

# DIVERSIDAD EN LOS FORAMINÍFEROS DEL TRÁNSITO TOARCIENSE/AALENIENSE EN LA SECCIÓN DE FUENTELSAZ (CORDILLERA IBÉRICA)

Concha HERRERO y M. Luisa CANALES

Dpto.-UEI de Paleontología. F.CC. Geológicas-IGE (UCM-CSIC). Ciudad Universitaria. 28040 Madrid.

Herrero, C. y Canales, M.L. Diversidad en los foraminíferos del tránsito Toarciense/Aaleniano en la sección de Fuentelsaz (Cordillera Ibérica). [Diversity in the Toarcian/Aalenian foraminiferal assemblages at the Fuentelsaz Section (Iberian Range)]. *Revista Española de Paleontología*, 12 (2), 233-242. ISSN 0213-6937.

## ABSTRACT

The Toarcian/Aalenian transition at the Fuentelsaz Section (Iberian Range) is situated within a relatively thick and uniform lithological interval. This succession, lacking important unconformities, was interpreted as deposited in a low-energy environment within an external platform area. Uppermost Toarcian and lower Aalenian benthic foraminiferal assemblages are examined from this section, with the aim to detect faunal turnovers. The stratigraphical ranges are given of the species recorded; one of these, *Lenticulina exgaleata* Dieni, has now been recorded for the first time in the Mactra Subzone, Aalensis Zone (uppermost Toarcian). The suborder Lagenina is the dominant group in all the samples. At the Toarcian/Aalenian boundary, the assemblages show a pronounced stability. The most significant event is placed at the Buckmani Subzone (Aalensis Zone, uppermost Toarcian). The first appearance of typical Middle Jurassic species and an important change in the Shannon-Wiener and Pielou's Equitability indices values are found at this point.

**Keywords:** Foraminifera, diversity, Toarcian/Aalenian transition, Lower/Middle Jurassic, Iberian Range (Spain).

## RESUMEN

El tránsito Toarciense/Aaleniano en la sección de Fuentelsaz (Cordillera Ibérica) está caracterizado por una sedimentación continua, y representado por una potente alternancia de calizas y margas. Estos materiales fueron interpretados como depositados en un ambiente de baja energía dentro de una plataforma externa tipo rampa. En este trabajo se analizan en términos de diversidad las asociaciones de foraminíferos en dicho tránsito. Se señala la distribución estratigráfica de las especies identificadas y se amplía el rango estratigráfico de *Lenticulina exgaleata* Dieni, registrada por primera vez en materiales de la Subzona Mactra, Zona Aalensis (Toarciense superior). Todas las asociaciones están dominadas por representantes del suborden Lagenina. En el límite Toarciense/Aaleniano (Zona Aalensis/Zona Opalinum), dichas asociaciones muestran una marcada estabilidad. El cambio más significativo se sitúa en la Subzona Buckmani (Zona Aalensis, Toarciense superior) donde, coincidiendo con el primer registro de especies típicas del Jurásico Medio, se constata un salto brusco en los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener y un aumento en el índice de equitabilidad de Pielou.

**Palabras clave:** Foraminifera, diversidad, tránsito Toarciense/Aaleniano, Jurásico Inferior/Medio, Cordillera Ibérica (España).

## INTRODUCCIÓN

Las asociaciones de foraminíferos del tránsito Toarciense/Aaleniano son mal conocidas en la Cordillera Ibérica y en general en la mayor parte de las cuencas europeas. Este hecho viene provocado por la escasez de afloramientos en los que exista un buen desarrollo y exposición de estos materiales. En la Cordillera Ibérica,

la sección de Fuentelsaz presenta, por un lado, unas condiciones de afloramiento muy buenas, y por otro, un desarrollo excepcional con más de 20 m de potencia, correspondientes a la parte terminal del Toarciense (Zona Aalensis) y base del Aaleniano (Zona Opalinum). Asimismo, en esta sección no se han detectado discontinuidades significativas. Por ello, la sección de Fuentelsaz ha sido ya propuesta como posible estrato-tipo

