

ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS DEL PALEOCENO DE CARAVACA (CORDILLERA BÉTICA): BIOESTRATIGRAFÍA Y EVOLUCIÓN DE LAS ASOCIACIONES

Ignacio ARENILLAS y Eustoquio MOLINA

Departamento de Ciencias de la Tierra (Paleontología). Universidad de Zaragoza, E-50009 Zaragoza.

Arenillas, I. y Molina, E. 1997. Análisis cuantitativo de los foraminíferos planctónicos del Paleoceno de Caravaca (Cordillera Bética): bioestratigrafía y evolución de las asociaciones. [Quantitative analysis of planktic foraminifera from the Palaeocene of Caravaca (Betic Cordillera): biostratigraphy and faunal turnover]. *Revista Española de Paleontología*, **12** (2), 207-232. ISSN 0213-6937.

ABSTRACT

A quantitative study of Palaeocene planktic foraminifera from Caravaca in the Betic Cordillera (SE Spain) has allowed a detailed biozonation to be established, and to solve some chronostratigraphic problems. The evolutionary changes in successive assemblages has been analysed, as has been their palaeoceanographic implications. The following biozones are recognised: *Guembelitra cretacea*, *Parvularugoglobigerina eugubina*, *Parasubbotina pseudobulloides*, *Globanomalina compressa*, *Acarinina trinidadensis*, *A. uncinata* and *Morozovella angulata* (Danian); *Morozovella crosswicksensis* and *Igorina albeari* (Selandian); *Luterbacheria pseudomenardii*, *Muricoglobigerina soldadoensis* and *Igorina laevigata* (Thanetian). The quantitative analysis has allowed distinguishing two different intervals, viz. a Danian one with a low warm/cold ratio, and a Selandian-Thanetian one with a high warm/cold ratio. Specific diversity was on the increase in Palaeocene times, with a minimum at the Cretaceous/Tertiary boundary, and a maximum at the Palaeocene/Eocene boundary.

Keywords: Planktic foraminifera, biostratigraphy, faunal turnover, Danian, Selandian, Thanetian, Murcia, SE Spain.

RESUMEN

El estudio cuantitativo de los foraminíferos planctónicos del Paleoceno de Caravaca (Cordillera Bética, SE España) permite establecer una biozonación detallada, resolver algunos problemas cronoestratigráficos, analizar la evolución de las asociaciones y sus implicaciones paleoceanográficas. Se han reconocido las siguientes biozonas: *Guembelitra cretacea*, *Parvularugoglobigerina eugubina*, *Parasubbotina pseudobulloides*, *Globanomalina compressa*, *Acarinina trinidadensis*, *A. uncinata* y *Morozovella angulata* (Daniense); *Morozovella crosswicksensis* e *Igorina albeari* (Selandiense); *Luterbacheria pseudomenardii*, *Muricoglobigerina soldadoensis* e *Igorina laevigata* (Thanetiense). El análisis cuantitativo permite distinguir dos periodos en el Paleoceno: el Daniense con un índice cálido/frío bajo y el Selandiense-Thanetiense con un índice cálido/frío alto. La riqueza específica crece a lo largo de todo el Paleoceno, con un mínimo en el límite Cretácico/Terciario y un máximo en el límite Paleoceno/Eoceno.

Palabras clave: Foraminíferos planctónicos, bioestratigrafía, evolución, Daniense, Selandiense, Thanetiense, Murcia, SE España.

INTRODUCCIÓN

El Paleoceno se subdivide oficialmente, por la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Paleógeno, en tres pisos (Jenkins y Luterbacher, 1992), aspecto que fue acordado mediante votación en el 28th *International Geological Congress* celebrado en

Washington en 1989. Estos tres pisos son: Daniense, Selandiense y Thanetiense. La definición de los estratotipos de límite es uno de los objetivos prioritarios de la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Paleógeno, habiéndose formado grupos de investigación dedicados exclusivamente a proponer y situar el límite de los diferentes pisos. El Paleoceno está limitado por dos

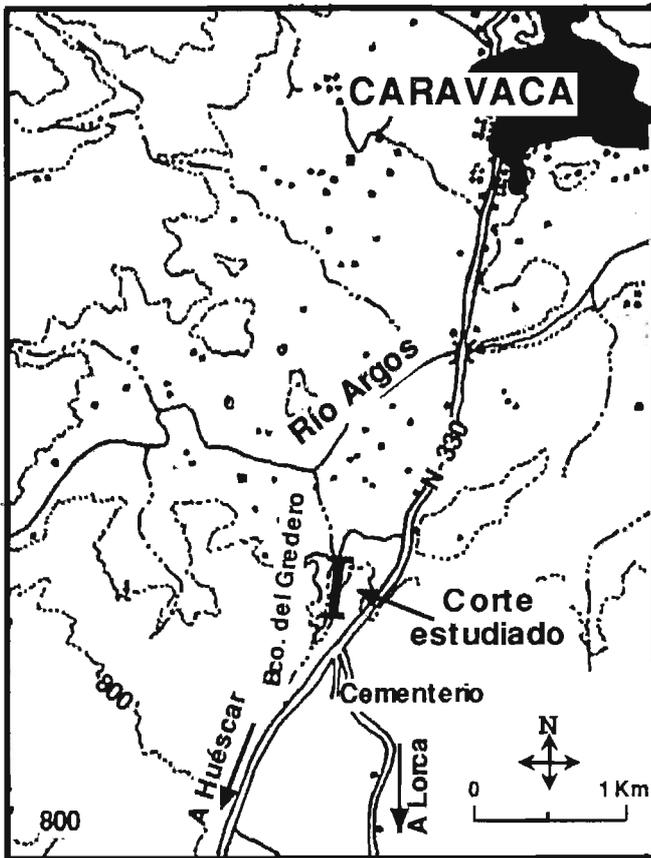


Figura 1. Situación geográfica del corte de Caravaca.

importantes eventos de extinción a escala mundial que marcan el límite Cretácico/Terciario y el límite Paleoceno/Eoceno. El estratotipo del límite Cretácico/Terciario ha sido ya designado oficialmente, mientras que actualmente existen candidatos de estratotipos para el Paleoceno/Eoceno. Sin embargo, los estudios sobre los límites Daniense/Selandiense y Selandiense/Thanetiense son todavía preliminares, no existiendo siquiera un acuerdo general sobre la utilización de 2 o 3 pisos en el Paleoceno. El corte de Caravaca ha sido considerado como candidato para la definición de algunos de estos estratotipos de límite.

Aunque el Paleoceno está dividido oficialmente en tres pisos, la estratigrafía isotópica parece aconsejar distinguir en él únicamente dos periodos. La parte inferior del Paleoceno está caracterizada por valores bajos de $d^{13}C$, que indican una baja productividad durante el Daniense. Por otro lado, el Paleoceno superior se caracteriza por un crecimiento gradual de $d^{13}C$, hasta alcanzar en el Thanetiense los mayores valores del Cenozoico, que indican un aumento de la productividad de los océanos (Shackleton *et al.*, 1985; Corfield y Shackleton, 1988; Stott *et al.*, 1990). Este hecho está siendo considerado actualmente como una razón que podría justificar dividir el Paleoceno en dos periodos: Daniense y Selandiense (Schmitz *et al.*, en prensa). La base del Selandiense se caracteriza por un descenso de $d^{13}C$ de pequeña escala, que sirve de transición entre pequeñas oscilaciones de $d^{13}C$ del Daniense y el gran

cambio positivo de $d^{13}C$ detectado en el Paleoceno superior. Este descenso negativo ha sido mejor detallado en el corte de Zumaya por Schmitz *et al.* (1996) y Molina *et al.* (1996c) y coincide con la base de la Biozona de *Morozovella crosswicksensis* de Arenillas y Molina (1996b) y la base de unas arcillas-margosas rojas del ciclo DS5 de Pujalte *et al.* (1995).

La tendencia de los últimos años es la de realizar una biozonación de mayor resolución, con el objetivo de situar bioestratigráficamente los diferentes límites entre pisos (Molina *et al.*, 1994; Canudo *et al.*, 1995; Arenillas y Molina, 1996a, b). El objetivo de este trabajo es realizar un estudio bioestratigráfico y cuantitativo con foraminíferos planctónicos del corte de Caravaca, con la finalidad de aportar nuevos datos sobre la posición bioestratigráfica de los diferentes límites entre pisos y analizar los cambios faunísticos del Paleoceno en las Cordilleras Béticas. Se propone una nueva biozonación con foraminíferos planctónicos, utilizando biohorizontes que coinciden con los límites de los diferentes pisos del Paleoceno.

MATERIAL Y MÉTODOS

El corte de Caravaca se ha levantado en el barranco del Gredero, 4 km al sur de la población de Caravaca (Murcia), al sureste de España. Se encuentra situado en la Hoja de Caravaca (910) del Mapa Militar de España (1:50.000). Las coordenadas U.T.M. son 30SWH985149 en la base (límite Cretácico/Terciario) y 30SWH986154 en el techo (límite Paleoceno/Eoceno). Su situación exacta se puede ver en la Fig. 1.

El Paleoceno del corte de Caravaca consiste fundamentalmente en margas grises con intercalación de calizas margosas y calcarenitas blancas. Un nivel de arcilla gris oscura de 14 cm, con una lámina roja en su base rica en goethita y hematites, marca el límite Cretácico/Terciario. Destaca también un conjunto de niveles de margas arcillosas grises y rojizas entre los metros 55 y 70, que representan el tránsito Daniense-Selandiense. Alrededor del metro 120 del corte, se sitúa el tránsito Paleoceno-Eoceno, que viene marcado por dos niveles de margas arcillosas gris oscuras con disolución de foraminíferos planctónicos. El límite P/E estaría situado en la base del primer nivel de disolución.

Este corte ha sido muestreado en intervalos de 50 a 100 cm. Se han estudiado un total de 64 muestras del Paleoceno, 41 de las cuales fueron analizadas cuantitativamente. Todas las muestras fueron disgregadas con la ayuda de H_2O_2 , levigadas con un tamiz de 63 μm y secadas con una estufa a menos de 50 $^{\circ}C$. La conservación de los foraminíferos planctónicos es buena, estando las conchas generalmente rellenas de sedimentos (Lám. 1).

El análisis cuantitativo ha sido realizado basándose en una fracción representativa del residuo, superior a 106 μm , de más de 300 ejemplares por cada muestra, utilizando un microcuarteador tipo Otto. Todos estos ejemplares han sido identificados y montados en celdillas

ESPECIES	MUESTRAS >106 µm																			
	4	6	8	10	12	14	16	18	22	26	28	32	36	40	44	48	52	56	58	60
<i>Globastica daubjergensis</i>		0,6	x		0,3	0,2	3,2	x			x	0,3	0,6	0,6	0,3	7,7	0,9			
<i>Gt. gigantea</i>							1,6													
<i>Gt. kozlowskii</i>														1,5		3,3	0,9			
GLOBASTICA		0,6			0,3	0,3	4,8				x	0,3	0,6	2,1	0,3	11,0	1,8			
<i>Eoglobigerina simplicissima</i>	3,3	4,6	1,9	3,9	2,5	1,8	1,6													
<i>E. eobulloides</i>	1,6	2,9	3,5	7,8	0,4	1,2	1,3	2,7												
<i>E. pentagona</i>		0,3	0,8	1,0	1,9	0,2	0,9	0,5	1,3	1,3	0,6									
<i>E. fringa</i>	1,6	3,3	0,5	2,6	1,2	x	x	2,2	2,7	2,5	3,6	4,6	3,7	1,5	1,4	1,4			0,6	1,5
<i>E. trivialis</i>	0,9	1,6	1,3	1,0	3,7	2,7	2,9	3,2	12,3	6,7	6,8	6,0	5,1	6,8	8,2	6,6	3,3	4,6	5,0	3,3
<i>E. praedita</i>	0,7	6,3	3,2	4,2	1,9	1,8	0,9	2,7												
<i>E. edita</i>	0,5	5,3	3,7	7,8	5,0	6,2	2,6	9,5	7,6	15,7	14,8	13,9	2,0	4,7	3,6	6,3	2,4	9,1	4,2	7,8
<i>E. polycamera</i>		0,3	x	1,6	0,9	1,8	x	1,0	1,1	0,6	1,8	3,0		0,3					0,5	1,2
<i>E. tetragona</i>	0,2	x	0,8	0,6	0,6	0,8	0,3	x	0,3	0,3	0,6	0,6	1,1		0,3	0,8	0,6	1,2	1,6	1,2
<i>E. appressa</i>		1,3	1,1	1,3	0,9															
<i>E. microcellulosa</i>	0,9	1,3	1,9	1,0	0,6	x	6,1	0,5												
<i>E. spiralis</i>																				
EOGLOBIGERINA	9,5	27,5	20,6	32,8	19,6	16,5	16,6	23,2	28,0	27,1	28,2	29,0	12,8	17,1	18,5	16,7	6,6	16,1	11,8	15,3
<i>Subbotina trifiduloides</i>		0,3	0,5	0,3	x		3,8	0,2	2,7	0,9	0,9	0,3	4,5	8,1	5,3	4,7	2,4	2,0	5,6	6,3
<i>S. triangularis</i>									2,0	3,8	4,2	4,6	8,3	9,0	8,9	7,2	6,6	4,9	3,4	5,6
SUBBOTINA		0,3	0,5	0,3	x		3,8	0,2	3,7	4,7	5,1	4,9	12,8	17,1	14,2	11,9	9,0	6,9	9,0	11,9
<i>Globanomalina danica</i>	0,7	4,3	1,3	0,6	0,9															
<i>G. archeocompressa</i>	x	0,3	0,3	2,3	1,9															
<i>G. planocompressa</i>	x	1,0	1,3	1,9	2,5	0,4	1,3	0,7	x	1,6	0,6	1,6	x							
<i>G. compressa</i>			1,3	3,6	10,1	2,9	5,2	2,2	6,8	4,8	8,9	11,3	10,3	3,7	4,3	0,3	3,3	2,0	1,1	0,6
<i>G. caucasia</i>		1,0	0,3	1,0	3,4	0,6	3,5	0,2	0,5	1,6	1,3	1,6	2,8	1,8	0,3	1,1				
<i>G. haunsbergensis</i>										0,3	0,9	x	2,0	5,6	2,8	3,8				
<i>G. chapmani</i>													x	0,6	x		0,4	3,6	7,2	3,0
<i>Luterbacheria chrenbergi</i>																	0,6	3,3	5,0	5,4
GLOBA.+LUTERB.	2,3	3,2	8,8	17,9	3,9	10,0	3,1	7,3	8,3	11,7	14,5	15,1	11,7	7,4	5,2	6,6	9,2	13,8	9,3	
<i>Parasubbotina moskvini</i>	9,6	20,5	15,1	5,3	4,7	4,5	9,1	3,6	9,3	15,7	14,0	10,6	3,4	1,2	3,1	2,7	8,4			
<i>P. variata</i>	1,9	1,6	4,0	0,6	2,5	1,0	0,6	1,4	4,4	5,1	3,3	0,3	4,8	2,2	2,1	3,3	0,6			1,8
<i>P. pseudobulloides</i>	2,8	5,9	13,5	2,9	7,2	5,6	4,5	4,1	7,1	8,9	5,2	1,3	7,4	9,6	9,3	12,2	7,8	8,2	7,7	3,3
<i>Globorotaloides quadrilocula</i>												5,3	2,8	2,8	6,5	5,0	7,2	8,6	6,2	9,9
PARASUB.+GLOB.	14,3	32,9	33,9	9,4	15,3	11,1	14,2	9,1	20,8	29,7	24,2	17,5	18,4	15,8	21,0	23,2	24,0	16,8	16,7	13,2
<i>Praemurica inconstans</i>	0,7	4,3	24,1	21,9	27,1	36,9	36,3	54,1	24,1	24,0	25,3	25,6	35,1	24,7	25,1	20,0	36,9	16,2	7,4	0,9
<i>Pr. taurica</i>	x	x	1,3	1,3	4,4															
<i>Pr. pseudoinconstans</i>	x	0,3	2,1	0,9																
PRAEMURICA	0,7	4,6	27,5	23,2	32,4	36,9	36,3	54,1	24,1	24,0	25,3	25,6	35,1	24,7	25,1	20,0	36,9	16,2	7,4	0,9
<i>Acarinina trinidadensis</i>									13,1	2,2	4,4	4,0	4,5	10,6	8,6	11,7	13,2	13,9	7,4	4,2
<i>A. uncinata</i>												0,3	0,3	1,8	2,8	1,9	3,9	15,9	16,0	14,3
<i>A. praecursoria</i>														0,9		0,3	1,2	4,3	3,7	3,9
<i>A. hausbulli</i>								x				x		0,3		1,1	0,6	2,3	4,8	3,0
<i>A. indofensis</i>																			3,4	1,8
<i>A. arabica</i>																				0,9
<i>A. kubunensis</i>																				0,6
<i>A. praepentacamerata</i>																			3,7	16,4
ACARININA									13,1	2,2	4,4	4,3	4,8	13,6	11,4	15,0	18,9	36,4	39,0	45,1
<i>Chiloguembelina morsei</i>	61,8	13,5	6,4	15,1	5,3	18,1	12,3	0,5												
<i>Ch. midwayensis</i>	1,9	2,3	2,9	1,9	1,5	0,4	1,3	2,7	3,0	2,8	2,5	1,6	1,1	0,9	0,3	1,8	1,5	x	0,5	1,2
<i>Ch. taurica</i>	5,5	7,6	4,3	5,5	1,9	1,2	1,6	3,1	3,0			1,0								
<i>Ch. subcylindrica</i>																0,3				
<i>Woodringina claytonensis</i>	0,7	1,9		1,0		1,0														
<i>W. hornstawiensis</i>	3,3	5,2	0,3	1,3	0,9	1,6														
CHILOG.+WOOD.	67,5	29,5	13,9	24,8	9,6	22,3	15,2	6,3	6,0	2,8	2,5	2,6	1,1	0,9	0,3	2,1	1,5	x	0,5	1,2
<i>Guembeltria danica</i>	0,2	0,3																		
<i>Gb. irregularis</i>	x		1,3																	
<i>Gb. cretacea</i>	x	x	0,3	x	0,3	0,4														
<i>Gb. trifolia</i>	x	x			x															
GUEMBELTRIA	0,2	0,3	1,6	x	0,3	0,4														
NUMERO TOTAL	417	302	370	305	317	482	308	408	365	312	307	301	350	320	279	360	333	302	375	334

Tabla 1. Porcentajes de foraminíferos planctónicos en la fracción mayor de 106 µm del Daniense de Caravaca.

para que puedan ser reestudiados con posterioridad. La interpretación de los datos cuantitativos (Tablas 1 y 2) se ha basado en estudios de tipo paleoceanográfico y paleoecológico obtenidos de la bibliografía especializada (Boersma y Premoli Silva, 1983, 1991; Shackleton *et al.*, 1985; Keller, 1993; Keller *et al.*, 1995; Arenillas, 1996), que permiten realizar gráficos de la evolución del índice cálido/frío (C/I'), representando el porcentaje de las especies más abundantes en aguas cálidas (incluidas en los géneros *Praemurica*, *Acarinina*, *Morozovella*,

Igorina) y en aguas templadas-frías (pertenecientes a los géneros *Subbotina*, *Globanomalina*, *Luterbacheria*, *Muricoglobigerina*).

