

Foraminíferos del tránsito Pliensbachiense-Toarciense en la sección de Ariño (Teruel, España)

Concha Herrero

Departamento y UEI de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas e Instituto de Geociencias (CSIC-UCM),
José Antonio Novais, 2, 28040 Madrid. cherrero@geo.ucm.es

RESUMEN

Las asociaciones de foraminíferos presentes en las margas y margocalizas del tránsito Pliensbachiense-Toarciense en la Sección de Ariño son ricas en número de ejemplares y diversas en número de taxones, habiéndose extraído para este estudio un total de 6.389 ejemplares asignados a setenta y dos taxones. Los foraminíferos, dominados por la Familia Vaginulinidae (Superfamilia Nodosarioidea, Suborden Lagenina), se encuentran acompañados en las muestras por restos fósiles correspondientes también a faunas marinas de plataforma de salinidad normal como los bivalvos, braquiópodos, briozoos, crinoideos, decápodos, equinoideos, gasterópodos, holoturioideos, ofiuroides, ostrácodos, serpulidos, ammonoideos y peces. Desde el punto de vista tafonómico los ejemplares están mayoritariamente resedimentados aunque puntualmente se ha encontrado un ejemplar reelaborado. Los mecanismos de alteración tafonómica que más han afectado a las asociaciones son los rellenos y cementaciones, las recristalizaciones y recubrimientos de carbonatos, y los transportes bioestratinómicos. Las distribuciones estratigráficas de los taxones muestran una marcada homogeneidad en las asociaciones en el límite Pliensbachiense-Toarciense. Por el contrario, a lo largo del tránsito Pliensbachiense-Toarciense se produce de forma escalonada la extinción de una buena parte de los taxones de rango estratigráfico amplio típicos del Pliensbachiense. La tasa mayor de extinción se localiza en la parte superior de la Subzona Semicelatum de la Zona Tenuicostatum del Toarciense. El evento de renovación faunística más importante tiene lugar también en el Toarciense, y en concreto, en la Subzona Elegantulum de la Zona Serpentinum con la aparición del género *Citharina*. El *acmé* de *Ammobaculites barrowensis* Tappan que tiene lugar en la parte superior de la Subzona Semicelatum es considerado como un evento ecoestratigráfico a nivel de la Cuenca Ibérica.

Palabras clave: Bioestratigrafía, tafonomía, extinción, ecoestratigrafía, bioeventos, Jurásico, Cordillera Ibérica.

ABSTRACT

[Foraminifera from the Pliensbachian-Toarcian boundary at Ariño Section (Teruel, Spain)]. The foraminiferal assemblages of the Pliensbachian-Toarcian transition at the Ariño Section (Central Sector, Iberian Range) are rich and diversified. A total of 6,389 specimens have been retrieved and 72 taxa identified. The assemblages are dominated in number of specimens and species by the Suborder Lagenina, Superfamily Nodosarioidea, Family Vaginulinidae. Other fossil groups also typical of marine shelf waters were found with the foraminifera in the samples; that is bivalves, brachiopods, bryozoans, crinoids, crabs, echinoids, gastropods, holothurians, ophiuroids, ostracods, serpulids, ammonites and fish teeth. Taphonomic processes were evaluated; infilling and cementation, recrystallization and calcite crusts, and biostratinomic transports are the most common features. Foraminifera are mainly resedimentated, only one single specimen has been found with signals of reelaboration. The stratigraphic range chart of the foraminifera shows that no significant events occurred at the Pliensbachian-Toarcian boundary. The step-wise extinction of typical long-ranging Pliensbachian takes place

along the Pliensbachian-Toarcian transition with the highest extinction rate within the Semicelatum Subzone (Tenuicostatum Zone) of the Toarcian. The most significant renewal event also occurs within the Toarcian, in the Elegantulum Subzone (Serpentinum Zone) with the first appearance of the genus *Citharina*. The *acmé* of *Ammobaculites barrowensis* Tappan in the uppermost Semicelatum Subzone can be considered as a regional ecostratigraphic event in the Iberian Range.

Keywords: Foraminifera, Biostratigraphy, Taphonomy, Extinction, Ecostratigraphy, Bioevents, Jurassic, Iberian Range.

1. INTRODUCCIÓN

Los materiales jurásicos del Pliensbachense y Toarciense en la localidad de Ariño (Sector Central de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica) han sido objeto de estudios bioestratigráficos (Marin & Toulouse, 1972, Goy, García-Joral *et al.*, 1997), sedimentológicos y de estratigrafía secuencial (Gómez, 1991; Bordonaba & Aurell, 2002), magnetoestratigráficos (Osete *et al.*, 2007), de paleontología de invertebrados, en concreto ammonoideos y braquiópodos (García-Joral & Goy, 2004; Martínez, 2007; Goy & Martínez, 2009) y de micropaleontología, principalmente de ostrácodos (Arias, 1995, 1997). También han sido objeto de investigaciones multidisciplinares en las que se presentan de forma sintética las características bioestratigráficas, sedimentológicas, de estratigrafía secuencial, paleogeográficas y paleontológicas con distintos grupos de macro y microfósiles para el tránsito Pliensbachense-Toarciense en todo el Sector Central (Goy, Comas-Rengifo *et al.*, 1997). En esta última publicación para el estudio de los foraminíferos se analizaron por primera vez 9 muestras procedentes de la sección de Ariño y los resultados, combinados con los obtenidos en las secciones de Ricla, Almonacid de la Cuba II y Moneva, fueron plasmados en el contexto de todo el Sector. Siendo la Sección de Ariño la que presenta mayores espesores, y teniendo en cuenta que los materiales presentan en esta sección mejor afloramiento que en Moneva, y que las muestras tienen mucha mayor riqueza en foraminíferos que Ricla, fue la elegida para realizar un estudio más profundo y de detalle en este grupo de microfósiles. Así, el objetivo de este trabajo es describir y figurar, por primera vez, la sucesión de asociaciones de foraminíferos y presentar los eventos bioestratigráficos (extinciones y renovaciones) y ecoestratigráficos más relevantes que se produjeron en estas faunas en el tránsito Pliensbachense-Toarciense, desde la Subzona Apyrenum (Zona Spinatum) a la Subzona Elegantulum (Zona Serpentinum).

2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y LITOESTRATIGRAFÍA

La sección objeto de estudio se encuentra en el Sector Central de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica, en el que se encuentran algunos de los afloramientos mejor expuestos y de mayor desarrollo para el estudio del tránsito Pliensbachense-Toarciense (Fig. 1). Se localiza al NW de la localidad de Ariño, en el paraje denominado Cerros Los Pinares (Hoja nº 467 Muniesa, Mapa Topográfico 1:50.000). Se trata de una serie eminentemente margosa, a veces con exposición parcial, con pequeños tramos en los que llegan a dominar las calizas y calizas margosas.



Figura 1. Afloramientos del Jurásico Inferior en la Cordillera Ibérica y situación de la Sección de Ariño.

Figure 1. Lower Jurassic outcrops in the Iberian Range and location of the Ariño Section.

El intervalo temporal analizado en este trabajo comprende parte de dos unidades litoestratigráficas definidas por Goy *et al.* (1976); la parte superior de la Formación Calizas bioclásticas de Barahona y la parte inferior de la Formación Alternancia de margas y calizas de Turmiel. La primera está constituida por calizas bioclásticas *wackestone-packstone* muy bioturbadas y nodulosas con intercalaciones finas de margas y margocalizas con planos de estratificación ondulados, presentando frecuentes fósiles de braquiópodos, bivalvos y belemnites y en menor medida de ammonoideos. A partir de las asociaciones de estos últimos, Goy, Comas-Rengifo *et al.* (1997) señalan una edad Pliensbachiense (Zona Spinatum, Subzona Apyrenum y Subzona Hawskerense *p.p.*). Estos mismos autores indican que estos materiales se organizan en secuencias estratocrecientes de somerización, compuestas generalmente por dos o tres ritmos elementales con un término inferior margocalizo y un término superior de calizas bioclásticas.

La Formación Alternancia de margas y calizas de Turmiel está constituida por una alternancia más o menos rítmica y monótona de niveles margosos y margocalizos con calizas y calizas margosas, *mudstone* a *wackestone*, en la que se han encontrado abundantes fósiles de bivalvos epi e infaunales, braquiópodos, belemnites, ammonoideos y en algunos niveles también nautiloideos. Goy, Comas-Rengifo *et al.* (1997) han datado estos materiales como Pliensbachiense, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense *p.p.*, a Toarciense, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum *p.p.* Asimismo, según estos autores y para este intervalo temporal, los materiales de la Formación Alternancia de margas y calizas de Turmiel se organizan inicialmente en secuencias de somerización, encontrándose las primeras secuencias de profundización ya en la Subzona Hawskerense de la Zona Spinatum del Pliensbachiense. Además señalan que aunque la organización general sea en secuencias de somerización, el conjunto representa un episodio con tendencia general transgresiva.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

A lo largo del tránsito Pliensbachiense-Toarciense se muestreó cada tramo litológico, recogiendo 16 muestras (sigla 1AR.nº del nivel) de los niveles margosos y

margo-calizos comprendidos entre la Subzona Apyrenum (Zona Spinatum) y la Subzona Elegantulum (Zona Serpentinum). El tratamiento al que fueron sometidas las muestras para la extracción de los foraminíferos fue el clásico empleado en la disgregación de margas y margocalizas, en el cual 300 gr de cada muestra, secada en estufa a 40 °C, son incluidos en una solución de agua oxigenada al 30%, hidróxido sódico y agua durante 3 a 5 días dependiendo de la dureza de cada muestra y de su reacción al tratamiento químico. El lavado-tamizado, bajo agua corriente, se realizó en el laboratorio en una columna de tamices con mallas de 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm y 0,060 mm. El triado y estudio de los ejemplares se llevó a cabo bajo lupas binoculares Wild M-8 y Leica MZ-12. La clasificación genérica adoptada ha sido la propuesta por Loeblich & Tappan (1988). Los ejemplares figurados fueron fotografiados bajo microscopio electrónico de barrido Jeol-JSM-6400 y lupa binocular Leica MZ-16A acoplada a una cámara Leica DFC-420. Todos los especímenes estudiados y figurados se encuentran depositados en el Departamento de Paleontología de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

4. RESULTADOS

Los materiales del tránsito Pliensbachiense-Toarciense en la Sección de Ariño han proporcionado una fauna abundante y diversa de foraminíferos que se encuentra asociada a otros muchos grupos fósiles en los niveles estudiados. Como puede verse en la Tabla 1, en la mayor parte de las muestras están presentes, incluso pudiendo ser abundantes o muy abundantes, los bivalvos (juveniles y adultos), braquiópodos (juveniles y adultos), briozoos (ramosos y encostrantes), crinoideos (artejos sueltos o fusionados), decápodos (restos de cangrejos), equinoideos (placas y espinas), gasterópodos (fragmentos y moldes internos), holoturioideos (escleritos), ofiurioideos, ostrácos (valvas y caparazones lisos y ornamentados), tubos de bioturbación y fragmentos de conchas indeterminables. En algunos niveles aparecen también fragmentos de algas, espículas triaxonas de esponjas, serpúlidos, núcleos piritosos de ammonoideos, dientes de peces o restos de vegetales.