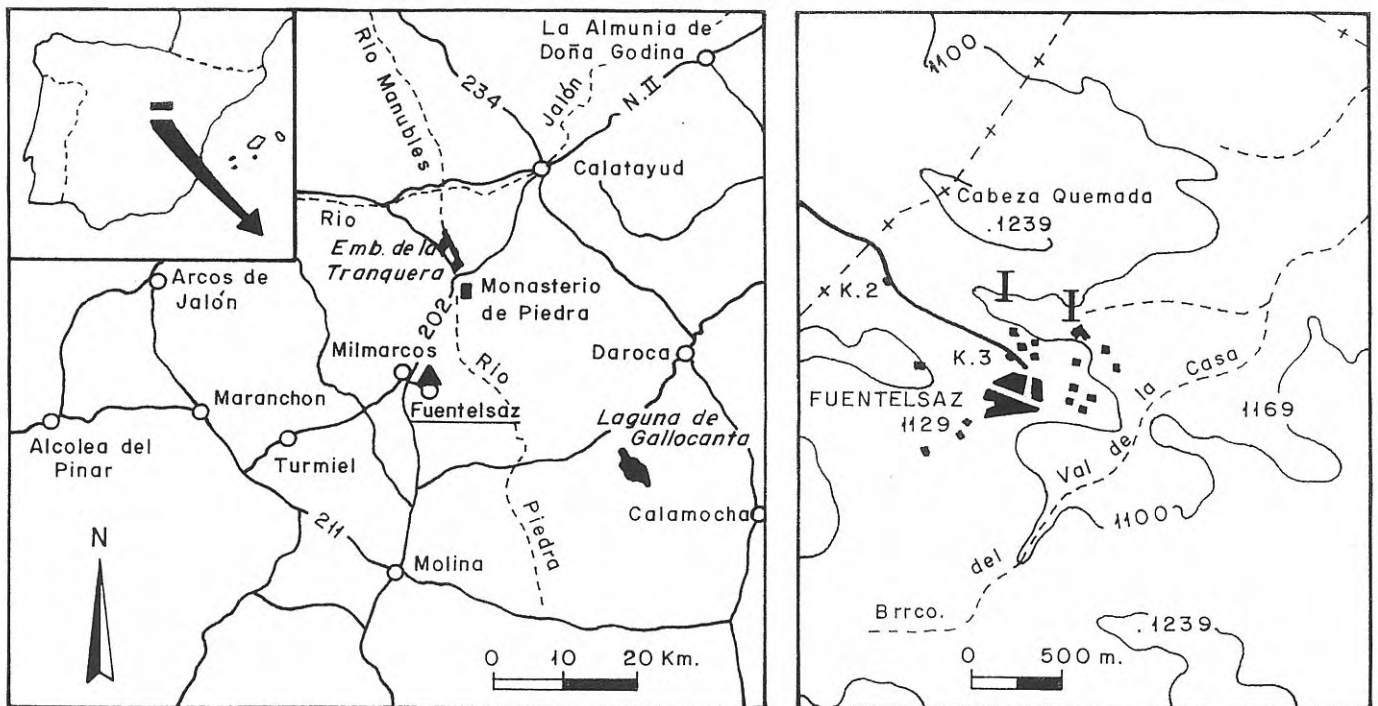


Figura 1. Situación geográfica de la sección de Fuentelsaz (cortes parciales).

para el límite Toarciense/Aaleniense (Goy *et al.*, 1994; 1996a y b) por el Grupo de Trabajo del Aaleniense y Bajociense de la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Jurásico.

En este trabajo se pretende estudiar las asociaciones de foraminíferos, en términos de diversidad, en dicho tránsito. Los resultados obtenidos servirán de base de discusión para poder realizar comparaciones con otras cuencas y áreas europeas, especialmente con la sección de Wittnau (Oberrhein, SO de Alemania), también propuesta como posible estrato-tipo para el límite Toarciense/Aaleniense (Ohmert *et al.*, 1991; Ohmert y

Rolf, 1994), y de la cual, por el momento, no se han realizado análisis de las asociaciones de foraminíferos en términos de diversidad.

## SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y MARCO BIOESTRATIGRÁFICO

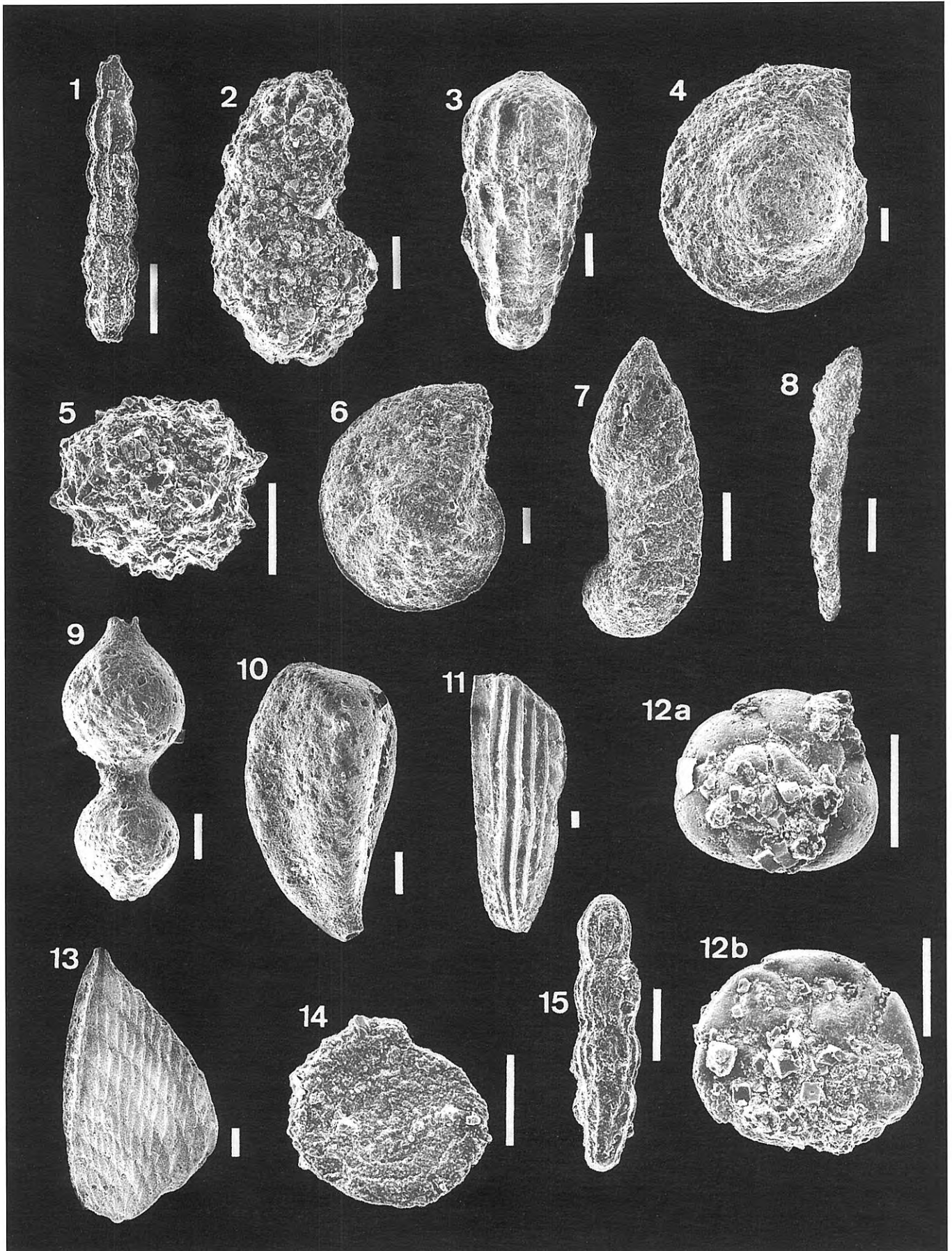
La sección de Fuentelsaz está situada al N de la localidad de Fuentelsaz, en el sector central de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica, al NE de la provincia de Guadalajara (Fig. 1). Los materiales del tránsito

