

## IMPPLICACIONES PALEOECOLÓGICAS DE LOS FORAMINÍFEROS EN EL EOCENO DEL PREPIRINEO OSCENSE (SECTOR DE ARGUIS).

*Eustoquio MOLINA, Nieves ORTIZ*

Area de Paleontología. Departamento de Ciencias de la Tierra.  
Universidad de Zaragoza, 50009 Zaragoza.

*José SERRA-KIEL*

Departamento de Geología Dinámica, Geofísica y Paleontología.  
Universidad de Barcelona, 08028 Barcelona.

### ABSTRACT

The micropaleontological study of the Arguis section allows a wide variety of biofacies to be distinguished during the Middle and Upper Eocene. In the Lutetian, the sedimentary model corresponds to a carbonate platform, primarily restricted and shallow, in which the larger porcelanaceous foraminifers (*Alveolina*, *Orbitolites*, *Periloculina*, *Fabularia*) are abundant. The marly levels provide benthic microforaminifers (*Valvulina*, *Clavulina*, *Rotalia*, *Elphidium*). These strata named the Calizas de Guara Formation, progressively change to deeper, open platform facies with assemblages of *Nummulites*, *Operculina* and *Discocyclina*. The Margas de Arguis Formation corresponds to a far deeper platform in which, during the Bartonian, the benthic microforaminifers (*Heterolepa*, *Lenticulina*, *Marginulina*, *Uvigerina*, etc.) were well developed. There, the planktonic foraminifers (*Globigerina*, *Acarinina*, *Truncorotaloides*, *Globigerinatheka*) were deposited, and when quantitatively analysed they provide paleoclimatic and paleobathymetric data. During the lower Priabonian, corresponding to the top of the Margas de Arguis Formation and the Belsué-Atarés Formation, a delta was developed. In this regressive environment, the assemblages changed, the planktonic foraminiferals tended to disappear and the benthic assemblages show frequent sharp compositional changes. These benthic assemblages characterize different shallow environments, with layers of *Discocyclina*, *Nummulites*, *Operculina* and *Heterostegina* (prodelta) followed by abundant Miliolids, Textulariids and Nonionids (Shallower inner prodelta) that finally disappear with the setting of properly continental environmental conditions.

**Keywords:** Foraminifera, Eocene, Palaeoecology, Pyrenees, Spain.

### RESUMEN

El estudio micropaleontológico del corte de Arguis permite diferenciar una amplia variedad de biofacies durante el Eoceno medio y superior. En el Luteciense el modelo sedimentario corresponde a una plataforma carbonatada, inicialmente somera y restringida, en la que abundan los grandes foraminíferosaporcelados (*Alveolina*, *Orbitolites*, *Periloculina*, *Fabularia*). Los niveles margosos suministran microforaminíferos

bentónicos (*Valvulina*, *Clavulina*, *Rotalia*, *Elphidium*). Esta formación denominada Calizas de Guara, pasa progresivamente a facies de plataforma abierta y más profunda, con asociaciones de *Nummulites*, *Operculina* y *Discocyclina*. La Formación Margas de Arguis, corresponde a una plataforma más profunda en la que, durante el Bartonense, se desarrollaron bien los microforaminíferos bentónicos (*Heterolepa*, *Lenticulina*, *Marginulina*, *Uvigerina*, etc.). Además se depositaron los foraminíferos planctónicos (*Globigerina*, *Acarina*, *Truncorotaloides*, *Globigerinatheka*), cuyas especies, analizadas también cuantitativamente, aportan datos del tipo paleobatimétrico y paleoclimático. Durante el Priabonense inferior, correspondiente al techo de la Formación Margas de Arguis y a la Formación Belsué-Atarés, se desarrolló un delta. En este medio regresivo, las asociaciones cambiaron, tendiendo a desaparecer los planctónicos y apreciándose frecuentes relevos bruscos en las asociaciones de foraminíferos bentónicos. Estos caracterizan medios deposicionales de plataforma con *Discocyclina*, *Nummulites*, *Operculina* y *Heterostegina*, que corresponderían a facies de prodelta medio, pasando rápidamente a medios muy someros con Miliólidos, Textularidos y Noniódidos, de facies de prodelta proximal, que finalmente desaparecen al instalarse un medio netamente continental.

**Palabras clave:** Foraminíferos, Eoceno, Paleocología, Pirineos, España.

## INTRODUCCIÓN

El sector de Arguis presenta unas buenas condiciones para realizar un estudio de tipo paleoecológico, ya que existe una gran variedad fosilífera, buen desarrollo y exposición, y además comienza a ser bien conocido en el aspecto sedimentológico (Puigdefábregas, 1975) y micropaleontológico (Molina, 1986; Ortiz, 1986; Canudo *et al.*, 1988).

La gran riqueza y variedad de microfósiles, en especial foraminíferos, permite abordar el aspecto paleoecológico, tratando de reconstruir la evolución paleoambiental y mostrar la distribución paleoecológica de los distintos grupos, géneros o incluso especies de foraminíferos, tanto planctónicos como ben-

tónicos. Las implicaciones paleoecológicas de los foraminíferos del Paleógeno pirenaico, han sido tratadas por Ferrer *et al.* 1973; Luterbacher, 1984; Caus y Serra-Kiel, 1984. En este sentido, es mucho lo que aún queda por hacer y el Prepirineo resulta un enclave óptimo para los estudios de tipo paleoecológico.

## SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

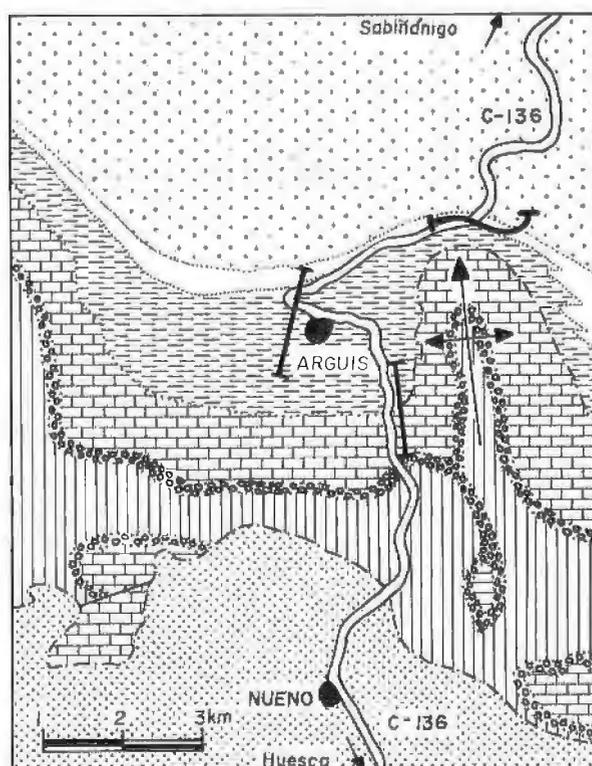
Geográficamente el corte de Arguis está situado en el Norte de la provincia de Huesca, comenzando en el kilómetro 19 de la carretera comarcal C-136 de Huesca capital a Sabiñánigo. Los muestreos se han realizado principalmente en la trinchera de la carre-



### LEYENDA

-  Neógeno (Cuenca del Ebro)
-  Formación Campodarbe
-  Formación Belsué-Atarés
-  Formación Margas de Arguis
-  Formación Calizas de Guara
-  F. Tremp (Garumniense)
-  Mesozoico

Modificado de Puigdefábregas, 1975



**Figura 1.** Localización geográfica y geológica del Corte de Arguis (Cartografía modificada de Puigdefábregas, 1975).

tera, primero a lo largo del río Isuela, después en los alrededores del pantano de Arguis, y terminan en las proximidades del túnel de la Manzanera (Fig. 1).

Geológicamente la zona de Arguis está situada en la parte más meridional del Prepirineo, concretamente en las "Sierras Exteriores" también denominadas "Sierras Subpirenaicas" o zona de "Sierras Marginales", que son un conjunto montañoso constituido por materiales Mesozoicos (Trias y Cretácico superior) y Terciarios (Paleoceno y Eoceno). Las Sierras Exteriores constituyen el flanco sur del Sinclinal del Guarga, cuyo núcleo está ocupado por sedimentos continentales del Terciario (Eoceno superior-Mioceno inferior).

El presente trabajo se centra en una secuencia marina de gran escala (Formación Calizas de Guara, Formación Margas de Arguis y formación Belsué-Atarés).

La Formación Calizas de Guara es de tipo transgresivo y se superpone a la Formación Tremp que es más conocida como Garumnense de facies continental. La Formación Calizas de Guara (Puigdefábregas, 1975) es también conocida como "Calizas de Alveolinas", debido a la gran abundancia de macroforaminíferos, especialmente alveolínidos y nummulítidos. En este sector está representada por más de 200 metros de calizas, calcarenitas e incluso conglomerados, depositados en una plataforma carbonatada somera y frecuentemente también restringida.