	ALGAS	BIVALVOS	BRAQUIÓPODOS	BRIZOOS	CRINOIDEOS	DECAPODOS	EQUINOIDEOS	ESPONJAS	GASTERÓPODOS	HOLOTURIOIDEOS	OFIUROIDEOS	OSTRÁCODOS	SERPÚLIDOS	BIOTURBACIÓN	AMMONOIDEOS	PECES	RESTOS VEGETALES	FRAGMENTOS INDET.
1AR.91		■		■	■		■	■		■	■	■		■		■		■
1AR.87	■	■			■		■	■		■	■	■		■		■		■
1AR.85		■	■	■			▲			■	■	■		■		■		■
1AR.83		■	■	■			■		■	■	■	■		■		■		▲
1AR.79T		■	■	■			■		■	■	■	■		■		■		■
1AR.77T		■	■	■			■		■	■	■	■		■		■		■
1AR.71T		■	■	■			■		■	■	■	■		■		■		■
1AR.57T		■	■	■			■		■	■	■	■		■		■		■
1AR.49T		■	■	■			■		■	■	■	■		■		■		■
1AR.43		■	■	■			■		■	■	■	■		■		■		■
1AR.39		■	■	■			■		■	■	■	■		■		■		■
1AR.31		■	■	■			■		■	■	■	■		■		■		■
1AR.25		■	■	■			■		■	■	■	■		■		■		■
1AR.17		■	■	■			■		■	■	■	■		▲		■		■
1AR.3		▲	■	■			■		■	■	■	■		■		■		■
1AR.1B		■	■	■			■		■	■	■	■		■		■		■

■ PRESENTE ▲ ABUNDANTE ■ MUY ABUNDANTE

Tabla 1. Grupos fósiles identificados junto a los foraminíferos en las muestras estudiadas.

Tabla 1. Other fossil groups identified in the studied samples.

4.1. Aspectos tafonómicos

En la Tabla 2 se ha incluido una valoración semi-cuantitativa de los principales mecanismos de alteración tafonómica que han afectado a los ejemplares de foraminíferos del tránsito Pliensbachense-Toarciense en la Sección de Ariño. En líneas generales y de forma cualitativa se podría indicar que los especímenes presentan una conservación regular a deficiente. El número de ejemplares indeterminables es muy elevado en algunas de las muestras debido al estado de conservación. No obstante, cada muestra ha proporcionado más de 300 ejemplares identificables a excepción de las procedentes de la Zona Spintum y la muestra 1AR.43 del Toarciense de las cuales se han extraído más de 200 especímenes de cada.

Están presentes las bioerosiones (Lám. 1, Figs. a-b), en forma de perforaciones de contornos circulares y tamaños menores de 0,060 mm, en parte de los ejemplares correspondientes a las Subzonas Apyrenum, Hawskerense, Mirabile y parte inferior de la Subzona Semicelatum. La disolución afecta principalmente a los ejemplares de las Subzonas Hawskerense, Mirabile y Semicelatum. Son frecuentes las disoluciones de la pared de las conchas, afectando sólo a parte (Lám. 1, Figs. 2-

	1AR.1B	1AR.3	1AR.17	1AR.25	1AR.31	1AR.39	1AR.43	1AR.49T	1AR.57T	1AR.71T	1AR.77T	1AR.79T	1AR.83	1AR.85	1AR.87	1AR.91
Bioerosión	■	■			■	■		■	■							
Disolución		■	■		■	■	▲	■	■	■	■		■			
Rellenos/Cementación	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Recristalización	■		■	■			■		■							
Recubrimientos de carbonatos	■		■	■	■		■				■	▲		▲		
Piritización						■										■
Deformación								■	■		■	■	■	■	■	
Necrocinesis	■	▲	■	■	■	■	■	■	■	■	▲				■	■
	AP	HA			MI			SE			EL					

■ PRESENTE ▲ ABUNDANTE ■ MUY ABUNDANTE

Tabla 2. Principales mecanismos de alteración tafonómica que han afectado a las asociaciones de foraminíferos del tránsito Pliensbachense-Toarciense en la Sección de Ariño.

Tabla 2. Main mechanisms of taphonomic alteration affecting the foraminiferal assemblages of the Pliensbachian-Toarcian transition at the Ariño Section.

4) o a la totalidad de las cámaras (Lám. 1, Fig. 5), y que han sido interpretadas como producto de disolución bioestratinómica. También se han detectado disoluciones producidas en etapa fosildiagenética; tal es el caso de la conservación como moldes internos piritosos de los ejemplares asignados a la familia Ceratobuliminidae (Lám. 1, Fig. 6) cuyas conchas son originalmente aragoníticas. Además, las paredes de algunos de los foraminíferos de los niveles 1AR.43 y 1AR.83 presentan un aspecto opaco, blanco lechoso y mate debido a disolución por actuación de aguas intersticiales ácidas, posiblemente dulces en ambientes meteóricos tardíos o actuales.

La práctica totalidad de los foraminíferos aislados presentan rellenos micríticos. No obstante, en el interior de algunas de las cámaras de muchos de ellos se han observado también cementos de esparita y en ocasiones de pirita, a veces con hábito framboidal (ejemplares de la muestra 1AR.39). Las mineralizaciones son escasas aunque se han identificado piritizaciones de las conchas calcíticas de algunos ejemplares procedentes del techo de la Subzona Hawskerense (1AR.39) y de la parte media de la Subzona Elegantulum (1AR.91). Por el contrario, las recristalizaciones son comunes en los ejemplares de algunas muestras de las Zonas Spinatum y Tenuicostatum, y son muy abundantes los recubrimientos de carbonatos (costras de carbonatos) con o sin recrecimiento sintaxial sobre la superficie de los ejemplares extraídos de las muestras de las Subzonas Apyrenum y Hawskerense (Lám. 1, Figs. 7-11). Pese a haber extraído en cada muestra más de 200 ó 300 ejemplares identificables, estas costras han impedido incluso el reconocimiento y separación de un número importante de ejemplares durante el proceso de triado, así como la identificación taxonómica de otros durante la etapa de clasificación. Entre los cristales que forman estas costras se ha podido reconocer nannoplancton calcáreo, concretamente heterococolitos (Lám. 1, Fig. 7b). En algunos ejemplares son observables los moldes dejados por los cristales de calcita que conforman las costras de carbonatos (Lám. 1, Fig. 10b).

Se han identificado distorsiones y deformaciones de los ejemplares debidas a compactación (Lám. 1, Fig. 12), y que en alguna ocasión han impedido llevar a cabo la identificación a nivel específico de los ejemplares. Respecto a la necrocinesis, entendida como desplazamientos bioestratinómicos o fosildiagenéticos, la práctica

totalidad de los ejemplares de foraminíferos analizados pueden ser considerados como resedimentados (*sensu* Fernández-López, 1984); el resultado más común es la fragmentación de las conchas que afecta principalmente a las partes más delicadas y finas como son los prolóculus y las últimas cámaras (Lám. 1, Fig. 13). Es importante indicar que en la mayor parte de las muestras de la Zona Tenuicostatum y de la Zona Serpentinum se han encontrado ejemplares adultos y juveniles de las distintas especies. Por último, respecto a los desplazamientos fosildiagenéticos, hay que señalar que son aparentemente inexistentes habiéndose identificado un único ejemplar de la especie *Pseudonodosaria vulgata* (Bornemann) con señales de reelaboración (Lám. 1, Figs. 14a-b). En el ejemplar se observa la pared del prolóculus con una rotura antigua (desgastada) y el relleno de dicha cámara perfectamente conservado; para conservar dicho relleno la rotura de la cámara tuvo que ser posterior a la litificación de dicho relleno en la etapa fosildiagenética. Al ser una rotura antigua con desgaste nos indicaría que dicho ejemplar fue exhumado y que sufrió abrasión o transporte dentro de un nuevo ciclo sedimentario.

4.2. Asociaciones de foraminíferos

Las dieciséis muestras estudiadas del tránsito Pliensbachiense-Toarciense en la Sección de Ariño han proporcionado más de 6.300 ejemplares que han sido asignados a setenta y dos taxones, incluidos aquellos ejemplares fragmentados de foraminíferos adherentes que han quedado como especímenes indeterminables, así como los representantes de la familia Ceratobuliminidae, que por conservarse como moldes internos no han podido ser determinados a nivel específico. En los materiales pliensbachienses (Zona Spinatum *p.p.*, Subzonas Apyrenum *p.p.* y Hawskerense) se han identificado cuarenta y seis taxones de foraminíferos, y en los toarcienses, Zonas Tenuicostatum (Subzonas Mirabile y Semicelatum) y Serpentinum *p.p.* (Subzona Elegantulum *p.p.*), se han registrado sesenta y dos taxones.

El número de foraminíferos por gramo de sedimento es bajo en los niveles correspondientes a la Zona Spinatum, Subzonas Apyrenum y Hawskerense (a excepción de la muestra 1AR.39), y se eleva progresivamente en las mues-

tras correspondientes a la Zona Tenuicostatum, Subzonas Mirabile y Semicelatum, y a la Zona Serpentinum (Subzona Elegantulum), siendo este aumento más patente en la fracción >0,125 mm (Fig. 2 A-D). Como ya se ha señalado en el subapartado anterior, el número total de ejemplares aislados identificables en cada muestra en el Pliensbachiense no llega a los 300 con la excepción de la extrema base (1AR.3) y el techo (1AR.39) de la Subzona Hawskerense. La imposibilidad de superar los 300 ejemplares se debió principalmente a la presencia de los recubrimientos de carbonatos, indicados e ilustrados en el apartado de tafonomía, que enmascaran completamente los ejemplares impidiendo incluso su reconocimiento en el sedimento disgregado. En el Toarciense todas las muestras, excepto la 1AR.43, han proporcionado un elevado número de ejemplares superando los 500 ejemplares en la mitad de los niveles (Fig. 2 E). El número de taxones identificados en las muestras pliensbachienses es variable, situándose entre 14 y 32 especies, mientras que en el Toarciense se mantiene entre 25 y 35 especies a excepción de la muestra 1AR.43, base de la Subzona Mirabile (Fig. 2 F).