### Lámina I

Escala gráfica en todas las figuras: 100  $\mu$

- 1 *Nodosaria hortensis* Terquem, FZ.77.574, Zona Aalensis, Subzona Aalensis.
- 2 *Ammobaculites fontinensis* (Terquem), FZ.89.654, Zona Aalensis, Subzona Buckmani.
- 3 *Nodosaria pulchra* (Franke), FZ.43.611, Zona Aalensis, Subzona Mactra.
- 4 *Lenticulina münsteri* (Roemer), FZ.63.632, Zona Aalensis, Subzona Aalensis.
- 5 *Thurammina jurensis* (Franke), FZ.69.580, Zona Aalensis, Subzona Aalensis.
- 6 *Lenticulina toarcense* Payard, FZ.63.630, Zona Aalensis, Subzona Aalensis.
- 7 *Vaginulinopsis hannoverana* (Franke), FZ.59.616, Zona Aalensis, Subzona Mactra.
- 8 *Prodentalina pseudocommunis* (Franke), FZ.63.587, Zona Aalensis, Subzona Aalensis.
- 9 *Nodosaria regularis* Terquem, FZ.59.591, Zona Aalensis, Subzona Mactra.
- 10 *Saracenella mochrasensis* Johnson, Copestake y Herrero, FZ.59.595, Zona Aalensis, Subzona Mactra.
- 11 *Citharina clathrata* (Terquem), FZ.63.583, Zona Aalensis, Subzona Aalensis.
- 12 Molde interno piritoso de Ceratobuliminidae. a: vista dorsal, FZ.69.576; b: vista ventral, FZ.69.577, Zona Aalensis, Subzona Aalensis.
- 13 *Citharina charollensis* Ruget y Sigal, FZ.69.578, Zona Aalensis, Subzona Aalensis.
- 14 *Spirillina numismalis* Terquem y Berthelin, FZ.111.650, Zona Opalinum, Subzona Opalinum.
- 15 *Nodosaria opalini* Bartenstein, FZ.123.645, Zona Opalinum, Subzona Comptum.

Lámina I



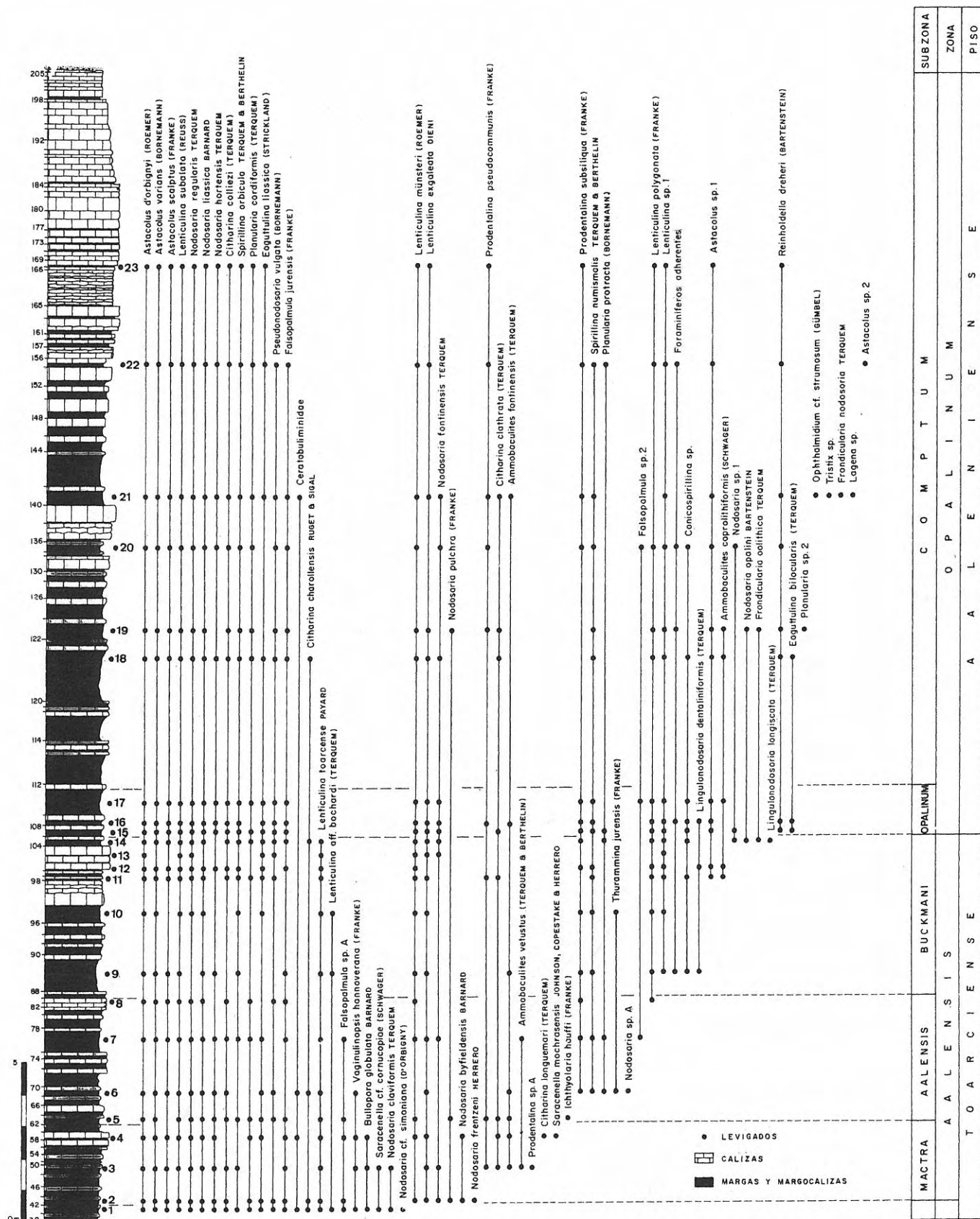


Figura 2. Distribución estratigráfica de los foraminíferos registrados en el tránsito Toarciense/Aaleniano en la sección de Fuentelsaz (los números 1 a 23 sustituyen las siglas originales de las muestras, y son los que aparecen en los gráficos de la figura 3).

Jurásico Inferior/Medio (Zona Aalensis/Zona Opalinum), que muestran un notable desarrollo y continuidad, consisten fundamentalmente en una alternancia rítmica de margas y calizas, muy rica en macro y microfósiles. Estos materiales corresponden a la parte superior de la Formación Alternancia de margas y calizas de Turmiel y a la parte inferior de la Formación Carbonatada de Chelva, definidas por Goy *et al.* (1976) y Gómez y Goy (1979), respectivamente. Las calizas son predominantemente "mudstones" y "wackestones" bioclásticos, con ocasionales "packstones" que sólo se encuentran en los términos más energéticos de algunos ciclos. Estos materiales han sido interpretados como depositados en un ambiente de baja energía en una plataforma somera tipo rampa. Más detalles sobre las litofacies, sedimentología y estratigrafía secuencial en esta sección pueden encontrarse en Goy *et al.* (1994, 1996b).

