

*Foraminíferos del Pliensbachiense
en la sección de Camino
(Cuenca Vasco-Cantábrica, España)*

*Pliensbachian Foraminifera at Camino section
(Basque-Cantabrian Basin, Spain)*

C. HERRERO

Dpto. y UEI de Paleontología. Facultad de Ciencias Geológicas (UCM) e Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM). Ciudad Universitaria. 28040 Madrid.

RESUMEN

En las asociaciones de foraminíferos registradas en los materiales correspondientes al Pliensbachiense (Zona Ibex *p.p.*) hasta el Toarciense (Zona Tenuicostatum, Subzona Mirabile *p.p.*) en la sección de Camino (Cuenca Vasco-Cantábrica) se han identificado 56 taxones que se agrupan en siete subórdenes. Todos ellos tienen escasa representación, a excepción de Lagenina que presenta un registro más continuo y abundancias relativas superiores al 90%. Se registra por primera vez la especie *Ophthalmidium northamptonensis* en el Toarciense inferior español. La primera aparición de *Saracenella sublaevis* se produce en la Zona Margaritatus (Subzona Gibbosus), llegando su registro hasta el Toarciense. Asimismo, otras especies típicamente pliensbachienses son registradas también en el Toarciense basal. La primera aparición de *Lenticulina toarcense* tiene lugar en la Zona Spinatum (Subzona Hawskerense) y el primer registro de *Eoguttulina palomerensis* y de *Planularia obonensis* se produce en la Zona Tenuicostatum (Subzona Mirabile). El número de ejemplares extraídos es reducido y desigual en las distintas muestras. Se ha observado una tendencia al aumento de representantes de la familia Nodosariidae y a una disminución de los de Ichthyolariidae desde la Zona Davoei hasta la Zona Tenuicostatum (Subzona Mirabile). Valores altos en el TOC provocan una disminución en las abundancias relativas y en la diversidad taxonómica. Las asociaciones de foraminíferos están empobrecidas desde la Zona Ibex hasta la Zona Spinatum. Este

empobrecimiento responde a la existencia de eventos anóxicos cuyos máximos se encuentran en la Zona Ibex y Zona Margaritatus (Subzona Subnodusus).

Palabras clave: Foraminiferida, Bioestratigrafía, Paleoecología, Materia orgánica, Jurásico Inferior, N de España.

ABSTRACT

Foraminiferal assemblages from Pliensbachian (Ibex Zone) to Toarcian (Tenuicostatum Zone, Mirabile Subzone) sediments at Camino section (Basque-Cantabrian Basin) are studied. 56 taxa belonging to seven suborders have been identified. All of them are scarce with the exception of *Lagenina* that dominates in all the samples. *Ophthalmidium northamptonensis* is for the first time recorded in Spanish Toarcian. The first appearance of *Saracenella sublaevis* takes place in the Margaritatus Zone (Gibbosus Subzone). Typical Pliensbachian species are also found in the Lower Toarcian. *Lenticulina toarcense* appears for the first time in the Spinatum Zone (Hawskerense Subzone). *Eoguttulina palomerensis* and *Planularia obonensis* are recorded in the Tenuicostatum Zone (Mirabile Subzone). From Davoei Zone to Tenuicostatum Zone the number of species of Nodosariidae increases and the one of Ichthyolariidae decreases. High TOC values are related with a decrease in the foraminiferal abundances and taxonomic diversity. All the assemblages are poor in number of specimens and species. This impoverishment is due to distinct anoxic events with maximum TOC values at Ibex Zone and Margaritatus Zone (Subnodusus Subzone).

Key words: Foraminiferida, Biostratigraphy, Palaeoecology, Organic matter, Lower Jurassic, N Spain.

INTRODUCCIÓN

Los afloramientos del Jurásico Inferior en el área de Camino han sido considerados, por diversos autores, como de los más completos y representativos del sector central de la Cuenca Vasco-Cantábrica. En el Jurásico de esta cuenca, los únicos estudios sobre foraminíferos son los de Ramírez del Pozo (1971). No obstante, la sección de Camino no ha sido objeto, hasta el momento, de ningún trabajo de detalle en relación con estos microfósiles. En este estudio se ha realizado un muestreo sistemático, se describen las asociaciones y se figuran los foraminíferos del Pliensbachiense (Zona Ibex *p.p.* a Zona Spinatum) y del Toarciense basal.

La escala zonal de referencia que se ha utilizado está basada en la sucesión de ammonoideos y fue establecida por Braga *et al.* (1985), con modificaciones

posteriores de Goy, Martínez y Ureta (1994) para el límite Pliensbachiense/Toarciense. Los primeros autores caracterizaron todas las zonas standard reconocidas en el noroeste de Europa, desde la Zona Obtusum (Pliensbachiense) hasta la base de la Zona Tenuicostatum (Toarciense).

MATERIAL Y MÉTODOS

La sección de Camino está situada en Cantabria, al noroeste de la localidad de Reinosa, en las inmediaciones del pueblo que le da el nombre (Fig. 1). La sucesión estratigráfica general del Lías inferior y medio, así como la descripción detallada de las unidades litológicas separadas en el Pliensbachiense y su interpretación, puede encontrarse en Braga *et al.* (1988). Los materiales del Lotaringiense al Toarciense basal de este área han sido interpretados como correspondientes a ambientes de rampa profunda y cuenca de «*intra-shelf*», en la que durante algunos intervalos del Pliensbachiense se sedimentaron «*black shales*» (Braga *et al.*, *o.c.*; Robles *et al.*, 1992).

Se han muestreado 22 niveles de margo-calizas y/o calizas margosas. 300 gr de cada muestra fueron sometidos a triturado grueso (fragmentos mayores de

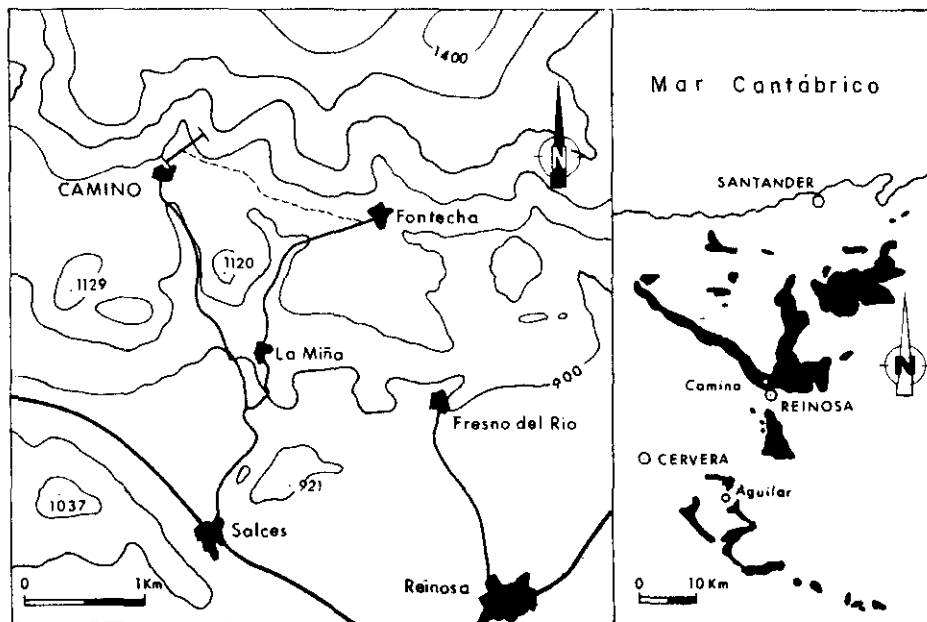


FIG. 1.—Afloramientos del Jurásico en la Cuenca Vasco-Cantábrica y situación geográfica de la Sección de Camino.