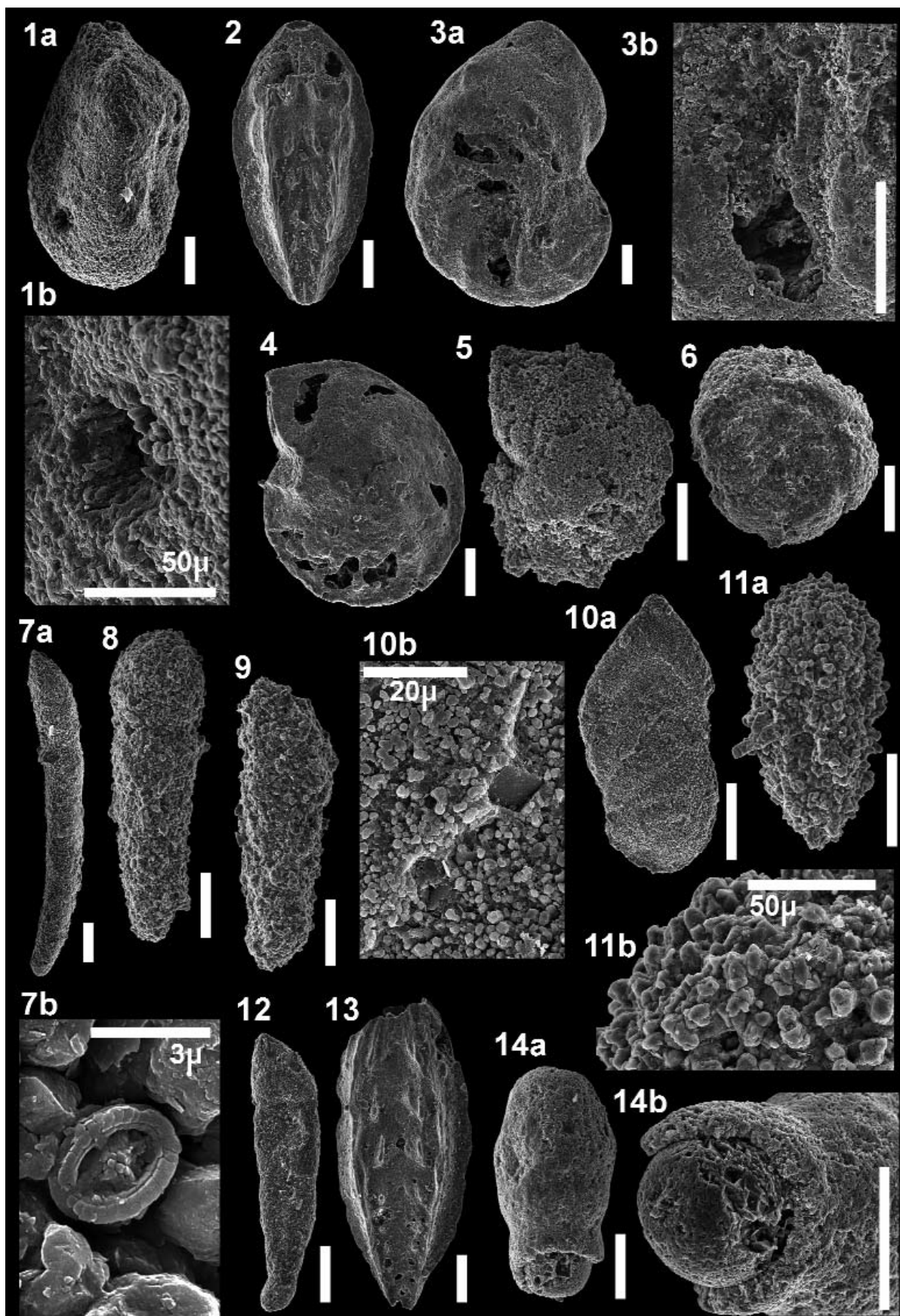
En relación a la composición taxonómica, están presentes los Subórdenes Textulariina, Miliolina, Robertinina y Lage-

nina. A excepción del último, todos ellos están representados por un número bajo de ejemplares y especies. Los foraminíferos aglutinados están representados por taxones sésiles de los géneros *Ammovertella*, *Placopsilina*, *Subdelloidina* y *Tolypamma*, y por especies vágiles de los géneros *Ammodiscus*, *Ammobaculites*, *Reophax* y *Trochammina*. Los foraminíferos aporcelanados, muy poco frecuentes en el Pliensbachiense-Toarciense en la Cordillera Ibérica, también están representados en Ariño por especies sésiles, géneros *Nubeculinella* y *Nubecularia*, y por especies vágiles del género *Ophthalmidium*. Del suborden Robertinina se han identificado moldes internos atribuibles a la familia Ceratobuliminidae, si bien en la muestra 1AR.1B han aparecido algunos fragmentos indeterminables de ejemplares de esta familia con concha conservada; sería ésta la primera cita de conchas originales de robertininos en materiales del Pliensbachiense-Toarciense de la Cordillera Ibérica.

Respecto al Suborden Lagenina, en el Pliensbachiense hasta la muestra 1AR.31, dominan, en taxones y número de ejemplares, los representantes de la Superfamilia Nodosarioidea, Familia Vaginulinidae, y más concretamente del género *Lenticulina*, especie *Lenticulina gottlingensis* (Bornemann). No obstante, en la fracción >0,125 mm de

Lámina 1. Si no se especifica, las escalas gráficas representan 100µ. 1a-b, Bioerosión en un ejemplar de *Saraceneella sublaevis* (Franke), 1AR.3.1428, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 2, Disolución parcial de la pared de la última cámara en un ejemplar de *Paralingulina tenera* (Bornemann), 1AR.3.1439, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 3a-b, Disolución parcial de la pared de algunas cámaras en un ejemplar de *Astacolus matutinus* (D'Orbigny), 1AR.3.1436, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 4, Disolución parcial de la pared de algunas cámaras de la última vuelta en un ejemplar de *Lenticulina toarcense* Payard, 1AR.3.1437, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 5, Disolución extensiva de la pared de la concha en *Lenticulina* cf. *toarcense* Payard, 1AR.83.1445, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 6, Molde interno de un ejemplar de la familia Ceratobuliminidae, 1AR.83.1399, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 7a, Costra de carbonatos sobre un ejemplar de *Prodentalina pseudocommunis* (Franke), 1AR.79T.1421, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 7b, Detalle de la superficie de la costra en la que puede observarse un heterococolito. 8-11, Costras de carbonatos en ejemplares de *Nodosaria claviformis* Terquem, *Prodentalina subsiliqua* (Franke), *Falsopalmula obliqua* (Terquem) y *Paralingulina tenera* (Bornemann), respectivamente. 8-10, 1AR.85.1446, 1AR.85.1447 y 1AR.83.1403, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 10b, Detalle de los moldes de cristales de calcita de la costra de carbonatos de la figura 10a. 11, 1AR.17.1441, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 11b, Detalle de los cristales que forman la costra de carbonatos de la figura 11a. 12, Deformación en un ejemplar de *Prodentalina subsiliqua* (Franke), 1AR.85.1444, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 13, Fragmentación del prolóculo y última cámara en un ejemplar de *Paralingulina tenera* (Bornemann), 1AR.3.1438, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 14, Ejemplar reelaborado de *Pseudonodosaria vulgata* (Bornemann), 1AR.3.1440, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense.

Plate 1. Unless specified, scale bars 100µm. 1a-b, Bioerosion on *Saraceneella sublaevis* (Franke), 1AR.3.1428, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 2, Partial last wall chamber dissolution in *Paralingulina tenera* (Bornemann), 1AR.3.1439, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 3a-b, Partial dissolution in *Astacolus matutinus* (D'Orbigny), 1AR.3.1436, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 4, Partial dissolution in the last whorl of *Lenticulina toarcense* Payard, 1AR.3.1437, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 5, Almost total dissolution of the wall surface in *Lenticulina* cf. *toarcense* Payard, 1AR.83.1445, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 6, Internal mold of a specimen of the family Ceratobuliminidae, 1AR.83.1399, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 7a, Calcite crust on *Prodentalina pseudocommunis* (Franke), 1AR.79T.1421, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 7b, Detail of the calcite crust in which an heterococcolith can be observed. 8-11, Calcite crusts in specimens of *Nodosaria claviformis* Terquem, *Prodentalina subsiliqua* (Franke), *Falsopalmula obliqua* (Terquem) and *Paralingulina tenera* (Bornemann), respectively. 8-10, 1AR.85.1446, 1AR.85.1447 and 1AR.83.1403, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 10b, Detail of the calcite molds of the calcite crust in figure 10a. 11, 1AR.17.1441, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 11b, Detail of the crystals of the calcite crust in figure 11a. 12, Deformation in *Prodentalina subsiliqua* (Franke), 1AR.85.1444, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 13, Lacking proloculus and breakage of the last chamber due to biostratigraphic transport in *Paralingulina tenera* (Bornemann), 1AR.3.1438, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 14, Reelaborated specimen of *Pseudonodosaria vulgata* (Bornemann), 1AR.3.1440, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone.



tres de las muestras correspondientes a la Subzona Hawskerense (1AR.3, 1AR.17 y 1AR.31) la especie más abundante es *Paralingulina tenera* (Bornemann) que está adscrita a la Superfamilia Robuloidoidea, Familia Ichthyolariidae. A partir del techo de la Subzona Hawskerense (muestra del nivel 1AR.39) hasta la Subzona Elegantulum, si bien en número de ejemplares y taxones las asociaciones siguen dominadas por el Suborden Lagenina, los representantes de foraminíferos adherentes aglutinados y en menor medida los aporcelanados dominan en las fracciones >1 mm y >0,5 mm, mientras que en las fracciones >0,25 mm y >0,125 mm dominan principalmente las especies de Lagenina, *Lenticulina toarcense* Payard y *Paralingulina tenera* (Bornemann), respectivamente. Cabe señalar la excepción que supone la fracción >0,125 mm del nivel 1AR.87 (Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum) en la que dominan los ejemplares de los géneros *Nodosaria* y *Prodentolina*.

El análisis de las distribuciones estratigráficas de las especies de foraminíferos identificadas (Fig. 3) permite señalar que el tránsito Pliensbachiense-Toarciense en la Sección de Ariño está caracterizado por una marcada homogenei-

dad en las asociaciones, produciéndose de manera progresiva a lo largo de dicho tránsito la aparición de nuevas especies características del Toarciense (Fig. 2 G). La desaparición de taxones típicamente pliensbachienses se produce también a lo largo de dicho tránsito pero de forma escalonada, y más acusadamente en el techo de la Subzona Semicelatum (Fig. 2 G).