La escala zonal de referencia utilizada en este trabajo, se basa en la sucesión de las asociaciones de ammonoideos, correspondiéndose los límites inferiores de zonas y subzonas con las primeras apariciones de los taxones índice. Esta escala ha sido establecida por Goy y Ureta (1987, 1991) y Goy *et al.* (1994). En ella, estos autores separan la Zona Aalensis del Toarciense en tres Subzonas, Mactra, Aalensis y Buckmani, y la Zona Opalinum del Aalenense en dos Subzonas, Opalinum y Comptum.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se ha realizado sobre un total de 10.234 ejemplares extraídos de 23 levigados que corresponden a los niveles margocalizos señalados en la figura 2. Se sometieron 300 g de cada muestra a un ataque químico, en frío, con agua oxigenada, hidróxido sódico y agua, durante dos días. El tamizado se realizó, bajo agua corriente, con una columna de tamices de malla >1 mm, >0,5 mm, >0,25 mm, >0,125 mm y >0,06 mm. En todas las muestras, excepto en la número 13, se han obtenido más de 300 ejemplares, número mínimo considerado como adecuado para la realización del estudio cuantitativo. Las determinaciones taxonómicas y los contajes se han realizado sobre las fracciones de 0,5, 0,25 y 0,125 mm. No se ha empleado la fracción de 0,06 mm ya que el grado de fragmentación y el pequeño tamaño de los foraminíferos presentes en ella, no permite su identificación a nivel específico. En el estudio sistemático, la clasificación adoptada ha sido la de Loeblich y Tappan (1988). El paquete estadístico utilizado en el análisis cuantitativo es el de Ludwig y Reynolds (1988), que permite analizar el índice de riqueza de Margalef, los índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson y el índice de equitabilidad de Pielou. En las figuras 2 y 3 se han sustituido las siglas originales de las muestras estudiadas por números correlativos del 1 (base de la columna) al 23 (techo de la columna).

El material estudiado, cuyas siglas son FZ.número del nivel.número del ejemplar, se encuentra depositado en el

Departamento de Paleontología de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

## ASOCIACIONES REGISTRADAS

En general, a lo largo de todo el intervalo estudiado, los foraminíferos son abundantes y diversos, presentando un estado de conservación de bueno a moderado. En algunos ejemplares se observan fragmentaciones, rellenos piritosos y costras de carbonatos recubriendo la superficie; a partir de la Subzona Buckmani son también frecuentes las recristalizaciones.

Han sido identificados un total de 62 taxones de foraminíferos bentónicos desde la parte final de la Zona Pseudoradosa (Toarciense) a la Zona Opalinum, Subzona Comptum (Aalenense). Las 23 asociaciones registradas están dominadas por representantes del suborden Lagenina y, en concreto, por especies pertenecientes a la familia Vaginulinidae. En la Subzona Mactra y base de la Subzona Aalensis, el taxón dominante es *Lenticulina toarcense* Payard y, a partir de este momento hasta la Subzona Comptum, domina la especie *Lenticulina subalata* (Reuss). La distribución estratigráfica de los taxones reconocidos está recogida en la figura 2 y las especies más características están representadas en las láminas I y II.

En la Zona Aalensis se han identificado 53 taxones, 34 en la Subzona Mactra, 34 en la Subzona Aalensis y 36 en la Subzona Buckmani. En esta Zona están presentes especies típicas del Toarciense medio-superior, como *Astacolus dorbignyi* (Roemer), *Citharina colliezi* (Terquem), *Nodosaria regularis* Terquem, *N. liassica* Barnard o *Thurammia jurensis* (Franke), así como otras de distribución estratigráfica más amplia, como *Astacolus varians* (Bornemann), *Nodosaria hortensis* Terquem, *Planularia cordiformis* (Terquem) o *Eoguttulina liassica* (Strickland).

Las asociaciones registradas en la Subzona Mactra están constituidas principalmente por representantes de los géneros *Lenticulina* y *Astacolus*, si bien es en esta subzona en la que se han identificado un mayor número de especies del género *Nodosaria*, de las cuales, 4 se registran en esta subzona por última vez. Cabe destacar la presencia de *Saracenella mochransensis* Johnson, Copestake y Herrero, especie con morfología muy característica y corto rango estratigráfico (Herrero *et al.*, 1996), y el primer registro de la especie *Lenticulina exgaleata* Dieni, que no había sido registrada, hasta el momento, en ninguna cuenca en niveles por debajo de la Subzona Buckmani (Canales, 1993).

En la Subzona Aalensis se produce el primer registro de 8 especies; de ellas, *Ichthyolaria hauffi* (Franke), *Prodentalina subsiliqua* (Franke), *Planularia protracta* (Bornemann) y *Lenticulina polygonata* (Franke) son comunes en todo el Toarciense de otras áreas de la Cordillera Ibérica (Herrero, 1992, 1993). Asimismo se registran por última vez 5 taxones.

En la Subzona Buckmani desaparecen especies típicamente toarcienses, como *Lenticulina toarcense* Payard, y se produce el primer registro de especies comunes en el Jurásico Medio, como *Nodosaria opalini* Bartenstein, *Fronicularia oolithica* Terquem, *Ammobaculites coprolithiformis* (Schwager) y *Conicospirillina* sp. Las especies del género *Spirillina* presentan en la base de esta subzona las frecuencias relativas más altas respecto a todo el intervalo estudiado.

En la Zona Opalinum se han reconocido 44 taxones, 33 en la Subzona Opalinum y 43 en la Subzona Comptum. Las asociaciones registradas en esta Zona son similares en composición a las reconocidas en la Zona Aalensis; sin embargo, el grado de recristalización observado en los ejemplares es mayor, lo que ha dificultado, en algunos casos, la asignación taxonómica a nivel específico.

En la Subzona Opalinum las asociaciones no muestran cambios significativos. Cabe destacar el primer registro de 2 especies, *Reinholdella dreheri* (Bartenstein) y *Eoguttulina bilocularis* (Terquem). Esta última ha sido citada desde el Toarciense inferior en otras áreas de la cuenca (Herrero, 1991). Por otro lado, se produce el último registro de *Lingulonodosaria dentaliniformis* (Terquem).

