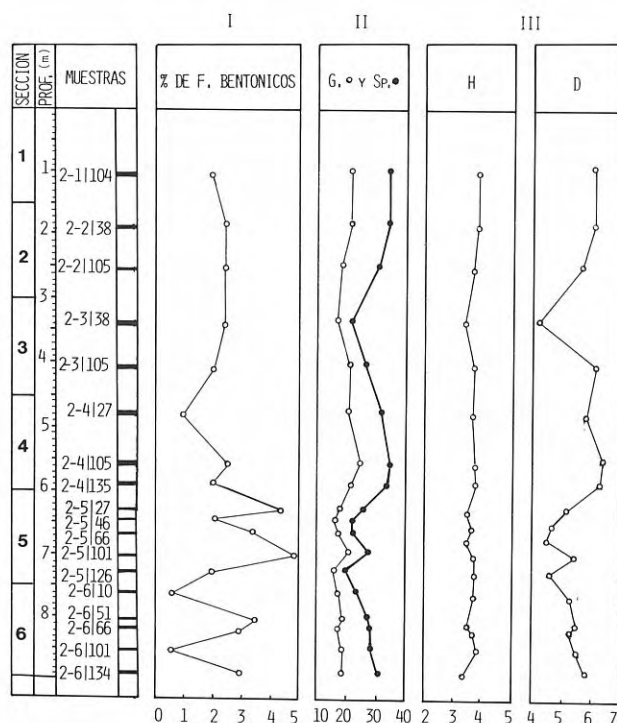


Figura 5. Comparación a lo largo del Testigo 2 entre: I) Porcentaje de Foraminíferos bentónicos respecto al total de Foraminíferos; II) Abundancia de géneros y especies (G.: Géneros, Sp.: Especies) y III) Índices de diversidad (H: Índice de Shannon-Weaver; D: Índice de Margalef).

Las asociaciones que encontramos en ambos testigos son bastante parecidas si tenemos en cuenta que el Testigo 3 ha sido afectado por una disolución relativamente fuerte. La asociación faunística en líneas generales es muy próxima a la de la NADW, "North Atlantic Deep Water" (aguas profundas del Atlántico norte) actual, según Streeter (1973), Schnitker (1974, 1980, 1984, 1986), Streeter & Schakleton (1979), Weston & Murray (1984) y Murray (1987, 1988). Así lo sugiere la presencia relativamente frecuente de *Epistominella exigua*, *Planulina wuellerstorfi*, *Globocassidulina subglobosa* y *Oridorsalis umbonatus*, espe-

cies todas ellas ligadas con esta masa de agua, de acuerdo con los autores anteriores.

Por otro lado, destaca la ausencia en los dos testigos estudiados de *Osangularia umbonifera* (Cushman), especie típicamente asociada a las aguas de fondo de la Antártida, AABW "Antarctic Bottom Water". Esto es tanto más significativo cuanto que la fauna asociada a dicha masa de agua ha sido ampliamente reconocida en el Atlántico nororiental desde el Paleógeno hasta la actualidad, si bien se han observado importantes fluctuaciones (Murray, 1987, 1988; Schnitker, 1984, 1986; Lutze, 1979).

Según Murray (1987, 1988) la AABW se extiende actualmente hasta el sur de las Islas Azores en profundidades superiores a 3.600 m. Durante todo el Pleistoceno y Plioceno Superior parece haber presentado una distribución similar a la actual, sin embargo, desde el Mioceno Medio hasta el Plioceno Superior esta masa de agua de fondo se distribuyó por todo el Atlántico nororiental por debajo de los 3300 m, llegando incluso a bañar las estribaciones de la plataforma Rockall (NO de Irlanda), Schnitker (op. cit.), Murray (1987, 1988).

La ausencia de la citada especie en las muestras estudiadas nos lleva a suponer que, o bien la AABW no bañaba la región, o bien lo hacía a una mayor profundidad, ya que este área se sitúa a unos 750 m sobre el fondo de la llanura abisal.

Si analizamos detalladamente la asociación en los dos testigos podremos conocer un poco mejor las características físico-químicas de la masa de agua presente en la región. *Epistominella exigua* ha sido siempre relacionada con aguas jóvenes, bien oxigenadas, Schnitker (1979), Peterson (1983), con tendencia a alcanzar máximos en períodos interglaciales en el Atlántico norte Schnitker (1974, 1980, 1984), Streeter & Schakleton (op. cit.). De acuerdo con el primero de los autores citados, actualmente, esta especie es abundante en aguas con un contenido en oxígeno mayor de 5 ml/l y con temperaturas entre 2 y 2,3 °C en el Atlántico noroccidental. Para Schnitker (op. cit.) esta especie es característica de la NADW inferior en el Atlántico norte occidental, mientras que su equivalente en el Atlántico norte oriental sería *Planulina wuellerstorfi*. Para Weston & Murray (op. cit.) y Murray (op. cit.) *E. exigua* esta relacionada con la NEADW "Northeast Atlantic Deep Water" o NADW superior en el Atlántico oriental.