4.2.1. Subzona Apyrenum p.p. (Zona Spinatum, Pliensbachiense)

La muestra estudiada de la Subzona Apyrenum ha proporcionado pocos ejemplares que han sido asignados a catorce especies: *Vaginulinopsis exarata* (Terquem) [Lám. 2, Fig. 1], *Eoguttulina palomerensis* Herrero [Lám. 2, Fig. 2], *Lenticulina gottingensis* (Bornemann) [Lám. 2, Fig. 3], *Prodentolina terquemi* (D'Orbigny) [Lám. 2, Fig. 4], *Nodosaria perlata* Frenzen [Lám. 2, Fig. 5], *Ichthyolaria squamosa* (Terquem & Berthelin) [Lám. 2, Fig. 6], *Lenticulina polygonata* (Franke) [Lám. 2, Fig. 8], *L. toarcense* Payard [Lám. 2, Fig. 9], *Nodosaria hortensis* Terquem [Lám. 2, Fig. 7], *Spirillina infima* (Strickland) [Lám. 2, Fig. 11], *Paralingulina tenera* (Bornemann) [Lám. 2, Fig. 10], repre-

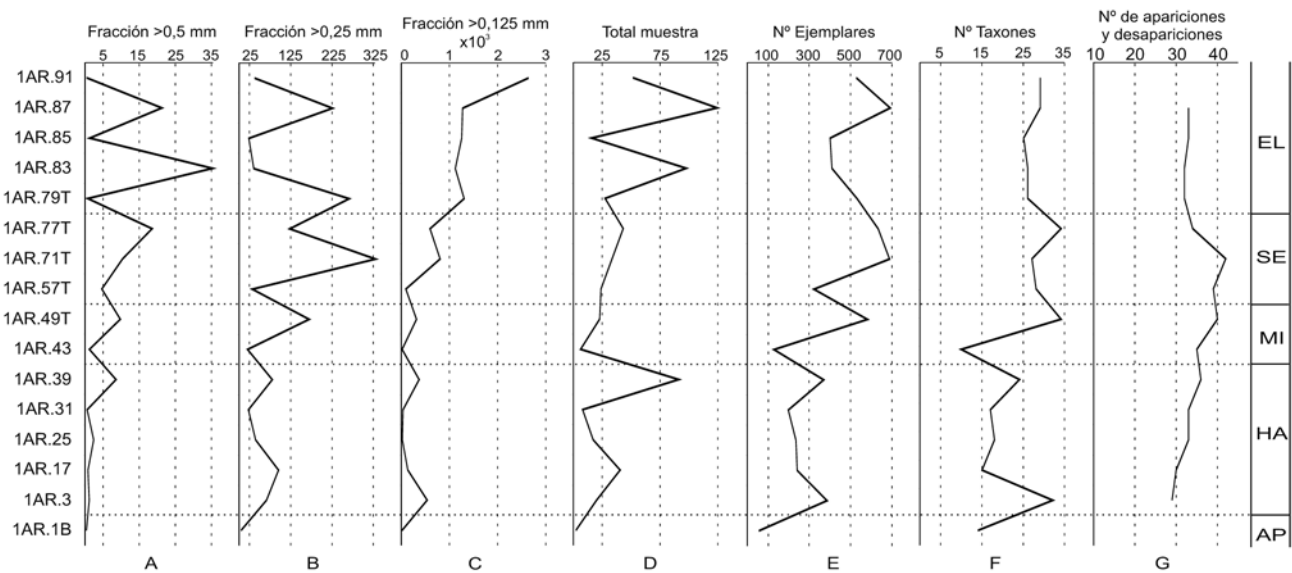
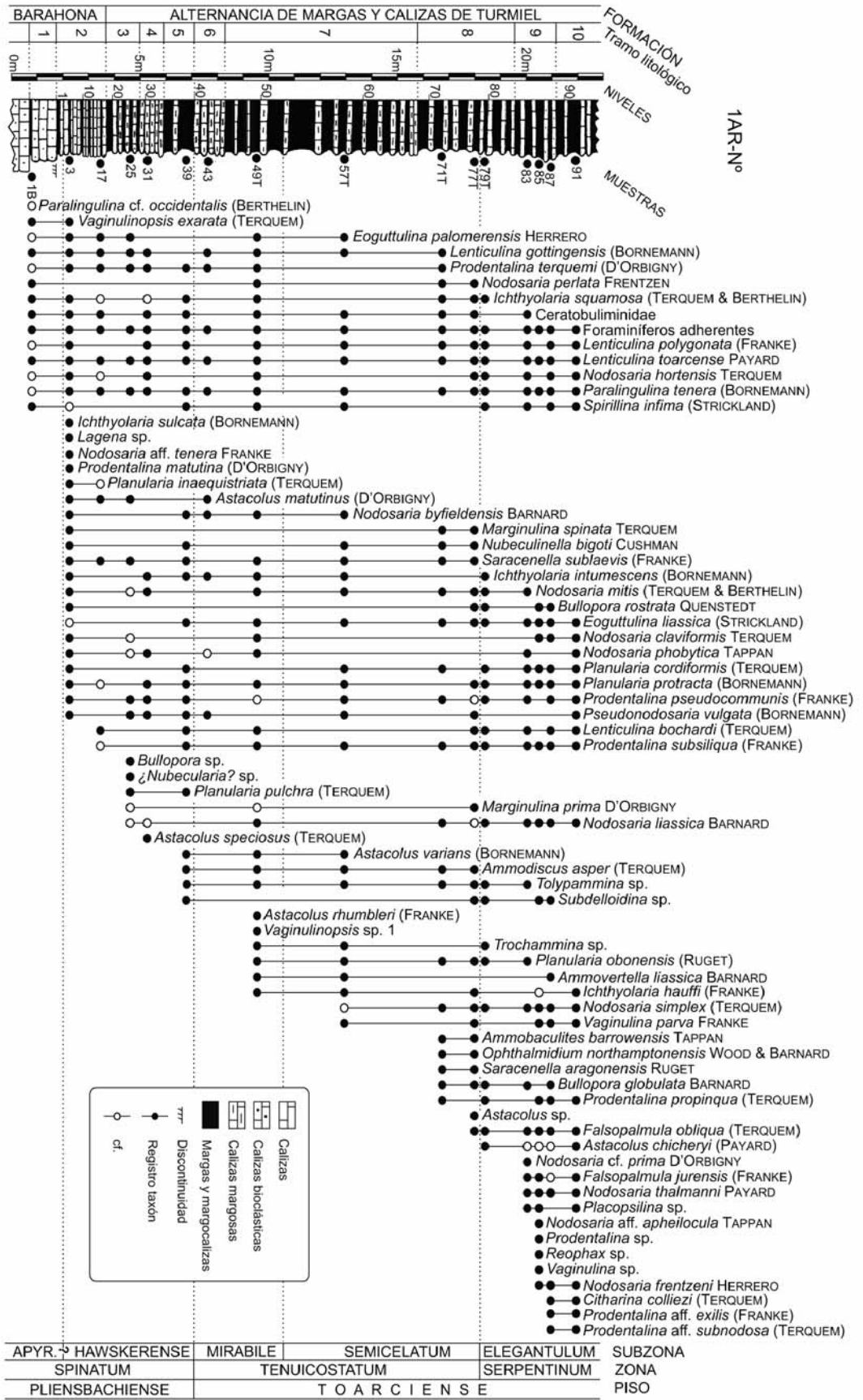


Figura 2. A-D: Número de ejemplares de foraminíferos por gramo de sedimento en las fracciones mayores de 0,5 mm, 0,25 mm y 0,125 mm, y en el total de cada muestra lo largo del intervalo estratigráfico estudiado; E: Número de ejemplares totales estudiados en cada muestra; F: Número de taxones identificados en cada muestra; G: Computo del número total de apariciones y de desapariciones de taxones a lo largo del tránsito Pliensbachiense-Toarciense. AP: Subzona Apyrenum; HA: Subzona Hawskerense; MI: Subzona Mirabile; SE: Subzona Semicelatum; EL: Subzona Elegantulum.

Figure 2. A-D: Number of specimens per sample gram in the >0.5 mm, >0.25 mm and >0.125 mm sieves and, in the sample as a whole; E: Number of studied specimens per sample; F: Number of identified taxa in each sample; G: Total number of appearances and disappearance along de Pliensbachiense-Toarcian transition. AP: Apyrenum Subzone; HA: Hawskerense Subzone; MI: Mirabile Subzone; SE: Semicelatum Subzone; EL: Elegantulum Subzone.



sentantes de Ceratobuliminidae, foraminíferos adherentes, y *Paralingulina* cf. *occidentalis* (Berthelin). Esta última especie tiene su registro únicamente en esta Subzona.