BIOESTRATIGRAFÍA

Este corte fue estudiado micropaleontológicamente por primera vez por Hillebrandt (1974), quien realizó un estudio bioestratigráfico con foraminíferos planctónicos y

ESPECIES	MUESTRAS >106 µm																				
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92
<i>Eoglobigerina fringu</i>		0,8		1,2																	
<i>E. trivialis</i>	2,9	2,8	3,1	2,8	8,2		1,0														
<i>E. edita</i>	3,3	3,3	0,3	0,9	2,1																
<i>E. tetragona</i>	1,1	1,6	0,7		2,1	0,3	0,3														
<i>E. spiralis</i>	2,6	0,3	1,4	0,9	2,8	2,0	0,3														
EOGLOBIGERINA	9,9	8,8	5,5	5,8	17,1	5,6	3,0														
<i>Subbotina triloculinoides</i>	3,3	3,0	4,2	4,0	2,1	6,3	1,0	3,6	4,3	1,6	1,4	2,0									
<i>S. triangularis</i>	3,7	3,0	5,6	5,3	8,2	6,6	2,1	8,1	5,8	5,1	5,1	5,3	3,6	4,8	5,5	7,6	4,6	4,6	6,4	10,1	5,7
<i>S. eocaenica</i>			1,7		1,0	3,3	1,4	2,1	1,1	1,9	2,2	1,3	1,7	2,2	2,3	3,2	2,9	2,3	2,1	4,9	7,9
<i>S. velascoensis</i>															1,6	0,6	2,0	2,6	2,3	2,5	3,2
<i>S. hornibrooki</i>												1,6	x	1,3	1,3	2,9	1,4	1,0	0,7	1,4	1,9
<i>S. finlayi</i>															0,3	0,3	0,3	0,3	0,7	0,7	0,9
SUBBOTINA	7,0	6,0	11,5	9,3	11,3	12,9	4,5	13,8	11,2	8,6	7,6	10,2	5,3	10,9	9,5	16,0	11,5	10,5	11,8	20,2	19,5
<i>Globanomalina compressa</i>	1,1	1,4	1,0	1,2	0,3			0,8													
<i>G. haunsbergensis</i>	2,2	12,7	3,5	3,7	5,7	1,6		2,7	2,9	1,2	1,8	1,0	0,5	0,3	5,6	4,9	x	1,0	0,3		
<i>G. chapmani</i>	1,1	3,3		0,9	2,5		0,7	1,1	0,9	0,3				0,3	0,3	0,3				x	
<i>G. luxorensis</i>																		0,3			x
<i>Lutcherbacheria ehrenbergi</i>	7,7	1,6	9,1	5,6	8,6	5,3	1,4	6,7	6,0	4,7	4,7	1,3	0,8	0,3	0,6						
<i>L. troelseni</i>												2,0	1,1	0,9	3,6	1,1	3,8	5,0	3,2	1,4	1,2
<i>L. australiformis</i>																			0,3	2,3	0,3
GLOBAN.+LUTERB.	12,1	19,0	14,6	11,4	17,1	6,9	2,1	11,3	9,8	6,5	6,5	4,3	3,9	4,1	3,8	6,3	3,8	6,3	3,8	3,7	1,5
<i>Parasubbotina pseudobulloides</i>	2,2	1,1	0,3	0,6		1,3															
<i>Globorotaloides quadrilocula</i>	18,8	20,2	25,5	17,1	8,6	27,1	21,2	26,8	21,4	12,7	19,0	11,5	11,0	5,8	3,2	6,1	4,1	4,6	0,3	2,3	
PARASUB.+GLOB.	21,0	21,3	25,8	17,7	8,6	28,4	21,2	26,8	21,4	12,7	19,0	11,5	11,0	5,8	3,2	6,1	4,1	4,6	0,3	2,3	
<i>Præmurica inconstans</i>	4,0	3,6	1,4	0,9		1,3															
PRAEMURICA	4,0	3,6	1,4	0,9		1,3															
<i>Acarinina trinidadensis</i>	3,3	7,5	5,2	1,5	0,7	4,3	0,3														
<i>A. uncinata</i>	20,4	10,5	11,2	5,6	4,3	4,9	1,7	3,2	1,7												
<i>A. praecursoria</i>	9,6	0,5	1,7	0,9	0,7	4,6	3,1	0,8													
<i>A. hunsbolli</i>	2,6	1,9	3,1	5,0	2,8	1,9	4,8	0,3	0,9	0,3	0,7										
<i>A. indolensis</i>	3,3	3,8	4,2	4,3	8,2	2,3	5,2	0,5	2,9												
<i>A. arabica</i>	0,4		0,7				1,4	0,3													
<i>A. kubanensis</i>	0,4	0,3	2,8	0,3	1,4	5,0	2,1	3,2	2,3												
<i>A. praepentacamerata</i>	9,6	14,1	11,9	25,0	11,8	11,9	40,0	7,8	8,1	2,2	0,3	0,6		0,9	0,3						
<i>A. apantesma</i>																	3,5	2,0	3,2	0,9	2,5
<i>A. nicoll</i>																0,3	x	x	x	0,6	0,3
<i>A. hispidicoides</i>																x					0,3
<i>A. praequa</i>				1,5	4,6	3,3	1,4	3,2	2,3	0,3	1,8	x	1,7		0,3						
<i>A. pseudotipensis</i>												0,9	1,4		1,3	1,3	1,4	1,6	1,4	1,4	2,5
<i>A. acarinata</i>															0,6	0,3	3,5	0,8	0,6	1,4	5,1
<i>A. primitiva</i>															0,6	0,6	1,7	x	2,8	1,7	6,3
<i>A. wilcoxensis</i>															1,0	2,0	3,2	0,6	2,5	1,7	1,2
<i>A. strabocella</i>																0,6	0,8	0,3	1,4	0,9	0,6
<i>A. triplex</i>																0,3	0,3	x	x	x	0,9
<i>A. nitida</i>																0,3	0,3	x	x	x	x
ACARININA	42,2	38,6	41,1	45,9	34,5	36,2	59,3	19,3	17,6	2,8	2,8	1,5	3,9	4,1	3,8	8,1	12,3	5,1	12,7	8,6	20,2
<i>Igorina pusilla</i>					0,7?					0,3?	0,3?	0,3			0,8						4,7
<i>I. laevigata</i>															x				x	0,3	2,3
<i>I. albeari</i>															1,0			0,3	x	x	11,4
IGORINA										0,3				0,8		1,0		0,3	0,3	2,3	18,3
<i>Muricoglobigerina aquiensis</i>															1,6		0,6		1,0		0,6
MURICOLOBIGERINA															1,6		0,6		1,0		0,5
<i>Morozovella angulata</i>				4,3	5,3	4,6	5,5	10,8	14,4	19,7	11,3	2,9	11,8	7,4	7,5	6,1	5,8	7,3	5,7	9,3	5,7
<i>M. conicotruncata</i>					3,3	1,7	10,3	4,6	15,9	35,5	16,2	32,4	46,1	31,9	22,8	23,1	19,9	26,7	6,9	14,6	
<i>M. simulatilis</i>				3,2	0,6	0,7	0,8	11,5	12,7	12,1	3,0	3,6	0,3	1,6	0,9	6,1	6,0	1,0	2,0	1,2	
<i>M. crosswickensis</i>								2,6	11,4	7,7	32,4	9,8	10,0	10,1	12,5	14,3	21,5	16,7	30,5	5,1	
<i>M. aff. crosswickensis</i>																		7,4	5,2		
<i>M. oclusa</i>															1,0		2,0	4,3	1,0	1,1	0,6
<i>M. acutispira</i>																0,3	0,3				
<i>M. tudjikistanensis</i>							x	x	0,3	0,3	x										
<i>M. kolchidika</i>												2,0		0,6		1,4	2,0	x			0,9
<i>M. velascoensis</i>												3,3	3,6	5,8	2,9	10,2	3,2	5,0	1,0	1,4	2,5
<i>M. ucuto</i>												1,3	2,0	0,3	1,3	2,9	2,3	0,6	1,0	0,9	1,9
<i>M. parva</i>													0,3	0,6	0,3	0,6	1,4	0,3	0,7	1,4	x
<i>M. thollformis</i>								3,2	2,3	3,8	4,0	7,9	8,4	7,6	13,0	5,2	5,6	4,2	6,7	3,1	
<i>M. aequa</i>										0,6	0,3	2,0	0,5	0,9	0,6	x	0,3	0,6	x	2,3	x
<i>M. lacerti</i>												0,5	0,3	x	x	0,3	x	1,7			0,9
MOROZOVELLA				4,3	8,5	8,5	8,9	25,1	35,1	64,4	71,6	63,1	72,9	80,2	69,8	62,6	66,5	70,8	67,4	64,3	38,7
<i>Chiloguembelina midwayensis</i>	3,3	1,9		3,4	1,1		0,3	1,3	2,6	0,6	1,1	0,6	x	0,6	x		x	0,6	0,7	0,6	0,6
<i>Ch. subcylindrica</i>				0,3																	
<i>Ch. crinita</i>												x	x				0,3			x	x
<i>Zeauvigerina aegyptiaca</i>													0,5	0,3				0,6			0,3
CHILOG.+ZEAUV.	3,3	1,9		3,7	1,1		0,3	1,3	2,6	0,6	1,1	0,9	1,9	1,2	x		0,3	1,2	0,7	0,6	0,9
NUMERO TOTAL	270	361	286	321	278	302	287	369	346	314	273	302	355	310	307	342	342	301	281	344	315

Tabla 2. Porcentajes de foraminíferos planctónicos en la fracción mayor de 106 mm del Daniense superior y Selandiense de Caravaca.

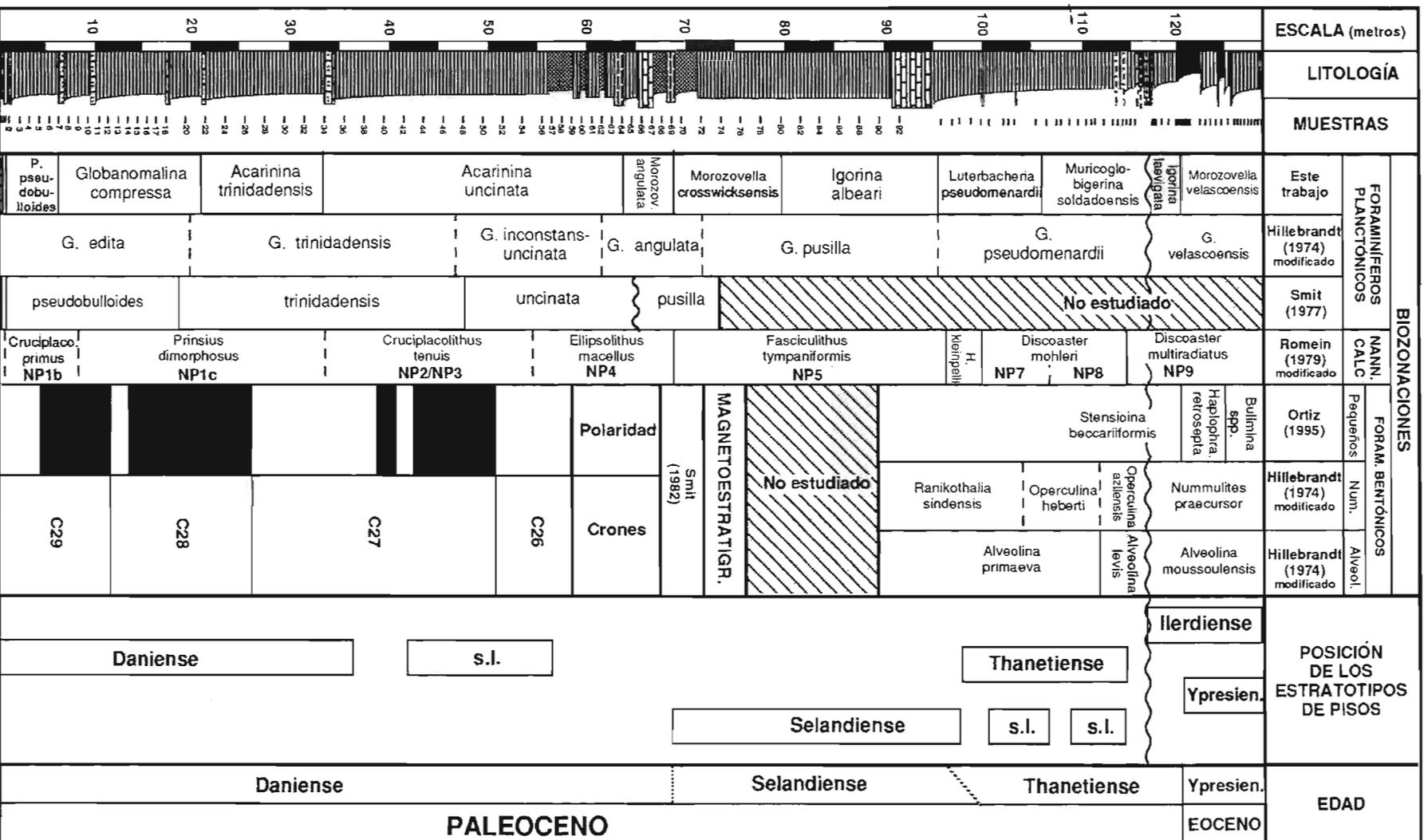


Figura 2. Estratigrafía integrada del Daniense y Selandiense en Caravaca (modificado de Molina *et al.*, 1996b).

macroforaminíferos (nummulítidos, alveolínidos y discocielínidos) del Paleoceno y Eoceno inferior-medio (Fig. 2). A raíz de los trabajos de Smit (1977, 1982), Canudo *et al.* (1991) y Molina *et al.* (1994, 1996b) este corte es conocido internacionalmente, habiéndose realizado un estudio magnetoestratigráfico y bioestratigráfico del límite Cretácico/Terciario (Smit, 1982; Canudo *et al.*, 1991) y un estudio preliminar de la bioestratigrafía del Daniense (Smit, 1977).

Los microforaminíferos bentónicos del tránsito Paleoceno-Eoceno de Caravaca han sido recientemente estudiados por Ortiz (1994, 1995), quien ha reconocido la Biozona de *Stensioina beccariiiformis* del Paleoceno superior y la de *Haplophragmoides retrosepta* del Eoceno inferior; el límite entre estas dos biozonas corresponde al límite entre BB1 y BB2 de la biozonación de Berggren y Miller (1989) y coincide con la extinción masiva de microforaminíferos bentónicos del límite Paleoceno/Eoceno (Molina *et al.*, 1994). La bioestratigrafía con macroforaminíferos del tránsito Paleoceno-Eoceno de Caravaca fue estudiada por Hillebrandt (1974) y modificada en Molina *et al.* (1994) y en este trabajo. Se ha reconocido un primer nivel que se caracteriza por la Biozona de *Ranikothalia sindensis*, la cual se corresponde con la parte inferior de la Biozona de *Alveolina primaeva*. Un segundo nivel contiene una asociación caracterizada por la Biozona de *Operculina azilensis* y la Biozona de *Alveolina levis*, y un tercer nivel, por la Biozona de *Nummulites praecursor* y la Biozona de *Alveolina moussoulensis*. La bioestratigrafía con nannoplancton calcáreo de Caravaca fue establecida por Romein (1979) y revisada posteriormente por Angori y Monechi (1995), reconociéndose en el Paleoceno las Biozonas NPI, NP2, NP3, NP4, NP5, NP6, NP7, NP8 y NP9. La correlación de todos estos datos (Fig. 2) ha sido recientemente estudiada en Molina *et al.* (1994, 1996b) y Arenillas (1996).