La presencia relativamente frecuente de esta especie, aunque con importantes fluctuaciones en el Testigo 3, sugiere la existencia de aguas jóvenes, bien oxigenadas y de baja temperatura tanto en el Mioceno Superior como en el Plioceno Inferior, sin embargo, el resto de la asociación no parece apoyar este punto de vista.

Para Mackensen *et al.* (1985), *P. wuellerstorfi* y *E. exigua* son faunas dominantes entre los 2.000 y 3.000 m en el Mar de Noruega, mientras que *E. umbonatus* ocupa un hábitat ligeramente diferente, viviendo preferentemente entre los 2.500 y 4.000 m. Estos datos concuerdan con los de Sejrup *et al.* (1981). Para todos ellos, *P. wuellerstorfi* prefiere los ambientes con un aporte de sustancias nutritivas

relativamente alto, tolerando un contenido en oxígeno intersticial ligeramente más bajo, mientras que *E. umbonatus* tolera los bajos aportes de alimento y prefiere las aguas bien aireadas. Lutze (1979) sugiere un ambiente similar para *P. wuellerstorfi* en el margen continental de África del norte al señalar la presencia especialmente abundante de esta especie en la NADW, debajo del área de "upwelling", entre los 3.000 y 4.000 m. Sin embargo, resulta contradictoria la información de Lohmann (1978) en el Atlántico sur, donde *P. wuellerstorfi* se incrementa al aumentar el contenido de oxígeno. Este autor relaciona también *E. umbonatus* con las aguas frías, alcalinas y ricas en sílice de la AABW, a diferencia de otros autores que asocian esta especie con la parte inferior de la NADW.

Otras especies significativas en la asociación son *Pullenia bulloides*, *Pullenia quinqueloba*, *Globocassidulina subglobosa* y *Gyroidina*, táxones que algunos autores relacionan con aguas relativamente pobres en oxígeno o ricas en sustancias nutritivas. *G. subglobosa*, junto con *Uvigerina peregrina* Cushman, *Gyroidina* spp. y otras especies caracterizan las aguas superiores de la NADW, tanto en el Atlántico noroccidental Schnitker (1974, 1980), como en el Atlántico nororiental asociada con las aguas de salida del Mediterráneo, MOW "Mediterranean Outflow Water".

En el Índico ecuatorial oriental Peterson (1983) encuentra *G. subglobosa* como una especie característica de la biofacies asociada a las aguas profundas del Índico "Indian Deep Water", junto con *U. peregrina*, *Pyrgo* y *Eggerella bradyi* entre los 2.000 y 3.800 m de profundidad.

Para Loubere *et al.* (1988), sin embargo, *G. subglobosa* se reduce cuando hay una mayor productividad en el medio, concretamente para estos autores, este taxon es frecuente en el Atlántico norte hasta el Plioceno superior, cuando se reduce coincidiendo con el inicio de la glaciación. Para Mackensen & Hald (1988) *G. subglobosa* es abundante en el Mar de Noruega en las áreas bañadas por aguas cálidas y salinas de fondo, prefiriendo los substratos de arenas de Foraminíferos bien calibradas.

Las especies de *Pullenia* han sido asociadas por Weston & Murray (op. cit.) con la NADW intermedia en el Atlántico noroccidental. Schnitker (1979) observa que durante la última deglaciación las aguas de la NADW ricas en *E. exigua* que bañaban la parte norte de la cuenca son reemplazadas por aguas ricas en *Pullenia bulloides*, cambio faunístico que según él se debe a la ligera menor oxigenación de estas aguas. Otra información importante en relación con la distribución de esta especie es la suministrada por Mackensen *et al.* (op. cit.) y Mackensen & Hald (op. cit.) según los cuales *P. bulloides* prefiere los hábitat con mayor contenido en carbono orgánico y sedimentación pelítica terrígena.

Igualmente han sido relacionadas con aguas ricas en carbono orgánico, acompañando a *Uvigerina*, diferentes especies de *Gyroidina*, Schnitker (1974), y *Ehrenbergina* en las aguas intermedias del Atlántico norte Streeter (op. cit.), Schnitker (1974, 1980) y en las aguas intermedias del Pacífico con una intensa



zona pobre en oxígeno Douglas & Woodruff (1981) (datos tomados de Burke, 1977 y Walch, 1978) y Burke (1981). En el Pacífico aparece también asociada a estas masas de agua *Laticarinina pauperata* (Parker & Jones), presente en los testigos analizados por nosotros. Burke (op. cit.) relaciona *Eggerella bradyi*, *G. neosoldanii*, *O. umbonatus* y *Uvigerina peregrina dirupta* con el factor "upwelling" entre las Islas Salomon y la Plataforma de Ontong Java en el Pacífico ecuatorial occidental.