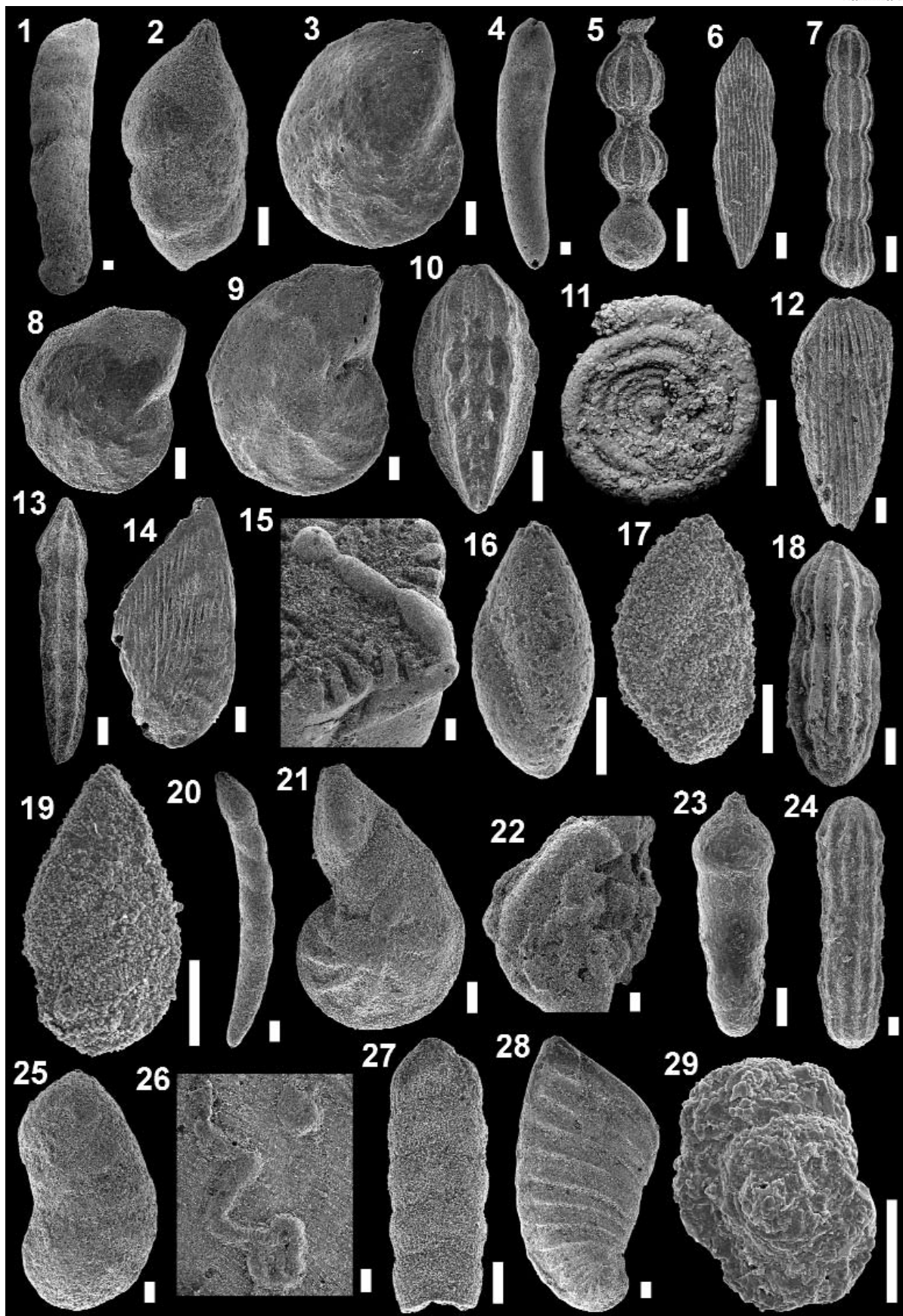
4.2.2. Subzona Hawskerense (Zona Spinatum, Pliensbachiense)

En la Subzona Hawskerense se han identificado un total de cuarenta y cuatro taxones. Doce especies registradas en la Subzona Apyrenum se encuentran también en la Subzona Hawskerense, y de ellas, sólo una, *Vaginulinopsis exarata* (Terquem), desaparece en esta Subzona. Además, aparecen por primera vez treinta y dos taxones, de los cuales nueve se registran exclusivamente en la Subzona Hawskerense: *Ichthyolaria sulcata* (Bornemann) [Lám. 2, Fig. 12], *Lagena* sp., *Nodosaria* aff. *tenera* Franke,

Prodentalina matutina (D'Orbigny) y *Planularia inaequistriata* (Terquem) [Lám. 2, Fig. 14] en la parte inferior, y *Bullopora* sp., ¿*Nubecularia?* sp., *Planularia pulchra* (Terquem) y *Astacolus speciosus* (Terquem) en la parte superior. El resto de las especies identificadas han sido encontradas en todas o en algunas Subzonas de las Zonas Tenuicostatum o Serpentinum del Toarciense. Así, catorce especies se han registrado desde la Subzona Hawskerense a la parte media-alta de la Subzona Elegantulum: *Nodosaria mitis* (Terquem & Berthelin) [Lám. 2, Fig. 13], *Bullopora rostrata* Quenstedt [Lám. 2, Fig. 15], *Eoguttulina liassica* (Strickland) [Lám. 2, Fig. 16], *Nodosaria claviformis* Terquem, *N. phobyctica* Tappan [Lám. 2, Fig. 18], *Planularia cordiformis* (Terquem) [Lám. 2, Fig. 17], *P. protracta* (Bornemann) [Lám. 2, Fig. 19], *Prodentalina*

Lámina 2. Escalas gráficas 100µ. 1, *Vaginulinopsis exarata* (Terquem), 1AR.3.111, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 2, *Eoguttulina palomerensis* Herrero, 1AR.57.1434, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 3, *Lenticulina gottingensis* (Bornemann), 1AR.39.1379, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 4, *Prodentalina terquemi* (D'Orbigny), 1AR.71T.1361, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 5, *Nodosaria perlata* Frentzen, 1AR.71T.1388, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 6, *Ichthyolaria squamosa* (Terquem & Berthelin), 1AR.39.1376, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 7, *Nodosaria hortensis* Terquem, 1AR.87.1427, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 8, *Lenticulina polygonata* (Franke), 1AR.49T.1429, Zona Tenuicostatum, Subzona Mirabile. 9, *Lenticulina toarcense* Payard, 1AR.49T.1381, Zona Tenuicostatum, Subzona Mirabile. 10, *Paralingulina tenera* (Bornemann), 1AR.77T.1393, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 11, *Spirillina infima* (Strickland), 1AR.91.1416, fotografía de electrones secundarios retrodispersados, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 12, *Ichthyolaria sulcata* (Bornemann), 1AR.3.1372, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 13, *Nodosaria mitis* (Terquem & Berthelin), 1AR.79T.1093, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 14, *Planularia inaequistriata* (Terquem), 1AR.3.1371, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 15, *Bullopora rostrata* Quenstedt sobre un artejo de crinoideo, 1AR.87.1360, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 16, *Eoguttulina liassica* (Strickland), 1AR.39.1385, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 17, *Planularia cordiformis* (Terquem), 1AR.79T.1396, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 18, *Nodosaria phobyctica* Tappan, 1AR.3.1079, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 19, *Planularia protracta* (Bornemann), 1AR.83.1404, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 20, *Prodentalina pseudocommunis* (Franke), 1AR.87.1426, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 21, *Lenticulina bochari* (Terquem), 1AR.87.1424, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 22, *Tolypammia* sp. sobre un fragmento de concha de bivalvo, 1AR.49T.1357, Zona Tenuicostatum, Subzona Mirabile. 23, *Pseudonodosaria vulgata* (Bornemann), 1AR.3.1374, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 24, *Nodosaria liassica* Barnard, 1AR.71T.1363, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 25, *Astacolus matutinus* (D'Orbigny), 1AR.25.1369, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 26, *Ammovertella liassica* Barnard sobre un fragmento de placa de equinoideo, 1AR.49T.1356, Zona Tenuicostatum, Subzona Mirabile. 27, *Ichthyolaria hauffi* (Franke), 1AR.49T.1386, Zona Tenuicostatum, Subzona Mirabile. 28, *Planularia obonensis* (Ruguet), 1AR.49T.1366, Zona Tenuicostatum, Subzona Mirabile. 29, *Trochammina* sp., 1AR.49T.1387, Zona Tenuicostatum, Subzona Mirabile.

Plate 2. Scale bars 100µm. 1, *Vaginulinopsis exarata* (Terquem), 1AR.3.111, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 2, *Eoguttulina palomerensis* Herrero, 1AR.57.1434, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 3, *Lenticulina gottingensis* (Bornemann), 1AR.39.1379, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 4, *Prodentalina terquemi* (D'Orbigny), 1AR.71T.1361, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 5, *Nodosaria perlata* Frentzen, 1AR.71T.1388, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 6, *Ichthyolaria squamosa* (Terquem & Berthelin), 1AR.39.1376, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 7, *Nodosaria hortensis* Terquem, 1AR.87.1427, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 8, *Lenticulina polygonata* (Franke), 1AR.49T.1429, Tenuicostatum Zone, Mirabile Subzone. 9, *Lenticulina toarcense* Payard, 1AR.49T.1381, Tenuicostatum Zone, Mirabile Subzone. 10, *Paralingulina tenera* (Bornemann), 1AR.77T.1393, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 11, *Spirillina infima* (Strickland), 1AR.91.1416, secondary retrodispersed electrons photography, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 12, *Ichthyolaria sulcata* (Bornemann), 1AR.3.1372, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 13, *Nodosaria mitis* (Terquem & Berthelin), 1AR.79T.1093, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 14, *Planularia inaequistriata* (Terquem), 1AR.3.1371, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 15, *Bullopora rostrata* Quenstedt on a crinoid columnal plate, 1AR.87.1360, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 16, *Eoguttulina liassica* (Strickland), 1AR.39.1385, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 17, *Planularia cordiformis* (Terquem), 1AR.79T.1396, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 18, *Nodosaria phobyctica* Tappan, 1AR.3.1079, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 19, *Planularia protracta* (Bornemann), 1AR.83.1404, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 20, *Prodentalina pseudocommunis* (Franke), 1AR.87.1426, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 21, *Lenticulina bochari* (Terquem), 1AR.87.1424, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 22, *Tolypammia* sp. on a bivalve shell fragment, 1AR.49T.1357, Tenuicostatum Zone, Mirabile Subzone. 23, *Pseudonodosaria vulgata* (Bornemann), 1AR.3.1374, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 24, *Nodosaria liassica* Barnard, 1AR.71T.1363, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 25, *Astacolus matutinus* (D'Orbigny), 1AR.25.1369, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 26, *Ammovertella liassica* Barnard on an echinoid plate, 1AR.49T.1356, Tenuicostatum Zone, Mirabile Subzone. 27, *Ichthyolaria hauffi* (Franke), 1AR.49T.1386, Tenuicostatum Zone, Mirabile Subzone. 28, *Planularia obonensis* (Ruguet), 1AR.49T.1366, Tenuicostatum Zone, Mirabile Subzone. 29, *Trochammina* sp., 1AR.49T.1387, Tenuicostatum Zone, Mirabile Subzone.



pseudocommunis (Franke) [Lám. 2, Fig. 20], *Pseudonodosaria vulgata* (Bornemann) [Lám. 2, Fig. 23], *Lenticulina bochari* (Terquem) [Lám. 2, Fig. 21], *Prodentalina subsiliqua* (Franke), *Nodosaria liassica* Barnard [Lám. 2, Fig. 24], *Tolypamma* sp. [Lám. 2, Fig. 22] y *Subdelloidina* sp.

4.2.3. Subzona Mirabile (Zona Tenuicostatum, Toarciense)

En la Subzona Mirabile se han registrado treinta y seis taxones. Doce de ellos se han identificado desde la Subzona Apyrenum, y dieciocho han sido previamente identificados en la Subzona Hawskerense. De estos últimos, *Astacolus matutinus* (D'Orbigny) [Lám. 2, Fig. 25] presenta su último registro en esta Subzona. En la parte superior de la Subzona Mirabile aparecen por primera vez seis especies: *Trochamma* sp. [Lám. 2, Fig. 29], *Planu-*

laria obonensis (Rugé) [Lám. 2, Fig. 28], *Ammovertella liassica* Barnard [Lám. 2, Fig. 26], *Ichthyolaria hauffi* (Franke) [Lám. 2, Fig. 27], *Astacolus rhumbleri* (Franke) [Lám. 3, Fig. 1] y *Vaginulinopsis* sp. 1 [Lám. 3, Fig. 2]. Estas dos últimas restringen su presencia a la parte superior de esta Subzona. En relación a la abundancia de especies cabe destacar el acmé de *Ichthyolaria intumescens* (Bornemann) [Lám. 3, Fig. 3] en la parte inferior de esta Subzona.