La biozonación seguida en este trabajo esta basada en las de Berggren *et al.* (1995), Molina *et al.* (1996a) y Arenillas y Molina (1996a), las cuales son una modificación de las biozonaciones más corrientemente utilizadas (Fig. 3). En Caravaca, se han identificado un total

de 12 biozonas en el Paleoceno (Figs. 4, 5, 6), de las cuales, 7 son del Daniense (Biozonas de *Guembelitra cretacea*, *Parvularugoglobigerina eugubina*, *Parasubbotina pseudobulloides*, *Globanomalina compressa*, *Acarinina trinidadensis*, *A. uncinata* y *Morozovella angulata*), 2 del Selandiense (Biozonas de *M. crosswicksensis* e *Igorina albeari*) y 3 del Thanetiense (Biozonas de *Luterbacheria pseudomenardii*, *Muricoglobigerina soldadoensis* e *I. laevigata*).

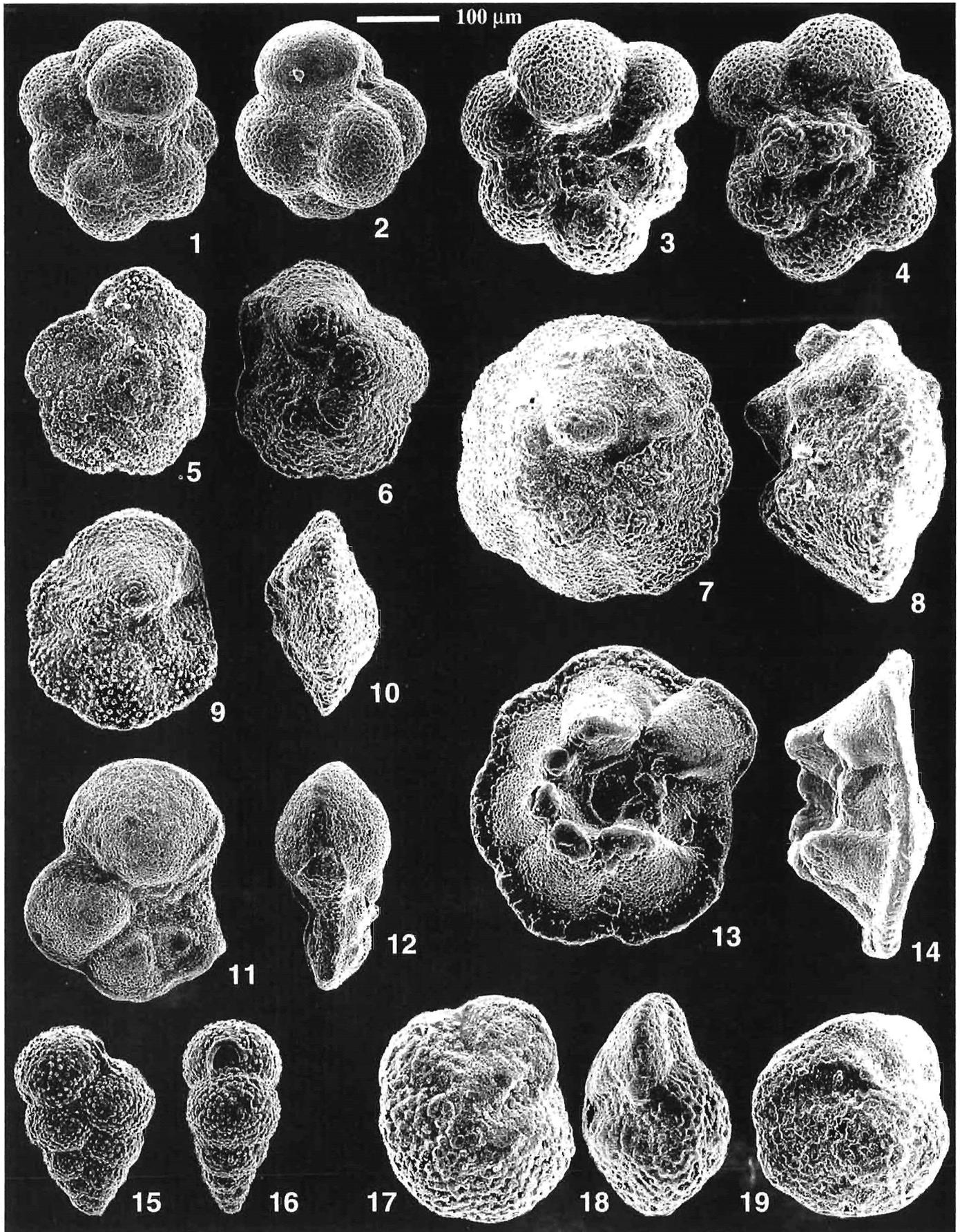
La biozonación seguida para el tránsito Cretácico-Terciario está basada en las precisiones establecidas por Molina *et al.* (1996a) para el corte de Agust. La bioestratigrafía y micropaleontología del límite Cretácico/Terciario de Caravaca fue estudiada inicialmente por Abtahi (1975), pero fue Smit (1977, 1982, 1990) quien realizó un estudio bioestratigráfico más detallado del límite Cretácico/Terciario, definiendo la Biozona de *Gb. cretacea* o P0. Posteriormente, Canudo *et al.* (1991) realizaron un estudio bioestratigráfico e isotópico de alta resolución del límite Cretácico/Terciario en Caravaca. Los datos bioestratigráficos con foraminíferos planctónicos aportados en los trabajos citados han permitido situar las Biozonas de *Gb. cretacea* y *Pv. eugubina* en el presente trabajo.

Para el tránsito Paleoceno-Eoceno, se ha seguido la biozonación establecida por Arenillas y Molina (1996a) en el cercano corte de Alamedilla. El tránsito Paleoceno-Eoceno del corte de Caravaca ha sido ampliamente estudiado por Molina *et al.* (1994) y Canudo *et al.* (1995), quienes han realizado un estudio bioestratigráfico con foraminíferos planctónicos y bentónicos del límite Paleoceno/Eoceno de Caravaca. En los trabajos citados también se ha realizado un análisis isotópico, mineralógico y geoquímico y un estudio comparativo con el corte de Zumaya. La bioestratigrafía con foraminíferos bentónicos ha permitido situar en este corte la extinción masiva de foraminíferos bentónicos del evento del límite Paleoceno/Eoceno. En el presente trabajo, el estudio bioestratigráfico de este intervalo está basado en los trabajos citados (Fig.4) y en Arenillas (1996) y Arenillas y Molina (1996a).

Lámina 1

- | | | | |
|-------|---|------------|--|
| 1, 2 | <i>Eoglobigerina spiralis</i> (Bolli, 1957). Vista umbilical y umbilical-espiral. Muestra CAR 58. Biozona de <i>Acarinina uncinata</i> . | 11, 12 | <i>Luterbacheria troelseni</i> (Loeblich y Tappan, 1957). Vista axial y umbilical. Muestra CAR 86. Biozona de <i>Igorina albeari</i> . |
| 3, 4 | <i>Acarinina trinidadensis</i> (Bolli, 1957). Vista umbilical y espiral. Muestra CAR 58. Biozona de <i>Acarinina uncinata</i> . | 13, 14 | <i>Morozovella velascoensis</i> (Cushman, 1925). Vista umbilical y axial. Muestra CAV 10. Biozona de <i>Muricoglobigerina soldadoensis</i> . |
| 5, 6 | <i>Morozovella angulata</i> (White, 1928). Vista espiral y umbilical. Muestra CAR 68. Biozona de <i>Morozovella angulata</i> . | 15, 16 | <i>Chiloguembelina crinita</i> (Bolli, 1957). Vista umbilical. Muestra CAV 20. Biozona de <i>Igorina laevigata</i> . |
| 7, 8 | <i>Morozovella conicotruncata</i> (Subbotina, 1947). Vista umbilical y axial. Muestra CAR 72. Biozona de <i>Morozovella crosswicksensis</i> . | 17, 18, 19 | <i>Igorina albeari</i> (Cushman y Bermúdez, 1949). Vista espiral, umbilical y axial. Muestra CAR 90. Biozona de <i>Igorina albeari</i> . |
| 9, 10 | <i>Morozovella crosswicksensis</i> (Olsson, 1960). Vista umbilical y axial. Muestra CAR 90. Biozona de <i>Igorina albeari</i> . | | |

Lámina I



Estudios comparativos con otros cortes del Tetis y Atlántico norte (Canudo y Molina, 1992a; Pardo *et al.*, 1995; Arenillas, 1996) permiten proponer una nueva biozonación del Paleoceno con foraminíferos planctónicos que puede ser válida para medias latitudes. Así pues, el presente trabajo se centra en la parte del Paleoceno menos estudiada, proponiendo una biozonación detallada (Fig. 3).

Biozona de *Guembeltria cretacea*

Definición: Biozona de intervalo comprendida entre las últimas apariciones (U.A.) de *Plummerita hantkenoides* y *A. mayaroensis* (que coinciden con el límite Cretácico/Terciario y la extinción principal de especies cretácicas) y la primera aparición (P.A.) de *Parvularugoglobigerina eugubina*. Esta biozona fue definida por Smit (1982), pero con diferentes especies-índice marcadoras de los límites inferior y superior.

Características: En Caravaca tiene una potencia de 16 cm; consiste en arcilla gris oscura, con una lámina de color rojo en la base que presenta gran contenido de goethita, hematites y evidencias de impacto. La asociación típica de la parte inferior de la biozona son especies cretácicas supervivientes al evento del límite Cretácico/Terciario (Canudo *et al.*, 1991; Molina *et al.*, 1996a), tales como *Guembeltria cretacea*, *Guembeltria trifolia*, *Globotruncanella minuta*, *Pseudoguembelina kempensis*, *Globigerinelloides volutus*, *Pseudoguembelina costulata*, *Heterohelix pulchra*, *Globigerinelloides prairiehillensis*, *Hedbergella monmouthensis*, *Hedbergella holmdelensis*, *Globigerinelloides yaucoensis*, *Heterohelix navarroensis*, *Heterohelix planata*, *Heterohelix globulosa*. Se produce la P.A. de *Globoconusa conusa*, *Parvularugoglobigerina longiapertura*, *Parvularugoglobigerina sabina*, *Parvularugoglobigerina umbrica*, *Parvularugoglobigerina cf. theodosica*, *Parvularugoglobigerina cf. hemisphaerica*, *Globoconusa fodina*, *Guembeltria irregularis*, *Guembeltria alabamensis*, *Guembeltria danica*, *Woodringina claytonensis*, *Woodringina hornerstownensis*, *Globoconusa minutula*, *Globoconusa hillebrandti*, *Globoconusa extensa*, *Globoconusa cf. fringa* (Fig. 4).

Discusión: Smit (1982) definió la base de la Biozona de *Gb. cretacea* en la extinción principal de especies cretácicas, horizonte clásicamente aceptado para situar el límite Cretácico/Terciario. Este límite ha sido recientemente definido en la base de la lámina de arcilla del estratotipo del límite del corte de El Kef, siendo reconocido por una lámina roja, con anomalía de Ir, un incremento de espinelas ricas en Ni, un incremento del carbono orgánico total y un decrecimiento en $\delta^{13}\text{C}$, el cual coincide con el evento de extinción.

El límite superior de la Biozona de *Gb. cretacea* fue situado por Smit (1982) en la P.A. de "*Globigerina*" *minutula* (= *Gc. conusa*), que consideraba ligeramente anterior a la P.A. de "*Globigerina*" *eugubina* (= *Pv. longiapertura*). Por esta razón, esta biozona (P0) ha sido subdividida posteriormente por Keller (1988a) en dos biozonas: P0a y P0b, cuyos límites superiores son,

respectivamente, la P.A. de *Gc. conusa* y la P.A. de *Pv. eugubina* (= *Pv. longiapertura*). Posteriormente, se ha podido precisar que ambas apariciones son prácticamente isócronas (Canudo *et al.*, 1991; Molina *et al.*, 1996a; Dupuis *et al.*, en prensa). En este trabajo, al utilizar la Biozona de *Pv. eugubina* s.s., en la Biozona de *Gb. cretacea* pueden distinguirse dos intervalos. Estos dos intervalos se pueden separar con las P.A. de *Gc. conusa* y/o *Pv. longiapertura*, biohorizonte que coincide con la disminución drástica de la abundancia de especies cretácicas supervivientes (Canudo *et al.*, 1991) y base de la Biozona P1 (*G. eugubina*) de Smit (1982).

Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina*

Definición: Biozona de intervalo comprendida entre la P.A. de *Pv. eugubina* y la P.A. de *Parasubbotina pseudobulloides*. Esta biozona fue definida por Luterbacher y Premoli Silva (1964) y modificada por Premoli Silva y Bolli (1973).

Características: En Caravaca tiene una potencia de 31 cm, consistentes en margas grises. La asociación típica de la biozona es: *Gb. conusa*, *Pv. cf. theodosica*, *Pv. cf. hemisphaerica*, *Gb. irregularis*, *Gb. alabamensis*, *Gb. danica*, *W. claytonensis*, *W. hornerstownensis*, *Gb. minutula*, *Gb. hillebrandti*, *Gb. extensa* y especies cretácicas supervivientes al evento del límite (Canudo *et al.*, 1991; Molina *et al.*, 1996a), tales como *Gb. trifolia*, *Gb. cretacea*, *H. monmouthensis*, *H. holmdelensis*, *G. yaucoensis*, *H. navarroensis*, *H. planata*, *H. globulosa*. Se produce la U.A. de *Pv. longiapertura*, *Pv. sabina*, *Pv. umbrica*, *Gb. fodina* y *Gb. cf. fringa* y la P.A. de *Chiloguembelina morsei*, *Chiloguembelina midwayensis*, *Eoglobigerina praedita*, *Globanomalina imitata*, *Praemurica taurica*, *Eoglobigerina appressa*, *Eoglobigerina simplicissima*, *Eoglobigerina microcellulosa*, *Praemurica pseudoinconstans*, *Eoglobigerina eobulloides*, *Eoglobigerina fringa* y *Globanomalina archeocompressa* (Fig. 4).

Discusión: Luterbacher y Premoli Silva (1964) definieron esta biozona como la biozona de extensión total de *Globigerina eugubina*, para caracterizar el intervalo entre los niveles mastrichtienses con la asociación típica de especies cretácicas (incluidas en los géneros *Abathomphalus*, *Globotruncana*, *Rugoglobigerina*, ...) y la P.A. de *Parasubbotina pseudobulloides*. El límite inferior ha sido posteriormente modificado en varias ocasiones: Smit (1982) lo sitúa en la P.A. de *Globigerina minutula* (= *Gc. conusa*), ya que demostró que la Biozona de *Globigerina eugubina* no era la primera biozona del Paleoceno, existiendo un intervalo entre el límite Cretácico/Terciario y la aparición de las primeras especies paleocenas, que llamó Biozona de *Gb. cretacea* o P0.

Actualmente existe una problemática en torno a la sinonimia de *Pv. eugubina* (Luterbacher y Premoli Silva, 1964) y *Pv. longiapertura* (Blow, 1979). Tradicionalmente se han considerado sinónimas, fundamentalmente a raíz del trabajo de Smit (1982); no obstante, existen diferencias que permiten distinguir claramente ambas

EDAD	ESPECIES INDICE	BIOZONACIONES								
		Este trabajo	Berggren <i>et al.</i> (1995)	Canudo y Molina (1992a)	Berggren y Miller (1988)	Blow (1979)	Bolli (1957, 1966) Toumarkine y Luterbacher (1985)			
EOCENO	YPRESIENSE	M. velascoensis	Morozovella velascoensis	Morozovella velascoensis P5	Pseudohastigerina wilcoxensis	Morozovella subbotinae - P6	Globorotalla (A.) wilcoxensis berggreni P7	Morozovella velascoensis		
		Ps. wilcoxensis								
PALEOCENO	THANETIENSE	M. lensiformis	Igorina laevigata	A. soldadoensis Gl. pseudomenardii P4c	Morozovella aequa	Morozovella subbotinae - P6	Globorot. (M.) subbotinae subbotinae - Globorot. (M.) velascoensis acuta P6	Morozovella velascoensis		
		A. berggreni								
		I. laevigata								
		A. subsphaerica								
		L. pseudomenardii								
	SELANDIENSE	M. subbotinae	Muricoglobig. soldadoensis	A. soldadoensis Gl. pseudomenardii P4c	Planorotalites pseudomenardii	Planorotalites pseudomenardii P4	Mg. soldadoensis soldadoensis - G.(M.) velascoensis paslonensis - P5	Planorotalites pseudomenardii		
		Mg. soldadoensis								
		L. pseudomenardii	Luterbacheria pseudomenardii						Globo. pseudomenardii - P4	Globorotalla (Globorotalla) pseudomenardii P4
		A. subsphaerica								
		L. pseudomenardii								
DANIENSE	I. albeari	Igorina albeari	Igorina albeari Globanomalina pseudomenardii P3b	Igorina pusilla	Morozovella angulata - P3	Morozovella angulata - P3b	Planorotalites pusilla pusilla			
	I. albeari									
	I. pusilla	Morozovella crosswicksensis						Morozovella angulata - P3	Globorotalla (Morozovella) angulata angulata P3	
	M. crosswicksensis									
	M. angulata	Morozovella angulata						Morozovella angulata - P3a	Morozovella angulata	
A. uncinata	Acarinina uncinata	Pr. uncinata M. angulata P2	Acarinina uncinata	M. uncinata I. pusilla P2	G (A) praecursoria praecursoria P2	Morozovella uncinata				
A. uncinata										
DANIENSE	A. trinidadensis	Acarinina trinidadensis	G. compressa Pr. inconstans P1c	Acarinina trinidadensis	M. trinidadensis P. compressus P1c	Morozovella trinidadensis				
	Pr. taurica	Globoanomalina compressa					S. triloculoides GL compressa P1b	Parasubbotina pseudobulloides	S. pseudobulloides - E. cobulloides simplicissima P1	Morozovella pseudobulloides
	G. compressa									
	S. triloculoides	Parasubbotina pseudobulloides					P. eugubina S. pseudobull. P1a	S. pseudobulloides P1a	G(T) pseudobulloides - E. cobulloides simplicissima P1	G(T) compressa compressa P1b
	Pr. inconstans									
P. pseudobulloides	Parvularugo. eugubina	P. eugubina y G. cretacea P0 & P0	Parvularugo. eugubina	Parvularugo. eugubina P0	G(T) longapertura P0	Globigerina eugubina				
Pv. eugubina										
Pv. longapertura	Guembeltria cretacea	P. eugubina y G. cretacea P0 & P0	Guembeltria cretacea	Rugoglobigerina hexacamerata ??	Rugoglobigerina hexacamerata ??	Rugoglobigerina hexacamerata ??				
Gc. conusa										

Figura 3. Comparación de la biozonación utilizada en este trabajo con otras biozonaciones del Paleoceno.