FIG. 1.—Jurassic outcrops in the Basque-Cantabrian Basin and location of Camino Section.

1cm) y tratamiento químico con agua oxigenada (12%) e hidróxido sódico (0,03%) durante tres días. Las luces de malla de la columna de tamices, empleada para el lavado bajo agua, fueron 1000, 500, 250, 125 y 60m. Para el estudio sistemático y cuantitativo se han utilizado solamente las fracciones de 500, 250 y 125 m. En la fracción de 60m, se han encontrado fragmentos de foraminíferos y algunos juveniles, que debido al tipo de desarrollo ontogénico que presentan las especies del suborden Lagenina (generalmente mayoritario en las asociaciones jurásicas), no han podido ser clasificados a nivel genérico y específico. Los ejemplares de foraminíferos fueron extraídos bajo lupa binocular Wild M-8 y han sido fotografiados bajo microscopía electrónica (Hitachi S-4100 y Jeol JSM-6400). Los análisis de materia orgánica han sido realizados por la empresa GEOCHEM Group Ltd; en ellos se ha calculado el contenido en Carbono Orgánico Total (TOC) y en algunos casos (niveles 4, 6, 7, 8T, 28, 62T, 76 y 100) se han realizado análisis de maduración térmica de la materia orgánica. La clasificación a nivel supraespecífico empleada es la de Loeblich y Tappan (1988).

ASOCIACIONES DE FORAMINÍFEROS

Como ya se ha comentado, el intervalo estratigráfico estudiado abarca materiales correspondientes a la Zona Ibex *p.p.* hasta la Zona Tenuicostatum, Subzona Mirabile *p.p.* En total se han identificado 56 especies (ver Fig. 2) que se agrupan en siete subórdenes: Textulariina, Spirillinina, Miliolina, Involutinina, Lagenina, Robertinina y Rotaliina. Todos ellos tienen representación escasa y esporádica, a excepción de Lagenina que presenta un registro más continuo y abundancias relativas superiores al 90% (en algunos niveles del 100%).

Los foraminíferos aglutinados, suborden Textulariina, están representados exclusivamente por dos especies de lituólidos de un único género. *Ammobaculites* sp. presenta un registro puntual en la parte inferior de la Subzona Celebratum (Zona Stokesi); este taxón se ha dejado en nomenclatura abierta porque se han extraído sólo dos ejemplares mal conservados, insuficientes para la definición de una nueva especie. *Ammobaculites barrowensis* (Lám. 2, fig. 5), especie con ejemplares de gran tamaño, se ha registrado desde la parte superior de la Subzona Hawskerense (Zona Spinatum) hasta la Subzona Mirabile (Zona Tenuicostatum).

El suborden Spirillinina está representado por una única especie, *Spirillina infima* STRICKLAND. Su registro en los materiales asignados al Carixiense es puntual (nivel 7, Zona Ibex, Subzona Luridum). En el Domeriense y Toarciense basal, si bien aparece sólo en tres muestras, se ha encontrado desde la parte superior de la Subzona Gibbosus (Zona Margaritatus) hasta la parte inferior de la Subzona Mirabile (Zona Tenuicostatum).

El suborden Miliolina, identificado sólo en el Toarciense, está también representado por una única especie *Ophthalmidium northamptonensis* WOOD y

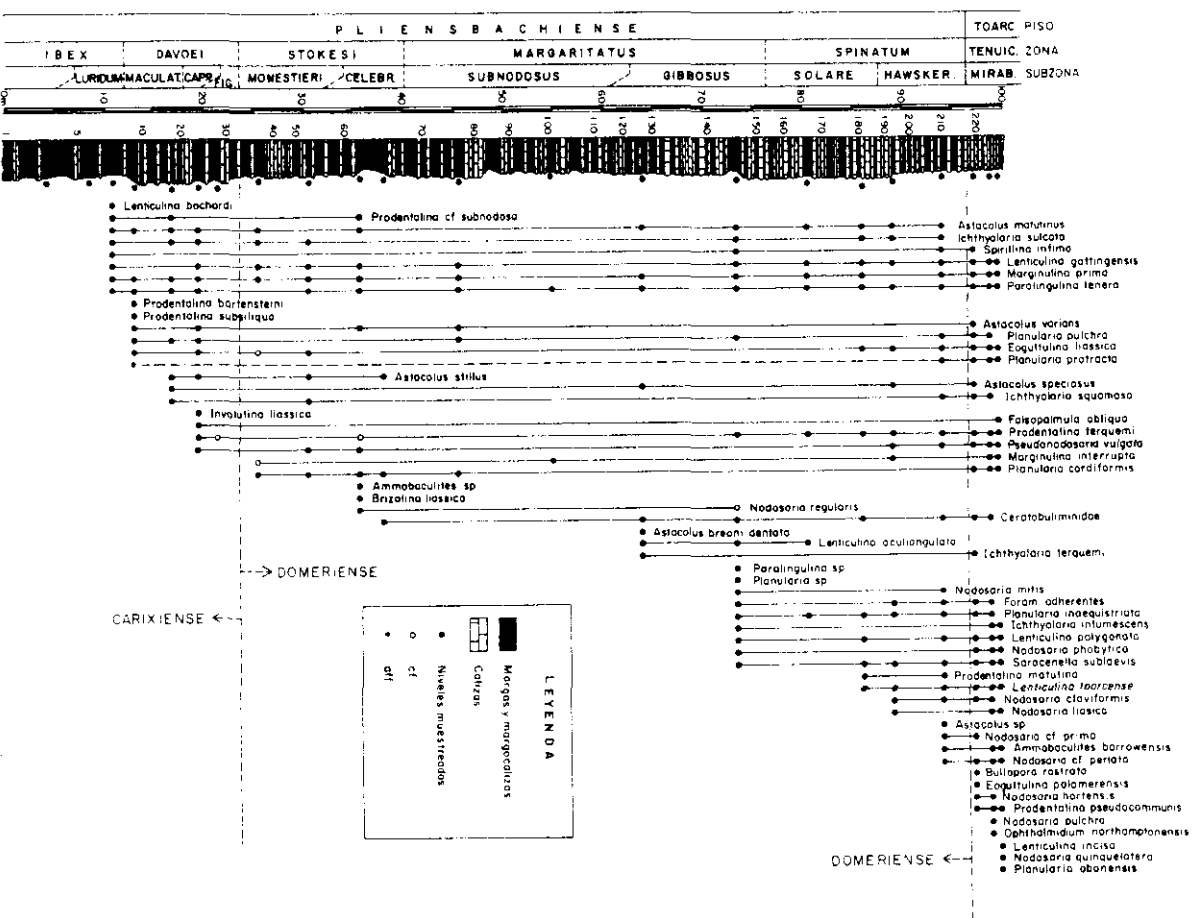


Fig. 2.—Distribucion estratigráfica de las especies de foraminíferos del Pliensbachiano y Toarciense basal en la Sección de Camino.