La Formación Margas de Arguis está constituida por margas y margocalizas de color gris-azulado que contienen principalmente microforaminíferos y nanofósiles. El depósito se habría producido en un medio de prodelta con bastante pendiente, turbidez y aportes detríticos finos. En función de su litología y contenido fosilífero se pueden distinguir varios tramos. Un tramo basal de potencia muy reducida (1-2 metros) constituido por margas de color beige con glauconita. Un segundo tramo de aproximadamente 50 metros de potencia, perteneciente al Bartonense inferior, constituido por margocalizas y margas gris azuladas con alto contenido en detríticos y muy empobrecido faunísticamente. Este tramo podría constituir la prolongación de la Arenisca de Sabiñánigo en un medio más profundo. Un tercer tramo de margas grises de aproximadamente 130 metros de potencia con abundantes foraminíferos planctónicos del Bartonense superior. Y un cuarto tramo margoso de aproximadamente 120 metros de potencia, con desarrollo de margocalizas hacia la base y de intercalaciones calcareníticas hacia el techo, y que pertenecería al Priabonense inferior.

La Formación Belsué-Atarés (Puigdefábregas, 1975) es de tipo deltaico y constituye la transición al continental de la formación suprayacente (Formación de Campodarbe). Presenta gran número de macroforaminíferos (nummulítidos y discociclínidos) así como, nanofósiles e incluso algunos foraminíferos planctónicos que desaparecen hacia la parte superior de la formación. La litología es principalmente de-

trítica y las calcarenitas tienden a predominar sobre los niveles margosos.

## FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS

En los estudios de tipo paleoecológico realizados en la parte meridional de la Cadena pirenaica, los foraminíferos planctónicos del Eoceno medio-superior han sido poco utilizados, excepto paleogeográficamente por Orue y Lamolda (1985). Tampoco han sido muy estudiados bioestratigráficamente, sin embargo, para el Eoceno medio y superior se pueden destacar los siguientes: Ruiz de Gaona y Colom (1950), Mangin (1959-1960), Martínez Díaz (1971), Caus (1975), Ferrer (*In* Puigdefábregas, 1975), Orue (1983), Orue *et al.* (1984), Canudo (1985) y Molina (1986). Finalmente, cabe destacar un estudio biocronológico de este mismo corte (Canudo *et al.*, 1988) en el que se avanza un esquema semicuantitativo de los foraminíferos planctónicos, con el que se evidencian algunas conclusiones de tipo paleoecológico. Las razones por las que los foraminíferos planctónicos han sido poco estudiados en la zona central del Pirineo, pueden ser la escasez de ellos en gran parte de las series, así como su pobre estado de conservación.

En cualquier estudio de tipo paleoecológico es fundamental el análisis cuantitativo para poder realizar interpretaciones más exactas y objetivas. Así el presente trabajo se ha basado en la separación y determinación de aproximadamente 300-500 ejemplares de cada muestra, obtenidos por levigación de los sedimentos margosos, utilizando un microseparador Otto modificado. En cada muestra, inicialmente se procedió a establecer la proporción de foraminíferos planctónicos en relación a la de bentónicos, a continuación se determinó el porcentaje de cada especie, sobre los que se basaron los gráficos. Así se agruparon las especies indicando el porcentaje exacto de cada género o grupo de especies. Además se expresó la diversidad específica, así como las proporciones de especies que supuestamente vivieron en aguas superficiales, intermedias o profundas. (Fig. 2).

La agrupación de las especies en superficiales (menos de 50 metros), intermedias (de 50 a 150 metros) y profundas (más de 150 metros), extendiendo estos valores como aproximados, se ha realizado siguiendo los criterios utilizados por otros autores. Estos han llevado a cabo estudios de estratificación por temperatura, basándose principalmente en el análisis de isótopos de oxígeno de las conchas de los foraminíferos (Douglas y Savin, 1978; Poore y Matthews, 1982; Keller, 1983; Keigwin y Corlis, 1986 y Boersma *et al.*, 1987). También se han tenido en cuenta, otros trabajos que además consideran la morfología funcional, y la comparación con la distribución horizontal y vertical de las especies de foraminíferos planctónicos en la actualidad (Hart, 1980; Olsson, 1982; Berggren y Olsson, 1986; Brasier, 1986).

A grandes rasgos, en las formaciones diferenciadas para el corte de Arguis, aparecen unas asociaciones en las que predominan fuertemente las especies del género *Globigerina*, junto con algún representante del género *Globigerinatheka* (*G. index*), así como algunas especies de los géneros *Acarinina* y *Truncorotaloides*. Por otra parte, hay que destacar la ausencia de *Hantkenina* y la gran escasez de *Morozovella*, *Pseudohastigerina* y *Turborotalia*. Esto es debido a razones de tipo paleogeográfico y paleoecológico que analizaremos más en detalle a continuación.

### Formación Calizas de Guara

Algunas de las muestras recogidas en los escasos niveles margosos de esta formación han suministrado algunos ejemplares de foraminíferos planctónicos, los cuales están muy mal conservados y resultan indeterminables específicamente. Estas cantidades tan poco significativas pueden ser debidas a la resedimentación, puesto que como indican los abundantes foraminíferos bentónicos, el depósito de la mayor parte de las Calizas de Guara se habría efectuado en un dominio de plataforma carbonatada interna y poco profunda. Estos medios, como es bien conocido, son evitados por los foraminíferos planctónicos que prefieren medios menos restringidos y más profundos.

### Formación Margas de Arguis

La base de esta formación pertenece al tránsito Luteciense/Bartoniense, ya que ha sido datada (Canudo *et al.*, 1988) como la parte superior de la Zona *Morozovella lehmeri*. Este marcador zonal está generalmente bien representado en regiones tropicales y subtropicales, pero a menudo falta en las asociaciones templadas (Toumarkine y Luterbacher, 1985). En este caso, la ausencia se podría explicar por la insuficiente profundidad del medio, en esta parte del Pirineo, ya que dicha especie ha sido encontrada en regiones próximas hacia el Noroeste (Orue, 1983-84; Manción, 1985). La biozona se ha reconocido por la coexistencia de *Globigerina frontosa* (Subbotina) y *Globigerina possagnoensis* (Toumarkine y Bolli) junto con los primeros representantes de *Turborotalia pomeroli* (Toumarkine y Bolli), así como escasos ejemplares de *Muricoglobigerina senni* (Beckmann), *Globigerina inaequispira* (Subbotina) y *Guembelitroides higginsii* (Bolli). En este nivel basal la diversidad y el porcentaje de foraminíferos planctónicos es alto, encontrándose bastante igualadas las proporciones de especies de aguas superficiales e intermedias. Las especies más frecuentes son: *Globigerinatheka index* (Finlay), *Globigerinatheka subconglobata* (Shutskaya), *Globigerina eocaena* Gumbel, *Truncorotaloides topilensis* (Cushman) y *Catapsydrax unicus* Bolli, Loeblich y Tappan. Todo ello y los datos de los forami-

níferos bentónicos indicarían un medio marino abierto, de aguas templadas y de una profundidad en torno a los 150 metros.

Durante el Bartoniense se depositó la mayor parte de la Formación Margas de Arguis, estando representado (Canudo *et al.*, 1988) por las biozonas: *Orbulinoides beckmanni* y *Truncorotaloides robri*. La primera de estas zonas corresponde a un tramo margocalizo muy detrítico y con un escasísimo contenido en fósiles. Este tramo es seguramente correlacionable con el Miembro Arenisca de Sabiñánigo. Su depósito correspondería a un momento de fuerte turbidez y llegada de detríticos que impediría el normal desarrollo y concentración de los foraminíferos. Las muestras que contienen suficientes foraminíferos para su estudio no presentan el marcador zonal *Orbulinoides beckmanni* (Saito). Esto es debido a que es propio de latitudes tropicales y subtropicales; por tanto, no se ha podido precisar el límite superior con la zona *Truncorotaloides robri*.

El tramo correspondiente a la parte media de la Formación Margas de Arguis pertenece a la zona *Truncorotaloides robri* (Bartoniense superior). En este momento se llegó a alcanzar la máxima diversidad y el mayor porcentaje de foraminíferos planctónicos (próximo al 50%) de toda la serie. Entonces se producen ciertos relevos en las proporciones de especies superficiales (*Acarinina spinuloinflata* (Bandy), *Globigerina officinales* Subbotina y *Globigerinatheka index* (Finlay)) y especies de aguas intermedias (*Globigerina eocaena* Gumbel, *Globigerina corpulenta* Subbotina y *Globigerina linaperta* Finlay). En estos momentos se alcanza la mayor proporción (dentro de su gran escasez) de formas de aguas profundas (*Catapsydrax unicus* Bolli Loeblich y Tappan y *Globigerina venezuelana* Hedberg). Todo lo cual nos indicaría que el medio deposicional alcanza su máxima profundidad durante el Bartoniense.