En la Subzona Comptum, aparecen por primera vez 6 especies que presentan un registro puntual en los niveles FZ.141 y FZ.155 (muestras 21 y 22, respectivamente, en las figuras 2 y 3). Como ocurre desde la parte superior de la Subzona Aalensis, la especie con mayor número de ejemplares es *Lenticulina subalata* (Reuss). Sin embargo, hay que señalar que es en esta subzona donde *Nodosaria regularis* Terquem, alcanza su máxima representación. Asimismo, *Ammobaculites coprolithiformis* (Schwager) presenta en la parte media de la Subzona Comptum una abundancia relativa comparable a la de algunas especies de los géneros *Lenticulina* y *Astacolus* en los mismos niveles.

## RESULTADOS DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO

En los gráficos de la figura 3 quedan recogidos los resultados del análisis cuantitativo. Respecto al número total de ejemplares por muestra y por gramo estudiado (Fig. 3A), si bien toda la sección es rica en ejemplares de foraminíferos, se observa una disminución progresiva de éstos hasta la base de la Subzona Buckmani. Desde este punto y en toda la Zona Opalinum, los valores se mantienen más o menos estabilizados con pequeñas fluctuaciones.

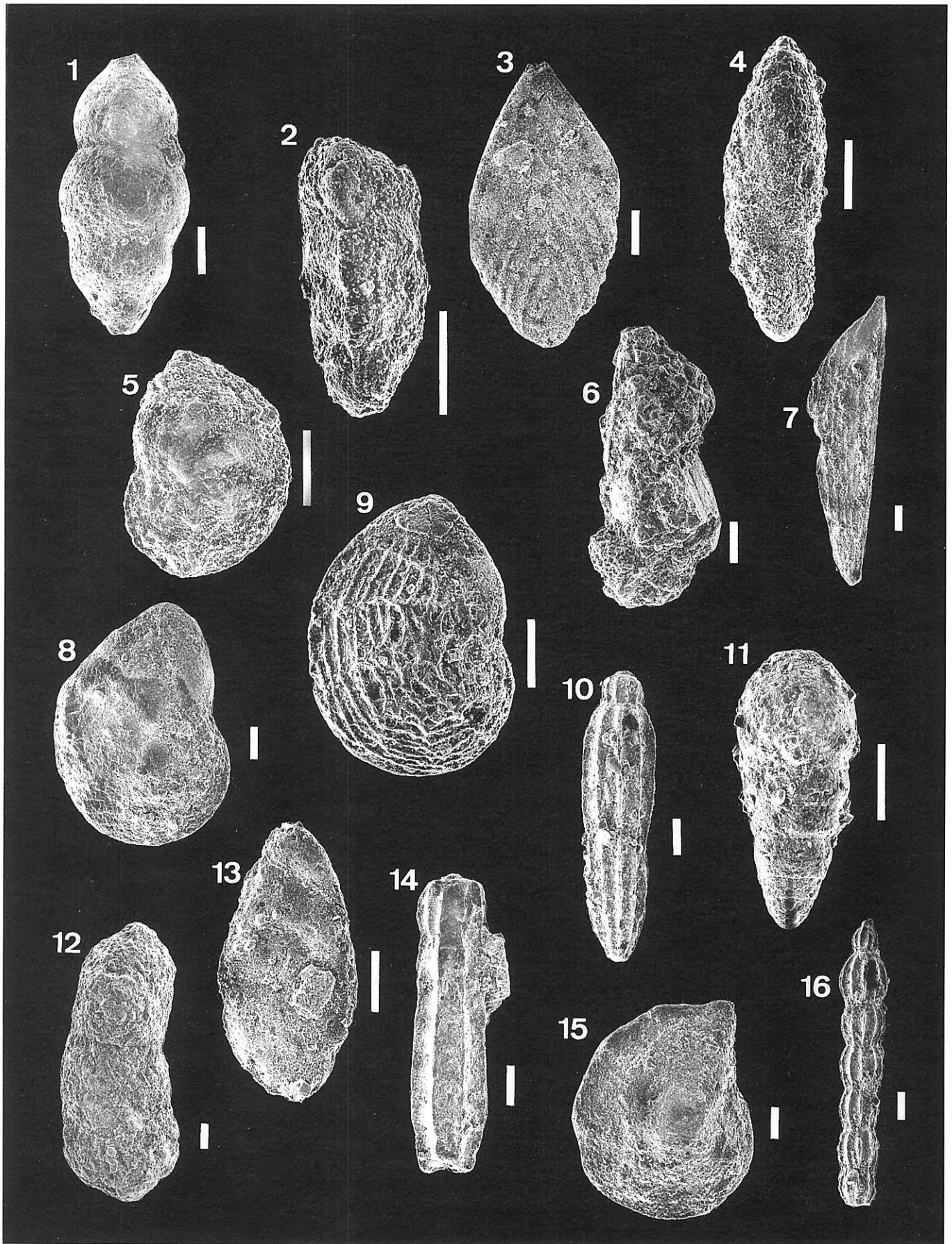
Como se ha comentado en el apartado anterior, todas las asociaciones estudiadas están dominadas por representantes del suborden Lagenina, que llegan a alcanzar en la mayor parte de las muestras estudiadas unos porcentajes del 95-100%. El suborden Textulariina, principalmente sacamínidos y lituólidos, está presente, aunque de forma escasa, en la mayor parte de las muestras. Se han identificado representantes del suborden Spirillinina, familia Spirillinidae, prácticamente en todo el intervalo estudiado. Los representantes del suborden Robertinina son escasos y el suborden Miliolina está representado por una única especie en una sola muestra (nivel 141, muestra 21 en la figura 2). En el gráfico, Fig. 3B, están representados todos los subórdenes excepto Lagenina que completa hasta el 100%, exceptuando en la muestra anteriormente mencionada, en la que habría una escasa representación del suborden Miliolina (1,6%). Respecto a las abundancias de cada grupo taxonómico mayor, el evento más destacable se sitúa en la base de la Subzona Buckmani (Zona Aalensis), en el que los spirillínidos alcanzan valores cercanos al 25%. Este máximo de Spirillinidae se corresponde con el techo de una secuencia de profundización de alta frecuencia (Gómez y Goy en Goy *et al.*, 1996b: p. 55, Fig. 3.3.). En otras cuencas, la mayor abundancia de este género ya ha sido relacionada con pulsos transgresivos y profundizaciones relativas (Stam, 1985; Canales y Herrero, 1996).