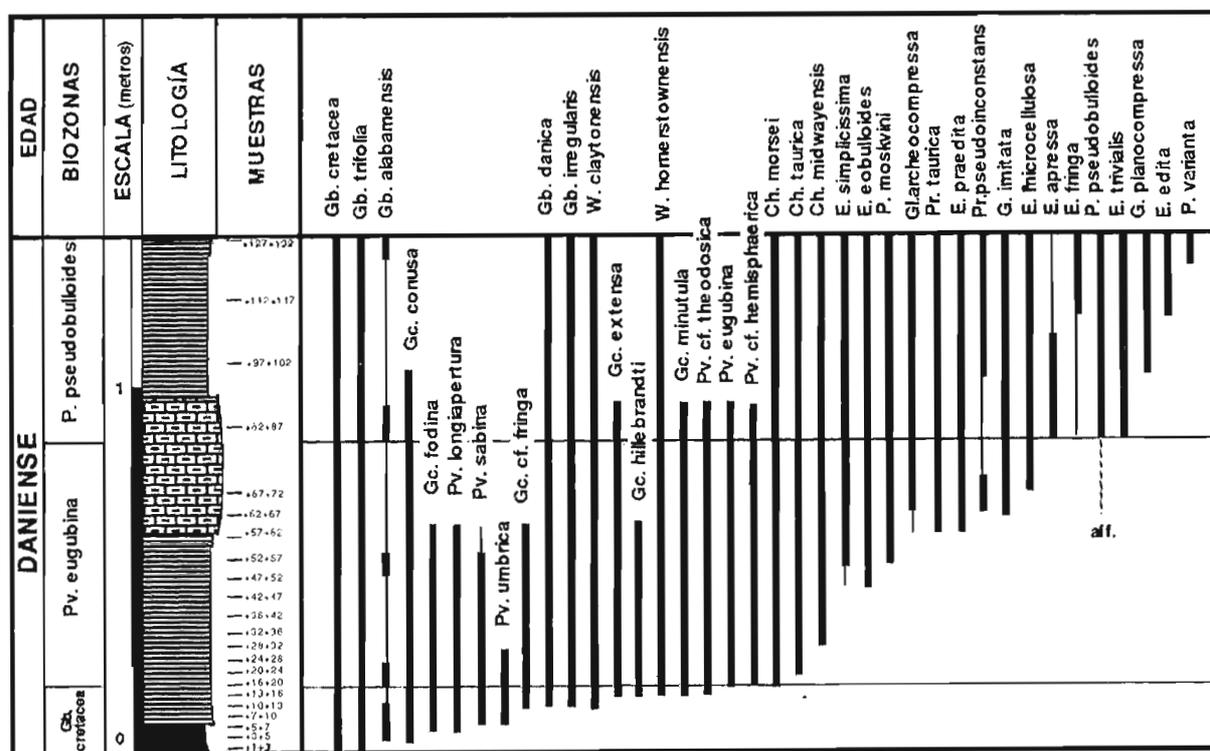


Figura 4. Distribución estratigráfica de los foraminíferos planctónicos de la base del Daniense en Caravaca.

especies (Blow, 1979; Canudo y Molina, 1992a, c; Keller y MacLeod, 1994; MacLeod, 1995; Arenillas y Arz, 1996). Sin embargo, debido a que en la mayoría de los casos se ha aceptado esta sinonimia, la P.A. de *Pv. longiapertura* ha sido utilizada normalmente para situar la base de la Biozona de *Pv. eugubina*. Por estas razones, Canudo *et al.* (1991) proponen la Biozona de *Pv. longiapertura*, para resolver este problema taxonómico y porque la P.A. de *Pv. longiapertura* coincide con la disminución drástica de los foraminíferos planctónicos supervivientes del Cretácico.

Premoli Silva y Bolli (1973) sitúan el límite superior en la P.A. de *Parasubbotina pseudobulloides*. Stainforth *et al.* (1975) consideraron que ambos biohorizontes, P.A. de *P. pseudobulloides* y U.A. de *Pv. eugubina*, coincidían, pero, posteriormente, se ha podido comprobar que el primer evento es anterior al segundo. La P.A. de *P. pseudobulloides* ha sido posteriormente el biohorizonte más utilizado para situar el límite superior de la Biozona (Smit, 1982; Toumarkine y Luterbacher, 1985; Berggren y Miller, 1988; Canudo y Molina, 1992a). No obstante, la U.A. de *Pv. eugubina* también es corrientemente utilizada (Keller, 1988a, 1989a; Canudo *et al.*, 1991; Berggren *et al.*, 1995; Pardo *et al.*, 1996) en el sentido original de Luterbacher y Premoli Silva (1964). Este biohorizonte puede ser un evento alternativo para situar el límite superior de la Biozona de *Pv. eugubina*, siempre y cuando se tengan en cuenta las diferencias taxonómicas con *Pv. longiapertura*.

En este trabajo se ha preferido seguir utilizando la clásica Biozona de *Pv. eugubina* porque es la biozona tradicionalmente más utilizada (Molina *et al.*, 1996a). Además, atendiendo a la asociación de foraminíferos (*Pv.*

eugubina, *E. fringa* s.s., *E. eobulloides* s.s., "*E. edita*" de pared lisa microperforada) descritos por Luterbacher y Premoli Silva (1964), Premoli Silva y Bolli (1973) y Premoli Silva (1977), el intervalo original de la Biozona de *Pv. eugubina* parece corresponderse mejor con la Biozona de *Pv. eugubina* de Molina *et al.* (1996a) que con la Biozona de *Pv. eugubina* (= *Pv. longiapertura*) de Smit (1982).

Biozona de *Parasubbotina pseudobulloides*

Definición: Biozona de Intervalo comprendida entre la P.A. de *P. pseudobulloides* y la P.A. de *Globanomalina compressa*. Esta biozona fue definida por Bolli (1966) y modificada en su límite superior por Blow (1979).

Características: En Caravaca tiene una potencia de 3,7 metros, consistente en margas grises con intercalación de margas calcáreas blancas. La asociación típica de la biozona es: *Gb. cretacea*, *Woodringina hornerstownensis*, *Ch. morsei*, *Ch. midwayensis*, *E. praecedita*, *G. imitata*, *Pr. taurica*, *E. appressa*, *E. simplicissima*, *E. microcellulosa*, *P. moskvi*, *P. pseudobulloides*, *Praemurica inconconstans*, *Pr. pseudoinconconstans*, *E. eobulloides*, *Eoglobigerina fringa*, *G. archeocompressa*, *Globanomalina planocompressa*, *Globastica daubjergensis*, *Eoglobigerina edita*, *Parasubbotina varianta*, *Eoglobigerina trivialis*. Se producen las P.A. de *P. pseudobulloides*, *Globanomalina planocompressa*, *Globastica daubjergensis*, *Eoglobigerina edita*, *Parasubbotina varianta*, *Eoglobigerina trivialis*, *Eoglobigerina pentagona*, *Praemurica inconconstans*, *Subbotina triloculinoide*, *Eoglobigerina polycamera*,

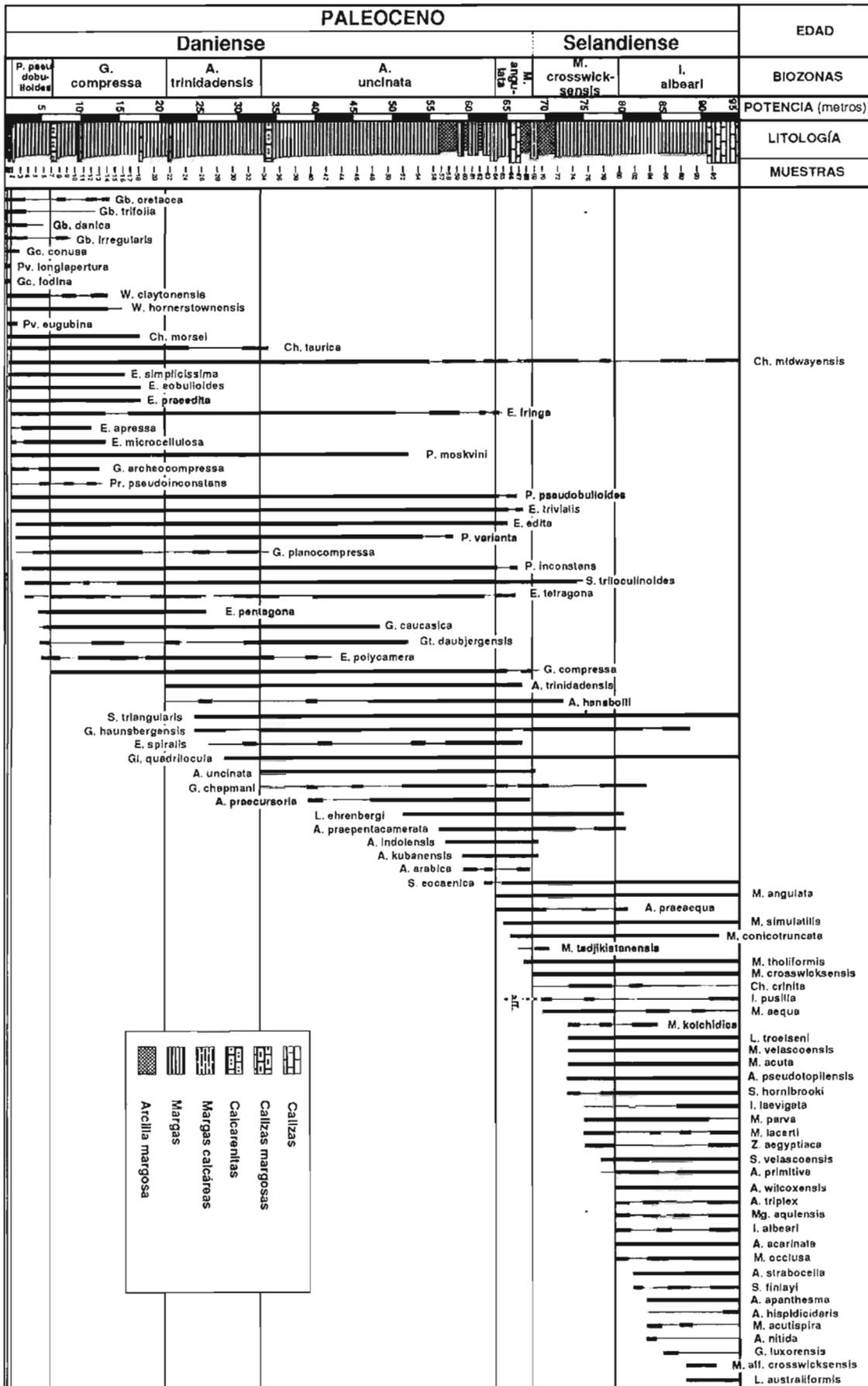


Figura 5. Distribución estratigráfica de los foraminíferos planctónicos del Daniense y Selandiense de Caravaca.

Globanomalina caucasica y *E. tetragona*. Se producen las U.A. de *Gc. conusa*, *Gb. irregularis*, *Gc. minutula*, *Gc. extensa*, *Gc. hillebrandti*, *Pv. cf. hemisphaerica*, *Pv. cf. theodosica*, *Pv. eugubina* y de las últimas especies cretácicas supervivientes al evento del límite Cretácico/Terciario (Figs. 4, 5).

Discusión: Esta biozona se corresponde con la parte inferior de las Biozonas de *Globorotalia pseudobulloides* de Bolli (1966) y Stainforth *et al.* (1975), de la Biozona de *Morozovella pseudobulloides* de Toumarkine y Luterbacher (1985) y de la Biozona de *Parasubbotina pseudobulloides* de Canudo y Molina (1992a), las cuales eran situadas entre la P.A. de *G. pseudobulloides* y la P.A. de *G. trinidadensis*. En este trabajo se ha subdividido este intervalo en dos biozonas (Biozona de *P. pseudobulloides* y Biozona de *G. compressa*), utilizando la P.A. de *G. compressa* como límite entre ambas. La Biozona de *P. pseudobulloides* es sinónima de la Subbiozona P1a de Blow (1979).

La Biozona de *P. pseudobulloides* es equivalente de la Biozona P1a de Berggren y Miller (1988), la cual fue definida entre la P.A. de *P. pseudobulloides* y la P.A. de *Subbotina triloculinoides*. La P.A. de *S. triloculinoides* ha sido situada en diferentes posiciones estratigráficas, debido a que la especie plantea problemas de tipo taxonómico, llegando a ser citada antes de la P.A. de *Parasubbotina pseudobulloides* (Keller, 1989a, b; D'Hondt y Keller, 1991). Esta especie puede haber sido confundida con *E. microcellulosa*, de morfología similar pero sin pórtico, cuya P.A. se produce antes de la P.A. de *P. pseudobulloides* y representa las formas transicionales entre *E. simplicissima* y *S. triloculinoides*.

Biozona de *Globanomalina compressa*

Definición: Biozona de Intervalo comprendida entre la P.A. de *Globanomalina compressa* y la P.A. de *Acarinina trinidadensis*. Esta biozona fue definida por Salaj (1974).

Características: En Caravaca tiene una potencia de 15 metros, consistente en margas grises con intercalación de calcarenitas blancas. La asociación típica de la biozona es: *Gb. cretacea*, *W. hornerstownensis*, *Ch. morsei*, *Ch. midwayensis*, *E. praedita*, *Pr. taurica*, *E. appressa*, *E. simplicissima*, *E. microcellulosa*, *P. moskvini*, *P. pseudobulloides*, *Pr. inconstans*, *Pr. pseudoconstans*, *E. eobulloides*, *E. fringa*, *G. planocompressa*, *Gt. daubjergensis*, *E. edita*, *P. variante*, *E. trivialis*. Se produce la P.A. de *Globanomalina compressa* y las U.A. de *E. simplicissima*, *E. eobulloides*, *G. imitata*, *G. archeocompressa*, *E. appressa*, *Gb. trifolia*, *Gb. cretacea*, *W. claytonensis*, *W. hornerstownensis*, *E. microcellulosa*, *Pr. pseudoconstans*, *Pr. taurica* (Fig. 5).

Discusión: Esta biozona se corresponde con la parte superior de las clásicas Biozonas de *Globorotalia pseudobulloides* de Bolli (1966) y Stainforth *et al.* (1975) y de la Biozona de *Morozovella pseudobulloides* de Toumarkine y Luterbacher (1985). La Biozona de *G. compressa* es sinónima de la Subbiozona de *Planorotalia compressa* de Salaj (1974) y Salaj *et al.* (1976) y se

corresponde con la parte inferior de la Subbiozona P1b de Blow (1979), que la definió como la biozona de intervalo entre la P.A. de *G.(T.) compressa* y la P.A. de *G.(A.) praecursoria praecursoria*. Este último autor utiliza *Globanomalina compressa* como marcador biozonal, al considerar que esta especie tiene una distribución paleoceanográfica amplia. La biozona de Blow (1979) ha sido subdividida en este trabajo en dos biozonas: Biozona de *G. compressa* y Biozona de *A. trinidadensis*.

La situación exacta de esta especie plantea una controversia, ya que Blow (1969) y Berggren (1969), consideran que la P.A. de *G. compressa* y *A. trinidadensis* coinciden. Blow (1979) indicó, en un estudio bioestratigráfico más completo, que la P.A. de *G. compressa* es incluso anterior a la P.A. de *S. triloculinoides*, razón por la cual las Biozonas P1b y P1c de Blow (1969) y Berggren (1969) son combinadas en la Biozona P1b de Blow (1979). Por el contrario, Berggren y Miller (1988) y Berggren *et al.* (1995) siguen considerando que ambas apariciones son isócronas. Sin embargo, Stainforth *et al.* (1975), Orue-etxebarría (1983, 1984), Toumarkine y Luterbacher (1985) y Canudo y Molina (1992a) indican claramente que la P.A. de *G. compressa* es anterior a la P.A. de *A. trinidadensis*. Este problema puede ser motivado por interpretaciones taxonómicas diferentes entre los diversos autores.

Biozona de *Acarinina trinidadensis*

Definición: Biozona de Intervalo comprendido entre la P.A. de *A. trinidadensis* y la P.A. de *A. uncinata*. Esta biozona fue definida por Bolli (1957).