Hacia el techo de la Zona de *Truncorotaloides robri* tiende a disminuir gradualmente el contenido en foraminíferos planctónicos, sin embargo la variabilidad se mantiene hasta que se extinguen los géneros *Acarinina*, *Truncorotaloides* y *Morozovella*. Este evento marca el límite Bartoniense/Priaboniense y supone un importante relevo faunístico a nivel mundial, cambiando a fauna propia de aguas más frías y desarrollándose hiatos (Keller *et al.*, 1987).

La parte superior de la Formación Margas de Arguis corresponde a la zona *Globigerinatheka semiinvoluta* (Priaboniense inferior). Este marcador zonal, muy utilizado en latitudes más bajas, es aquí poco típico y escaso. El hábitat de aguas superficiales dejado vacante por la extinción de las formas espinosas, de los géneros característicos del Eoceno medio, es en parte ocupado por los géneros *Globigerinatheka*, *Turborotalia* y *Chiloguembelina*. Por esta razón no aumenta la proporción de especies superficiales, a pesar de que la cuenca, sedimentológicamente comienza a manifestarse regresiva.

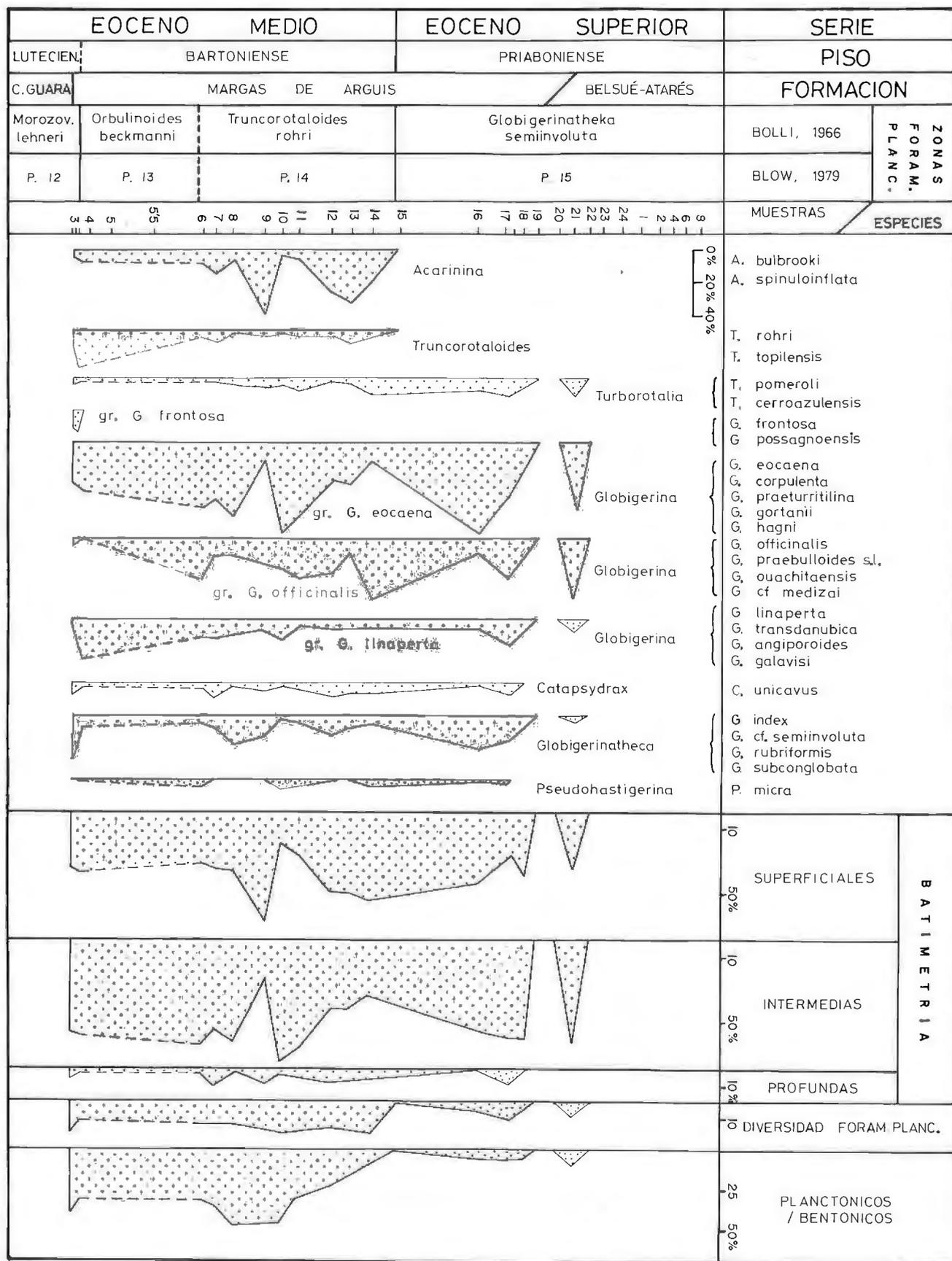


Figura 2. Distribución cuantitativa de los foraminíferos planctónicos en las formaciones Margas de Arguis y Belsué-Atarés.

## Formación Belsué-Atarés

En el tránsito de la Formación Margas de Arguis a Belsué-Atarés, dejan de aparecer las formas propias de aguas profundas y la variabilidad y el contenido en foraminíferos planctónicos es con frecuencia nulo, hasta que llegan a desaparecer a medida que se instala un medio netamente deltaico. En consecuencia, se produce un aumento de la turbidez de las aguas y una disminución de la profundidad, que pasaría desde alrededor de 100 metros hasta cero, de base a techo de la Formación Belsué-Atarés.

## MICROFORAMINÍFEROS BENTÓNICOS

Desde 1960 se ha incrementado notablemente el número de publicaciones, dedicadas al estudio de los microforaminíferos bentónicos, debido a su gran utilidad en las reconstrucciones ecológicas y paleoecológicas. Sin embargo, son escasos los trabajos realizados en el Paleógeno del Pirineo español, que tengan como objetivo, el estudio de este grupo (Colom, 1945; Ruiz de Gaona y Colom, 1951; Ferrer, 1971; Grünig, 1984) y también escasos, aquellos en los que se han utilizado como medio en las reconstrucciones paleoecológicas (Luterbacher, 1984; Ferrer *et al.*, 1973; Ortiz, 1986).

El presente estudio se ha realizado a partir de los materiales margosos a los que se les ha aplicado la técnica del levigado, habiendo analizado cuantitativamente más de 300 ejemplares de la fracción mayor de 0,150 mm. y considerando la de 0,150 a 0,063 mm. que puede producir cambios cuantitativos y cualitativos (Schröder *et al.* 1987). Los resultados obtenidos han sido analizados estadísticamente, aplicando índices como el de Simpson (1949) (*In* Lipps *et al.*, 1979) que permiten hacer valoraciones más objetivas. Se ha prestado especial atención a la variación de los principales subordenes, a la composición del caparazón, a la morfología funcional, así como, al estado de conservación y a los procesos tafonómicos (transporte, mezcla, disolución, etc.), además, de la presencia de especies con especial interés paleoecológico. En las interpretaciones se han tenido en cuenta estudios de carácter general (Murray, 1973; Haynes, 1981; Severin, 1983-84; Chang, 1984; Darmedru, 1984; Morkhoven *et al.* 1986), y otros más específicos realizados en materiales paleógenos (Murray y Wright, 1974; McDugall, 1980; Grünig y Herb, 1980 y 1984; Hooyberghs, 1986).

## Calizas de Guara

El estudio de los tramos margosos en esta formación fundamentalmente calcárea ha permitido diferenciar dos biofacies cuyos géneros dominantes son *Clavulina* y *Rotalia*.

La primera biofacies, en la que *Clavulina* constituye más del 40% de la población, presenta una baja diversidad específica, dominio de las formas aglutinadas y seriadas, y muestran en general un buen estado de conservación. La especie *Clavulina parisiensis* D'Orbigny ha sido citada por otros autores (Grünig y Herb, 1980), en asociaciones de mayor profundidad. En esta formación aparece asociada a *Valvulina pupa* D'Orbigny, *V. limbata* Terquem, *Quinqueloculina* sp, *Textularia* sp, y *Elphidium* cf. *subnodosum* Montfort. La subfamilia Elphidinae es típica de medios superficiales de aguas agitadas (Loeblich y Tappan, 19654).