Fig. 2.—Range chart of Pliensbachian and lowermost Toarcian foraminiferal species at Camino Section.

BARNARD cuyo registro es puntual en la parte inferior de la Subzona Mirabile (Zona Tenuicostatum). Este taxón fue definido en el Toarciense inferior de Byfield (Inglaterra) y según Copestake y Johnson (1989) presenta un acmé en la base de la Zona Tenuicostatum. En nuestro caso, si bien el número de ejemplares es escaso, hay que señalar que es la primera vez que se encuentran representantes de esta especie en materiales del Toarciense basal español; citas de otras especies del género *Ophthalmidium* han sido realizadas en la Cordillera Bética por Mira y Martínez-Gallego (1981) y Mira (1986).

El suborden Involutinina está representado por sólo un ejemplar de la especie, *Involutina liassica* (Lám. 1, fig. 2) en el nivel 26 (Zona Davoei, Subzona Capricornus). Esta especie es la única conocida del género en el Jurásico de las cuencas del NO de Europa y es muy común en el Carixiense (Zona Davoei) del S de Inglaterra (Copestake y Johnson, *o.c.*).

El suborden Robertinina está representado por moldes internos de ejemplares asignables a la familia Ceratobuliminidae. Al no conservar la concha los especímenes no han podido ser clasificados a nivel genérico y específico. Este grupo se registra en los materiales del Domeriense y Toarciense basal, desde el techo de la Subzona Celebratum (Zona Stokesi) hasta la Subzona Mirabile (Zona Tenuicostatum), aunque hay que señalar que no se han encontrado ejemplares en la Subzona Subnodosus (Zona Margaritatus).

El suborden Rotaliina está representado por dos ejemplares asignables a la especie *Brizalina liassica* (TERQUEM) que presenta un registro puntual en la parte superior de la Zona Stokesi (Subzona Celebratum).

Dentro del suborden Lagenina se han identificado taxones de las familias Nodosariidae, Polymorphinidae, Robuloididae, Ichthyolariidae y Vaginulinidae, siendo las dos últimas las mejor representadas en número de ejemplares y en número de especies. La familia Robuloididae, con una única especie, *Falsopalmula obliqua* (TERQUEM), presenta un registro muy discontinuo y se encuentra desde el Carixiense (Zona Davoei, Subzona Capricornus) hasta el Toarciense basal (Zona Tenuicostatum, Subzona Mirabile).

La familia Ichthyolariidae está representada por especies de los géneros *Ichthyolaria*, *Paralingulina* y *Prodentalina*. En total se han identificado 12 especies, de las cuales 4, *Ichthyolaria sulcata* (Lám. 2, fig. 12), *Paralingulina tenera* (Lám. 1, fig. 13), *Ichthyolaria squamosa* (Lám. 2, fig. 3) y *Prodentalina terquemi* (Lám. 2, fig. 9), están presentes desde el Carixiense (Zona Ibex las dos primeras y Zona Davoei las dos últimas) hasta el Toarciense basal. Otros taxones, como *Prodentalina bartensteini* (Lám. 1, fig. 7), *P. subsiliqua* (Lám. 2, fig. 6) o *Paralingulina* sp., presentan un registro puntual; las dos primeras en materiales de la base de la Zona Davoei (Subzona Maculatum) y la última en la parte superior de la Zona Margaritatus (Subzona Gibbosus). Las especies *Ichthyolaria terquemi* (BORNEMANN) e *I. intumescens* (Lám. 2, fig. 7) se han encontrado desde el Domeriense (Zona Margaritatus, Subzona Gibbosus) hasta el Toarciense basal (Zona Tenuicostatum, Subzona Mirabile). Algunas especies, como *Prodentalina matutina* (Lám. 1, fig. 3) o *P. pseudocommunis* (FRANKE),

presentan una distribución estratigráfica más corta (la primera en la Zona Spinatum y la segunda en la Zona Tenuicostatum). Por último, *Prodentalina* cf. *subnodosa* (TERQUEM), que se ha registrado desde la Zona Ibex (Subzona Luridum) a la Zona Stokesi (Subzona Celebratum), se ha dejado en nomenclatura abierta ya que las conchas extraídas están todas fragmentadas.

La familia Vaginulinidae está representada por 21 taxones de las subfamilias Lenticulininae (*Lenticulina*), Marginulininae (*Astacolus* y *Marginulina*) y Vaginulininae (*Planularia* y *Saracenella*). Si exceptuamos algunas especies, como *Lenticulina bochari* (Lám. 2, fig. 8), *Astacolus breoni dentata* (Lám. 2, fig. 2), *Planularia* sp., *Astacolus* sp., *Lenticulina incisa* (TERQUEM) y *Planularia obonensis* (RUGET), que aparecen de forma puntual (ver Fig. 2), el resto de los taxones identificados presentan registros bastante continuos y distribuciones relativamente amplias. Así, siete especies [*Astacolus matutinus* (Lám. 1, fig. 5), *Lenticulina gottिंगensis* (Lám. 1, fig. 10), *Marginulina prima* (Lám. 1, fig. 9), *Astacolus varians* (BORNEMANN), *Planularia protracta* (BORNEMANN), *P. pulchra* (Lám. 2, fig. 10) y *Astacolus speciosus* (Lám. 2, fig. 1)] se encuentran desde el Carixiense (Zona Ibex o Davoei) hasta el Toarciense basal, excepto *A. matutinus* cuya última aparición se produce en la parte superior de la Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. Las especies *Marginulina interrupta* (Lám. 2, fig. 4) y *Planularia cordiformis* (TERQUEM), también presentes hasta la Zona Tenuicostatum, tienen su primer registro en la base del Domeriense (Zona Stokesi, Subzona Monestieri). En materiales asignados a la parte superior de la Subzona Gibbosus (Zona Margaritatus) tiene lugar la primera aparición de *Planularia inaequistriata* (Lám. 2, fig. 11), *Lenticulina polygonata* (Lám. 1, fig. 11) y *Saracenella sublaevis* (Lám. 1, fig. 1), llegando su registro hasta el Toarciense. También aparecen otras especies que presentan un rango estratigráfico más corto como *Astacolus stillus* (Lám. 1, fig. 6), de la Zona Davoei (Subzona Maculatum) a la Zona Stokesi (Subzona Celebratum), o *Lenticulina acutiangulata* (Lám. 1, fig. 12), de la Zona Margaritatus (Subzona Gibbosus) a la Zona Spinatum (Subzona Solare).

La familia Nodosariidae está representada por dos taxones. El género *Pseudonodosaria*, con la especie *P. vulgata* (BORNEMANN), está presente desde el Carixiense (Zona Davoei, Subzona Maculatum) hasta el Toarciense. El otro género reconocido dentro de esta familia es *Nodosaria* que incluye 10 especies con distribuciones más cortas. Así, *Nodosaria regularis* TERQUEM se encuentra desde la Zona Stokesi (Subzona Celebratum) hasta la Zona Margaritatus (Subzona Gibbosus); *N. mitis* (TERQUEM y BERTHELIN) está presente desde la parte superior de la Zona Margaritatus (Subzona Gibbosus) hasta la Zona Spinatum (Subzona Hawskerense); *N. phobytica* TAPPAN, también con su primer registro en la Zona Margaritatus (Subzona Gibbosus), se encuentra hasta el Toarciense; cuatro especies, *N. claviformis* TERQUEM, *N. liassica* (Lám. 1, fig. 8), *N. cf. prima* D'ORBIGNY y *N. cf. perlata* FRENTZEN se encuentran desde la Zona Spinatum (Subzona Hawskerense) hasta la Zona Tenuicostatum (Subzona Mirabile); por último, 3 taxones, *N. hortensis* TERQUEM, *N. pulchra* (FRANKE) y *N. quin-*

quelatera FRANKE tienen su distribución restringida a la Zona Tenuicostatum en la sección de Camino.