En la muestra 2-5/126-128 se aprecia una relación entre la disminución de *E. frigidus* y *P. wuellerstorfi* y la no aparición de *N. padanum* (Fig. 4). Estos fenómenos coinciden con un aumento de porcentaje en *Ehrenbergina* sp. y *Eponides umbonatus*. En muestras más altas se vuelve a la situación precedente a este episodio y las primeras especies citadas recobran su porcentaje habitual. No obstante etapas similares a la descrita se marcan de manera menos acusada en las muestras 2-4/135-139 y 2-4/105-109.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto interpretamos que las aguas que habitaron las faunas descritas en este trabajo, tenían unas propiedades físico-químicas próximas a la NADW actual, pero con un menor contenido en oxígeno y/o una mayor abundancia en carbono orgánico. Esto podría ser debido, bien a una menor intensidad en la formación de la NADW en el mar de Noruega-Groenlandia, o bien a la existencia de una mayor productividad en esta región quizás por la influencia de procesos de "upwelling" similares a los del noroeste de África en la actualidad.

En cualquier caso el aporte de carbono orgánico no es lo suficientemente grande como para que se desarrollaran comunidades profundas ricas en *Uvigerina peregrina* como ocurrió en algunos períodos fríos del Pleistoceno Superior en este mismo punto (Francés *et al.*, en prep.). Si exceptuamos la ausencia de este taxon, sin embargo, la asociación de Foraminíferos bentónicos no difiere mucho de la encontrada en el Pleistoceno Superior, si bien *E. exigua* y *P. wuellerstorfi* son más frecuentes en esta última etapa.

Schnitker (1986) realizó un estudio de las asociaciones de Foraminíferos profundos del Neógeno de diferentes DSDP sites del Atlántico nororiental. Para este autor las faunas durante el Mioceno Superior-Plioceno Inferior permiten separar dos masas de agua: las aguas someras o intermedias, caracterizadas por la abundancia de *E. exigua*, *P. wuellerstorfi*, *Ehrenbergina* sp., *G. subglobosa* y las aguas profundas pobladas preferentemente por *Osangularia umbonifera*, *G. neosoldanii*, *M. pompilioides* y *Pullenia quinqueloba*.

La similitud de nuestros resultados con cualquiera de las dos asociaciones de Schnitker no resulta particularmente evidente, sino que más bien parece una mezcla de las dos. En cualquier caso la ausencia de *O. umbonifera* y la presencia de *E. exigua* en nuestras muestras sugieren una mayor relación con la primera asociación de Schnitker (1986).

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la organización del "Deep Sea Drilling Project", que nos proporcionó las muestras de los testigos estudiados. Igualmente deseamos agradecer a los revisores de la Revista Española de Paleontología que, con sus observaciones, han contribuido a mejorar la claridad del texto.

Este trabajo ha sido realizado con la financiación de la C.I.C.Y.T. Proyecto PB85-0315-C02-00.