Siguiendo las observaciones de Sellier de Civrieux y Bermúdez (1973) sobre asociaciones actuales, y las de Moorkens (1984) que estudia el medio óptimo para el desarrollo de los aglutinados, es posible afirmar que la formación de los tramos margosos estuvo relacionada con un descenso del contenido en carbonato cálcico disponible y que este favoreció el desarrollo de los aglutinados sobre un sustrato arenoso-limoso de cierta energía y escasa profundidad.

Los microforaminíferos del suborden Miliolina, a diferencia de los tramos calcáreos, están aquí escasamente representados, y en los niveles de máxima incidencia su estado de conservación es muy deficiente, habiéndose hallado únicamente moldes internos de formas quinqueloculiniformes fuertemente piritizadas. Estos niveles están precisamente entre las biofacies de *Clavulina* y *Rotalia*. Sin embargo, la presencia de aporcelanados en los tramos calcáreos de la Formación Guara como grupo dominante, está relacionado con el desarrollo de un medio carbonatado poco profundo y con una salinidad media-alta (Murray, 1973).

La biofacies caracterizada por el género *Rotalia*, no muestra indicios importantes de transporte, y presenta mayor diversidad específica que las anteriores, aunque más de un 60% de la población lo constituyen los géneros *Rotalia* y *Pararotalia*. En general domina la composición calcárea y la morfología cónica, que hace las conchas más estables en medios de alta energía, (Haynes, 1981; Severin, 1983-84). La asociación está formada por *Rotalia* cf. *trochidiformis*, Lamarck, *Pararotalia* sp, *Elphidium* cf. *subnodosum*, *Florilus scaphus* Fischel y Moll, *Reusella* sp., *Clavulina parisiensis*, *Valvulina pupa*, y *Textularia* sp. entre otros. En los últimos tramos margosos en que se desarrolla esta biofacies, encontramos además formas trocoespiraladas de gran tamaño, entre las que se distinguen: *Gavelinella magna* Le Calvez y *Cibicides* sp.

La representación de esta biofacies en el diagrama R-T-M (*Rotaliina-Textulariina-Milioliina*) de Murray (1973), indica que esta asociación pudo sobrevivir en un medio hipo o hipersalino, o en marismas de salinidad normal. En cualquier caso esta biofacies se desarrolla en un medio de escasa profundidad y energía media-alta.

**Margas de Arguis**

En esta formación de composición fundamentalmente margosa, se ha podido realizar un estudio cualitativo y cuantitativo más continuo del registro fósil, habiendo diferenciado tres intervalos con tres biofacies.

En la primera biofacies, perteneciente al tránsito Luteciense/Bartoniense, se observa la desaparición de los géneros *Elphidium*, *Clavulina*, y *Rotalia*, un incremento notable de las formas calcáreas (*Heterolepa*, *Marginulina*, *Uvigerina* y *Bolivina*) y reducción

de las especies aglutinadas (*Vulvulina*). Este relevo en la asociación indica que ha habido un aumento notable de la columna de agua y que nos hallamos en un medio netamente marino. Estos primeros niveles, son ricos en glauconita, cuyos granos redondeados muestran indicios de transporte.

El segundo intervalo, corresponde al inicio del Bartoniense, en él únicamente encontramos individuos juveniles. Esta biofacies, probablemente esté relacionada con una etapa de inestabilidad de la cuenca y/o con un período de alta velocidad de sedimentación, que dificultaría el desarrollo de la fauna

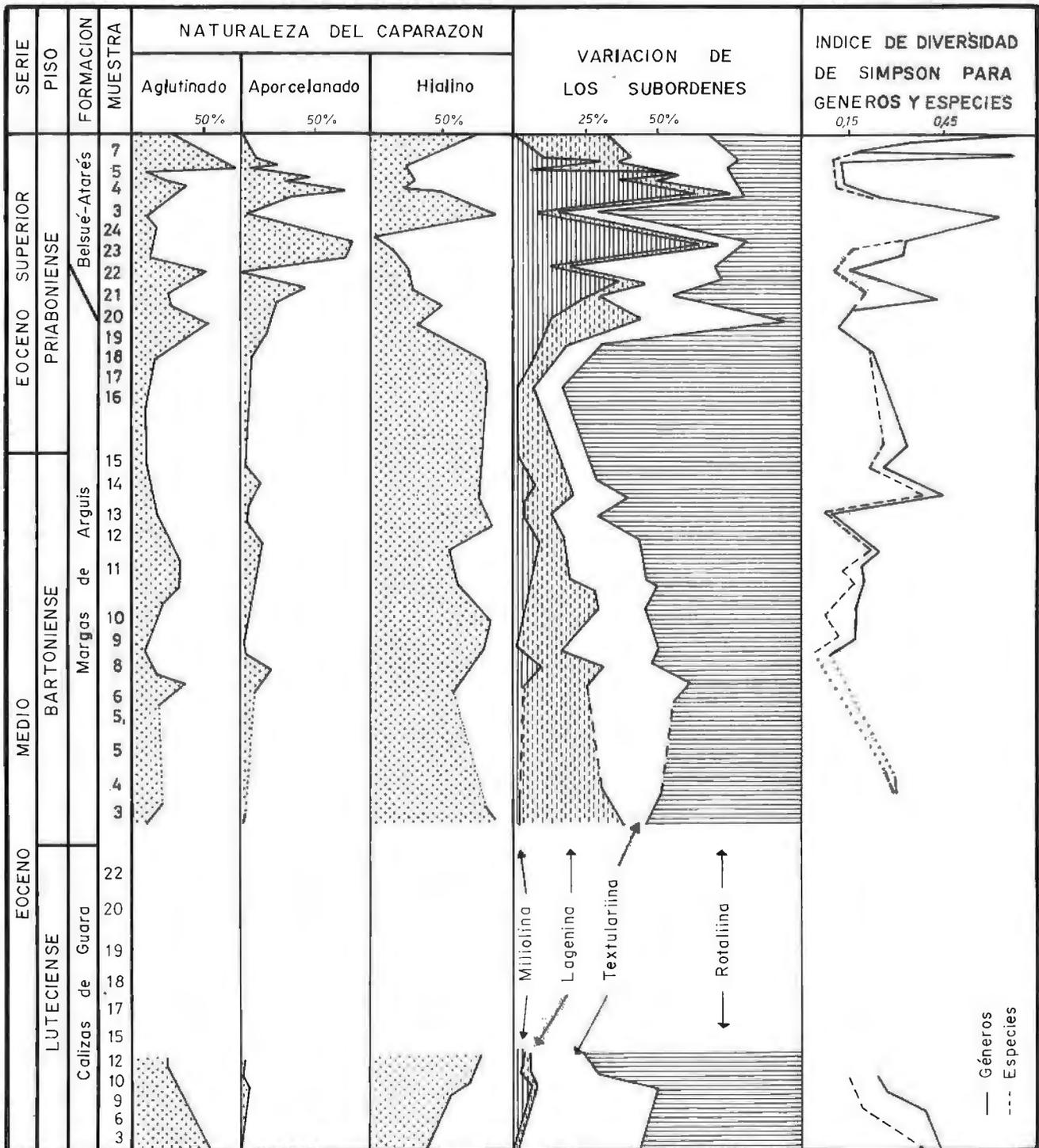


Figura 3. Distribución cuantitativa de los microforaminíferos bentónicos en el Corte de Arguis.

bentónica.

La tercera biofacies se desarrolla a lo largo de todo el Bartonense y se caracteriza por el dominio del suborden Rotaliina y dentro de este, del género *Heterolepa*, habiendo distinguido *Heterolepa dutemplei* (D'Orbigny), *Heocaena* (Gumbel), *H. biona* Shutskaia, junto a otras especies como *Gyroidinoides soldanii* (D'Orbigny) y *Anomalina* cf. *capitata* (Gumbel). Entre las especies de caparazón aglutinado encontramos a *Plectina eocena* (Cushman), *Vulvulina* cf. *pectinata* (Hantken) y *Sigmolina bartonensis* (Ruiz de Gaona y Colom), todos ellos con abundante cemento calcáreo y gran fino. Dentro del suborden Lagenina, están bien representados los géneros *Lenticulina* y *Marginulina*. En el gráfico (Fig. 3), puede observarse la distribución relativa de los distintos subordenes. Su representación en el diagrama R-TM queda en la línea que une los vértices R y T, lo que indica que esta asociación debió desarrollarse en la parte externa de la plataforma.

Las variaciones relativas de los subordenes Textulariina y Lagenina, dentro de este intervalo, nos permiten asociarlas a variaciones simultáneas del medio, así, las etapas en las que el primero tiene su máximo, indicarían un medio de más energía con mayor cantidad de materiales en suspensión y un sustrato más arenoso. Por el contrario los máximos del segundo grupo, Lagenina, que se producen simultáneamente al mejor desarrollo de la superfamilia Buliminacea, representada por las especies *Uvigerina eocana* (Gumbel), *Uvigerina cocoaensis* (Cushman) y *Bolivina novilis* (Hantken), coincidirían con etapas de menor energía y un sustrato detrítico más fino, en que se desarrollan mejor estas especies (Sellier de Civriex y Bermudez, 1973; Haynes, 1981).