4.2.4. Subzona Semicelatum (Zona Tenuicostatum, Toarciense)

En la Subzona Semicelatum se han identificado cuarenta y cinco taxones. Doce de ellos fueron registrados previamente desde la Subzona Apyrenum, y de éstos, cuatro especies, *Eoguttulina palomerensis* Herrero, *Lenticulina gottlingensis* (Bornemann), *Prodentalina terquemii* (D'Or-

Lámina 3. Escalas gráficas 100µ. 1, *Astacolus rhumbleri* (Franke), 1AR.49T.1380, Zona Tenuicostatum, Subzona Mirabile. 2, *Vaginulinopsis* sp. 1, 1AR.49T.1367, Zona Tenuicostatum, Subzona Mirabile. 3, *Ichthyolaria intumescens* (Bornemann), 1AR.31.1368, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 4, *Nodosaria byfieldensis* Barnard, 1AR.57T.1433, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 5, *Astacolus varians* (Bornemann), 1AR.39.1384, Zona Spinatum, Subzona Hawskerense. 6, *Marginulina spinata* Terquem, 1AR.77T.1394, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 7, *Bullopore globulata* Barnard sobre un fragmento de concha de bivalvo, 1AR.77T.1358, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 8, *Marginulina prima* D'Orbigny, 1AR.77T.1432, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 9, *Saracenella sublaevis* (Franke), 1AR.77T.1391, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 10, *Vaginulina parva* Franke, 1AR.77T.1395, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 11, *Nodosaria simplex* (Terquem), 1AR.71T.1389, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 12, *Ammodiscus asper* (Terquem), 1AR.57T.1435, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 13-14, *Ammobaculites barrowensis* Tappan, 1AR.71T.1365 y 1AR.77T.1359, respectivamente, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 15, *Falsopalmula obliqua* (Terquem), 1AR.91.1414, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 16-17, *Ophthalmidium northamptonensis* Wood & Barnard, fotografías de lupa binocular y de electrones secundarios retrodispersados, respectivamente, 1AR.77T.1417, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 18, *Prodentalina propinqua* (Terquem), 1AR.71T.1390, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 19-20, *Saracenella aragonensis* (Rugé), 1AR.71T.1364 y 1AR.77T.1431, Zona Tenuicostatum, Subzona Semicelatum. 21, *Falsopalmula jurensis* (Franke), 1AR.83.1402, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 22, *Astacolus chicheryi* (Payard), 1AR.91.1412, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 23-24, *Placopsilina* sp., 1AR.85.1406 y 1AR.85.1407, respectivamente, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 25, *Nodosaria thalmani* Payard, 1AR.83.1423, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 26, *Prodentalina* sp., 1AR.85.1409, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 27, *Reophax* sp., 1AR.85.1405, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 28, *Nodosaria frentzeni* Herrero, 1AR.87.1410, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. 29-30, *Citharina colliezi* (Terquem), 1AR.91.1415 (ejemplar juvenil) y 1AR.91.1413 (fragmento de ejemplar adulto), respectivamente, Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum.

Plate 3. Scale bars 100µm. 1, *Astacolus rhumbleri* (Franke), 1AR.49T.1380, Tenuicostatum Zone, Mirabile Subzone. 2, *Vaginulinopsis* sp. 1, 1AR.49T.1367, Tenuicostatum Zone, Mirabile Subzone. 3, *Ichthyolaria intumescens* (Bornemann), 1AR.31.1368, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 4, *Nodosaria byfieldensis* Barnard, 1AR.57T.1433, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 5, *Astacolus varians* (Bornemann), 1AR.39.1384, Spinatum Zone, Hawskerense Subzone. 6, *Marginulina spinata* Terquem, 1AR.77T.1394, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 7, *Bullopore globulata* Barnard on a bivalve shell fragment, 1AR.77T.1358, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 8, *Marginulina prima* D'Orbigny, 1AR.77T.1432, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 9, *Saracenella sublaevis* (Franke), 1AR.77T.1391, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 10, *Vaginulina parva* Franke, 1AR.77T.1395, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 11, *Nodosaria simplex* (Terquem), 1AR.71T.1389, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 12, *Ammodiscus asper* (Terquem), 1AR.57T.1435, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 13-14, *Ammobaculites barrowensis* Tappan, 1AR.71T.1365 and 1AR.77T.1359, respectively, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 15, *Falsopalmula obliqua* (Terquem), 1AR.91.1414, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 16-17, *Ophthalmidium northamptonensis* Wood & Barnard, stereoscopic microscope and secondary retrodispersed electrons photographs, respectively, 1AR.77T.1417, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 18, *Prodentalina propinqua* (Terquem), 1AR.71T.1390, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 19-20, *Saracenella aragonensis* (Rugé), 1AR.71T.1364 and 1AR.77T.1431, respectively, Tenuicostatum Zone, Semicelatum Subzone. 21, *Falsopalmula jurensis* (Franke), 1AR.83.1402, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 22, *Astacolus chicheryi* (Payard), 1AR.91.1412, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 23-24, *Placopsilina* sp., 1AR.85.1406 and 1AR.85.1407, respectively, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 25, *Nodosaria thalmani* Payard, 1AR.83.1423, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 26, *Prodentalina* sp., 1AR.85.1409, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 27, *Reophax* sp., 1AR.85.1405, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 28, *Nodosaria frentzeni* Herrero, 1AR.87.1410, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone. 29-30, *Citharina colliezi* (Terquem), 1AR.91.1415 (young specimen) and 1AR.91.1413 (broken adult specimen), respectively, Serpentinum Zone, Elegantulum Subzone.



bigny) y *Nodosaria perlata* Frentzen tienen su último registro en la Subzona Semicelatum. De los veintidós taxones que han sido encontrados desde la Subzona Hawskerense, veinte se registran en la Subzona Semicelatum. De ellos, siete presentan su último registro en esta Subzona: *Nodosaria byfieldensis* Barnard [Lám. 3, Fig. 4] y *Astacolus varians* (Bornemann) [Lám. 3, Fig. 5] en la parte inferior, y *Marginulina spinata* Terquem [Lám. 3, Fig. 6], *Nubeculinella bigoti* Cushman, *Saracenella sublaevis* (Franke) [Lám. 3, Fig. 9], *Marginulina prima* D'Orbigny [Lám. 3, Fig. 8] y *Ammodiscus asper* (Terquem) [Lám. 3, Fig. 12] en el extremo techo de la Subzona (ver Fig. 3). Cuatro de las seis especies que se registran por primera vez en la Subzona Mirabile también están presentes en la Subzona Semicelatum. Además, se produce el primer registro de nueve especies: *Nodosaria simplex* (Terquem) [Lám. 3, Fig. 11], *Vaginulina parva* Franke [Lám. 3, Fig. 10], *Bullopore globulata* Barnard [Lám. 3, Fig. 7], *Prodentalina propinqua* (Terquem) [Lám. 3, Fig. 18], *Falsopalmula obliqua* (Terquem) [Lám. 3, Fig. 15], *Ammobaculites barrowensis* Tappan [Lám. 3, Figs. 13-14], *Ophthalmidium northamptonensis* Wood & Barnard [Lám. 3, Figs. 16-17], *Saracenella aragonensis* Ruget [Lám. 3, Fig. 19-20] y *Astacolus* sp. Las cuatro últimas restringen su presencia a la parte superior de la Subzona.

Cabe señalar que dos de las tres muestras estudiadas en la Subzona Semicelatum (1AR.57T y 1AR.77T) han proporcionado ejemplares patológicos para distintas especies dentro del Suborden Lagenina. Además, en la muestra del nivel 1AR. 71T, parte superior de la Subzona y dentro de una secuencia de somerización siguiendo a Goy, Comas-Rengifo *et al.* (1997), se produce el *acmé* de la especie de foraminífero aglutinado *Ammobaculites barrowensis* Tappan. Por último, hay que mencionar que la especie *Paralingulina tenera* (Bornemann) presenta en el extremo techo de la Subzona Semicelatum (nivel 1AR.77T) una variabilidad morfológica muy elevada.

4.2.5. Subzona Elegantulum p.p. (Zona Serpentinum, Toarciense)

En la Subzona Elegantulum se han registrado cuarenta y cinco taxones. Ocho de ellos se registran desde la Subzona Apyrenum, quince desde la Subzona Hawskerense, cuatro desde la Subzona Mirabile y cinco desde la Subzona Semicelatum. En la extrema base de la Subzona tie-

nen su último registro las especies *Ichthyolaria squamosa* (Terquem & Berthelin) e *Ichthyolaria intumescens* (Bornemann). Además, se registran por primera vez trece especies: *Astacolus chicheryi* (Payard) [Lám. 3, Fig. 22], *Falsopalmula jurensis* (Franke) [Lám. 3, Fig. 21], *Nodosaria* cf. *prima* D'Orbigny, *N. thalmani* Payard [Lám. 3, Fig. 25], *Placopsilina* sp. [Lám. 3, Figs. 23-24], *Nodosaria* aff. *apheilocula* Tappan, *Prodentalina* sp. [Lám. 3, Fig. 26], *Reophax* sp. [Lám. 3, Fig. 27], *Vaginulina* sp., *Nodosaria frentzeni* Herrero [Lám. 3, Fig. 28], *Citharina colliezi* (Terquem) [Lám. 3, Figs. 29-30], *Prodentalina* aff. *exilis* (Franke) y *P.* aff. *subnodosa* (Terquem). Hay que señalar que las especies *Paralingulina tenera* (Bornemann) y *Planularia obonensis* (Ruget) identificadas desde la Subzona Apyrenum y desde la Subzona Mirabile, respectivamente, se registran a lo largo de la parte inferior-media de la Subzona Elegantulum.