La familia Polymorphinidae está representada por foraminíferos adherentes (algunos de ellos correspondientes al género *Bullopora*) y por dos especies del género *Eoguttulina*. Una de ellas, *E. liassica* (Lám. 1, fig. 4), presenta un registro amplio, desde la Zona Davoei (Subzona Maculatum) hasta el Toarciense y la otra, *E. palomerensis* HERRERO, aparece restringida a la Zona Tenuicostatum (Subzona Mirabile).

CONSIDERACIONES BIOESTRATIGRÁFICAS

El suborden Lagenina es el grupo dominante en las asociaciones de foraminíferos del Jurásico Inferior en las cuencas del NO de Europa y N de África. Sus especies presentan en general distribuciones estratigráficas muy amplias que llegan a abarcar varios pisos (ver cuadros de distribución de especies de Ruget, 1985). Este hecho limita la posibilidad de confeccionar escalas bioestratigráficas comparables a las realizadas con otros grupos fósiles como los ammonoideos o el nannoplancton. Sin embargo, existen taxones y asociaciones de especies que permiten marcar dentro de una cuenca, y en ocasiones entre cuencas, eventos distintivos y escalas cuya precisión puede ser equivalente a la proporcionada por las biozonas de ammonoideos (ver la biozonación propuesta por Copestake y Johnson, *o.c.*, para el Jurásico Inferior en Gran Bretaña).

Por el momento, y dada la escasez de datos existentes sobre los foraminíferos del Sinemuriense-Pliensbachiense en las cuencas españolas, es difícil realizar comparaciones o señalar eventos significativos correlacionables con los establecidos en otras áreas. No obstante, y respecto a la sección de Camino, se pueden destacar algunas cuestiones relacionadas con la distribución estratigráfica de varias especies. Así, y como puede verse en la figura 2, los taxones de foraminíferos identificados presentan, en general, distribuciones estratigráficas amplias. Algunas de las especies que en la sección de Camino presentan un registro puntual o corto, como por ejemplo *Lenticulina bochari*, *Prodentalina subsiliqua* o *Nodosaria hortensis*, han sido identificadas en el Pliensbachiense superior, en el Toarciense inferior y en el Aaleniense en otras secciones de la Cuenca Vasco-Cantábrica (Canales, 1993; Canales y Herrero, 1996) y de la Cordillera Ibérica (Herrero, 1992; Herrero y Canales, 1997), así como en otras cuencas europeas y del norte de África (Franke, 1936; Barnard, 1950; Champeau, 1961; Barbieri, 1964; Riegraf, 1985; Ruget, 1985; Mira, 1986; Boutakiout, 1990).

En otras cuencas, un alto porcentaje de los taxones identificados en la sección de Camino están presentes desde el Hettangiense (p.e. *Ichthyolaria intumescens*, *I. sulcata*, *Paralingulina tenera*, *Planularia inaequistriata*, ...) o desde el Sinemuriense superior (p.e. *Marginulina prima*, *M. spinata*, *M. interrupta*, *Ichthyolaria terquemi*, ...). Todas estas especies se registran en el Pliensbachiense y se extinguen en el Toarciense inferior, Zona Tenuicostatum (ver, entre otros, Ruget,

o.c. y Copestake y Johnson, *o.c.*). La extinción de estos taxones, si bien no es contrastable en este trabajo (el intervalo estudiado llega sólo al Toarciense basal), ha sido marcada en distintas secciones de la Cordillera Ibérica (Ruget, 1982; Herrero, 1991; 1992; 1994) y de la Cordillera Bética (Mira, *o.c.*).

En la sección de Camino, la primera aparición de *Saracenella sublaevis* se produce en la parte terminal de la Zona Margaritatus, Subzona Gibbosus. En algunas áreas de Gran Bretaña este primer registro también se produce en la Zona Margaritatus (Subzona Gibbosus), por lo que estas primeras apariciones serían perfectamente correlacionables. Sin embargo, en otras áreas este taxón parece registrarse en la base del Domeriense; Ruget (1985: lám. 36, fig. 11) figura un ejemplar de esta especie procedente de materiales de la Zona Stokesi en Murte de (Portugal), aunque en el texto (Ruget, *o.c.*: pág. 32) señala que en dicha sección ha estudiado el Domeriense medio (Zona Margaritatus).

Existen otras especies cuya primera y última aparición difiere con la obtenida en este trabajo. Tal es el caso de *Prodentalina matutina* que en Gran Bretaña presenta su último registro en la Zona Margaritatus (Subzona Gibbosus) mientras que en otras áreas de Europa se encuentra hasta la Zona Spinatum, Subzona Hawskerense (Karampelas, 1978) e incluso hasta la base de la Zona Tenuicostatum (Herrero *in* Goy *et al.*, 1997).

Por otro lado hay que señalar que en la sección de Camino la primera aparición de *Lenticulina toarcense*, especie característica de las asociaciones de foraminíferos registradas en el Toarciense, tiene lugar en la Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. La especie *Eoguttulina palomerensis*, definida en la Cordillera Ibérica y característica del tránsito Pliensbachiense/Toarciense, también se ha registrado en esta sección pero sólo en los materiales correspondientes a la Zona Tenuicostatum (Subzona Mirabile). Por último, el registro de *Planularia obonensis*, especie también definida en la Cordillera Ibérica y cuyo rango se restringe a la Zona Tenuicostatum en las cuencas españolas y del norte de Europa (Ruget, 1982; 1985; Riegraf, 1985; Herrero, 1992), presenta su primer registro en la sección de Camino en la Zona Tenuicostatum, Subzona Mirabile.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CONSIDERACIONES PALEOECOLÓGICAS

Si analizamos las variaciones en la composición taxonómica de las asociaciones de foraminíferos a lo largo de todo el intervalo estudiado (Fig. 3), existe una tendencia al aumento de representantes de la familia Nodosariidae desde la Zona Davoei hasta la Zona Tenuicostatum (Subzona Mirabile). Por el contrario, la familia Ichthyolariidae presenta una tendencia a la disminución en el número de especies desde la Zona Ibex hasta el Toarciense basal; recordemos que la mayor parte de los taxones de este grupo se extinguen en la Zona Tenuicostatum. La familia Vaginulinidae domina claramente las asociaciones