## BIBLIOGRAFÍA

- Beckman, J.P. 1972. The Foraminifera and some associated microfossils of sites 135 to 144. In Hayes, Pimm *et al.*, 1972. *Initial Reports DSDP*, 14, 389-420. Washington.
- Bukry, D. 1972. Coccolith Stratigraphy-Leg XIV, Deep Sea Drilling Project. In Hayes, Pimm *et al.*, 1972. *Initial Reports DSDP*, 14, 487-494. Washington.
- Burke, S.C. 1981. Recent Benthic Foraminifera of the Ontong Java Plateau. *Journal Foraminiferal Research*, 11, 1-19.
- Cita, M.B. 1973. Pliocene Biostratigraphy and Chronostratigraphy. In Ryan, Hsu *et al.*, 1973. *Initial Reports DSDP*, 13, 1343-1379. Washington.
- Cita, M.B. 1976. Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy of the Mediterranean Neogene. *Progress Micropaleontology Annales Museum Natural History*, Special Publication, 47-48.
- Douglas, R. & Woodruff, F. 1981. Deep Sea Benthic Foraminifera. In Emiliani, C. (Ed.). *The Sea, VII: The Oceanic lithosphere*; John Wiley & Sons, New York, 1233-1327.
- Flores, J.A. 1985. *Nanoplancton calcáreo en el Neógeno del borde Noroccidental de la Cuenca del Guadalquivir (S.O. de España)*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca. Inédito.
- Hayes, D.E., Pimm, A.C., Beckmann, J.C., Benson, W.E., Berger, W.H., Roth, P.H., Supko, P.R. & Rad, U. 1972. Site 135. *Initial Reports DSDP*, 14, 15-48 Washington.
- Lohman, G.P. 1978. Abyssal benthonic foraminifera as hydrographic indicators in the western south Atlantic Ocean. *Journal Foraminiferal Research*, 8, 6-34.
- Loubere, P.; Banonis, G. & Jakiel, R. 1978. *Globocassidulina subglobosa* (Brady): Environmental control of species abundances and specimen test size. *Journal Foraminiferal Research*, 18, 6-15.
- Lutze, G.F. 1979. Benthic Foraminifera at site 397: faunal fluctuations and ranges in the Quaternary. In Von Rad, V., Ryan, W.B.F. *et al.*, 1979. *Initial Reports DSDP*, 47, 419-432. Washington.
- Mackensen, A. & Hald, M. 1988. *Cassidulina teretis* Tappan and *C. laevigata* d'Orbigny: Their modern and late Quaternary distribution in northern seas. *Journal Foraminiferal Research*, 18, 16-24.
- Mackensen, A., Sejrup, H.P. & Jansen, E. 1985. The distribution of living benthic Foraminifera on the continental slope and rise off Southwest Norway. *Marine Micropaleontology*, 9, 275-306.
- Martini, E. 1971. Standart Tertiary and Quaternary Calca-

- reous Nannoplankton Zonation. In Farinacci, (Ed.), *Proceedings II Plank. Conference Roma*. Tecnoscienza, 1970, 2, 739-785.
- Murray, J.W. 1987. Benthic Foraminifers and Neogene bottom water masses at Deep Sea Drilling Project Leg 94 North Atlantic sites. In Ruddiman, W.F. *et al.*, *Initial Reports DSDP*, 94, 965-980. Washington.
- Murray, J.W. 1988. Neogene bottom water-masses and Benthic Foraminifera in the NE Atlantic Ocean. *Journal Geological Society London.*, 145, 125-132.
- Peterson, L.C. 1983. Recent abyssal Benthic Foraminiferal biofacies of the Eastern equatorial Indian Ocean. *Marine Micropaleontology*, 8, 479-515.
- Roth, P.H. & Thierstein, H. 1972. Calcareous Nannoplankton: Leg XIV of the Deep Sea Drilling Project. In Hayes, Pimm *et al.*, 1972. *Initial Reports DSDP*, 14, 421-485. Washington.
- Schnitker, D. 1974. West Atlantic Abyssal circulation during the past 120,000 years. *Nature*, 248, 385-387.
- Schnitker, D. 1979. The deep waters of the Western North Atlantic during the past 24,000 years, and the re-initiation of the Western boundary undercurrent. *Marine Micropaleontology*, 4, 265-280.
- Schnitker, D. 1980. North-east Atlantic Neogene Benthic Foraminiferal Faunas: tracers of deep-water Palaeoceanography. *Nature*, 284, 191-203.
- Schnitker, D. 1984. High resolution records of Benthic Foraminifers in the Late Neogene of the Northeastern Atlantic. In Roberts, D.G., Schnitker, D. *et al.*, 1984. *Initial Reports DSDP*, 81, 611-622. Washington.
- Schnitker, D. 1986. North-east Atlantic Neogene Benthic Foraminiferal Faunas: tracers of deep water Palaeoceanography. Special Publication Geological Society London, 21, 191-203.
- Sejrup, H.P., Fjaeran, T., Hald, M., Lennart, B., Hagen, J., Miljeteig, I., Morvik, I. & Norvik, O. 1981. Benthonic Foraminifera in surface samples from the Norwegian Continental Margin between 62° N and 65° N. *Journal Foraminiferal Research*, 11, 277-295.
- Sierro, F.J., Flores, J.A., Civis, J. & González Delgado, J.A. 1987. New Criteria for the correlation of the Andalousian and Messinian stages. *Proceedings VIII Congress R.C.M.N.S. Annales Instituti Geologici Publici Hungarici*, 70, 355-361.
- Streeter, S. 1973. Bottom water and Benthonic Foraminifera in the North Atlantic: Glacial-interglacial contrasts. *Quaternary Research*, 3, 131-141.
- Streeter, S. & Shackleton, N.J. 1979. Paleocirculation of the deep North Atlantic: 150,000 year record of Benthic Foraminifera and oxygen-18. *Science*, 203, 168-171.

*Manuscrito recibido:* 15 de julio, 1988.

*Manuscrito aceptado:* 15 de diciembre, 1988.