Características: En Caravaca, esta biozona tiene una potencia de 12 metros, consistente en margas grises con intercalación de calcarenitas blancas. La asociación típica de esta biozona es: *P. variante*, *P. pseudobulloides*, *Pr. inconstans*, *E. edita*, *E. trivialis*, *E. fringa*, *G. compressa*, *G. caucasica*, *A. trinidadensis*, *S. triloculinoides*, *S. triangularis* y *Ch. midwayensis*. Se producen las P.A. de *Acarinina trinidadensis*, *S. triangularis*, *Globanomalina haunsbergensis*, *Eoglobigerina spiralis*, *Globorotaloides quadrilocula* y *A. hansbolli*. Por otro lado, se producen las U.A. de *E. praedita*, *P. moskvini*, *G. planocompressa*, *E. eobulloides*, *Ch. morsei* y *E. pentagona*.

Discusión: Esta biozona es sinónima de la Biozona de *Globorotalia trinidadensis* de Bolli (1966) y Stainforth *et al.* (1975), de la Biozona de *Morozovella trinidadensis* de Toumarkine y Luterbacher (1985) y de la Biozona de *A. trinidadensis* de Canudo y Molina (1992a). Es normal encontrar biozonas que se corresponden a la de *A. trinidadensis*, identificadas con el nombre de *Pr. inconstans* (Salaj, 1974).

La posición taxonómica y bioestratigráfica de *A. trinidadensis* es objeto, actualmente, de una polémica que surge por considerar *Pr. inconstans* como sinónimo de *A. trinidadensis*, debate que se inicia entre las antiguas escuelas soviéticas y occidentales. Blow (1979) y Berggren y Miller (1988) indican que ambas especies son sinónimas, en contraposición a Bolli (1957), Stainforth *et al.* (1975), Toumarkine y Luterbacher (1985) y Canudo y

Molina (1992a), que, atendiendo a los holotipos (Subbotina, 1953; Bolli, 1957), separan ambas morfoespecies. *A. trinidadensis* es el primer representante de *Acarinina* (por tener la concha parcialmente muricada) y una forma intermedia entre *Pr. inconstans* y *A. uncinata*, por lo que su P.A. es necesariamente posterior a la P.A. de *Pr. inconstans*. Esta falta de unanimidad en el concepto de ambas morfoespecies ha provocado una problemática en torno a la bioestratigrafía y magnetobiocronología del Daniense (Arenillas *et al.*, 1993; Arenillas, 1996).

Biozona de *Acarinina uncinata*

Definición: Biozona de Intervalo comprendido entre la P.A. de *A. uncinata* y la P.A. de *Morozovella angulata*. Esta biozona fue definida por Bolli (1957), modificada por Bolli (1966).

Características: En Caravaca, esta biozona tiene una potencia de 30 metros, consistente en margas grises con alguna intercalación de calcarenitas blancas en la parte inferior-media y alternancia de margas rojas y grises en la parte superior. La asociación típica de esta biozona es: *S. triloculinoides*, *S. triangularis*, *P. varianta*, *P. pseudobulloides*, *P. pseudoconstans*, *E. trivialis*, *E. spiralis*, *G. caucasica*, *G. haunsbergensis*, *G. chapmani*, *Paragloborotalia quadrilocula*, *A. hansbolli*, *A. trinidadensis*, *A. uncinata*, *A. praecursoria*, *Ch. midwayensis*. Se produce la P.A. de *A. uncinata*, *Globanomalina chapmani*, *A. praecursoria*, *Luterbacheria ehrenbergi*, *A. praepentacamerata*, *A. indolensis*, *A. kubanensis*, *A. arabica* y *S. eocaenica*. Por otro lado, se produce las U.A. de *P. varianta*, *Ch. taurica*, *P. moskvini*, *G. caucasica*, *Gt. daubjergensis* y *E. polycamera* (Fig. 5).

Discusión: Esta biozona es sinónima de la Biozona de *Globorotalia uncinata* de Bolli (1966) y Stainforth *et al.* (1975), la Biozona de *Morozovella uncinata* de Toumarkine y Luterbacher (1985), la Biozona P2 de Berggren y Miller (1988) y Berggren *et al.* (1995) y la Biozona de *Acarinina uncinata* de Canudo y Molina (1992a). Se ha convertido en una biozona clásica siendo muy pocos los autores que no la hayan reconocido o utilizado.

Blow (1979) considera su Biozona P2 como sinónimo de la Biozona de *A. uncinata* y utiliza la P.A. de *Acarinina praecursoria* como límite inferior; esta afirmación se realiza bajo la consideración de que *A. uncinata* es un sinónimo posterior de *A. praecursoria*. Sin embargo, estas especies no han sido consideradas tradicionalmente como sinónimas (Stainforth *et al.*, 1975; Toumarkine y Luterbacher, 1985; Berggren y Miller, 1988; Canudo y Molina, 1992a), habiéndose utilizado incluso sus P.A. como marcadores biozonales: Biozonas de *G. praecursoria uncinata* y *G. praecursoria praecursoria* de Salaj (1974) y Salaj *et al.* (1976). En este trabajo, se ha podido comprobar que la P.A. de *A. uncinata* (acarinínido con 5-6 cámaras en la última vuelta) es anterior a la P.A. de *A. praecursoria* (acarinínido con 6-9 cámaras en la última vuelta), por lo

que se considera aconsejable seguir utilizando la nomenclatura de la mayoría de las biozonaciones; sin embargo, el intervalo de la Biozona P2 de Blow (1979), tal como ha sido descrito por el propio autor, coincide con la Biozona de *Acarinina uncinata*.

Biozona de *Morozovella angulata*

Definición: Biozona de Intervalo comprendido entre la P.A. de *M. angulata* y la P.A. de *M. crosswicksensis*. Esta biozona fue definida por Bolli (1966) y modificada en su límite superior por Arenillas y Molina (1996a).

Características: En Caravaca tiene una potencia de 5 metros, consistente en una alternancia de margas rojas y margas calcáreas blancas. La asociación típica de la biozona es: *S. triangularis*, *S. triloculinoides*, *Gl. quadrilocula*, *A. uncinata*, *A. praecursoria*, *A. hansbolli*, *A. praepentacamerata*, *A. arabica*, *A. kubanensis*, *A. praeaequa*, *G. compressa*, *G. haunsbergensis*, *G. chapmani*, *L. ehrenbergi*, *M. angulata*, *M. conicotruncata*, *M. simulatilis*, *Ch. midwayensis*. Se produce la P.A. de *M. angulata*, *A. praeaequa*, *M. simulatilis*, *M. conicotruncata*, *M. tadjikistanensis* y *M. tholiformis*. Por otro lado, se produce la U.A. de *E. fringa*, *P. pseudobulloides*, *E. trivialis*, *E. edita*, *Pr. inconstans*, *E. tetragona*, *A. trinidadensis*, *E. spiralis*, *A. uncinata*, *A. praecursoria*, *A. indolensis*, *A. kubanensis* y *A. arabica* (Fig. 5).

Discusión: La Biozona de *M. angulata* se corresponde con la parte inferior de las clásicas Biozonas de *Globorotalia angulata* de Bolli (1957, 1966) y Stainforth *et al.* (1975), de la Biozona de *Morozovella angulata* de Toumarkine y Luterbacher (1985), la Biozona P3a de Berggren y Miller (1988) y la Biozona de *Morozovella angulata* de Canudo y Molina (1992a). Tradicionalmente ha sido utilizado como límite superior de estas biozonas la P.A. de *I. pusilla*. Sin embargo, el nombre *pusilla* ha sido utilizado con muchas acepciones, por lo que presenta problemas taxonómicos.

Blow (1979) considera que la P.A. de *I. pusilla* es anterior a la P.A. de *M. angulata*, por lo que su Biozona P3 o de *G.(M.) angulata angulata*, comprendería el intervalo combinado de *M. angulata*, *M. crosswicksensis* e *I. albeari* de este trabajo o las tradicionales Biozonas de *M. angulata* e *I. pusilla* (Canudo y Molina, 1992a).

Biozona de *Morozovella crosswicksensis*

Definición: Biozona de Intervalo comprendido entre la P.A. de *M. crosswicksensis* y la P.A. de *Igorina albeari*. Esta biozona fue definida por Arenillas y Molina (1996b).

Características: En Caravaca tiene una potencia de 11 metros, consistente en margas grises con un nivel de margas rojas en la base. La asociación típica de esta biozona es: *Gl. quadrilocula*, *G. haunsbergensis*, *S. triangularis*, *L. ehrenbergi*, *M. angulata*, *M. conicotruncata*, *S. eocaenica*, *M. crosswicksensis*, *Ch. crinita*, *S. velascoensis*. Se produce la P.A. de *M. crosswicksensis*, *Ch. crinita*, *I. pusilla*, *M. kolchidika*,

Luterbacheria troelseni, *Acarinina pseudotopilensis*, *Igorina laevigata*, *Morozovella lacerti*, *Subbotina velascoensis*, *Morozovella aequa*, *Morozovella velascoensis*, *Acarinina pseudotopilensis*, *Igorina laevigata*, *Morozovella lacerti*, *Zeauvigerina aegyptiaca* y *Acarinina primitiva*. Por otro lado, se produce la U.A. de *S. trilocolinoides*, *Ch. subcylindrica*, *C. chapamani*, *A. hansbolli*, *A. praepentacamerata*, *M. simulatilis* y *A. praeaquua* (Fig. 5).

Discusión: La Biozona de *M. crosswicksensis* equivale a la parte superior de la clásica Biozona de *Globorotalia angulata* y la parte inferior de la Biozona de *Globorotalia pusilla* (Bolli, 1957, 1966; Stainforth *et al.*, 1975; Toumarkine y Luterbacher, 1985; Berggren y Miller, 1988; Canudo y Molina, 1992a). En este trabajo, se utiliza la nueva Biozona de *M. crosswicksensis*, porque la P.A. de la especie homónima coincide probablemente con la base del Selandiense (Arenillas y Molina, 1996b).

Tradicionalmente ha sido utilizado como límite superior de la Biozona de *M. angulata* la P.A. de *I. pusilla*. Sin embargo, el nombre *pusilla* ha sido utilizado probablemente con muchas acepciones, habiendo sido considerada como *Planorotalites*, *Morozovella*, *Acarinina* o *Igorina* (Arenillas, 1996). Debido a estos motivos, en este trabajo se ha utilizado la P.A. de *I. albeari* como límite superior de esta biozona, biohorizonte utilizado por Berggren *et al.* (1995). Estos autores indican que la P.A. de *I. pusilla* coincide con la P.A. de *M. angulata* en DSDP Holes 384, 465 y ODP Hole 758A, por lo que la P.A. de *I. pusilla* puede ser diacrónica o taxonómicamente muy problemática.

Biozona de *Igorina albeari*

Definición: Biozona de Intervalo comprendida entre la P.A. de *I. albeari* y la P.A. de *Luterbacheria pseudomenardii*. Esta biozona fue definida por Berggren *et al.* (1995).

Características: En Caravaca tiene una potencia de 15 metros, consistente en margas gris-oscuras con un nivel de calizas-calizas margosas blancas en el techo. La asociación típica de la biozona es: *Gl. quadrilocula*, *Ch. midwayensis*, *G. haunsbergensis*, *S. triangularis*, *M. angulata*, *M. conicotruncata*, *S. eocaenica*, *M. crosswicksensis*, *Ch. crinita*, *S. velascoensis*, *I. pusilla*, *I. laevigata*, *L. troelseni*, *M. tholiformis*, *Mg. aquiensis*, *I. albeari*, *M. simulatilis*, *M. aequa*, *M. lacerti*, *A. wilcoxensis*, *A. triplex*, *A. acarinata* y *M. oclusa*. Se produce la P.A. de *I. albeari*, *A. acarinata*, *L. australiformis*, *Morozovella oclusa*, *Acarinina wilcoxensis*, *Acarinina triplex*, *Muricoglobigerina aquiensis*, *Acarinina strabocella*, *Subbotina finlayi*, *Acarinina apantesma*, *Acarinina hispidicidarum*, *Morozovella acutispira*, *Acarinina nitida*, *Globanoma lina luxorensis* y *Morozovella aff. crosswicksensis*. Por otro lado, se produce la U.A. de *M. kolchidika*, *Gl. quadrilocula*, *G. haunsbergensis*, *G. chapmani*, *L. ehrenbergi*, *A. praepentacamerata*, *A. praeaquua*, *M. simulatilis* e *I. pusilla* (Fig. 5).

Discusión: Esta biozona no se corresponde exactamente con las tradicionales Biozonas de *Globorotalia pusilla pusilla* de Bolli (1957, 1966) y Stainforth *et al.* (1975), de *Planorotalites pusilla* de Toumarkine y Luterbacher (1985), la Biozona P3b de Berggren y Miller (1988) y la Biozona de *Igorina pusilla* de Canudo y Molina (1992a).

Blow (1979) tampoco utiliza esta clásica biozona por considerar que la P.A. de *Igorina pusilla* es anterior a la P.A. de *Morozovella angulata*. Por tanto, *I. pusilla* puede presentar problemas taxonómicos o de diacronía (Berggren *et al.*, 1995). Por estas razones, se ha considerado conveniente seguir la última biozonación de Berggren *et al.* (1995), en la que se utiliza la Biozona P3b, la cual es sinónima de la Biozona de *I. albeari*. La P.A. de *I. albeari* es posterior a la P.A. de *I. pusilla* y *M. crosswicksensis*, por lo que esta biozona se corresponde con la parte superior de la clásica Biozona de *G. pusilla pusilla* de Bolli (1957, 1966).

I. albeari es una especie que puede presentar menores problemas taxonómicos, debido a su típica forma biconvexa, con gran número de cámaras en la última vuelta, su lento crecimiento y la incipiente formación de muricocarena circumcameral. Además ha sido encontrada en medios someros y profundos de bajas y altas latitudes (Blow, 1979).

Biozona de *Luterbacheria pseudomenardii*

Definición: Biozona de Intervalo comprendida entre la P.A. de *L. pseudomenardii* y la P.A. de *Muricoglobigerina soldadoensis*. Esta biozona fue definida por Bolli (1957) y modificada en su límite superior por Blow (1979).

Características: En Caravaca tiene una potencia de 11 metros, consistente en calizas blancas en la parte inferior y margas grises en la parte superior. La asociación típica de la biozona es: *Ch. midwayensis*, *S. triangularis*, *M. angulata*, *M. conicotruncata*, *M. crosswicksensis*, *Ch. crinita*, *S. eocaenica*, *S. velascoensis*, *I. pusilla*, *I. laevigata*, *L. troelseni*, *M. velascoensis*, *M. tholiformis*, *M. acuta*, *M. parva*, *A. acarinata*, *L. australiformis*, *Z. aegyptiaca*, *M. oclusa*, *L. pseudomenardii*, *Mg. mckannai*, *A. subphaerica*, *M. aequa*, *A. pseudotopilensis*, *S. hornibrooki*, *M. lacerti*, *A. primitiva*, *A. wilcoxensis*, *A. triplex*, *Mg. aquiensis*, *I. albeari*, *A. strabocella*, *S. finlayi*, *A. apantesma*, *A. hispidicidarum*, *M. acutispira*, *A. nitida*, *G. luxorensis* y *M. edgari*. Se producen las P.A. de *L. pseudomenardii*, *Acarinina subsphaerica*, *Muricoglobigerina mckannai*, *Chiloguembelina strombiformis*, *Morozovella edgari*, *Muricoglobigerina chascanona*, *Morozovella dolabrata*, *Globorotaloides pseudoimitata* y *Subbotina incisa* (Fig. 6).

Discusión: Esta biozona se corresponde con la parte inferior de la clásica Biozona de *Globorotalia pseudomenardii* de Bolli (1957, 1966) y Stainforth *et al.* (1975), la Biozona de *Planorotalites pseudomenardii* de Toumarkine y Luterbacher (1985), la Biozona P4 de Berggren y Miller (1988) y la Biozona de *Planorotalites*

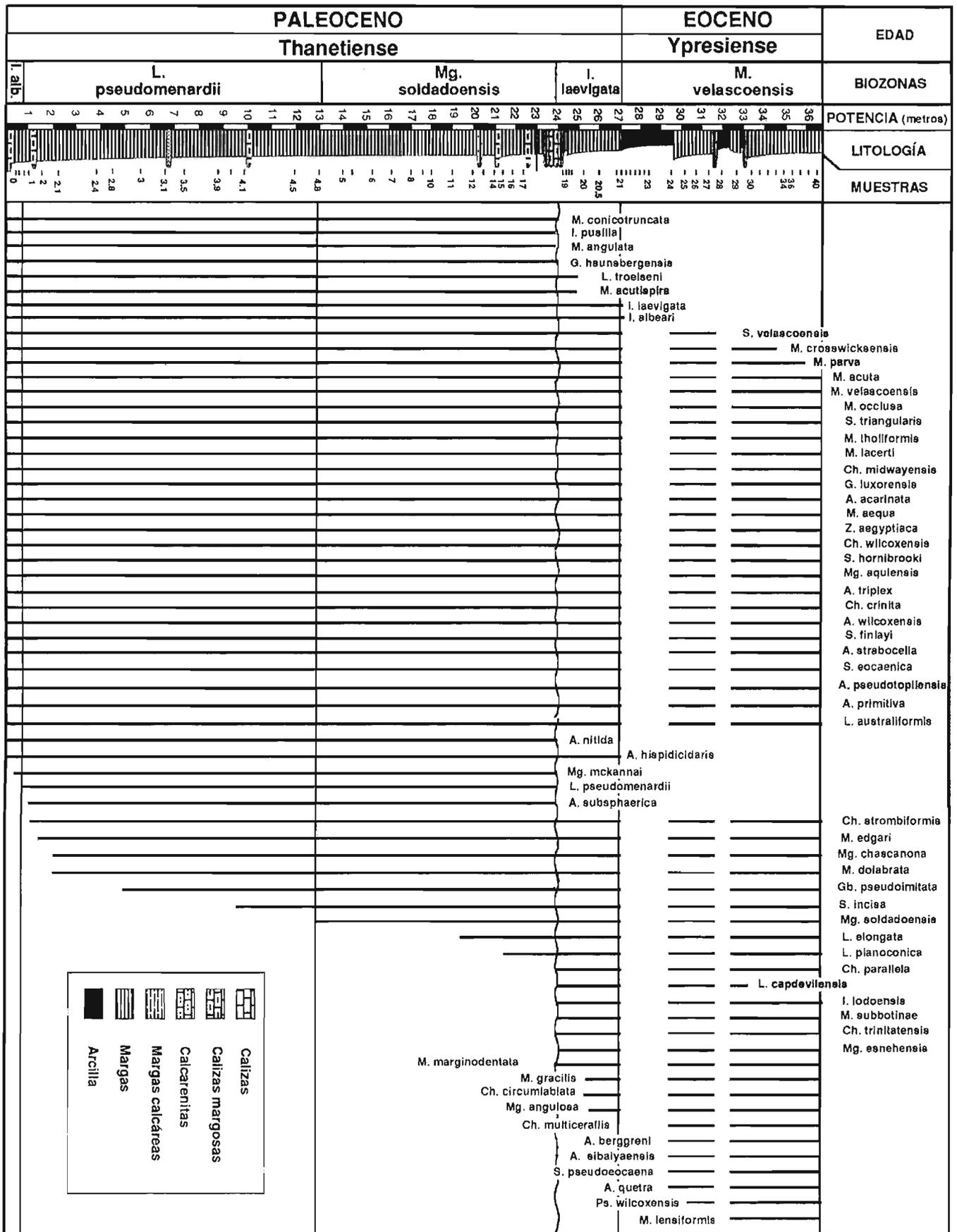


Figura 6. Distribución estratigráfica de los foraminíferos planctónicos del tránsito Paleoceno-Eoceno en Caravaca (modificado de Molina *et al.*, 1994, y Canudo *et al.*, 1995).

pseudomenardii de Canudo y Molina (1992a). Bolli (1957) definió esta biozona como la Biozona de Extensión total de *Globorotalia pseudomenardii*. Fue puesta en entredicho por Blow (1979), pero ha seguido siendo utilizada por la mayor parte de autores.