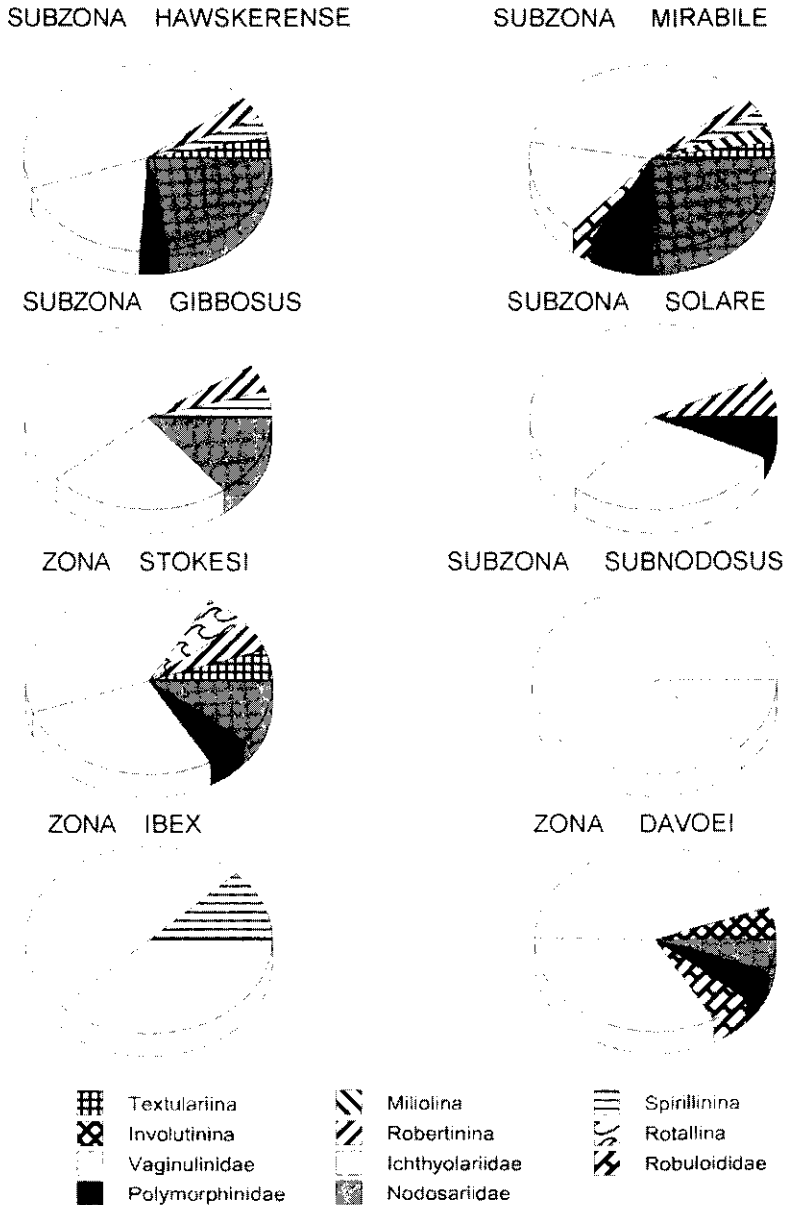


FIG. 3.—Composición taxonómica de las asociaciones atendiendo al número de especies por suborden y en cada una de las familias de Lagenina.

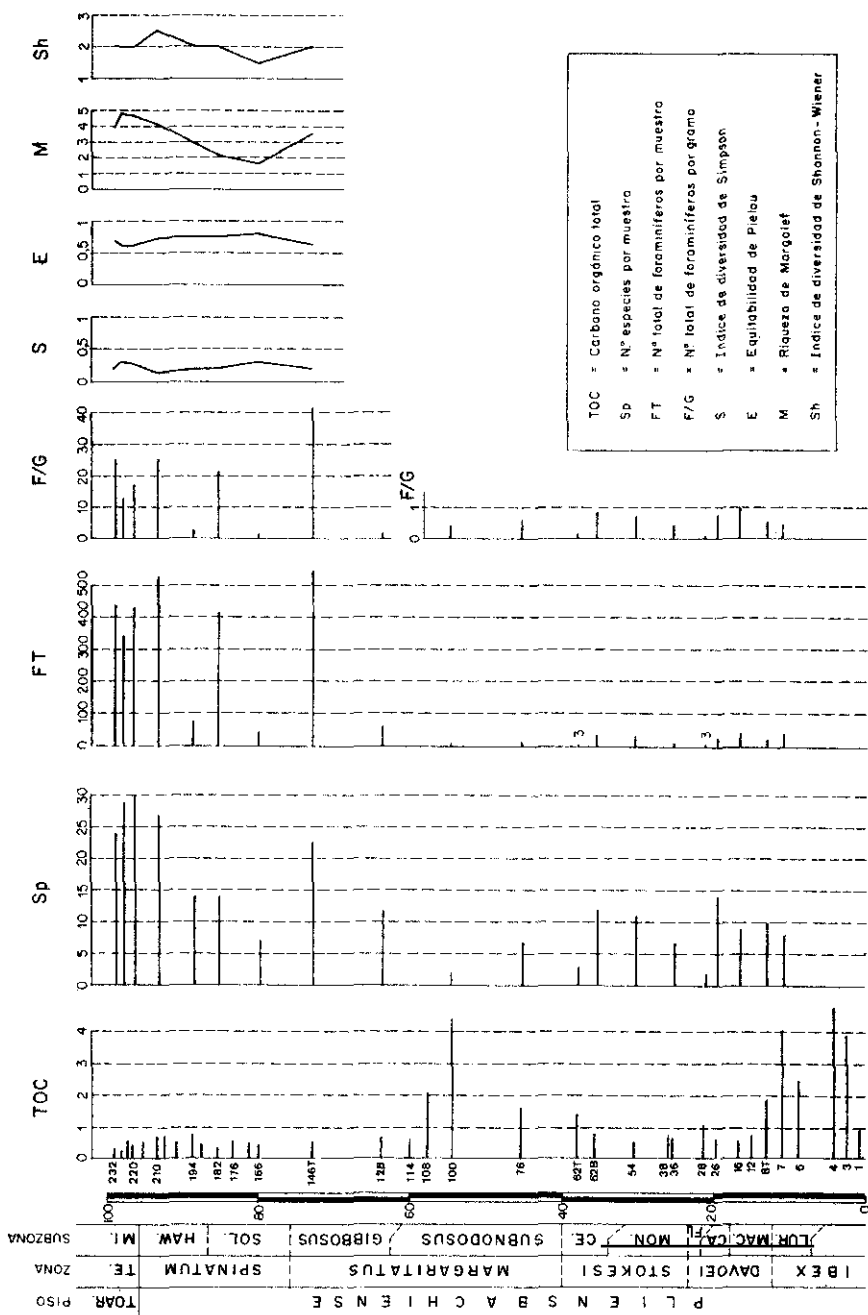
FIG. 3.—Taxonomic composition of the foraminiferal assemblages based on the number of species by suborder and on the families of the suborder Lagenina.

superando, en algunos casos, el 50%. Considerando el número total de ejemplares de vaginulínidos este dominio es más patente. Los polimorfinidos tienen una representación bastante homogénea en número de ejemplares y en número de especies si exceptuamos la ausencia de registro del grupo en las Zonas Ibex y Margaritatus. El suborden Robertinina, familia Ceratobuliminidae, presenta también un registro en número de ejemplares muy homogéneo en todo el intervalo estudiado.