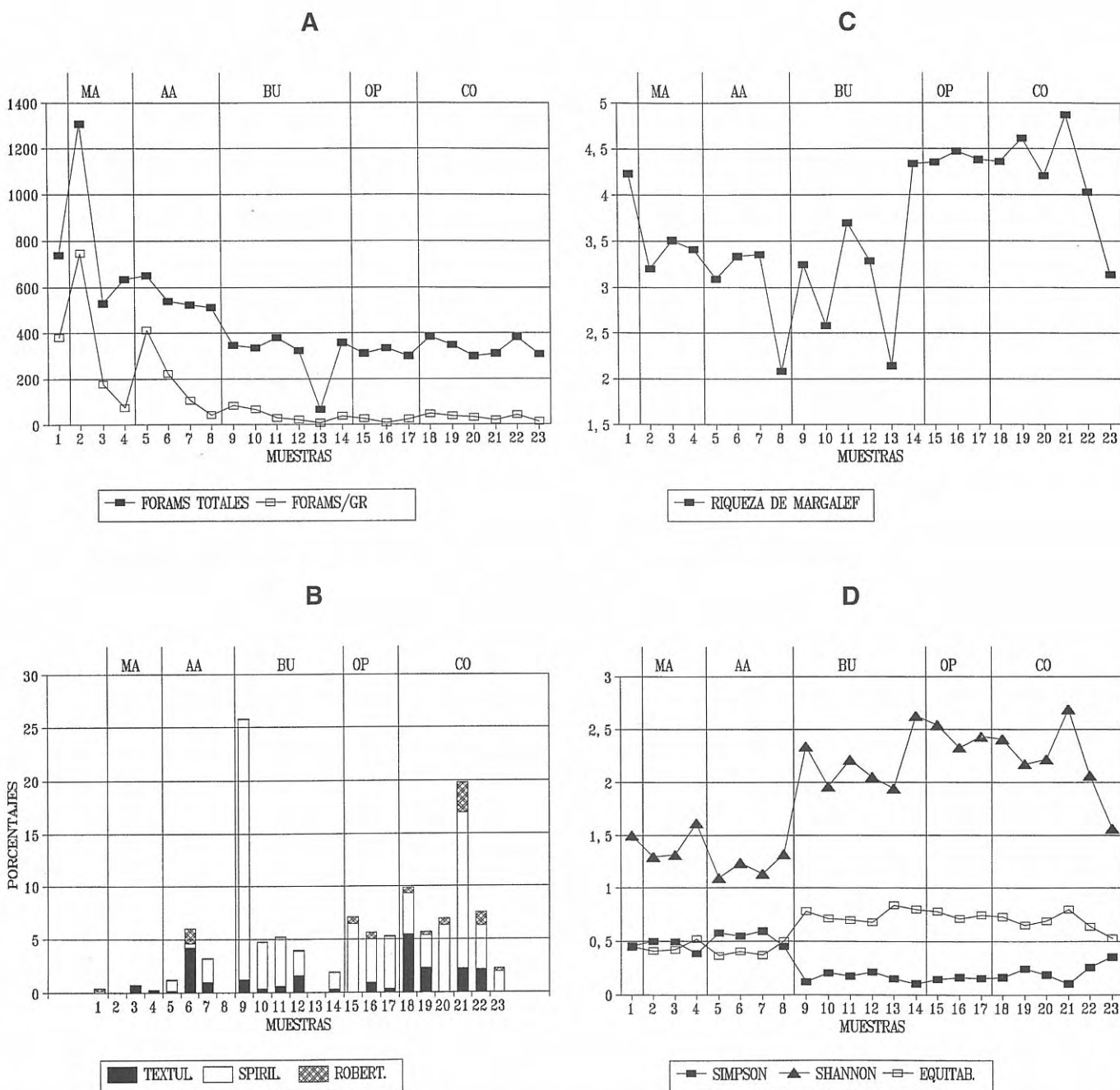
### Lámina II

Escala gráfica en todas las figuras: 100  $\mu$

- 1 *Pseudonodosaria vulgata* (Bornemann), FZ.121T.669, Zona Opalinum, Subzona Comptum.
- 2 *Tristix* sp., FZ.141.639, Zona Opalinum, Subzona Comptum.
- 3 *Falsopalmula jurensis* (Franke), FZ.63.588, Zona Aalensis, Subzona Aalensis.
- 4 *Eoguttulina liassica* (Strickland), FZ.105.469, Zona Aalensis, Subzona Buckmani.
- 5 *Lenticulina exgaleata* Dieni, FZ.99.676, Zona Aalensis, Subzona Buckmani.
- 6 *Ammobaculites vetustus* (Terquem y Berthelin), FZ.77.568, Zona Aalensis, Subzona Aalensis.
- 7 *Citharina colliezi* (Terquem), FZ.123.671, Zona Opalinum, Subzona Comptum.
- 8 *Astacolus varians* (Bornemann), FZ.105.667, Zona Aalensis, Subzona Buckmani.
- 9 *Astacolus dorbignyi* (Roemer), FZ.59.629, Zona Aalensis, Subzona Mactra.
- 10 *Nodosaria liassica* Barnard, FZ.49.602, Zona Aalensis, Subzona Mactra.
- 11 *Nodosaria frentzeni* Herrero, FZ.43.606, Zona Aalensis, Subzona Mactra.
- 12 *Ammobaculites coprolithiformis* (Schwager), FZ.121T.687, Zona Opalinum, Subzona Comptum.
- 13 *Planularia cordiformis* (Terquem), FZ.63.586, Zona Aalensis, Subzona Aalensis.
- 14 *Nodosaria byfieldensis* Barnard, FZ.59.590, Zona Aalensis, Subzona Mactra.
- 15 *Lenticulina polygonata* (Franke), FZ.99.675, Zona Aalensis, Subzona Buckmani.
- 16 *Nodosaria fontinensis* Terquem, FZ.77.573, Zona Aalensis, Subzona Aalensis.