En conjunto puede decirse que la formación Margas de Arguis, dado el registro fósil y el contexto sedimentológico de prodelta, se desarrolló bajo unas condiciones de salinidad media-baja, con cierta turbidez por los materiales en suspensión y un sustrato limoso-arenoso que variaría en función de los aportes. Esto queda corroborado por el valor del índice de Fisher *et al.* (1943), que oscila entre 4,2 y 5,7 y que según indica Murray (1973) corresponde a un medio de salinidad media-baja.

En el tránsito Bartonense-Priabonense el número de microforaminíferos sufre un descenso notable, recuperándose para mostrar una asociación semejante a la anteriormente descrita, pero con mayor desarrollo de la especie *Gyroidinoides soldanii* (D'Orbigny).

### Formación Belsué-Atarés

El tránsito entre las Margas de Arguis y la Formación Belsué-Atarés se desarrolla en continuidad, apreciándose en la fauna un descenso notable del número de individuos de la superfamilia Buliminacea. Este intervalo se caracteriza por un rápido relevo en

el dominio de los distintos grupos condicionado por un medio progresivamente más somero y cambiante, con una fuente de aportes que determinaría el tipo de sustrato, el contenido de materiales en suspensión y la concentración de sales.

Así, se suceden varias biofacies. En la primera son muy abundantes los arenáceos representados por *Vulvulina* cf. *pectinata*, *Sigmolina bartonensis*, *Textularia* sp., *Gaudryina* sp., que aparecen junto a *Florilus scaphus*, *Heterolepa duntemplei*, *Tubulogenerina* sp., *Lenticulina* sp. *Quinqueloculina* sp. En la segunda biofacies hay un claro dominio de los miliólidos apareciendo varias especies del género *Quinqueloculina* junto a *Triloculina* sp., *Sigmolina* sp. y *Heterolepa* sp. A esta le suceden otras facies en las que domina el género *Textularia*, y sobre esta, alternan las facies de *Heterolepa* y *Sigmolina* con un claro dominio de esta última. En conjunto se observa una progresiva reducción de la diversidad específica y del número de individuos.

## MACROFORAMINÍFEROS

Los macroforaminíferos eran conocidos principalmente por su valor cronoestratigráfico; en el Eoceno, con géneros como *Nummulites* y *Alveolina*, entre otros, se han establecido biozonaciones que permiten correlacionar materiales tanto dentro de una cuenca como entre cuencas diferentes.

Sin embargo, en los últimos años con el desarrollo de la sedimentología, se ha observado que las asociaciones de este tipo de organismos caracterizan medios deposicionales concretos. Trabajos como los de Arni (1963), Höttinger (1977), Luterbacher (1984), Hallock y Glenn (1986), y un largo etc..., a partir del estudio de los macroforaminíferos actuales y del contexto estratigráfico-sedimentológico del material fósil, han avanzado en este sentido.

El presente estudio se ha realizado tanto en los materiales margosos, a los que se les ha aplicado la técnica del levigado, como en las facies carbonatadas mediante el estudio de lamina delgada que si bien para algunos géneros no puede suministrar información específica, nos ha permitido establecer las diferentes biofacies.

### Formación Calizas de Guara

La distribución estratigráfica de los macroforaminíferos dentro de la Formación ha permitido caracterizar dos grandes secuencias: la primera de plataforma interna a plataforma media, la segunda de plataforma interna a plataforma externa.

El carácter transgresivo de la unidad da lugar a pequeñas recurrencias de las diferentes biofacies dentro de cada secuencia, por ello prescindiendo de las reiteraciones de las mismas, caracterizaremos las bio-

facies de los diferentes medios deposicionales representados en las secuencias.

La primera secuencia, de edad Luteciense medio, se inicia con los niveles detríticos (arenas y limos) de la base de la Formación. Los primeros niveles con macroforaminíferos se encuentran en calizas biocásticas que presentan abundantes foraminíferos aporcelanados, tanto miliólidos simples como complejos, entre los que destacan *Idalina* sp., y *Fabularia* sp. que caracterizan facies poco profundas de baja energía, sustrato blando y proximales dentro de un contexto de plataforma interna (Caus y Serra-Kiel, 1984). Progresivamente se produce un incremento de la variabilidad de aporcelanados con la presencia de orbitolíticos (*Orbitolites complanatus* Lamarck) y alveolínidos (*Alveolina boscii* Defrance y *Alveolina munieri* Höttinger), hasta el total predominio de los alveolínidos con escasos *Nummulites* de pequeñas dimensiones (*Nummulites migiurtinus* Azzaroli); las facies de alveolínidos indicarían la zona media de la plataforma interna con baja energía de fondo y sustrato blando. Los niveles carbonatados pasan a facies margosas y limolíticas carbonatadas con gran abundancia de *Nummulites* de grandes dimensiones del grupo del *N. perforatus* (Montfort): *N. aspermontis* Schaub y *N. beneharnensis* De La Harpe. Estos niveles masivos, a menudo monoespecíficos, de grandes *Nummulites*, se han interpretado por diferentes autores, (Arni, 1963; Arni y Lanterno, 1972, 1976; Bignot, 1972; Decrouez y Lanterno, 1979; Serra-Kiel y Reguant, 1984) como bancos "in situ" de geometría laxa, situados en el tránsito "near-shore" o plataforma interna a plataforma abierta. En la parte alta de esta secuencia se encuentran, aunque poco representadas, facies margosas con *Operculina parva* Douville, *Assilina spira* (De Roissy) y *Nummulites migiurtinus* Azzaroli, que caracterizarían facies de plataforma media (Caus y Serra-Kiel, 1984; Höttinger, 1977).

La segunda secuencia, de edad Luteciense superior, es a grandes rasgos una recurrencia de la anterior. Se inicia con niveles carbonatados con abundantes miliólidos complejos: *Periloculina raincourti* Schlumberger, *Fabularia* sp., y *Idalina* sp., así como la presencia del orbitolínido (en el sentido de aglutinado cónico de estructura compleja) *Coskinolina* (*Coskinolina*) *roberti* (Schlumberger), el conjunto es característico de facies proximales de plataforma interna, sustrato blando y baja energía (Höttinger, 1983; Höttinger y Drobne, 1980; Caus y Serra-Kiel, 1984), gradualmente se produce un incremento de orbitolíticos (*Orbitolites complanatus minima* Henson) y alveolínidos (*Alveolina elongata* D'Orbigny, *Alveolina* aff. *fusiformis* Sowerby) que caracteriza la zona media de la plataforma interna.

La parte media de la secuencia esta representada por niveles de *Nummulites* de grandes dimensiones del grupo del *N. perforatus* (Montfort): *N. deshayesi* D'Archiac y Haime, que como en los niveles de grandes *Nummulites* de la secuencia inferior, se encuentran presentando imbricaciones y granoclasificación

entre las formas megaloesféricas y las microesféricas, lo que indicaría que los bancos de grandes *Nummulites* característicos del tránsito "near-shore" a plataforma abierta han sido retrabajados y transportados formando barras paralelas a la línea de costa, semejantes a las descritas por Aigner (1982) en el Eoceno medio de Egipto.

Tanto en las facies de plataforma interna como en las de tránsito a plataforma abierta se encuentran *Nummulites* de pequeñas dimensiones (*N. discorbis* (Schlotheim), *N. aff. bullatus* Azzaroli), siempre en escaso número.

La secuencia finaliza a techo de la Formación con niveles ricos en *Discocyclina* sp. que indicarían la parte más profunda de la plataforma externa dentro de la zona fótica (Caus y Serra-Kiel, 1984).

Por último señalar la ausencia en dichas secuencias de las biofacies de *Nummulites* planos, *Operculina* sp. y *Assilina* sp. características de la plataforma media, dicha ausencia se explicaría por el desplazamiento hacia el sur del depocentro de la cuenca acompañado de una transgresión que se produjo en el tránsito Luteciense/Bartoniense.

### Formación Margas de Arguis

La parte superior y media de la unidad se caracteriza por la total ausencia de macroforaminíferos; ello se debe a la particular evolución tectosedimentaria de la cuenca en la zona de Arguis, en donde durante el Bartoniense se produjo una rápida subsidencia, a causa de la formación de los anticlinales con vergencia al norte situados en el borde sur de la cuenca (Puigdefabregas, 1975); el incremento batimétrico, junto con la fuerte pendiente deposicional originada imposibilitó el desarrollo de una plataforma estable y, en consecuencia, un desarrollo importante de fauna bentónica.