Parte de las muestras de esta Subzona han proporcionado ejemplares con patologías dentro de los géneros *Lenticulina* (nivel 1AR.85), y *Nodosaria* y *Prodentalina* (nivel 1AR.87). Además, estos dos últimos géneros presentan máximas abundancias en la base de la Subzona para el género *Prodentalina* (muestra 1AR.79), en la parte media para los géneros *Prodentalina* y *Nodosaria* (muestra 1AR.87), y para la especie *Nodosaria thalmani* Payard en la última muestra (1AR.91) analizada en este trabajo. Son también abundantes los aglutinados irregulares adherentes tanto en la base (1AR.79T) como en la parte media-alta de la Subzona (1AR.91), y el *acmé* de los representantes de Ceratobuliminidae se produce en la parte media (1AR.83). También en la parte media de esta Subzona (1AR.87) se registra la máxima abundancia de la especie *Eoguttulina liassica* (Strickland) cuyos ejemplares presentan una variabilidad morfológica alta. Por último, señalar una disminución del tamaño de los ejemplares de las distintas especies en esta Subzona que es más acusada en el nivel 1AR.85.

5. CONSIDERACIONES BIOESTRATIGRÁFICAS Y ECOESTRATIGRÁFICAS

El estudio tafonómico ha permitido constatar que los foraminíferos procedentes de las muestras estudiadas están resedimentados. No obstante, la presencia de ejemplares juveniles y adultos de las distintas especies en las mues-

tras indicaría que el grado de transporte es muy bajo y que podría considerarse insignificante a la hora de llevar a cabo interpretaciones paleoecológicas y ecoestratigráficas. Respecto a la necrocinesis en etapas fosildiagenéticas, el hecho de encontrar sólo un ejemplar con signos de reelaboración hace que las interpretaciones bioestratigráficas que se realicen a partir de los datos obtenidos sean de alta fiabilidad. El análisis semicuantitativo de los mecanismos de alteración tafonómica realizado sobre los ejemplares no muestra la presencia de gradientes a lo largo del intervalo temporal estudiado. Cabe señalar que la existencia de deformaciones y la ausencia de bioerosión en los ejemplares de las muestras de las Subzonas Semicelatum y Elegantulum podrían hacer pensar en un aumento de la tasa de sedimentación a partir del tramo litológico 7 (ver Fig. 3) de la Formación Alternancia de margas y calizas de Turmiel.

5.1. Eventos bioestratigráficos

A lo largo del tránsito Pliensbachiense-Toarciense y en el Toarciense inferior se produce una extinción importante dentro del registro fanerozoico que afecta a gran parte de las faunas marinas (Hallam, 1986, 1996; Little & Benton, 1995; Harries & Little, 1999; Zakharov *et al.*, 2006; Caswell *et al.*, 2009). Los foraminíferos también se ven afectados por esta extinción principalmente a nivel de especie o, en algún caso a nivel de género; las categorías taxonómicas supragenéricas no parecen estar afectadas (Hylton & Hart, 2000; Herrero, 2008; Hart *et al.*, 2010). En Ariño, algunos taxones de rango estratigráfico amplio que se encuentran en gran parte del Jurásico Inferior, y más típicamente presentes en Pliensbachiense, presentan su último registro entre la Zona Spinatum del Pliensbachiense y la Zona Tenuicostatum del Toarciense. Así, en el techo de la Subzona Apyrenum se registra por última vez la especie *Paralingulina* cf. *occidentalis* (Berthelin); en la base de la Subzona Hawskerense se encuentran por última vez las especies *Ichthyolaria sulcata* (Bornemann) y *Prodentolina matutina* (D'Orbigny); en la parte media de la Subzona Hawskerense tienen su último registro las especies *Planularia inaequistriata* (Terquem) y *Astacolus speciosus* (Terquem) y en el techo de la Subzona Hawskerense se registra por última vez *Planularia pulchra* (Terquem). Ya en el Toarciense, *Astacolus matutinus* (D'Orbigny) se encuentra por última vez en la parte inferior de la Subzona Mirabile; en la parte superior de la Subzona Semicelatum

se registran por última vez *Lenticulina gottingensis* (Bornemann), *Prodentolina terquemi* (D'Orbigny), *Marginulina spinata* Terquem, *Saracenella sublaevis* (Franke) y *Marginulina prima* D'Orbigny.

Las especies *Ichthyolaria intumescens* (Bornemann) e *Ichthyolaria squamosa* (Terquem & Berthelin), que en otras partes de la Cordillera Ibérica tienen su último registro en la Zona Tenuicostatum (Herrero, 1992, 2006), se encuentran por última vez en Ariño en la Zona Serpentinum, Subzona Elegantulum. Desde el punto de vista paleobiogeográfico esta área podría ser considerada como un refugio para estos taxones. De la misma forma el Sector Central de la Cordillera Ibérica puede ser considerado como un refugio para la especie pliensbachiense *Paralingulina tenera* (Bornemann) que presenta su último registro en la Subzona Elegantulum en las Secciones de Ariño, Almonacid de la Cuba (Herrero, 2008) y Moneva (Herrero, 1992).

Las especies *Eoguttulina palomerensis* Herrero, *Planularia obonensis* (Ruguet) y *Saracenella aragonensis* (Ruguet) definidas en distintas localidades de Aragón en el tránsito Pliensbachiense-Toarciense y en la Zona Tenuicostatum del Toarciense, y que también se encuentran en otras partes de Europa (Ruguet, 1985; Riegraf, 1985; Copestake & Johnson, 1989; Herrero, 1995) en el mismo intervalo, están bien representadas en la Sección de Ariño. *E. palomerensis* Herrero ha sido encontrada desde la Subzona Apyrenum hasta la parte inferior de la Subzona Semicelatum y *S. aragonensis* (Ruguet) restringe su distribución a la parte superior terminal de la Subzona Semicelatum. Al igual que *P. tenera* (Bornemann), *P. obonensis* (Ruguet), cuyo primer registro se produce en la parte superior de la Subzona Mirabile, se ha identificado por última vez en la parte inferior de la Subzona Elegantulum; hecho que también se produce en otras secciones del Sector Central de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica como Obón (Ruguet, 1982), Almonacid de la Cuba o Moneva (Herrero, 2008, 1992). Por tanto, el Sector Central podría haber actuado también como refugio para la especie *Planularia obonensis* (Ruguet) dentro de la Cuenca Ibérica.

La renovación de especies se produce principalmente a partir de la Zona Serpentinum en la Sección de Ariño hecho que también ocurre en otras áreas de la Cordillera Ibérica (Herrero, 2001). El evento más importante es el

primer registro del género *Citharina* en la parte inferior-media de la Subzona Elegantulum con la especie *Citharina colliezi* (Terquem). Junto a éste, tiene lugar también el primer registro de *Astacolus chicheryi* (Payard) y *Falsopalmula jurensis* (Franke). En otras áreas de la Cordillera Ibérica la primera aparición de estos taxones tiene lugar en la base o incluso en la extrema base de la citada Subzona (Herrero, 1992)

5.2. Eventos ecoestratigráficos

En el intervalo estratigráfico estudiado pueden ser destacados dos eventos ecoestratigráficos singulares: el *acmé* del foraminífero aglutinado *Ammobaculites barrowensis* Tappan y del calcáreo hialino *Eoguttulina liassica* (Strickland) indicados en el apartado anterior. El primero de ellos, que tiene carácter regional e incluso puede ser considerado como un evento a nivel de la Cordillera Ibérica, ha sido registrado en Ariño en la parte alta de la Subzona Semicelatum. También dentro del Sector Central de la Rama Aragonesa y en niveles equivalentes, se produce la máxima abundancia de *Ammobaculites barrowensis* Tappan en la Sección de Almonacid de la Cuba (Herrero, 2008) y en la Sección del Barranco de las Alicantas (Castrovido, provincia de Burgos) en la Sierra de la Demanda (Herrero, 1991, 1994). Este evento se sitúa dentro de secuencias de somerización en la sección de Ariño (Goy, Comas-Rengifo *et al.*, 1997) y en la del Barranco de las Alicantas (Comas-Rengifo *et al.*, 1988). Si bien no se tienen datos al respecto en la Sección de Almonacid de la Cuba, se considera que el aumento de las frecuencias relativas de *Ammobaculites barrowensis* Tappan podría ir ligado a somerizaciones en la Cuenca Ibérica, ya sean locales o regionales. Para poder utilizar esta especie como bioindicador de somerización de mayor rango areal sería necesario investigar qué ocurre con ella en otras cuencas tanto españolas como europeas y del N de África.

El *acmé* de la especie *Eoguttulina liassica* (Strickland) cuyos ejemplares, como ya se ha indicado, presentan una variabilidad morfológica elevada, tiene lugar en la Sección de Ariño en la parte media de la Subzona Elegantulum (nivel 1AR.87). En posición equivalente y con variabilidad morfológica similar el *acmé* de esta especie ha sido encontrado también en la Sección de Muro de Aguas (Sierra de los Cameros, muestra 2M.304; Herrero, 1992). En otras secciones como por ejemplo en Almona-

cid de la Cuba (Herrero, 2008) la máxima abundancia de este taxón se sitúa en la parte inferior de la Subzona Elegantulum; no obstante, no se tienen datos de los niveles equivalentes a los de la Sección de Ariño. Sería necesario muestrear la parte media de la Subzona Elegantulum en Almonacid de la Cuba y en otras secciones de la Cordillera Ibérica para comprobar la repercusión y extensión geográfica de este evento. Por último, señalar que la presencia de ejemplares patológicos en las Subzonas Semicelatum (Zona Tenuicostatum) y Elegantulum (Zona Serpentinum), y la disminución del tamaño de los ejemplares de distintas especies que se produce en las muestras procedentes de la Subzona Elegantulum podrían estar relacionadas con la existencia de condiciones desfavorables en el medio (cambios en los parámetros físico-químicos...) y de estrés ambiental posiblemente ligadas a los cambios geoquímicos y de paleotemperaturas que tuvieron lugar en el Toarciense inferior (Subzonas Semicelatum y Elegantulum) y que pudieron ser, como ya han indicado algunos autores (ver Gómez *et al.*, 2008 y referencias en él; Gómez & Goy, 2010), las causas principales de la extinción del Toarciense inferior.

6. CONCLUSIONES

Los materiales muestreados del tránsito Pliensbachense-Toarciense en la Sección de Ariño (Sector Central, Cordillera Ibérica) han proporcionado más de 6.300 ejemplares de foraminíferos con un estado de conservación regular a deficiente caracterizado por la presencia de frecuentes recristalizaciones y costras de carbonatos que han impedido incluso su identificación en el triado y su clasificación taxonómica a nivel específico; el número de taxones identificados en todo el intervalo asciende a setenta y dos. Las asociaciones están dominadas por el Suborden Lagenina, Superfamilia Nodosarioidea, Familia Vaginulinidae; son también muy abundantes los representantes de la Superfamilia Robuloidoidea, Familia Ichthyolariidae. Los Subórdenes Textulariina, Miolina y Robertinina están representados por bajo número de taxones y ejemplares, a excepción de algunos niveles en las Subzonas Semicelatum y Elegantulum de las Zonas Tenuicostatum y Serpentinum, respectivamente.