Junto a los foraminíferos, y aunque no muy abundantes, se han identificado en la mayor parte de las muestras restos esqueléticos de crinoideos, equinoideos y holoturioides, moldes internos de bivalvos y gasterópodos, restos carbonosos de vegetales, tubos de bioturbación y valvas y caparazones lisos y ornamentados de ostrácodos (en ocasiones reemplazados por pirita). Menos frecuentes son los niveles con fragmentos de belemnoides y dientes de seláceos; en concreto, las muestras con restos de estos grupos corresponden a la parte superior de las Subzonas Luridum, Monestieri, Celebratum y Hawskerense.

Los 22 levigados han proporcionado un número reducido y desigual de foraminíferos (Fig. 4). Las dos primeras muestras, correspondientes a la Zona Ibex, han resultado estériles, respecto a los foraminíferos, aunque en ellas se han extraído fósiles de otros grupos fósiles como bivalvos, ostrácodos de caparazón liso y ornamentado o restos carbonosos de vegetales. En el resto de los niveles se ha obtenido un número variable de ejemplares. Todas las muestras asignables a las Zonas Ibex, Davoei, Stokesi y Margaritatus (Subzona Subnodosus) han suministrado menos de 100 ejemplares (ver Fig. 4). Por ello, los análisis de riqueza y diversidad se han realizado en el intervalo en el que las muestras han proporcionado más de 300 ejemplares (desde la parte superior de la Subzona Gibbosus hasta la Subzona Mirabile) aunque intercalados existen dos niveles (166 y 194) con menos de 100 especímenes.

La riqueza en foraminíferos así como la abundancia de otros grupos fósiles está ligada al contenido en materia orgánica. En general, cuando la cantidad de Carbono Orgánico Total (TOC) es elevada las abundancias de los distintos grupos disminuyen sensiblemente. Al igual que las condiciones del fondo controlan la riqueza en los distintos grupos de bentónicos, existen otros factores importantes (actuación de mecanismos de alteración tafonómica en etapas bioestratigráficas y fosildiagenéticas) que han actuado sobre los ejemplares y las asociaciones. El estado de conservación de los foraminíferos y de otros grupos fósiles, aunque variable según los niveles, puede ser considerado como bastante deficiente. Son muy frecuentes los rellenos de pirita y las sustituciones de los carbonatos de las conchas y restos esqueléticos por sulfuros de hierro, fragmentaciones y recristalizaciones. Asimismo, se ha constatado la existencia de disolución diferencial que afecta fundamentalmente a conchas cuya composición original fue aragonítica (más inestable en medios con pH bajo, consecuencia del enriquecimiento en materia orgánica). En estos casos suelen conservarse sólo los moldes internos como ocurre en los ejemplares asignables a la familia Ceratobuliminidae.



Como puede verse en la figura 4, la relación foraminíferos por gramo de residuo es muy baja. Con excepción de la muestra correspondiente a la parte superior de la Subzona Gibbosus (Zona Margaritatus), este cociente no supera los 30 ejemplares en las Zonas Spinatum y Tenuicostatum, y se mantiene por debajo de 1 ejemplar en las Zonas Ibex, Davoei, Stokesi y Margaritatus. En el intervalo en el que se ha realizado el análisis de riqueza y diversidad, el número de especies por muestra es independiente del número total de foraminíferos por muestra y del número de ejemplares por gramo. Los índices de diversidad de Simpson y de equitabilidad de Pielou nos marcan que la distribución de ejemplares dentro de las especies es relativamente homogénea, no existe predominio de ninguna especie (los valores se sitúan para el primero por debajo 0,5 y para el segundo por encima). Los índices de riqueza de Margalef y de diversidad de Shannon-Wiener nos señalan un aumento progresivo de la diversidad desde los materiales asignados a la parte inferior de la Zona Spinatum hasta la extrema base de la Zona Tenuicostatum donde se encuentran los valores máximos para todo el conjunto. La figura 5 recoge las abundancias relativas de las especies de foraminíferos con registro más continuo desde la parte superior de la Zona Spinatum (Subzona Gibbosus) hasta el Toarciense basal. En general, y con excepción de *Prodentalina terquemi*, se observa una tendencia a la disminución progresiva de las frecuencias relativas de estas especies desde la Subzona Hawskerense hasta la Subzona Mirabile, en favor de otros taxones, como *Lenticulina toarcense*, que serán dominantes en el Toarciense.

A partir de los datos obtenidos es difícil realizar muchas inferencias de tipo paleoecológico ya que el estudio cuantitativo es incompleto dada la escasez de ejemplares. No obstante, hay que señalar que las asociaciones de foraminíferos están claramente empobrecidas desde la Zona Ibex hasta la Zona Spinatum, en comparación con las descritas y figuradas en otras cuencas. Este empobrecimiento respondería a la existencia de sucesivos eventos anóxicos que quedan marcados en el registro del TOC (Fig. 4) y cuyos máximos corresponden a la Zona Ibex, niveles 4 y 7 (Subzona Luridum) y Zona Margaritatus, nivel 100 (Subzona Subnodosus). En principio, se descartan posibles sesgos tafonómicos (referidos a una disolución total de conchas de calcita) ya que en algunos de los niveles con valores máximos de carbono orgánico se han conservado otros grupos de fósiles con pared calcítica como ostrácodos y bivalvos, aunque no se hayan registrado foraminíferos.

FIG. 4.—Valores de Carbono Orgánico Total (TOC), número de especies por muestra (Sp), número total de foraminíferos (FT), foraminíferos por gramo (F/G) y análisis de la diversidad a partir del Índice de Riqueza de Margalef (M), los índices de diversidad de Simpson (S) y de Shannon-Wiener (Sh) y de la equitabilidad de Pielou (E) en la Sección de Camino.

FIG. 4.—Total Organic Carbon values (TOC), number of specimens per sample (Sp), total number of foraminifera (FT), foraminifera per gram (F/G) and diversity analysis with Margalef Richness Index (M), Simpson (S) and Shannon-Wiener (Sh) diversity indices and Pielou Equitability Index at Camino Section.

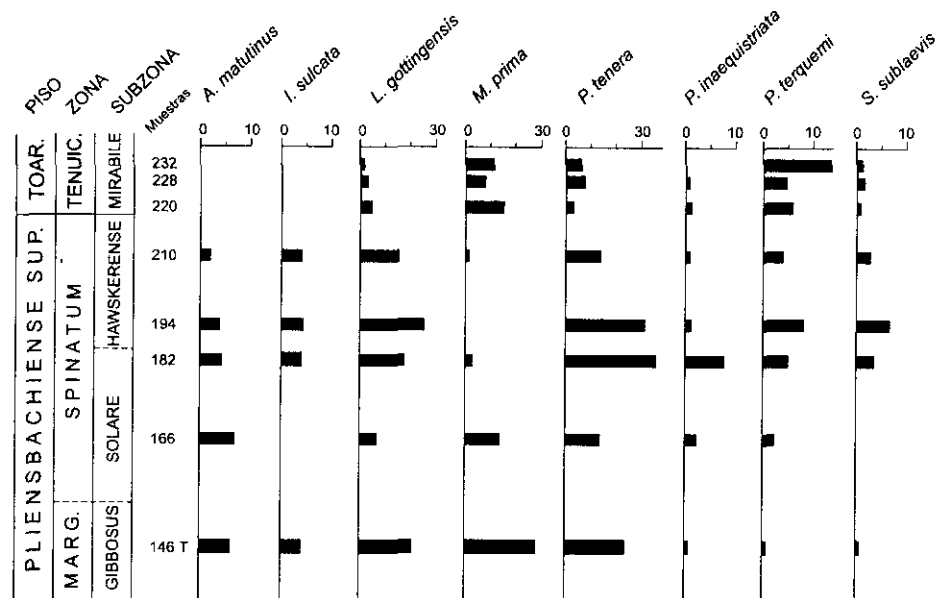


FIG. 5.—Porcentajes de las especies de foraminíferos más representativas en el intervalo comprendido entre la parte superior de la Zona Margaritatus y la base de la Zona Tenuicostatum en la Sección de Camino.