En el tramo medio de las margas, que correspondería a los niveles más profundos, se encuentran esponjas silíceas (*Pseudoguettardia* sp.) características de facies de plataforma externa afótica (Barnolas y Serra-Kiel, 1983). A continuación, la cuenca se colmató a partir de los aporte siliciclásticos, provenientes del aparato deltaico de la Formación Belsué-Atarés suprayacente.

La parte superior de la unidad, datada como base del Eoceno superior, se caracteriza por margas con intercalaciones de niveles margo-limolíticos, correspondientes al prodelta distal del aparato deltaico superior, y presenta niveles ricos en macroforaminíferos con abundantes nummulíticos (*Nummulites* aff. *cyrenaicus* Schaub, *N. striatus* (Bruguier), *N. incrasatus* De La Harpe, *Operculina* aff. *schwageri* Silvestri, *O. gomezi* Colom y Bauza), y discociclínidos (*Discocyclina* sp., *Asterocyclina* sp.), el conjunto caracteriza una plataforma media, tránsito a externa (Caus y Serra-Kiel, 1984; Hallock y Glenn, 1986; Höttinger, 1983).

**Formación Belsué-Atarés**

Esta unidad, como se ha indicado en la introducción, es de carácter transicional a los sedimentos continentales de la Formación Campodarbe supra-yacente, dicha transición es de carácter deltaico.

Los niveles inferiores de la unidad son semejantes a los superiores de la unidad anterior, predominando los sedimentos margosos respecto a los limos y areniscas que con intercalaciones margosas de escala métrica caracterizan la parte media; y superior de la unidad.

En los niveles inferiores destaca la presencia de *Discocyclina* sp. de grandes dimensiones junto con nummulítidos (*Nummulites striatus* (Bruguiere), *N. garnieri* De La Harpe, *N. stellatus* Roveda, *Operculina* aff. *alpina* Douville, *O. gomezi* Colom y Bauza), que corresponderían a facies de plataforma media. Algunos autores (Luterbacher, 1984) señalan la posibilidad de que los grandes discociclínicos se desarrollen en facies poco profundas.

El resto de los niveles con macroforaminíferos se corresponden siempre a tramos margosos intercalados entre niveles detriticos de progradación deltaica, en ellos son practicamente exclusivos los nummulítidos, con grandes *Discocyclina* sp. que desaparecen en los niveles más altos; los nummulítidos determinados en estos niveles son los siguientes: *Nummulites striatus* (Bruguiere), *N. incrassatus* De La Harpe, *N. chavannesi* De La Harpe, *N. garnieri* De La Harpe, *N. pulchellus* De La Harpe, *N. boulangeri*

Schaub, *N. stellatus* Roveda, *Operculina* aff. *alpina* Douville, *O. gomezi* Colom y Bauza; la asociación es característica de plataforma media en un contexto sedimentológico de prodelta medio.

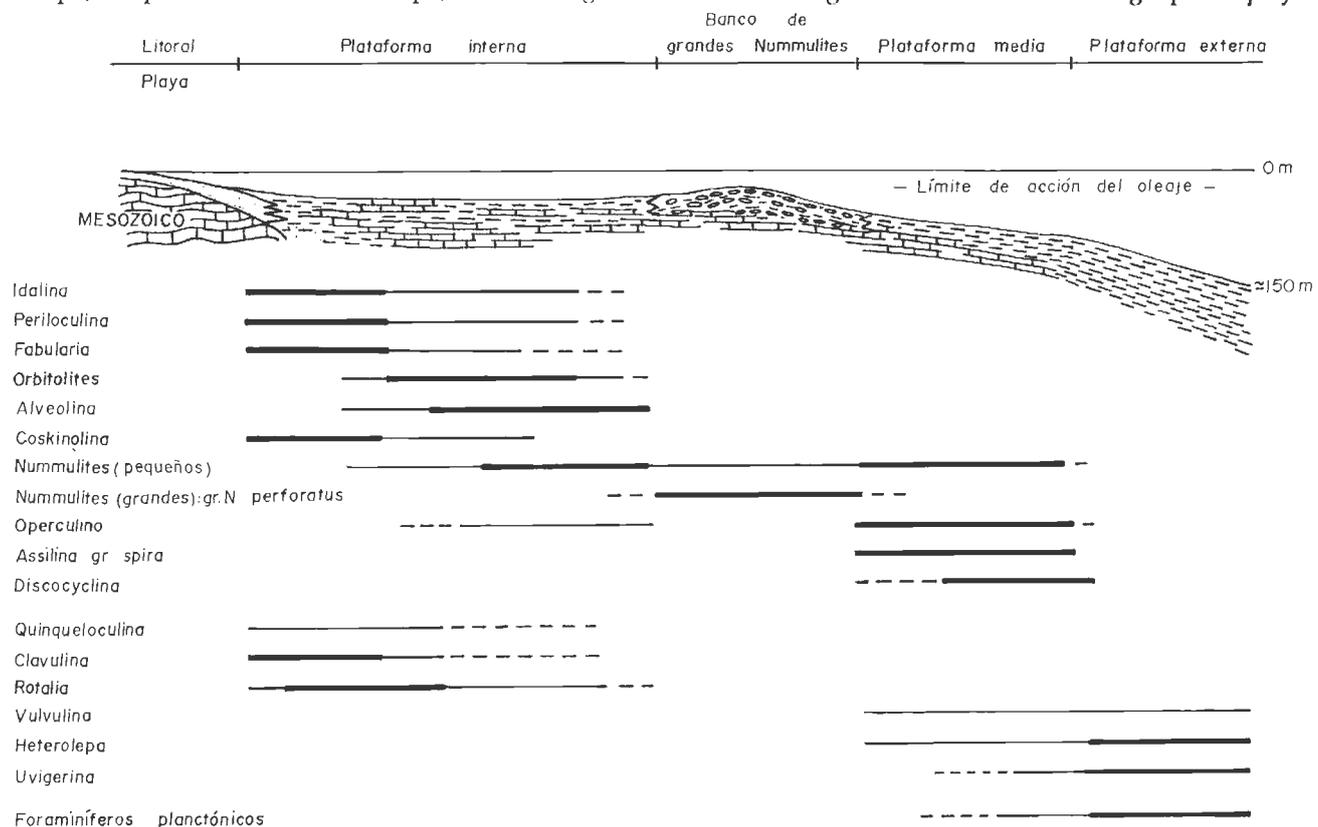
Por último, señalar que el poco desarrollo de las facies de prodelta proximal nos induce a considerar que la pendiente deposicional era muy pronunciada y no permitía su desarrollo en extensión horizontal.

**CONCLUSIONES**

El estudio de los foraminíferos (macroforaminíferos, microforaminíferos bentónicos y foraminíferos planctónicos), ha permitido caracterizar los medios deposicionales y biofacies de las diferentes unidades estratigráficas.

En la Formación Calizas de Guara y Formación Margas de Arguis (parte inferior) se diferencian los siguientes medios deposicionales:

- 1.º Plataforma interna, con facies proximales caracterizadas por: *Idalina* sp., *Fabularia* sp., *Periloculina* sp., *Quinqueloculina* sp., *Coskinolina* sp., *Clavulina* sp., y *Rotalia* sp. Las facies medias de la plataforma interna se caracteriza por: *Orbitolites* sp., *Alveolina* sp., muy abundantes, y frecuentes, *Nummulites* de pequeñas dimensiones (*N. migiurinus*, *N. discorbinus*, *N. aff. bullatus*).
- 2.º Transito entre plataforma interna y plataforma media, con niveles monoespecíficos de *Nummulites* de grandes dimensiones del grupo *N. perfo-*



**Figura 4.** Distribución ambiental de los foraminíferos en las formaciones Calizas de Guara y Margas de Arguis (parte inferior).

ratus.

- 3.º Plataforma media con abundantes *Nummulites* de dimensiones reducidas (especies anteriormente citadas), *Operculina* sp., *Assilina* sp., algunas *Discocyclina* sp., microbentónicos y algunos foraminíferos planctónicos.
- 4.º Plataforma externa abierta con un alto porcentaje y diversidad de foraminíferos planctónicos, propios de aguas templadas. Entre ellos destacan los grupos de *Globigerina frontosa*, *G. eocaena*, *G. linaperta*, *Globigerinatheka index* y *Truncorotaloides topilensis*. Entre los microforaminíferos bentónicos destaca la abundancia de *Heterolepa*, *Marginulina*, *Uvigerina* y *Vulvulina*.

La distribución estratigráfica de los macroforaminíferos, microbentónicos y planctónicos indica el carácter transgresivo de las formaciones. En el Bartonense inferior se produce una fuerte turbidez y aportes detríticos, lo cual impediría el normal desarrollo y concentración de los foraminíferos. Este medio es seguramente el equivalente al Miembro Arenisca de Sabiñanigo, pero a mayor profundidad y distancia de la costa.