La Biozona de *L. pseudomenardii* de este trabajo es sinónima a la Biozona P4 de Blow (1979). Este autor indica que *Luterbacheria pseudomenardii* desaparece en niveles más altos que los considerados por Bolli (1957), por lo que prefiere utilizar como límite superior la P.A. de *Muricoglobigerina soldadoensis*. Blow (1979) utiliza como marcadores biozonales la P.A. de *P. pseudomenardii*, la P.A. de *M. soldadoensis*, la P.A. de *M. subbotinae* y la P.A. de *A. berggreni*, que dan nombres a otras tantas biozonas.

Berggren *et al.* (1995) dividen la clásica Biozona P4 o de *Planorotalites pseudomenardii* en tres subbiozonas (P4a, P4b y P4c), utilizando como límites intermedios la U.A. de *A. subsphaerica* y la P.A. de *Mg. soldadoensis*. La Biozona de *L. pseudomenardii* equivale, en principio, a las Biozonas P4a y P4b de los autores citados. Sin embargo, según Blow (1979), la U.A. de *A. subsphaerica* es posterior a la P.A. de *Mg. soldadoensis* y, según Canudo y Molina (1992a, b), Canudo *et al.* (1995) y Arenillas y Molina (1996a), isócrono o posterior a la U.A. de *L. pseudomenardii*, por lo que dicho biohorizonte puede presentar problemas de concepto taxonómico.

L. pseudomenardii es una morfoespecie cosmopolita de hábitat profundo, por lo que plantea problemas en medios someros de plataforma (Arenillas y Molina, 1996b). *A. subsphaerica* presenta una distribución estratigráfica similar a la de *L. pseudomenardii* y puede representar un marcador biozonal alternativo en aguas someras, teniendo en cuenta que sería preciso aclarar su posición taxonómica.

Biozona de *Muricoglobigerina soldadoensis*

Definición: Biozona de Coexistencia comprendida entre la P.A. de *M. soldadoensis* y la U.A. de *L. pseudomenardii*. Esta biozona fue definida por Blow (1979) y es modificada en su límite superior en este trabajo.

Características: En Caravaca tiene una potencia de 10,5 metros, consistente en margas grises. Presenta un hiato en su techo. La asociación típica de la biozona es: *Ch. midwayensis*, *S. triangularis*, *M. angulata*, *M. conicotruncata*, *M. crosswicksensis*, *Ch. crinita*, *S. eocaenica*, *S. velascoensis*, *I. laevigata*, *L. troelsenii*, *M. velascoensis*, *M. tholiformis*, *M. acuta*, *M. parva*, *A. acarinata*, *I. australiformis*, *Z. aegyptiaca*, *M. oclusa*, *L. pseudomenardii*, *Mg. mckannai*, *A. subphaerica*, *M. aequa*, *A. pseudotopilensis*, *S. hornibrooki*, *M. lacerti*, *A. primitiva*, *A. wilcoxensis*, *A. triplex*, *Mg. aquiensis*, *I. albeari*, *A. strabocella*, *S. finlayi*, *A. hispidicidarum*, *M. acutispira*, *A. nitida*, *G. luxorensis*, *M. edgari*, *G. haunsbergensis*, *Mg. chascanona*, *A. strabocella* y *A. apantesma*. Se produce la P.A. de *Mg. soldadoensis*, *Morozovella subbotinae*, *Luterbacheria elongata*, *Luterbacheria planoconica*, *Igorina lodoensis*,

Luterbacheria capdevillensis, *Chiloguembelina trinitatensis*, *Muricoglobigerina esnehensis* y *Chiloguembelina strombiformis*. Por otro lado, se produce la U.A. de *L. pseudomenardii*. e *L. pusilla* (Fig. 6).

Discusión: Esta biozona es sinónima de la Biozona P4c de Berggren *et al.* (1995) y se corresponde con la parte superior de la clásica Biozona de *Globorotalia pseudomenardii* de Bolli (1957, 1966) y Stainforth *et al.* (1975), la Biozona de *Planorotalites pseudomenardii* de Toumarkine y Luterbacher (1985), la Biozona P4 de Berggren y Miller (1988) y la Biozona de *Planorotalites pseudomenardii* de Canudo y Molina (1992a). Es equivalente a la Biozona P6 de Blow (1979), pero este autor utiliza como límite superior la P.A. de *M. subbotinae*.

Blow (1979) demuestra que la U.A. de *L. pseudomenardii* es posterior a la P.A. de *M. subbotinae*, por lo que la Biozona P6a de Blow (1969) y Berggren (1969) y la Biozona P5 de Berggren y Miller (1988) quedarían refutadas. Blow (1979) considera también que la U.A. de *L. pseudomenardii* es posterior a la U.A. de *M. velascoensis*, razón por la que posiblemente no utiliza ninguno de los dos biohorizontes como marcadores biozonales. Esta afirmación puede quedar en entredicho por varias razones: 1) las últimas figuraciones de *L. pseudomenardii* dadas por Blow (1979) son ejemplares mal conservados, quizá reelaborados, por lo que su distribución puede no ser tan amplia; 2) considera que la U.A. de *M. acuta* ocurre después de la U.A. de *M. velascoensis*, pero estas dos especies, de características morfológicas y palcoecológicas similares, se extinguen casi a la vez; 3) considera que la U.A. de *M. velascoensis* coincide con la P.A. de *Pseudohastigerina wilcoxensis*, pero posteriormente se ha comprobado que el primer biohorizonte es posterior al segundo (Stainforth *et al.*, 1975; Toumarkine y Luterbacher, 1985; Molina *et al.*, 1994; Canudo *et al.*, 1995). El segundo y tercer punto indican que la distribución estratigráfica de *M. velascoensis* puede ser más alta que la propuesta por el autor. Si se reajusta la posición dada por Blow (1979) para las U.A. de *L. pseudomenardii* y *M. velascoensis*, la posición estratigráfica del resto de especies se asemeja a la aquí propuesta.

Biozona de *Igorina laevigata*

Definición: Biozona de Intervalo comprendida entre la U.A. de *L. pseudomenardii* y la U.A. de *I. laevigata*. Esta biozona fue definida por Arenillas y Molina (1996a).

Características: En Caravaca tiene una potencia de 3,5 metros, pero presenta un hiato en su base (Molina *et al.*, 1994); consiste en margas grises con intercalación de calizas margosas en la parte superior. La asociación típica de esta biozona es: *Ch. midwayensis*, *S. triangularis*, *M. crosswicksensis*, *Ch. crinita*, *S. eocaenica*, *S. velascoensis*, *M. velascoensis*, *M. tholiformis*, *M. acuta*, *M. parva*, *A. acarinata*, *L. australiformis*, *Z. aegyptiaca*, *M. oclusa*, *M. aequa*, *A. pseudotopilensis*, *S. hornibrooki*, *M. lacerti*, *A. primitiva*, *A. wilcoxensis*, *A. triplex*, *Mg.*

aquiensis, *I. albeari*, *I. laevigata*, *I. lodoensis*, *A. hispidicidaris*, *A. strabocella*, *S. finlayi*, *A. apantesma*, *M. acutispira*, *G. luxorensis*, *M. edgari*, *Mg. chascanona*, *Mg. soldadoensis*, *M. subbotinae*, *L. elongata*, *L. planoconica*, *L. capdevillensis*, *A. nicoli*, *A. triplex* y *M. dolabrata*. Se produce la P.A. de *M. marginodentata*, *Morozovella gracilis*, *Chiloguembelina circumlabiata*, *Chiloguembelina multicerralis* y *Muricoglobigerina angulosa*. Por otro lado, se produce la U.A. de *A. nitida*, *A. subsphaerica*, *G. haumsbergensis*, *L. troelseni*, *M. conicotruncata*, *M. angulata*, *M. acutispira*, *Mg. mckannai*, *I. laevigata* y *A. hispidicidaris* (Fig. 6).

Discusión: Esta biozona se corresponde con la parte inferior de la clásica Biozona de *Globorotalia velascoensis* de Bolli (1957, 1966) y Stainforth *et al.* (1975), de la Biozona de *Morozovella velascoensis* de Toumarkine y Luterbacher (1985) y la Biozona P5 de Berggren *et al.* (1995).

Arenillas y Molina (1996a) propusieron esta biozona con el objetivo de definir por primera vez, dentro de la biozonación con foraminíferos planctónicos, una biozona cuyos límites (ya sea el superior o el inferior) coincidían con el límite Paleoceno/Eoceno, el cual está siendo situado en el evento de extinción en masa de foraminíferos bentónicos. En Zumaya, Caravaca. Alamedilla y Site 401 (Canudo y Molina, 1992b; Molina *et al.*, 1994; Canudo *et al.*, 1995; Arenillas y Molina, 1996a; Pardo *et al.*, 1996), la U.A. de *I. laevigata* coincide con el límite P/E, biohorizonte que se ha utilizado para situar el techo de esta biozona.

Tradicionalmente se ha considerado que la P.A. de *M. subbotinae* ocurre después de la U.A. de *P. pseudomenardii*, lo que llevó a la definición de la Biozona P5 de Blow (1969) y Berggren (1969), posteriormente utilizada en Berggren y Miller (1988). Sin embargo, la P.A. de *M. subbotinae* ha sido situada en diferentes horizontes según los autores, debido probablemente a la diferente interpretación taxonómica de esta especie y/o a su marcada diacronía. Blow (1979), Canudo y Molina (1992b), Canudo *et al.* (1995), Berggren *et al.* (1995) y Arenillas y Molina (1996a) apuntan ya este hecho, por lo que esta biozona debe ser refutada.

EVOLUCIÓN DE LAS ASOCIACIONES E IMPLICACIONES PALEOCEANOGRÁFICAS

La extinción en masa del límite Cretácico/Terciario representa una de las extinciones más importantes de la historia geológica. La extinción afectó a una gran cantidad de grupos de organismos, tales como los ammonites, belemnites, rudistas, siendo el de los dinosaurios el grupo emblemático. No obstante, no existe un acuerdo general sobre si la extinción de estos grupos fue gradual o catastrófica (Lamolda *et al.*, 1983; Molina, 1995). En la actualidad, se han propuesto varias hipótesis sobre el origen de esta extinción en masa, siendo la teoría del impacto la que ha despertado mayor interés. Desde

que se encontró una concentración anómala de iridio en Gubbio (Italia) en coincidencia con la mayor crisis biológica de foraminíferos planctónicos, se han aportado nuevas evidencias de impacto en la arcilla de límite Cretácico/Terciario, tales como la existencia de cuarzo de impacto, espinelas de níquel, nanodiamantes, microtectitas y el hallazgo de un posible cráter en la península del Yucatán (México) en coincidencia con el límite Cretácico/Terciario.

Los foraminíferos planctónicos son el grupo que aparentemente fue más afectado por este evento (Luterbacher y Premoli Silva, 1964; Smit, 1977, 1982, 1990; Canudo *et al.*, 1991; Molina *et al.*, 1996a). El debate sobre el modelo de extinción de los foraminíferos planctónicos en el límite Cretácico/Terciario ha conducido en la actualidad a la polémica entre los grupos de investigadores que apoyan una hipótesis más catastrofista (Smit, 1982) y los que apoyan una hipótesis más gradualista (Keller, 1988a,b, 1989a,b). Sin embargo, Molina *et al.* (1996a) y Arz y Arenillas (1996) destacan que, si bien la extinción de los foraminíferos no es total o casi total como propone Smit (1982, 1990), en coincidencia con el límite Cretácico/Terciario se produce la mayor extinción en masa de la historia de los foraminíferos planctónicos, quedando un reducido número de especies oportunistas, simples y de aguas someras. Estas especies dominaban en abundancia en latitudes altas, por lo que la extinción no se observa de una forma tan clara en estas latitudes (Keller, 1993; Lu y Keller, 1993).

Smit (1990) describió un modelo de extinción en masa catastrófica en el límite Cretácico/Terciario del corte de Caravaca, además de la existencia de anomalías de iridio, microtectitas y cambios isotópicos en el límite. Sin embargo, Canudo *et al.* (1991) propusieron un modelo de extinción más gradual, planteándose una problemática en torno a la posible reelaboración o no de las especies cretácicas que aparecen en la base del Paleoceno. El estudio comparativo del corte de Caravaca (Smit, 1982, 1990; Canudo *et al.*, 1991) junto con los de Agost (Smit, 1982; Canudo *et al.*, 1991; Molina *et al.*, 1996a; Arz y Arenillas, 1996; Pardo *et al.*, 1996) y el de Aïn Settara (Dupuis *et al.*, en prensa) ha permitido realizar un estudio de tipo filogenético, bioestratigráfico y cuantitativo más detallado, permitiendo realizar una revisión taxonómica en la base del Daniense (Arenillas, 1996).

En el evento del límite Cretácico/Terciario se extinguen la casi totalidad de foraminíferos planctónicos de aguas profundas e intermedias (*Globotruncana*, *Racemiguembelina*, *Abathomphalus*, etc.), produciéndose un brusco descenso de $\delta^{13}\text{C}$ (Canudo *et al.*, 1991), que es explicado como un brusco descenso de la productividad. Persiste un pequeño porcentaje de géneros de foraminíferos planctónicos, géneros que son generalmente oportunistas, de pequeño tamaño y de aguas superficiales (*Hedbergella*, *Guebelitria*, *Heterohelix*, etc.). La abundancia de gran parte de sus especies en la base de la Biozona de *Gb. cretacea* es inferior a la abundancia de las mismas en el Maastrichtiense (Canudo

et al., 1991; Arz y Arenillas, 1996), adquiriendo un tamaño inferior; este hecho indica que las especies supervivientes también fueron afectadas por el evento (Arz y Arenillas, 1996). Las especies de *Guembelitra* y *Hedbergella* fueron, dentro del grupo de especies cretácicas, las que presentaron una mayor abundancia en la base de la Biozona de *Gb. cretacea*, siendo probablemente las especies supervivientes más oportunistas.

La tasa de especiación de foraminíferos planctónicos en la base del Daniense es la mayor de la historia evolutiva de los foraminíferos planctónicos (Fig. 4). Esto no constituye ninguna sorpresa, teniendo en cuenta que tras la extinción en masa de los foraminíferos planctónicos, casi todos los nichos pelágicos quedaron vacantes (D'Hondt, 1991; Molina *et al.*, 1996a; Arenillas y Arz, 1996). Inicialmente, la rápida especiación se refleja en cambios morfológicos, los cuales permiten una gran resolución biocronoestratigráfica (Berggren *et al.*, 1995). La base del Daniense contiene un conjunto de especies de morfología muy variable, e incluso, de tipo teratológico, por lo que la mayor parte de los autores han sido muy cautos a la hora de definir especies (Liu y Olsson, 1992). Sin embargo, la rápida explosión de formas pequeñas se manifiesta por la adquisición de caracteres modales, que en especies más evolucionadas han constituido criterio suficiente para clasificar estas formas incluso en géneros diferentes. La diferenciación y distinción de estas morfoespecies permite adquirir una mayor información acerca de su filogenia, y una mayor resolución bioestratigráfica (D'Hondt y Keller, 1991; Canudo *et al.*, 1991; Molina *et al.*, 1996a; Arenillas y Arz, 1996; Arenillas, 1996).