FIG. 5.—Selected foraminiferal species percentages from the upper part of Margaritatus Zone to the lower part of Tenuicostatum Zone at Camino Section.

CONCLUSIONES

En el intervalo estratigráfico estudiado, que abarca materiales correspondientes a la Zona *ibex p.p.* hasta la Zona Tenuicostatum, Subzona *Mirabile p.p.*, se han identificado 56 especies que se agrupan en siete subórdenes, 11 familias y 18 géneros. Todos ellos están representados por pocos ejemplares y se encuentran de forma esporádica, a excepción de *Lagenina* que presenta un registro más continuo y abundancias relativas superiores al 90%.

Respecto a las especies registradas, cabe destacar que *Ophthalmidium northamptonensis* se ha registrado por primera vez en materiales del Toarciense basal español. Por otro lado, la primera aparición de *Saracenella sublaevis* se produce en la Zona Margaritatus (Subzona *Gibbosus*). Además, ésta última y otras, tales como *Marginulina prima*, *Planularia inaequistriata*, *Paralingulina tenera*, *Prodentalina matutina*, ..., presentan un registro bastante continuo, llegando al Toarciense (Zona Tenuicostatum). La primera aparición de *Lenticulina toarcense* tiene lugar en la Zona Spinatum (Subzona *Hawskerense*) y los

primeros registros de *Eoguttulina palomerensis* y *Planularia obonensis* se producen en la Zona Tenuicostatum (Subzona Mirabile).

En relación al análisis cuantitativo realizado, se ha constatado una tendencia al aumento de representantes de la familia Nodosariidae y a una disminución de los de Ichthyolariidae desde el Carixiense (Zona Davoei) hasta el Toarciense (Zona Tenuicostatum). El aumento en la cantidad de Carbono Orgánico Total en las muestras produce una disminución de las abundancias de los distintos grupos y de la diversidad taxonómica. Desde la parte inferior de la Zona Spinatum hasta la parte inferior de la Zona Tenuicostatum se observa un aumento progresivo de la diversidad. Al mismo tiempo, existe una tendencia a la disminución progresiva de las frecuencias relativas de especies típicamente pliensbachienses desde la Subzona Hawskerense a la Subzona Mirabile, en favor de otros taxones que serán dominantes en el Toarciense.

Por último, resaltar que en la sección de Camino las asociaciones de foraminíferos están empobrecidas en todo el intervalo estudiado. Este empobrecimiento respondería a la existencia de eventos anóxicos cuyos máximos corresponden a la Zona Ibex y Zona Margaritatus (Subzona Subnodosus).

AGRADECIMIENTOS

La autora quiere agradecer al Dr. Antonio Goy Goy la lectura crítica del manuscrito y los comentarios de los revisores sobre el texto original. Las fotografías que ilustran este trabajo han sido realizadas en los Centros de Microscopía de las Universidades de Valencia y Complutense de Madrid. La labor fotográfica ha sido realizada por D. Eulogio Martín Castellanos. Este trabajo ha sido financiado por los Proyectos PB91-0383 DGICYT y PB97-0274 DGES.

BIBLIOGRAFÍA

- BARBIERI, F. (1964): «Micropaleontología del Lias e Dogger del Pozzo Ragusa (Sicilia)». *Riv. Ital. Paleont.*, 70: 709-830.
- BARNARD, T. (1950): «Foraminifera from the Lower Lias of the Dorset Coast». *Quart. J. Geol. Soc. London*, 105: 347-391.
- BOUTAKIOUT, M. (1990): «Les foraminifères du Jurassique des Rides Sud-Rifaines et des régions voisines (Maroc)». *Docum. Lab. Géol. Lyon*, 112: 247 pp.
- BRAGA, J. C., COMAS-RENGIFO, M. J., GOY, A. & RIVAS, P. (1985): «Le Pliensbachien dans la chaîne cantabrique orientale entre Castillo Pedroso et Reinosa (Santander, Espagne)». *Cahiers Inst. Cath. Lyon*, 14: 69-83.
- BRAGA, J. C., COMAS-RENGIFO, M. J., GOY, A., RIVAS, P. & YÉBENES, A. (1988): «El Lias inferior y medio en la zona central de la Cuenca Vasco-Cantábrica (Camino, Santander)». *Ciencias de la Tierra, Geol.*, 11: 17-45.
- CANALES, M. L. (1993): «Lagenina (Foraminiferida) del Aalenense en el Sector Suroccidental de la Cuenca Vasco-Cantábrica». *Coloquios Paleont.*, 45: 43-81.
- CANALES, M. L. & HERRERO, C. (1996): «Análisis de la diversidad en las asociaciones de foraminíferos del Aalenense (Jurásico) en Cillamayor y San Andrés (Cuenca Vasco-Cantábrica)». *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.*, T. Extr., 125 aniversario: 291-294.