En la formación Margas de Arguis (parte superior) y Formación Belsué-Atarés se distinguen los si-

guientes medios:

- 1.º Plataforma externa abierta y profunda en la cual se alcanza la mayor diversidad y porcentaje de foraminíferos planctónicos. Entre estos destacan los grupos *Acarinina spinuloinflata*, *Turborotalia pomeroli*, *Catapsydrax unicavus* y *Globigerinatheka index*. La extinción de las formas espinosas típicas del Eoceno medio, viene marcada por un enfriamiento de las aguas y una mayor presencia de los grupos de *G. eocaena*, *G. officinales*, *G. linaperta* y *Globigerinatheka*. Entre los microforaminíferos bentónicos coexisten especies hialinas de los géneros *Heterolepa*, *Giroidinoides*, *Marginulina*, *Lenticulina*, *Uvigerina* y *Lagena* y un número creciente de aglutinados de gramo fino, tales como, *Vulvulina*, *Textularia*, *Gaudryina* y *Plectina*.
- 2.º Plataforma externa correspondiente al prodelta distal, con abundantes *Operculina* sp., discociclínidos (*Discocyclina* sp., *Asterocyclina* sp., *Aktinocyclina* sp.) algunos *Nummulites* de pequeñas dimensiones abundantes microbentónicos (*Vulvulina*, *Marginulina*, *Lenticulina* y *Heterolepa*) y algunos foraminíferos planctónicos de pequeño tamaño, especialmente del género *Globigerina*, pro-

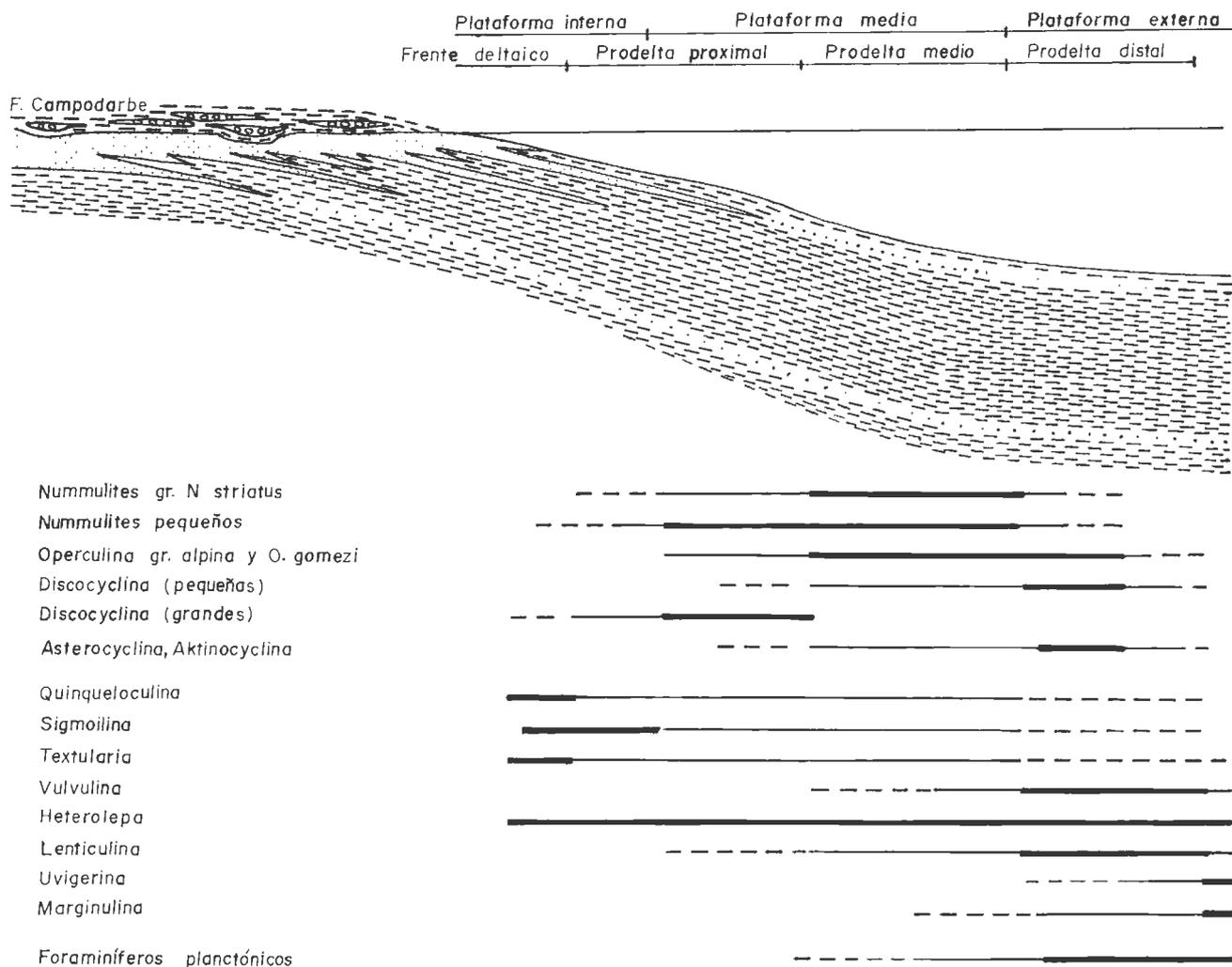


Figura 5. Distribución ambiental de los foraminíferos en las formaciones Margas de Arguis (parte superior) y Belsué-Atarés.

pios de aguas superficiales e intermedias.

- 3.º Plataforma media, que corresponde al prodelta medio y parte del proximal, con gran cantidad de *Nummulites* del grupo *N. striatus*, *Nummulites* de pequeñas dimensiones (*N. stellatus*, *N. chavannesi*, *N. pulchellus*, *N. garnieri*, *N. incrassatus*), *Operculina* sp., *Discocyclina* sp., microbentónicos y escasos foraminíferos planctónicos de aguas superficiales.
- 4.º Plataforma interna que corresponde al prodelta proximal y algunos niveles detríticos del frente deltáico, con abundantes *Nummulites* de pequeñas dimensiones (especies citadas anteriormente), algunos *Nummulites* del grupo de *N. striatus*, *Operculina* sp. y abundantes microbentónicos de los géneros *Quinqueloculina*, *Sigmoilina*, *Textularina*, *Guadrifurca* y *Florilus* y ausencia de foraminíferos planctónicos.

La sucesión es típica de una secuencia regresiva, tal como manifiesta el registro estratigráfico. Señalar que en el aparato deltaico que caracteriza la Formación Belsué-Atarés, los foraminíferos de tamaño grande, como *Nummulites* y *Operculina*, son muy abundantes en las facies que por el contenido en detríticos, corresponden al prodelta proximal, lo que parece indicar una pendiente deposicional de la progradación deltáica muy pronunciada que no permitía el desarrollo de las facies transicionales (p.ej. biofacies de aporcelanados).