El Daniense se caracteriza por un bajo contenido en $\delta^{13}\text{C}$ en comparación con el Cretácico y Paleoceno superior, explicado como un descenso generalizado de la productividad de los océanos, hecho que ha sido confirmado en los estudios isotópico-estratigráficos de aguas profundas y superficiales. Atendiendo a los datos de Stott *et al.* (1990) en la Antártida, el Daniense se caracteriza por constituir una etapa fría en comparación con el Cretácico Superior y el Paleoceno superior, presentando una termoclina menos desarrollada. En líneas generales, el análisis cuantitativo de los foraminíferos planctónicos en Caravaca confirma la consideración de que las aguas superficiales marinas se mantuvieron frías durante casi todo el Daniense. En la parte inferior del Daniense, la mayor parte de los foraminíferos planctónicos pueden considerarse como esencialmente cosmopolitas, por lo que el índice C/F puede no constatar cambios térmicos sino más bien cambios de tipo evolutivo. Por esta razón, este índice no puede ser aplicado a la base del Paleoceno, pues la mayor parte de los foraminíferos presentan una estrategia-r oportunista.

Por otro lado, especies como *P. pseudobulloides*, *P. moskvini*, *S. triloculinooides* o *G. compressa* pudieron ser inicialmente más cosmopolitas, siendo abundantes en aguas más cálidas y en profundidades superficiales a intermedias, readaptándose posteriormente a aguas más

frías y de profundidades intermedias a altas (Boersma y Premoli Silva, 1983). El medio superficial y cálido fue colonizado por especies más especializadas como *Pr. inconstans* o *Pr. pseudoconstans*. La evolución o aparición de *Praemurica* puede ser el primer gran evento claro de especialización hacia una estrategia-K en el Paleoceno inferior (Figs. 7, 8). Este género es más abundante en latitudes bajas, lo que ha permitido establecer el índice C/F en las Biozonas de *P. pseudobulloides* y *G. compressa*.

Atendiendo al índice C/F, el Daniense de Caravaca puede ser caracterizado por tres periodos (Fig. 9):

1.- La parte inferior del Daniense (parte superior de las Biozonas de *P. pseudobulloides* y *G. compressa*) presenta un índice C/F de 30-35%, alcanzándose en el techo de la Biozona de *G. compressa* los mayores valores (40-50%). Este intervalo puede caracterizarse como un periodo de recuperación de la productividad de los océanos tras el evento del límite Cretácico/Terciario, sin alcanzar en ningún momento la productividad maastrichtense. Después de la alta tasa de especiación en la base del Paleoceno, la riqueza específica se mantiene prácticamente constante en torno a 25-27 especies.

2.- La parte media del Daniense (Biozona de *A. trinidadensis* y parte inferior de la Biozona de *A. uncinata*) presenta un índice C/F de 25-30%. Durante este intervalo, se han detectado bajadas relativas no muy apreciables de la productividad superficial de los océanos. Este periodo se caracteriza, por tanto, por una bajada relativa de la productividad y probablemente de la temperatura de las aguas superficiales con respecto al periodo anterior. La riqueza específica disminuye, producto de extinciones y desapariciones en la parte inferior de este periodo, manteniéndose posteriormente en torno a 18-22 especies.

3.- La parte superior del Daniense (parte superior de la Biozona de *A. uncinata* y Biozona de *M. angulata*) presenta un índice C/F del 40-50%. Durante este intervalo, se han detectado subidas relativas de la productividad superficial de los océanos a nivel mundial. La riqueza de especies aumenta también durante este periodo (24-26 especies), mientras que el índice C/F se define claramente con la aparición de acarínidos y globanomalínidos más especializados y la aparición de los morozovélidos.

A nivel mundial, el tránsito Daniense-Selandiense se caracteriza por un incremento de la productividad superficial. Este evento puede correlacionarse con la subida brusca del nivel del mar, tras una regresión generalizada, detectada en la base del Selandiense (Haq *et al.*, 1988; Pujalte *et al.*, 1995; Schmitz *et al.*, 1996; Molina *et al.*, 1996b, c), y podría utilizarse como límite Daniense/Selandiense. El evento coincide con la base de la Biozona de *M. crosswicksensis* en Zumaya (Arenillas y Molina, 1996b), en Osinaga (Canudo y Molina, 1992c) y también, a menor escala, en Caravaca (Molina *et al.*, 1996b).

Durante el tránsito Daniense-Selandiense se produce el relevo faunístico de las formas típicas del Daniense, siendo sustituidas de una forma gradual por las del

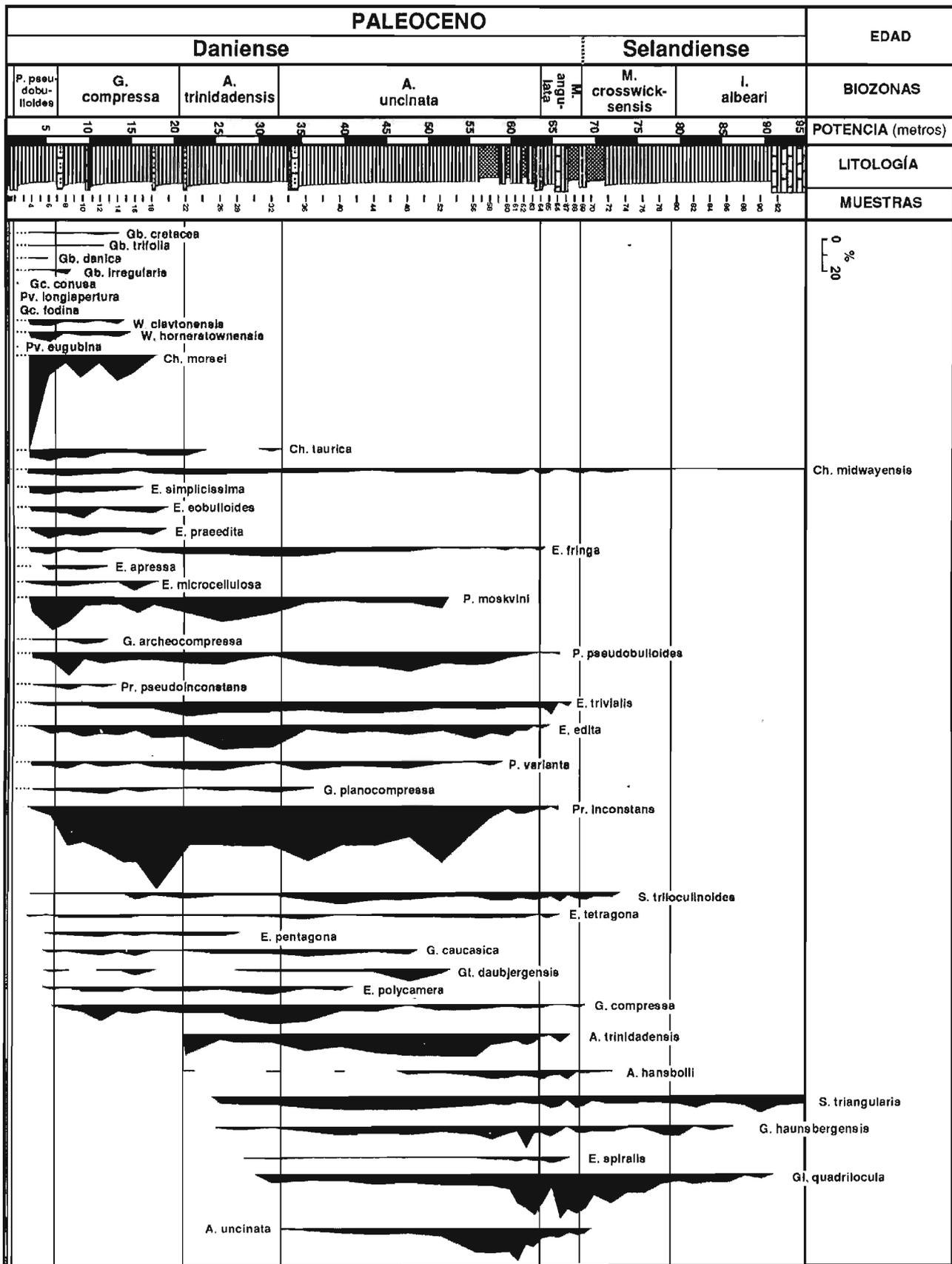


Figura 7. Frecuencia relativa de las especies de foraminíferos planctónicos de la fracción mayor de 106 μ m del Daniense y Selandiense en Caravaca.

Selandiense. Nuevos géneros como *Morozovella* y *Luterbacheria* sustituyen en abundancia a los géneros *Acarinina* y *Globanomalina* del Daniense superior (Figs. 7, 8), el primero de los cuales queda reducido a formas de pequeño tamaño tales como *A. praeaequa* o *A. hansbolli*. La aparición de estos géneros, claramente especializados o de estrategia-K (Berggren y Olsson, 1986; Boersma y Premoli Silva, 1991), contribuye a que se defina completamente el índice C/F. La riqueza específica, sin embargo, se mantiene relativamente baja en torno a 25 especies, existiendo un ligero descenso de la riqueza en la base de la Biozona de *M. crosswicksensis* (20 especies). En Caravaca se observa un ascenso fuerte del índice C/F hasta el 50-70%. Este evento puede correlacionarse con el brusco ascenso de la productividad y la temperatura marina superficial y profunda detectado a nivel mundial (Shackleton *et al.*, 1985; Stott *et al.*, 1990).

El Paleoceno superior se caracteriza por presentar los mayores valores de $\delta^{13}\text{C}$ probablemente de todo el Cenozoico (Shackleton *et al.*, 1985; Stott *et al.*, 1990). Se ha sugerido que el enriquecimiento de $\delta^{13}\text{C}$ es causado por el incremento de la productividad de las aguas superficiales con el consiguiente corolario de la expansión de la zona de mínima oxigenación. La existencia de una zona de mínima oxigenación expandida ha sido confirmada por la diferencia en $\delta^{13}\text{C}$ ($\Delta\delta^{13}\text{C}$) de los foraminíferos planctónicos habitantes de aguas superficiales (*Morozovella*) e intermedios - profundos (*Subbotina*), existiendo un incremento en $\delta^{13}\text{C}$ en aguas superficiales. El enriquecimiento está, por tanto, acompañado por un incremento del gradiente batimétrico de $\delta^{13}\text{C}$ (Shackleton *et al.*, 1985), sugiriendo una alta productividad biológica superficial con respecto al Paleoceno inferior (Boersma y Premoli Silva, 1983; Shackleton *et al.*, 1985). El desproporcionado alto contenido de $\delta^{13}\text{C}$ requiere cambios globales en el ciclo del carbono (Shackleton *et al.*, 1985). El análisis cuantitativo del corte de Caravaca sugiere que el calentamiento más acusado comienza en la base de la Biozona de *M. crosswicksensis*, alcanzándose una media del índice C/F de entre el 60-70% en el Paleoceno superior. Este calentamiento culmina en el límite Paleoceno/Eoceno, que presenta una media del índice C/F del 80%.

Uno de los hechos más destacables durante el Paleoceno superior es la fuerte tasa de especiación, que provoca el aumento progresivo de la diversidad tanto en bajas como en altas latitudes (Fig. 5, 6). En Caravaca, de 20 especies en la base de la Biozona de *M. crosswicksensis*, se pasa a 34 en la base de la Biozona de *I. albeari*, 44 en la parte media de la Biozona de *L. pseudomenardii* y 48 en la Biozona de *Mg. soldadoensis*, llegando a un máximo en la base del Ypresiense con 54 especies. El registro de $\delta^{18}\text{O}$ sugiere que los foraminíferos planctónicos de aguas superficiales (*Morozovella*) y los de aguas intermedias-profundas (*Subbotina*) divergen en el Paleoceno medio. Este hecho coincide con la evolución inicial de *Morozovella* (Berggren y Olsson, 1986), que según Corfield y Shackleton (1988) puede ser uno de los responsables del incremento de la productividad de los

océanos en el Paleoceno medio-superior, sugiriéndose que esta divergencia se debe a la colonización de los diferentes hábitats de la columna de agua. Estos autores indican que la divergencia, detectada en el Pacífico central y en el Atlántico sur, se debe a una termoclina bien desarrollada, que separa los hábitats superficiales y profundos en la columna de agua. Atendiendo al marco teórico propuesto para el Paleoceno superior, el incremento en la productividad implicó el aumento de CO_2 atmosférico en los océanos, el incremento de carbono orgánico en los sedimentos, la expansión e intensificación de la zona de mínima oxigenación y la separación de los nichos de *Morozovella*, *Acarinina* y *Subbotina*. La consumición de CO_2 atmosférico pudo provocar un enfriamiento de las aguas superficiales en altas latitudes y consiguientemente un enfriamiento de las aguas profundas en bajas latitudes.

El evento de extinción del límite Paleoceno/Eoceno afectó fundamentalmente a los microforaminíferos bentónicos de los medios batiales y abisales, los cuales sufrieron una extinción que puede calificarse de masiva (Kennet y Stott, 1991; Lu y Keller, 1993; Molina *et al.*, 1994). El evento coincide con fuertes cambios negativos de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$ provocados por un calentamiento global de las aguas marinas profundas, un evento hipóxico-anóxico, debido al calentamiento y al cambio de la circulación oceánica abisal, y un descenso de la productividad superficial (Shackleton *et al.*, 1985; Stott y Kennet, 1990; Lu y Keller, 1993; Canudo *et al.*, 1995). Coincidiendo con la extinción de los foraminíferos bentónicos se ha observado una variación cuantitativa en las asociaciones de foraminíferos planctónicos en el Atlántico norte (Canudo y Molina, 1992a, b; Canudo *et al.*, 1995; Pardo *et al.*, 1995, 1997; Arenillas y Molina, 1996b, Orue-etebarría *et al.*, 1996), en el Tetis (Canudo *et al.*, 1995; Arenillas y Molina, 1996a), en el Pacífico (Lu y Keller, 1995) y en el Antártico (Stott y Kennet, 1990; Lu y Keller, 1993). Esta variación en las proporciones relativas de los foraminíferos planctónicos indica que toda la columna de agua fue afectada, si bien no se observa una extinción relevante en los foraminíferos planctónicos (Molina, 1994).

Se ha encontrado un brusco aumento del índice C/F situado en la parte inferior de la Biozona de *Morozovella velascoensis*, producto de un fuerte incremento de las especies propias de aguas cálidas, especialmente de *Acarinina*. Este evento se detecta claramente en los cortes de Caravaca (Molina *et al.*, 1994), Zumaya (Canudo *et al.*, 1995) y Alamedilla (Arenillas y Molina, 1996a). En Caravaca se produce un máximo en la riqueza específica de foraminíferos planctónicos, siendo de 50-55 especies. Por otro lado, en la parte inferior de la Biozona de *Morozovella velascoensis*, el índice C/F alcanza valores máximos (hasta el 90%).

Además, existe un cambio cuantitativo entre los géneros *Morozovella* y *Acarinina*, pues de dominar el género *Morozovella* en el Paleoceno superior, se pasa a una dominación clara de *Acarinina* sobre *Morozovella*, evento que ocurre en un corto intervalo de tiempo en la parte inferior de la Biozona de *Morozovella velascoensis*

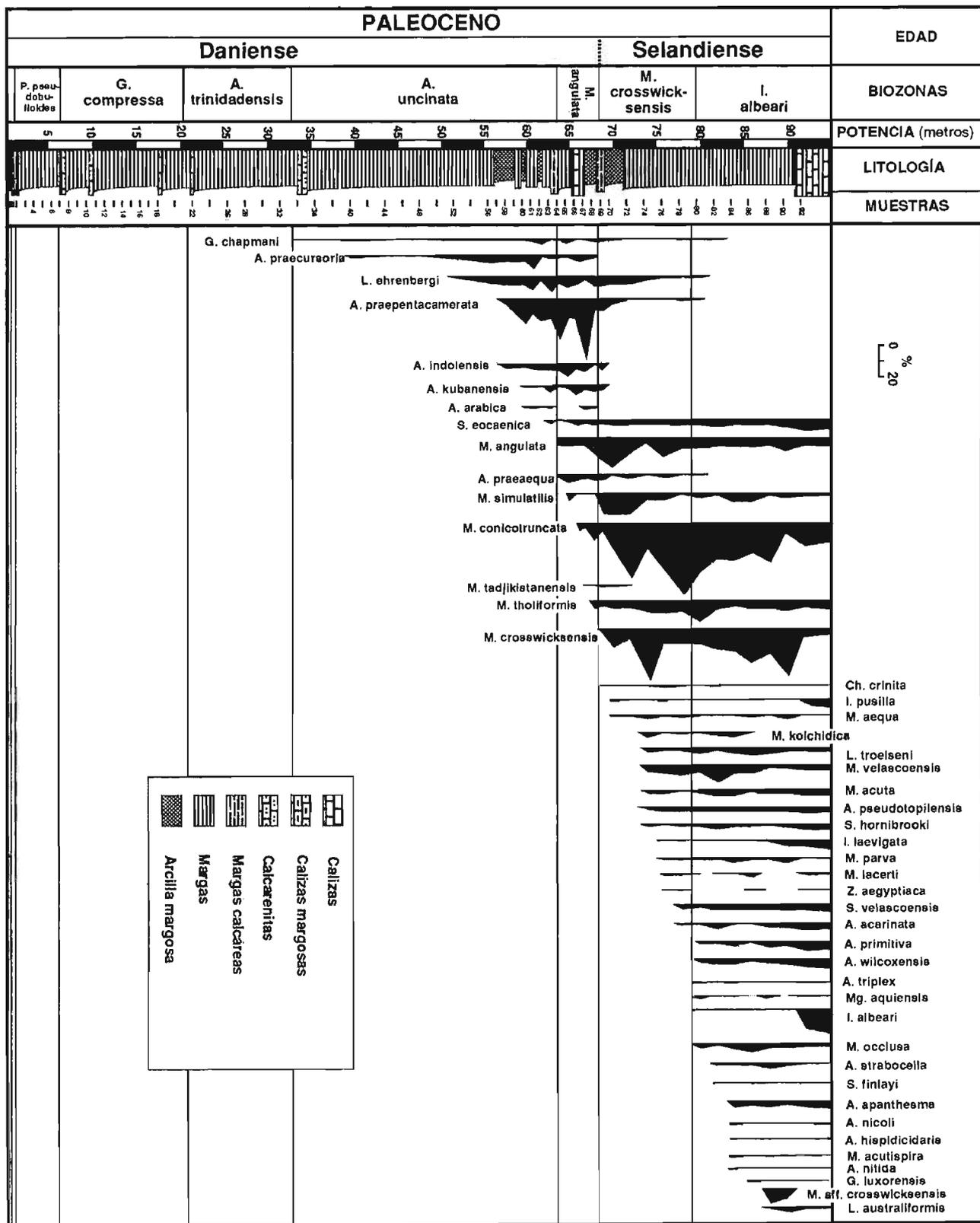


Figura 8. Frecuencia relativa de las especies de foraminíferos planctónicos de la fracción mayor de 106 mm del Daniense y Selandiense en Caravaca.