Lámina II





**Figura 3.** A: Número de foraminíferos por muestra y foraminíferos por gramo estudiado en la sección de Fuentelsaz. B: Porcentajes de los subórdenes Textulariina, Spirillinina y Robertinina (el resto hasta el 100% corresponde al suborden Lagenina, excepto en la muestra 21 en la que Miliolina está representado con un 1,6%). C: Índice de riqueza de Margalef. D: Índices de diversidad de Simpson y de Shannon-Wiener, y de equitabilidad de Pielou. MA: Subzona Mactra. AA: Subzona Aalensis. BU: Subzona Buckmani. OP: Subzona Opalinum. CO: Subzona

El índice de riqueza de Margalef relaciona el número total de especies y de ejemplares presentes en una muestra mediante una expresión matemática sencilla (ver Ludwig y Reynolds, 1988). Con respecto a este índice, el intervalo estudiado podría ser dividido en tres segmentos (Fig. 3C). En el primero, correspondiente a las Subzonas Mactra y Aalensis, los valores se mantienen entre 3 y 3,5 con pequeñas fluctuaciones; en el segundo, Subzona Buckmani, la riqueza es muy variable y no presenta ninguna tendencia; y en el tercero, Subzonas Opalinum y

Comptum, los valores del índice de riqueza aumentan, manteniéndose entre 4 y 5, excepto en la muestra 23 que corresponde a un interestrato margocalizo, localizado en la parte media de una secuencia de somerización de alta frecuencia (ver Gómez y Goy en Goy *et al.*, 1996: p. 55, Fig. 3.3.). Este hecho explicaría la notable disminución del valor del índice de riqueza de Margalef. Por otro lado, hay que señalar que las muestras 8 y 13, que presentan los valores más bajos de este índice, corresponden a interestratos margocalizos localizados en el techo de



secuencias de somerización de alta frecuencia (ver Gómez y Goy en Goy *et al.*, 1996b: p. 55, Fig. 3.3.), lo que explicaría las disminuciones de la riqueza de Margalef.

El índice de diversidad de Shannon-Wiener está basado en la abundancia proporcional de especies; la máxima diversidad se alcanzaría cuando todas las especies presentes tienen iguales frecuencias. Beerbower y Jordan (1969) consideran una diversidad baja cuando el valor del índice es menor de 0,6, una diversidad moderada cuando dicho valor se encuentra entre 0,6 y 1, y una diversidad alta cuando este índice supera el valor de 1. Murray (1991) señala que valores comprendidos entre 0,7 y 2,7 corresponderían a una plataforma marina de salinidad normal. En nuestro caso, y siguiendo los valores anteriormente mencionados, nos encontraríamos ante una diversidad alta dentro de una plataforma marina de salinidad normal. Por otro lado se produce un salto brusco de los valores de este índice en la base de la Subzona Buckmani (Fig. 3D). En las Subzonas Mactra y Aalensis, la diversidad de Shannon-Wiener se mantiene en valores entre 1 y 1,6, mientras que de la base de la Subzona Buckmani a la Subzona Comptum, estos valores oscilan entre 1,9 y 2,7, excepto la muestra 23. Esta disminución en el valor del índice de diversidad de Shannon-Wiener está ligada a la somerización localizada en la parte superior de la Subzona Comptum, referida en el párrafo anterior.

El índice de Simpson representa la probabilidad de que dos individuos cualesquiera extraídos al azar de una comunidad infinitamente grande pertenezcan a la misma especie (ver Margalef, 1977 y Ludwig y Reynolds, 1988). El aumento en los valores del índice marca una disminución de la diversidad, señalando por tanto la existencia o no de dominancia en las muestras a las que se aplica. El índice toma valores entre 0 (ausencia de dominancia) y 1 (dominancia de un grupo taxonómico). En nuestro caso, al igual que ocurría para el índice de diversidad de Shannon-Wiener, el intervalo estudiado puede ser dividido en dos segmentos. En las Subzonas Mactra y Aalensis, los valores se mantienen cercanos al 0,5 o superiores, señalando claramente la dominancia de un grupo, en concreto de *Lenticulina toarcense* Payard. En el segundo segmento, Subzonas Buckmani a Comptum, los valores del índice se mantienen por debajo del 0,25, indicando la casi inexistencia de dominancia, si bien hay que indicar que en este intervalo la especie con mayor número de ejemplares es *Lenticulina subalata* (Reuss).

El índice de equitabilidad de Pielou relaciona la diversidad observada y la diversidad máxima, pudiendo ser considerado como una medida de uniformidad (Magurran, 1989). Nos indicaría cómo se reparten los elementos en las distintas clases y nos da idea de la dominancia o no de un grupo taxonómico (Margalef, 1977). Su valor numérico depende del que tome la diversidad y, por lo tanto, no es independiente del número de especies; sin embargo, cuando éste es superior a 20, se puede considerar relativamente independiente (Buzas, 1979). El índice varía entre 0 (existencia de dominancia) y 1 (cada especie posee similar número de

individuos que las demás especies presentes). Algunos autores (Johnson, 1977; Haynes, 1981) señalan que equitabilidades bajas indicarían condiciones ambientales adversas. En nuestro caso, al igual que ocurría para los índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson, el intervalo estudiado puede dividirse en dos segmentos. El primero, correspondiente a las Subzonas Mactra y Aalensis, se caracteriza por presentar valores inferiores a 0,55 y superiores a 0,35, que señalarían la existencia de dominancia reseñada en el párrafo anterior. El segundo segmento, de la Subzona Buckmani a la Subzona Comptum, toma valores entre 0,6 y 0,8, indicando una disminución importante de dicha dominancia. En función de estos valores, no parecen existir condiciones ambientales adversas en el intervalo estudiado.

## CONCLUSIONES

Respecto a la presencia/ausencia de especies, las asociaciones registradas muestran una marcada homogeneidad, no habiéndose registrado cambios significativos en el tránsito Toarciense/Aaleniense. Todas las asociaciones estudiadas están dominadas por representantes del suborden Lagenina. Se amplía la distribución estratigráfica de la especie *Lenticulina exgaleata* Dieni, citada por primera vez en sedimentos correspondientes a la Subzona Mactra, Zona Aalensis (Toarciense superior). El primer registro de especies típicas del Jurásico Medio tiene lugar en la Subzona Buckmani, Zona Aalensis (Toarciense). A partir de los datos proporcionados por el análisis cuantitativo, se puede concluir que las asociaciones de foraminíferos en el límite Toarciense/Aaleniense presentan una marcada estabilidad y no muestran cambios importantes. El único evento significativo se situaría por debajo de dicho límite, en la base de la Subzona Buckmani (Zona Aalensis, Toarciense superior), y vendría marcado por un salto brusco en los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener y un aumento en el índice de equitabilidad de Pielou.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la Dra. Soledad Ureta y al Dr. Antonio Goy los comentarios y sugerencias al manuscrito, y al Centro de Microscopía Electrónica (UCM) y a D. Eulogio Martín, la labor fotográfica. Asimismo, agradecemos las sugerencias y comentarios de la editora, Dra. M<sup>a</sup> Luisa Martínez Chacón, del revisor anónimo y del Dr. Marcos A. Lamolda. Este trabajo ha sido financiado por los proyectos PB91-0383 y PB93-0459.