## AGRADECIMIENTOS

El primer firmante (E.M.) desea expresar su agradecimiento a la Diputación General de Aragón (CONAI) por su ayuda económica al proyecto CB-5/87.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aigner, T. 1982. Event-stratification in *Nummulites* accumulations and in shell beds from the Eocene of Egypt. In: Einsele, G. y Seilacher, A. (ed.): *Cyclic and event stratification* 248-262.
- Arny, P. 1963. L'évolution des Nummulitinae en tant que facteur de modification des dépôts littoraux. *Col. Int. Micropal.* (Dakar), 7-20.
- Arni, P. y Lanterno, E. 1972. Considérations paléocologiques et interprétation des calcaires de l'Éocène du Véronais. *Arc. Sc. Genève*, 25, 251-283.
- Arni, P. y Lanterno, E. 1976. Observations paléocologiques dans l'Éocène de Gargano (Italie Méridionale). *Arc. Sc. Genève*, 29, 287-317.
- Barnolas, A. y Serra-Kiel, J. 1983. "Mud mounds" de esponjas y tormentitas en la plataforma fangosa del Batoniense de Vic (Barcelona, sector oriental de la Depresión del Ebro). *Comunicaciones X Congreso Nacional de Sedimentología*, 237-240.
- Berggren, W.A. y Olsson, R.K. 1986. North Atlantic Mesozoic and Cenozoic paleobiogeography. In: Vogt, P.R. y Tucholke, B.E., (eds.) *The geology of North America*, vol. M, Geological Society of America, 565-587.
- Bignot, G. 1972. Recherches stratigraphiques sur les calcaires du Crétacé supérieur et de l'Éocène d'Istrie et des régions voisines. *Travaux Laboratoire Micropaléontologie*, 2,1-353.
- Boersma, A., Premoli Silva, I. y Shackleton, N.J. 1987. Atlantic Eocene planktonic foraminiferal paleohydrographic indicators and stable isotope paleoceanography. *Paleoceanography*, 2, 297-331.
- Brasier, M.D. 1986. Form, function, and evolution in benthic and planktic foraminiferid test architecture. *Syst. Ass. Spec. Pub.*, 30, 251-268.
- Canudo, J.I. 1985. *Estudio micropaleontológico, con énfasis bioestratigráfico por medio de foraminíferos, del Eoceno en el sector de Jaca-Berdún (Huesca)*. Res. Mem. Licenciatura, Universidad de Zaragoza, 13-18.
- Canudo, J.I., Molina, E., Riveline, J., Serra-Kiel, J. y Suncunza, M. 1988. Les événements biostratigraphiques de la zone prépyrénéenne d'Aragón (Espagne), de l'Éocène moyen à l'Oligocène inférieur. *Revue de Micropaléontologie*, 31, 15-29.
- Caus, E. 1975. Bioestratigrafía del Eoceno medio y superior del Prepirineo catalán (y la zona de transito entre esta unidad y la cordillera prelitoral catalana). *Revista Española de Micropaleontología*, VII, 297-313.
- Caus, E. y Serra-Kiel, J. 1984. Distribución ambiental de los macroforaminíferos: Cretácico superior y Eoceno. *I Congreso Español de Geología*, T. I, 399-406.
- Colom, G. 1945. Estudio preliminar de las microfaunas de Foraminíferos de las margas eocenas y oligocenas de Navarra. *Estudios Geológicos*, 2, 1-45.
- Decrouez, D. y Lanterno, E. 1979. Les bancs à *Nummulites* de l'Éocène mesogéen et leurs implications. *Arc. Sc. Genève*, 32 1-70.
- Douglas, R.G. y Savin, S.M. 1987. Oxygen isotopic evidence for the depth stratification of Tertiary and Cretaceous planktic foraminifera. *Marine Micropaleontology*, 3, 175-196.
- Ferrer, J. 1971. El Paleoceno y el Eoceno del borde suroccidental de la Depresión del Ebro. *Mem. Suisses Paléontologie* 90, 1-70.
- Ferrer, J., Le Calvez, Y., Luterbacher, H.P. y Premoli Silva, I. 1973. Contribution à l'étude des Foraminifères ilerdiens de la region de Tremp (Catalogne). *Mem. Mus. Nat. Hist. Naturelle serie C.T.* 29, 1-78.
- Fisher, R.A., Corbet, A.S. y Williams, C.B. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journal Animal Ecology*, 12, 42-58.
- Geroch, S. y Janal, M. 1984. Proposal of zonation of Late Tithonian— Late Eocene based upon Arenaceous foraminifera. *Benthos'83. 2.º Symp. Benthos Foraminifera*, 225-239.
- Grünig, A. 1984. Phenotypic variation in *Spiroplectamina*, *Uvigerina* y *Bolivina* Benthos'83. 2.º Symp. *Benthic Foraminifera*, 249-255.
- Grünig, A. y Herb, R. 1980. Paleoecology of Late Eocene Benthonic Foraminifera from Possagno (Treviso Northern Italia). *Chusman Foundation, Special Publication*, 19, 68-85.
- Grünig, A. y Herb, R. 1984. Eocene Benthic Foraminifera from Biarritz: Distribution and Paleoenvironment. *Benthos'83 2.º Symp. Benthos Foraminifera*, 257-265.
- Hallock, P. y Glen, E.C. 1986. Larger Foraminifera: A Tool for Paleoenvironmental Analysis of Cenozoic

- Carbonate Depositional Facies. *Palaios*, 1, 55-64.
- Hart, M.B. 1980. A water depth model for the evolution of the planktonic Foraminifera. *Nature*, 286, 252-254.
- Haynes, J.R. 1981. *Foraminifera*. McMillan Published Ltd. London. 1-433.
- Hooyberghs, H.J.F. 1986. Quantitative distribution and palaeoecology of benthonic foraminifera in the Panisel and Ledé Formation (Eocene) at Burst (Belgium). *Tertiary Research*, 7 (4), 145-155.
- Höttinger, L. 1977. Distribution of larger Peneroplidae, *Borelis* and Nummulitidae in the Gulf of Elat, Red Sea. *Utrecht Micropal. Bull.*, 15, 35-109.
- Höttinger, L. 1983. Processes determining the distribution of larger foraminifera in space and time. *Utrecht Micropal. Bull.*, 30, 239-253.
- Höttinger, L. y Drobne, K. 1980. Early Tertiary Conical Imperforate Foraminifera. *Razprave*, IV, 22/3, 1-90.
- Keigwin, L.D. Jr. y Corliss, B.H. 1986. Stable isotopes in late middle Eocene to Oligocene foraminifera. *Geological Society of America Bulletin*, 97, 335-345.
- Keller, G. 1983. Paleoclimatic analyses of middle Eocene through Oligocene planktic foraminiferal faunas. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 43, 73-94.
- Keller, G., Herbert, T., Dorsey, R., D'Hondt, S., Johnson, M. y Chi, W.R. 1987. Global distribution of late Paleogene hiatuses. *Geology*, 15, 199-203.
- Lipps, J.H., Berger, W.H., Buzas, M.A., Douglas, R.G., Ross, C.A. 1979. *Foraminiferal Ecology and Paleogeology*. Semp. Short Course, 6, 1-198.
- Loeblich, A.R. y Tappan, H. 1964. Sarcodina chiefly "Thecamoebians" and Foraminifera. In Moore, R.C. (Ed.) *Treatise on the Invertebrate Paleontology, Protista*, 1, 1-510.
- Luterbacher, H. 1984. Paleobatimetría basada en microfósiles problemas y posibilidades. *Publicaciones de Geología, Universidad Autónoma de Barcelona*, 20 391-397.
- Luterbacher, J. 1984. Paleogeology of Foraminifera in the Paleogene of the southern Pyrenees. *Benthos'83, 2nd Int. Symp. Benthic Foraminifera*, 389-392.
- Manción, C. 1985. *Foraminifères planctoniques et nanofossiles calcaires de l'Éocène moyen de Miretrain (Angoume, Landes). Utilisation biostratigraphique et paléogéographique*. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle. Université P. et M. Curie, Paris, 1-171.
- Mangin, J. Ph. 1959-60. Le Nummulitique sudPyrénéen à l'Ouest de l'Aragon. *Pirineos*, 51-58, 1-631.
- Martínez Díaz, C. 1971. Correlaciones bioestratigráficas del Eoceno de la Hoja de Aoiz (Navarra). *I Congreso hispano-lusoamericano de Geología económica*, 265-270.
- McDougall, K. 1980. Paleogeological evaluation of Late Eocene biostratigraphic zonations of the Pacific coast of North America. *Journal of Paleontology*, 54, 4, 1-75.
- Molina, E. 1986. Excursión al Cretácico superior y Paleógeno del Prepirineo oscense en el sector de Arguis. *Memorias I Jornadas de Paleontología*, 235-247.
- Moorkens, T. 1984. Paleogeological factors influencing the areal distribution of foraminiferal assemblages dominated by agglutinants *Benthos'83. 2º Int. Symp. Benthic Foraminifera*, 427.
- Morkhoven, F.P.C.M. van, Berggren, W.A., Edwards, A.S. 1986. Cenozoic Cosmopolitan Deep Deep-Water Benthic Foraminifera. *Bull. Centres Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, 11, 1-421.
- Ruiz de Gaona, M. y Colom, G. 1950. Estudio de las sinecias de los foraminíferos eocénicos de la vertiente meridional del Pirineo (Cataluña-Vizcaya). *Estudios Geológicos*, 6, 1-294.
- Schröder, C.J., Scott, D.B., Medioli, F.S. 1987. Can smaller benthic foraminifera be ignored in paleoenvironmental analyses? *Journal of Foraminiferal Research*, 17, 101-105.
- Seillier de Civrieux, J.M. y Bermudez, P.J. 1973. Ecología y distribución de foraminíferos bentónicos del Golfo de Santa Fe (Venezuela). *Revista Española de Micropaleontología*, 1, 33-80.
- Serra-Kiel, J. 1982. Contribució a la Paleobiología dels Nummulites. *Bul. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 48, 19-29.
- Serra-Kiel, J. y Reguant, S. 1984. Paleogeological conditions and morphological variation in monospecific banks of Nummulites: an example. *Benthos'83, 2nd Int. Symp. Benthic Foraminifera*, 557-567.
- Severin, K.P. 1983-84. The morphology of benthic foraminifera as a discriminator of biofacies. *Marine Micropaleontology*, 8, 65-76.
- Tourmarkine, M. y Luterbacher, H. 1985. Paleocene and Eocene planktic foraminifera. In: Bolli, H.M. et al., (eds.), *Plankton Stratigraphy*, 87-154.

*Manuscrito recibido:* 23 de diciembre, 1987  
*Manuscrito aceptado:* 28 de marzo, 1988