Existe una marcada homogeneidad en las asociaciones de

foraminíferos en el límite Pliensbachiense-Toarciense; las distribuciones estratigráficas de la mayor parte de los taxones identificados son similares a las registradas en otras secciones del Sector Central de la Cordillera Ibérica como Almonacid de la Cuba o Moneva. La última aparición de especies características del Pliensbachiense se produce de forma escalonada a lo largo del tránsito Pliensbachiense-Toarciense, situándose la tasa mayor de extinción en la Subzona Semicelatum de la Zona Tenuicostatium del Toarciense. El evento de renovación más importante se encuentra en la Subzona Elegantulum de la Zona Serpentinum del Toarciense con la primera aparición del género *Citharina*. Las distribuciones estratigráficas de los taxones *Paralingulina tenera* (Bornemann) y *Planularia obonensis* (Ruget) permiten sugerir que el Sector Central de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica actuaría como refugio desde el punto de vista paleogeográfico.

El *acmé* de la especie *Ammobaculites barrowensis* Tappan constituye un evento ecoestratigráfico de carácter regional-cuencal ligado a somerizaciones en la Cordillera Ibérica. Respecto al *acmé* de *Eoguttulina liassica* (Strickland) es necesario seguir investigando su extensión. La presencia de ejemplares patológicos en algunos niveles de las Subzonas Semicelatum y Elegantulum, y la disminución del tamaño de los especímenes de algunas especies en la Subzona Elegantulum se han relacionado con condiciones de estrés ambiental posiblemente ligadas a los cambios paleoceanográficos que provocaron la extinción del Toarciense inferior.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha llevado a cabo en el marco del Grupo de Investigación UCM nº 910431, y ha sido financiado por el Proyecto CGL2008-03112/BTE y por la Acción Especial UCM AE5/06-14394. La autora quiere agradecer a Dña. Isabel Díaz el lavado complementario de 200 g de cada una de las muestras utilizadas para este trabajo, al Centro de Microscopía Electrónica 'Luís Bru' por las fotografías de microscopía electrónica de barrido que ilustran este trabajo, a D. Carlos Alonso por el tratamiento digital de algunas de estas fotografías, a los revisores de este trabajo, Dres. Juan Usera y Matías Reolid, por la lectura y comentarios al manuscrito original que han ayudado a

mejorar el texto definitivo, y a la Editora de la revista, Dra. Isabel Rábano, por su labor editorial.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, C.F. 1995. *Los ostrácodos del Toarciense inferior de la Cordillera Ibérica*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 521 pp. (inédita).
- Arias, C.F. 1997. Ostracod biostratigraphy of the Lower Toarcian in the Cordillera Ibérica, northern Spain. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 206, 67-91.
- Bordonaba, A.P. y Aurell, M. 2002. El Pliensbachiense de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica: análisis de facies y establecimiento de secuencias. *Journal of Iberian Geology*, 28, 31-44.
- Caswell, B.A., Coe, A.L. y Cohen, A.S. 2009. New range data from marine invertebrate species across the early Toarcian (Early Jurassic) mass extinction. *Journal of the Geological Society of London*, 166, 859-872.
- Comas-Rengifo, M.J., Goy, A. y Yébenes, A. 1988. El Lías en el Sector Suroccidental de la Sierra de la Demanda (Castrovido, Burgos). *Ciencias de la Tierra, Geología*, 11, 119-141.
- Copetake, P. y Johnson, B. 1989. The Hettangian to Toarcian. In: *Stratigraphical Atlas of Fossil Foraminifera* (Eds. D.G. Jenkins and J.W. Murray). British Micropaleontological Society Series, Ellis Horwood Limited, Chichester, 129-188.
- Fernández-López, S. 1984. Nuevas perspectivas de la Tafonomía Evolutiva: Tafosistemas y asociaciones conservadas. *Estudios Geológicos*, 40, 215-224.
- García-Joral, F. y Goy, A. 2004. Caracterización de *Choffatirhynchia* nov. gen. (Brachiopoda, Rhynchonellida) en el Toarciense (Jurásico) de la Cordillera Ibérica (España). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biología)*, 99, 237-250.
- Gómez, J.J. 1991. Jurásico. In: *Hoja Geológica número 40, Daroca* (Eds. V. Gabaldón et al.), *Mapa Geológico de España, Escala 1:200.000*, IGME, Madrid, 31-82.
- Gómez, J.J. y Goy, A. 2010. Early Toarcian (Early Jurassic) mass extinction linked to warming in Northern and Central Spain. Comparison with other sections of Western Europe. *Earth Science Frontiers*, 17 Special Issue, 374-375.
- Gómez, J.J., Goy, A. y Canales, M.L. 2008. Seawater temperature and carbon isotope variations in belemnites linked to mass extinction during the Toarcian (Early Jurassic) in Central and Northern Spain. Comparison with other European sections. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 258, 28-58.
- Goy, A., Comas-Rengifo, M.J., Arias, C.F., García-Joral, F., Gómez, J.J., Herrero, C., Martínez, G. y Rodrigo, A. 1997. El tránsito Pliensbachiense/Toarciense en el Sector Central de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica (España). *Cahiers Université Catholique Lyon*, 10, 159-179.
- Goy, A., García-Joral, F., Gómez, J.J., Martínez, G. y Ureta, S. 1997. El Toarciense en la región de Ariño. Rama aragonesa de la Cordillera Ibérica, España. In: *IV Congreso de Jurásico de España, Grupo Espa-*

- ñol del Mesozoico, *El Jurásico de Iberia y de las Cuencas Peritéticas*, Comunicaciones (Eds. G. Meléndez and I. Pérez-Urresti). Institución Fernando El Católico, Zaragoza, 79-80.
- 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. y Martínez, G. 2009. Paroniceratinae (Ammonoidea, Hildoceratidae) del Toarciense en las Cordilleras Ibérica y Cantábrica (España). *Geobios*, 42, 603-622.
- Hallam, A. 1986. The Pliensbachian and Tithonian extinction events. *Nature*, 319, 765-768.
- Hallam, A. 1996. Recovery of the marine fauna in Europe after the end-Triassic and early Toarcian mass extinctions. In: *Biotic recovery from mass extinctions events* (Ed. M.B. Hart). Geological Society Special Publication, London, 102, 231-236.
- Harries, P.J. y Little, C.T.S. 1999. The Early Toarcian (Early Jurassic) and the Cenomanian-Turonian (Late Cretaceous) mass extinctions: similarities and contrasts. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 154, 39-66.
- Hart, M.B., Hylton, M.D. y Smart, C.W. 2010. Foraminiferal response to the Toarcian Extinction Event. *Earth Science Frontiers*, 17 Special Issue, 369-370.
- Herrero, C. 1991. Textulariina (Foraminiferida) del Pliensbachiano superior y Toarciense inferior de la Cordillera Ibérica. *Coloquios de Paleontología*, 43, 35-56.
- Herrero, C. 1992. Los foraminíferos del Toarciense inferior de la Cordillera Ibérica. *Colección Tesis Doctorales*, 87/93, 1-523.
- Herrero, C. 1994. Lower Toarcian foraminifera from the Northern Sector of the Iberian Range. *Geobios*, M.S. 17, 287-295.
- Herrero, C. 1995. *Eoguttulina palomerensis* sp. nov., a new foraminiferal species from the Pliensbachian-Toarcian boundary (Lower Jurassic) of Southwest Europe. *Journal of Micropalaeontology*, 14, 53-57.
- Herrero, C. 2001. Foraminíferos del Toarciense en la Rambla del Salto (Sierra Palomera, Teurel, España): Distribución estratigráfica y principales eventos. *Revista Española de Micropaleontología*, 33, 77-86.
- Herrero, C. 2006. Sucesión de asociaciones de foraminíferos en el tránsito Pliensbachiano-Toarciense en Almonacid de la Cuba (Zaragoza, España). *Revista Española de Micropaleontología*, 38, 339-354.
- Herrero, C. 2008. Foraminiferal events in the Pliensbachian-Toarcian transition at Almonacid de la Cuba (Zaragoza, Spain), the complementary reference section of the proposed Toarcian GSSP. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 250, 233-255.
- Hylton, M.D. y Hart, M.B. 2000. Benthic foraminiferal response to Pliensbachian-Toarcian (Lower Jurassic) sea-level change and Oceanic Anoxia in NW Europe. *GeoResearch Forum*, 6, 455-462.
- Little, C.T.S. y Benton, M.J. 1995. Early Jurassic mass extinction: a global long-term event. *Geology*, 23, 495-498.
- Loeblich, A.R. y Tappan, H. 1988. *Foraminiferal genera and their classification*. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 970pp.
- Marin, Ph. y Toulouse, D. 1972. Le Lias du Nord de la Province de Teruel (Espagne): précisions d'ordre chronostratigraphique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 274, 3356-3358.
- Martínez, G. 2007. Aptychus de *Oxyparonicer* (*Oxyparonicer*) *buckmani* (Bonarelli, 1895) (Paroniceratinae, Ammonoidea) del Toarciense de Ariño (Cordillera Ibérica, España). *Coloquios de Paleontología*, 57, 15-21.
- Osete, M.-L., Gialanella, P.-R., Gómez J. J., Villalaín, J. J., Goy, A. y Heller, F. 2007. Magnetostratigraphy of Early-Middle Toarcian expanded sections from the Iberian Range (central Spain). *Earth and Planetary Science Letters*, 259, 319-332.
- Riegraf, W. 1985. Mikrofauna, Biostratigraphie und Fazies im Unteren Toarcium Südwestdeutschlands und Vergleiche mit benachbarten Gebieten. *Tübinger Mikropaläontologische Mitteilungen*, 3, 1-233.
- Rugé, C. 1982. Foraminifères du lias moyen et supérieur d'Obon (Chaînes Ibériques, province de Teruel, Espagne). *Geobios*, 15, 53-91.
- Rugé, C. 1985. Les foraminifères (nodosariidés) du Lias de l'Europe Occidentale. *Documents des Laboratoires de Géologie Lyon*, 94, 1-273.
- Zakharov, V.A., Shurygin, B.N., Il'ina, V.I. y Nikitenko, B.L. 2006. Pliensbachian-Toarcian biotic turnover in North Siberia and the Arctic Region. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 14, 399-417.

MANUSCRITO RECIBIDO: 6 de septiembre, 2010

MANUSCRITO ACEPTADO: 24 de enero, 2011