## BIBLIOGRAFÍA

- Beebower, J.R. and Jordan, D. 1969. Application of information theory to paleontologic problems, taxonomic diversity. *Journal of Paleontology*, **43**, 1184-1198.

- Buzas, M.A. 1979. The measurement of species diversity. *S.E.P.M., Short Course*, **6**, 3-10.
- Canales, M.L. 1993. Lagenina (Foraminiferida) del Aalenense en el Sector Suroccidental de la Cuenca Vasco-Cantábrica. *Coloquios de Paleontología*, **45**, 43-81.
- Canales, M.L. y Herrero, C. 1996. Análisis de la diversidad en las asociaciones de foraminíferos del Aalenense (Jurásico) en Cillamayor y San Andrés (Cuenca Vasco-Cantábrica). *Tomo Extraordinario. 125 Aniversario de la RSEHN*, 291-294.
- Gómez, J.J. y Goy, A. 1979. Las unidades litoestratigráficas del Jurásico medio y superior, en facies carbonatadas del Sector Levantino de la Cordillera Ibérica. *Estudios Geológicos*, **35**, 569-598.
- Goy, A. y Ureta, S. 1987. Leioceratinae (Ammonitina) del Aalenense inferior de Fuentelsaz (Cordillera Ibérica, España). *Bolletino della Società Paleontologica Italiana*, **25** (3), 213-236.
- Goy, A. and Ureta, S. 1991. The lower boundary of the Aalenian in the Fuentelsaz section (Iberian Range, Spain). In: *Conference on Aalenian and Bajocian Stratigraphy. Isle of Skye* (Ed. N. Morton). Birkbeck College. University of London, 33-47.
- Goy, A., Gómez, J.J. y Yébenes, A. 1976. El Jurásico de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (mitad Norte). I Unidades Litoestratigráficas. *Estudios geológicos*, **32**, 391-423.
- Goy, A., Ureta, S., Arias, C., Canales, M.L., García Joral, F., Herrero, C., Martínez, G. and Perilli, N. 1994. The Fuentelsaz section (Iberian Range, Spain), a possible Stratotype for the base of the Aalenian Stage. *Miscellanea del Servizio Geologico Nazionale*, **5**, 1-31.
- Goy, A., Ureta, S., Arias, C., Canales, M.L., García Joral, F., Herrero, C., Martínez, G. und Perilli, N. 1996a. Die Toarcium/Aalenium-Grenze im Profil Fuentelsaz (Iberische Ketten, Spanien). *Informationen der Geologisches Landesamt Baden-Württemberg*, **8**, 43-52.
- Goy, A., Ureta, S., Arias, C.F., Bernad, J., Barrón, E., Canales, M.L., García Joral, F., Gialanella, P.R., Gómez, J.J., Herrero, C., Martínez, G., Osete, M.L., Perilli, N. and Villalain, J.J. 1996b. The Toarcian/Aalenian transition in Fuentelsaz section. In: *1st Toarcian and 4th Aalenian Working Groups Meeting. Fieldtrip Iberian Range Guide-Book* (Coord. S. Ureta). Departamento de Paleontología. Universidad Complutense de Madrid, 51-77.
- Haynes, J.R. 1981. *Foraminifera*. Macmillan Publishing Ltd. London, 433 pp.
- Herrero, C. 1991. Asociaciones de foraminíferos en el Toarciense inferior de la Rambla del Salto (Sierra Palomera, Teruel). *Revista Española de Micropaleontología*, **23**, 99-112.
- Herrero, C. 1992. *Los foraminíferos del Toarciense inferior de la Cordillera Ibérica*. Tesis Doctoral. Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, 467 pp. (inédita).
- Herrero, C. 1993. Los foraminíferos del Toarciense inferior de la Cordillera Ibérica. *Colección Tesis Doctorales*, **87/93**. Ed. Universidad Complutense, 523 pp.
- Herrero, C., Copestake, P. and Johnson, B. 1996. *Saracenella mochrasensis* sp. nov. (Foraminiferida), a regional biostratigraphic marker species for the upper Toarcian (Jurassic) of Europe. *Journal of Foraminiferal Research*, **26** (3), 187-192.
- Johnson, B. 1977. Ecological ranges of selected Toarcian and Domerian (Jurassic) foraminiferal species from Wales. In: *1st International Symposium on Benthonic Foraminifera of Continental Margins, Part B: Paleoecology and Biostratigraphy (Halifax, 1975), Maritime Sediments Spec. Publ.*, **1** (Eds. G.H.T. Schafer and R.P. Bernard). Halifax, 545-566.
- Loeblich, A.R. and Tappan, H. 1988. *Foraminiferal genera and their classification*. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 2 vols, 1-970.
- Ludwig, J.A. and Reynolds, J.F. 1988. *Statistical ecology: A primer on methods and computing*. John Wiley & Sons, New York, 337 pp.
- Magurran, A.E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Ed. Vedral, Barcelona, 195 pp.
- Margalef, R. 1977. *Ecología*. Ed. Omega, Barcelona, 951 pp.
- Murray, J.W. 1991. *Ecology and Paleoecology of benthic foraminifera*. John Wiley & Sons, New York, 397 pp.
- Ohmert, W. and Rolf, Ch. 1994. The Aalenian boundaries at Wittnau (Oberrhein area, south west Germany). *Miscellanea del Servizio Geologico Nazionale*, **5**, 33-61.
- Ohmert, W., Prauss, M. and Weiss, M. 1991. The Toarcian-Aalenian boundary at Wittnau (Oberrhein area, south west Germany). In: *Conference on Aalenian and Bajocian Stratigraphy. Isle of Skye* (Ed. N. Morton). Birkbeck College, University of London, 1-31.
- Stam, B. 1985. Quantitative analysis of Middle and Late Jurassic foraminifera from Portugal and its implications for the Grand Banks of Newfoundland. *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, **34**, 1-168.

Manuscrito recibido: 4 de noviembre, 1996

Manuscrito aceptado: 29 de enero, 1997