- COPESTAKE, P. & JOHNSON, B. (1989): «The Hettangian to Toarcian». In: D. G. Jenkins & S.W. Murray (eds.). *Stratigraphical Atlas of Fossil Foraminifera*. British Micropaleontological Society Series, 129-188. Ellis Horwood Ltd., Chichester.
- CHAMPEAU, H. (1961): «Contribution à l'étude micropaléontologique du Lias du Bassin Paris (foraminifères et ostracodes) IIIe partie: Étude de la microfaune des niveaux marneux du Lias dans le Sud-Est du Bassin de Paris». *Mém. B.R.G.M.*, 4: 437-443.
- FRANKE, A. (1936): «Die Foraminiferen des Deutschen Lias». *Abh. Preuss. Geol. Land., N.F.*, 169: 1-140.
- GOY, A., MARTÍNEZ, G. & URETA, S. (1994): «El Toarciense en la región Pozazal-Reinosa (Cordillera Cantábrica, España)». *Coloq. Paleont.*, 46: 93-127.
- GOY, A., COMAS-RENGIFO, M. J., ARIAS, C. F., GARCÍA-JORAL, F., GÓMEZ, J. J., HERRERO, C., MARTÍNEZ, G. & RODRIGO, A. (1997): «El tránsito Pliensbachiense/Toarciense en el sector central de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica (España)». *Cahiers Inst. Cath. Lyon*, 10: 159-179.
- HERRERO, C. (1991): «Asociaciones de foraminíferos en el Toarciense inferior de la Rambla del Salto (Sierra Palomera, Teruel)». *Rev. Esp. Micropaleont.*, XXIII: 99-112.
- HERRERO, C. (1992): *Los foraminíferos del Toarciense inferior de la Cordillera Ibérica*. Colección Tesis Doctorales, 87/93: 1-524 (publicación de 1993). Ed. Univ. Complutense. Madrid.
- HERRERO, C. (1994): «Lower Toarcian foraminifera from the Northern Sector of the Iberian Range». *Géobios*, M.S. 17: 287-295.
- HERRERO, C. & CANALES, M. L. (1997): «Diversidad en los foraminíferos del tránsito Toarciense/Aaleniense en la sección de Fuentelsaz (Cordillera Ibérica)». *Rev. Esp. Paleont.*, 12(2): 233-242.
- KARAMELAS, G. (1978): «Foraminiferen eines vollständigen Lias Profils aus der Langenbrücker Senke (Nordbaden)». *Jahr. Geol. Land. Baden-Württemberg*, 20: 43-66.
- LOEBLICH, A. R. & TAPPAN, H. (1988): *Foraminiferal genera and their classification*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 2 vols, 1-970.
- MIRA F. J. (1986): *Foraminíferos del Lias margoso de las Cordilleras Béticas. Zona Subbética*. Tesis Doctoral. Fac. Ciencias. Dpto. de Estratigrafía y Paleontología. Univ. de Granada. 242 pp. Granada.
- MIRA, F. J. & MARTÍNEZ-GALLEGO, J. (1981): «Foraminifera del Lías margoso (Carixiense superior, Domeriense inferior y medio) en el Sector Central de las Cordilleras Béticas». *Rev. Esp. Micropaleont.*, 13: 313-342.
- RAMÍREZ DEL POZO, J. (1971): «Bioestratigrafía y microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (Región Cantábrica)». *Mem. Inst. Geol. Min. España*, 78: 1-357.
- RIEGRAF, W. (1985): «Mikrofauna Biostratigraphie und Fazies im Unteren Toarcium Südwestdeutschlands und Vergleiche mit benachbarten Gebieten». *Tübinger Mikropaläont.*, 3: 1-233.
- ROBLES, S., QUESADA, S., COMAS-RENGIFO, M. J. & GARMENDIA, J. M. (1992): «Sequence stratigraphy of the liassic source rocks of the Basque-Cantabrian Basin (North Spain)». *Sequence Stratigraphy of European Basins*. Dijon. *Libro de resúmenes*, 354-355.
- RUGET, C. (1982): «Foraminifères du Lias moyen et supérieur d'Obon (Chaînes Ibériques, province de Teruel, Espagne)». *Geobios*, 15: 53-91.
- RUGET, C. (1985): «Les foraminifères (nodosariidés) du Lias de l'Europe Occidentale». *Docum. Lab. Géol. Lyon*, 94: 1-273.

Manuscrito recibido: 31 de Octubre de 1997

Manuscrito aceptado: 31 de Mayo de 1998

LÁMINA 1
PLATE 1

Escala gráfica 100 µ (Scale bar 100 µ)

- FIG. 1.—*Saracena sublaevis* (FRANKE), nivel 146T, Zona Margaritatus, Subzona Gibbosus. Level 146T, Margaritatus Zone, Gibbosus Subzone.
- FIG. 2.—*Involutina liassica* (JONES), nivel 26, Zona Davoei, Subzona Capricornus. Level 26, Davoei Zone, Capricornus Subzone.
- FIG. 3.—*Prodentalina matutina* (D'ORBIGNY), nivel 182, Zona Spinatum, Subzona Solare. Level 182, Spinatum Zone, Solare Subzone.
- FIG. 4.—*Eoguttulina liassica* (STRICKLAND), nivel 54, Zona Stokesi, Subzona Monestieri. Level 54, Stokesi Zone, Monestieri Subzone.
- FIG. 5.—*Astacolus matutinus* (D'ORBIGNY), nivel 7, Zona Ibex, Subzona Luridum. Level 7, Ibex Zone, Luridum Subzone.
- FIG. 6.—*Astacolus stillus* (TERQUEM), nivel 16, Zona Davoei, Subzona Maculatum. Level 16, Davoei Zone, Maculatum Subzone.
- FIG. 7.—*Prodentalina bartensteini* TAPPAN, nivel 8T, Zona Davoei, Subzona Maculatum. Level 8T, Davoei Zone, Maculatum Subzone.
- FIG. 8.—*Nodosaria liassica* BARNARD, nivel 194, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. Level 194, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone.
- FIG. 9.—*Marginulina prima* D'ORBIGNY, nivel 16, Zona Davoei, Subzona Maculatum. Level 16, Davoei Zone, Maculatum Subzone.
- FIG. 10.—*Lenticulina gottingensis* (BORNEMANN), nivel 26, Zona Davoei, Subzona Capricornus. Level 26, Davoei Zone, Capricornus Subzone.
- FIG. 11.—*Lenticulina polygonata* (FRANKE), Level 182, Zona Spinatum, Subzona Solare. Level 182, Spinatum Zone, Solare Subzone.
- FIG. 12.—*Lenticulina acutiangulata* (TERQUEM), nivel 128, Zona Margaritatus, Subzona Gibbosus. Level 128, Margaritatus Zone, Gibbosus Subzone.
- FIG. 13.—*Paralingulina tenera* (BORNEMANN), nivel 182, Zona Spinatum, Subzona Solare. Level 182, Spinatum Zone, Solare Subzone.

LÁMINA 2
PLATE 2

Escala gráfica 100 µ (Scale bar 100 µ)

- FIG. 1.—*Astacolus speciosus* (TERQUEM), nivel 16, Zona Davoei, Subzona Maculatum. Level 16, Davoei Zone, Maculatum Subzone.
- FIG. 2.—*Astacolus breoni dentata* (FRANKE), nivel 128, Zona Margaritatus, Subzona Gibbosus. Level 128, Margaritatus Zone, Gibbosus Subzone.
- FIG. 3.—*Ichthyolaria squamosa* (TERQUEM y BERTHELIN), nivel 16, Zona Davoei, Subzona Maculatum. Level 16, Davoei Zone, Maculatum Subzone.
- FIG. 4.—*Marginulina interrupta* (TERQUEM), nivel 100, Zona Margaritatus, Subzona Subnodosus. Level 100, Margaritatus Zone, Subnodosus Subzone.
- FIG. 5.—*Ammobaculites barrowensis* TAPPAN, nivel 210, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. Level 210, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone.
- FIG. 6.—*Prodentalina subsiliqua* (FRANKE), nivel 8T, Zona Davoei, Subzona Maculatum. Level 8T, Davoei Zone, Maculatum Subzone.
- FIG. 7.—*Ichthyolaria intumescens* (BORNEMANN), nivel 146T, Zona Margaritatus, Subzona Gibbosus. Level 146T, Margaritatus Zone, Gibbosus Subzone.
- FIG. 8.—*Lenticulina bochari* (TERQUEM), nivel 7, Zona Ibex, Subzona Luridum. Level 7, Ibex Zone, Luridum Subzone.
- FIG. 9.—*Prodentalina terquemi* (D'ORBIGNY), nivel 194, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. Level 194, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone.
- FIG. 10.—*Planularia pulchra* (TERQUEM), nivel 16, Zona Davoei, Subzona Maculatum. Level 16, Davoei Zone, Maculatum Subzone.
- FIG. 11.—*Planularia inaequistriata* (TERQUEM), nivel 182, Zona Spinatum, Subzona Solare. Level 182, Spinatum Zone, Solare Subzone.
- FIG. 12.—*Ichthyolaria sulcata* (BORNEMANN), nivel 182, Zona Spinatum, Subzona Solare. Level 182, Spinatum Zone, Solare Subzone.