(Fig. 9). Destaca también el cambio faunístico en el grupo de acarinínidos, hecho que se manifiesta con la aparición, e incremento brusco en su abundancia, de especies poco frecuentes, como *A. berggreni*, *A.*

sibaiyaensis y *A. africana*, aunque la última no se ha identificado en Caravaca (Fig. 6). La P.A. de estas especies puede producirse en el Tetis central (Arenillas y Molina, 1996a), probablemente producto del carácter

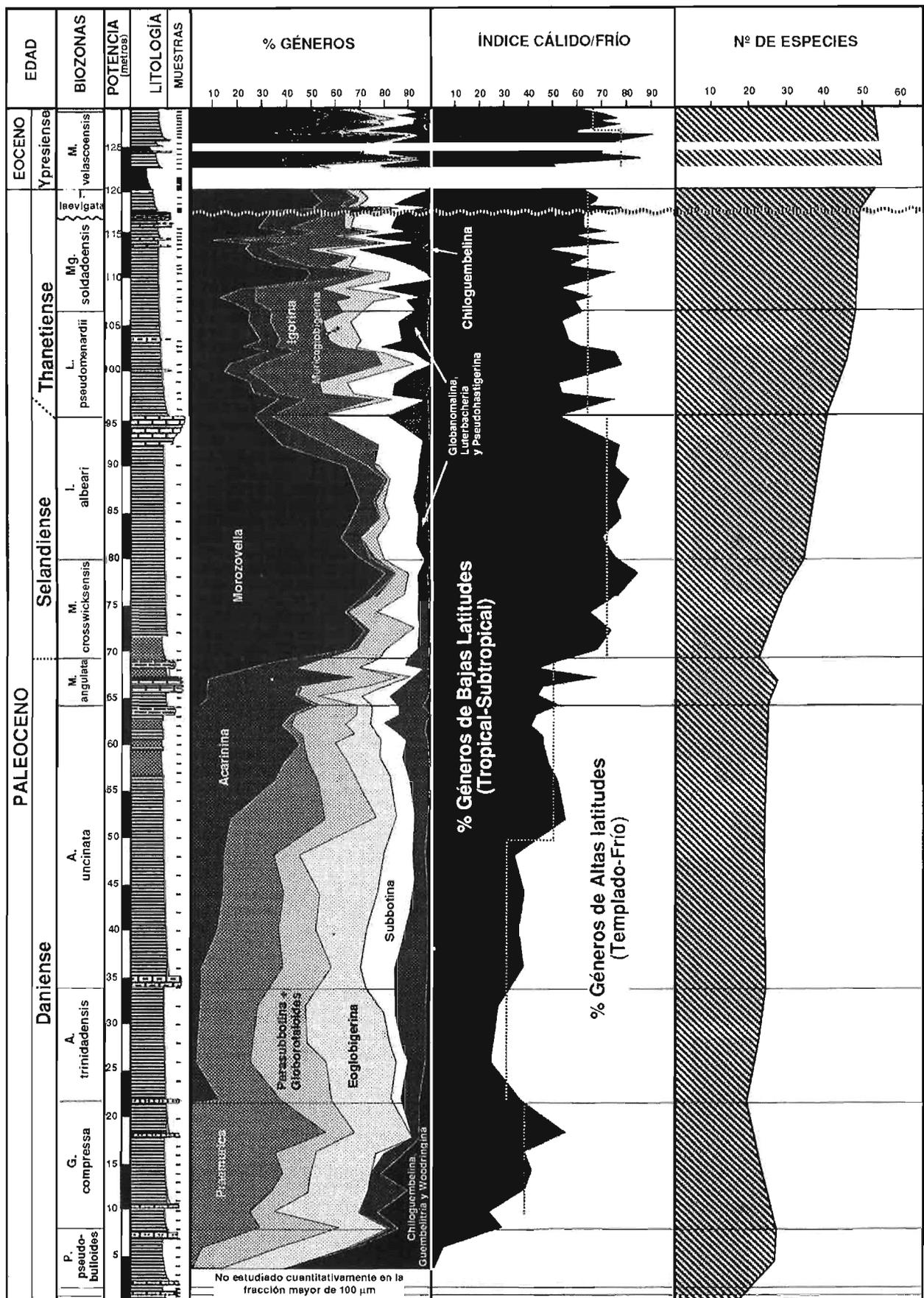


Figura 9. Frecuencia relativa de los géneros de foraminíferos planetónicos de la fracción mayor de 106 µm del Paleoceno en Caravaca (1ª columna). Variación del índice C/F (2ª columna). Variación de la riqueza específica (3ª columna).

restrictivo de esta región durante el evento del límite Paleoceno/Eoceno. En Caravaca, el "pico" máximo de *Acarinina* puede estar enmascarado por el nivel de disolución de la base de la Biozona de *M. velascoensis* (Molina *et al.*, 1994).

El origen de estos cambios en el evento del límite P/E se encuentra en un calentamiento brusco de las aguas marinas profundas, mediante rápidas incursiones de aguas densas, cálidas, salinas y bajas en nutrientes hacia los polos que influyeron en el calentamiento de las altas latitudes. En líneas generales, se produjo una reorganización temporal de la estructura térmica y de la circulación global de los océanos. El nacimiento del Mar Noruego-Groenlandés, hace entre 60 y 58 Ma., pudo afectar a la distribución general de las corrientes marinas durante el Paleoceno superior y Eoceno inferior en el Atlántico norte (Berggren y Olsson, 1986). La tectónica global y el régimen de las dorsales centrooceánicas pudieron provocar también fluctuaciones eustáticas del mar en un corto periodo de tiempo durante el tránsito Paleoceno-Eoceno (Haq *et al.*, 1988).

La actividad volcánica-hidrotermal pudo incrementar el contenido en CO₂ de la atmósfera y ser la causa de la anoxia, del intervalo de disolución de carbonatos y de una fuerte subida del nivel del mar (Molina *et al.*, 1994; Orue-Etxebarria *et al.*, 1996). El efecto invernadero pudo provocar la reducción del gradiente de temperaturas entre los polos y el ecuador y, por consiguiente, el aumento del porcentaje de géneros de bajas latitudes. Todos estos efectos han sido detectados en Caravaca, Alamedilla, Zumaya, Campo y Site 401 (Canudo y Molina, 1992b; Molina *et al.*, 1994; Canudo *et al.*, 1995; Pardo *et al.*, 1995, 1996).

CONCLUSIONES

El corte de Caravaca permite proponer una nueva biozonación para el Paleoceno, distinguiéndose 12 biozonas. Se han utilizado las nuevas biozonas de *M. crosswiksensensis* e *I. laevigata* con el objetivo de situar los límites Daniense/Selandiense y Paleoceno/Eoceno dentro de una bioestratigrafía detallada con foraminíferos planctónicos. La base de la Biozona de *M. crosswiksensensis* coincide con los cambios litológicos, faunísticos y cuantitativos más importantes de la parte media del Paleoceno y puede correlacionarse con la base del Selandiense.

El análisis cuantitativo del corte de Caravaca permite distinguir dos periodos en el Paleoceno: el Daniense con un índice C/F bajo y el Selandiense-Thanetiense con un índice C/F alto. En el límite Cretácico/Terciario se produce la extinción en masa de foraminíferos planctónicos más importante de su historia y, posteriormente, una alta tasa de especiación. El Daniense se caracteriza por una diversidad específica baja, coherente con un medio de baja productividad y baja temperatura. Durante el Selandiense-Thanetiense se produce un incremento progresivo de la diversidad específica, hasta un máximo en el límite Paleoceno/Eoceno. Este hecho es compatible con el importante

aumento de la productividad y de la temperatura detectado a nivel mundial en el Paleoceno superior, tendencia que culmina en el límite Paleoceno/Eoceno con la extinción en masa de los pequeños foraminíferos bentónicos e importantes cambios isotópicos y en las asociaciones de foraminíferos planctónicos.

AGRADECIMIENTOS

I.A. disfruta de una beca de la Diputación General de Aragón (n.º ref. BCB3692). Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto PB94-0566 de la DGICYT.

BIBLIOGRAFÍA

- Abtahi, M. 1975. Stratigraphische und mikropaläontologische Untersuchung der Kreide/Althertiar Grenze im Barranco del Gredero (Caravaca, Prov. Murcia SE-Spanien). *Revista Española de Microplaeontología*, **7**, 15-64.
- Angori, E. and Monechi, S. 1995. High-resolution calcareous nannofossil biostratigraphy across the Paleocene/Eocene boundary at Caravaca (southern Spain). *Israel Journal of Earth Sciences*, **44**, 197-206.
- Arenillas, I. 1996. *Los foraminíferos planctónicos del Paleoceno-Eoceno inferior: sistemática, bioestratigrafía, cronoestratigrafía y paleoceanografía*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 1-513. (Inédito).
- Arenillas, I. y Arz, J.A. 1996. Origen y filogenia de las primeras especies de foraminíferos planctónicos del Paleoceno basal, tras el límite Cretácico/Terciario. *Actas XII Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 281-285.
- Arenillas, I. y Molina, E. 1996a. Bioestratigrafía y evolución de las asociaciones de foraminíferos planctónicos del tránsito Paleoceno-Eoceno en Alamedilla (Cordilleras Béticas). *Revista Española de Micropaleontología*, **18**, 75-96.
- Arenillas, I. y Molina, E. 1996b. Bioestratigrafía con foraminíferos planctónicos y eventos paleoceanográficos del tránsito Daniense/Selandiense del corte de Zumaya (Guipúzcoa). *Actas XII Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 272-276.
- Arenillas, I., Canudo, J.I. y Molina, E. 1993. Correlación entre la magnetoestratigrafía y la bioestratigrafía con foraminíferos planctónicos del Paleoceno inferior en Agost (Béticas) y Zumaya (Pirineos). *IX Jornadas de Paleontología*, 1-6.
- Arz, J.A. y Arenillas, I. 1996. Discusión de los modelos de extinción para los foraminíferos planctónicos del límite Cretácico/Terciario en el corte de Agost (Cordilleras Béticas). *Actas XII Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 281-285.
- Berggren, W. A. 1969. Rates of evolution in some Cenozoic planktonic foraminifera. *Micropaleontology*, **15**, 351-365.
- Berggren, W. A. and Miller, K. G. 1988. Paleogene tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and magneto-biochronology. *Micropaleontology*, **34**, 362-380.

- Berggren, W. A. and Miller, K. G. 1989. Cenozoic bathyal and abyssal calcareous benthic foraminiferal zonation. *Micropaleontology*, **35**, 308-320.
- Berggren, W. A. and Olsson, R. K. 1986. North Atlantic Mesozoic and Cenozoic paleobiogeography. *Geological Society of America Bulletin*, **34**, 565-587.
- Berggren, W.A., Kent, D.V., Swisher, C.C. III and Aubry, M.P. 1995. A revised Paleogene Geochronology and Chronostratigraphy. In: *Geochronology, Time and Global Stratigraphic Correlation* (Eds. W.A. Berggren *et al.*). Society of Economic Geologist and Paleontologist, Special Publication, 1-392.
- Blow, W.H. 1969. Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In: *Proceedings First International Conference on Planktonic Microfossils* (Eds. O. Brönnimann and H.H. Renz), **1**, 199-422.
- Blow, W.H. 1979. *The Cainozoic Globigerinidae. A study of the morphology, taxonomy, evolutionary relationship and the stratigraphical distribution of some Globigerinidae (mainly Globigerinacea)*. E. J. Brill (ed.), Leiden, 3 vol., 1-1413.
- Boersma, A. and Premoli Silva, I. 1983. Paleocene planktonic foraminiferal biogeography and the paleoceanography of the Atlantic Ocean. *Micropaleontology*, **29**, 355-381.
- Boersma, A. and Premoli Silva, I. 1991. Distribution of Paleogene planktonic foraminifera analogies with the Recent?. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **83**, 29-48.
- Bolli, H.M. 1957. The genera *Globigerina* and *Globorotalia* in the Paleocene-lower Eocene Lizard Springs formation of Trinidad, B.W.I. *United States National Museum Bulletin*, **215**, 61-81.
- Bolli, H.M. 1966. Zonation of Cretaceous to Pliocene marine sediments based on Planktonic foraminifera. *Boletín informativo de la Asociación Venezolana de Geología Minera y Petrolera*, **9**, 1-34.
- Canudo, J.I. y Molina, E. 1992a. Bioestratigrafía con foraminíferos planctónicos del Paleógeno del Pirineo. *Neues Jahrbuch für Geologie and Paläontologie, Abhandlungen*, **186**, 97-135.
- Canudo, J. I. and Molina, E. 1992b. Planktic foraminiferal faunal turnover and bio-chronostratigraphy of the Paleocene-Eocene boundary at Zumaya (Northern Spain). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, **5**, 145-157.
- Canudo, J. I. y Molina, E. 1992c. Bioestratigrafía y evolución de los foraminíferos planctónicos del límite Cretácico/Terciario en Osinaga (Pirineo de Navarra). *Simposios III Congreso Geológico de España*, **2**, 54-62.
- Canudo, J. I., Keller, J. and Molina, E. 1991. Cretaceous/Tertiary boundary extinction pattern and faunal turnover at Agost and Caravaca, SE Spain. *Marine Micropaleontology*, **17**, 319-341.
- Canudo, J.I., Keller, G., Molina, E. and Ortiz, N. 1995. Planktic foraminiferal turnover and $\delta^{13}\text{C}$ isotopes across the Paleocene-Eocene transition at Caravaca and Zumaya, Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **114**, 75-100.
- Corfield, R.M. and Shackleton, N.J. 1988. Comment and Reply on "Danian faunal succession: planktonic foraminiferal response to a changing marine environment". *Geology*, **16**, 378-379.
- D'Hondt, S. L. 1991. Phylogenetic and stratigraphic analysis of earliest Paleocene biserial and triserial planktonic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, **21**, 168-181.
- D'Hondt, S.L. and Keller, G. 1991. Some patterns of planktic foraminiferal assemblage turnover at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Marine Micropaleontology*, **17**, 77-118.
- Dupuis, C., Steurbaut, E., Molina, E., Rauscher, R., Schuler, M., Tribouillard, N.P., Arenillas, I., Arz, J.A., Robaszynski, F. y Caron, M. and Larque, P. (en prensa). Biotic evolution and events across the Cretaceous-Tertiary (K/T) boundary in the newly discovered Ain Settara section (Kalaat-Senan area, Central Tunisia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
- Haq, B.U., Hardenbol, J. and Vail, P.R. 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea level change. *Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, Special Publications*, **42**, 71-108.
- Hillebrandt, A. von 1974. Bioestratigrafía del Paleógeno en el Sureste de España (Provincias de Murcia y Alicante). *Cuadernos de Geología*, **5**, 135-153.
- Jenkins, D.G. and Luterbacher, H. 1992. Paleogene stages and their boundaries (Introductory remarks). *Neues Jahrbuch für Geologie and Paläontologie, Abhandlungen*, **186**, 1-5.
- Keller, G. 1988a. Extinction, survivorship and evolution of Planktic Foraminifera across the Cretaceous/Tertiary boundary at El Kef, Tunisia. *Marine Micropaleontology*, **13**, 239-263.
- Keller, G. 1988b. Biotic turnover in benthic foraminifera across the Cretaceous/Tertiary boundary at El Kef, Tunisia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **66**, 153-171.
- Keller, G. 1989a. Extended period of extinctions across the Cretaceous/Tertiary boundary in planktonic foraminifera of continental-shelf sections: Implications for impact and volcanism theories. *Geological Society of America Bulletin*, **101**, 1408-1419.
- Keller, G. 1989b. Extended Cretaceous/Tertiary boundary extinctions and delayed population change in planktonic foraminifera from Brazos River, Texas. *Palaeogeography*, **4**, 287-332.
- Keller, G. 1993. The Cretaceous-Tertiary boundary transition in the Antarctic Ocean and its global implications. *Marine Micropaleontology*, **21**, 1-45.
- Keller, G. and MacLeod, N. 1994. Reply to comment on "Cretaceous-Tertiary boundary transition in the Antarctic Ocean and its global implications". *Marine Micropaleontology*, **24**, 101-118.
- Keller, G., MacLeod, N., Lyons, J.B. and Officer, C.B. 1995. The Cretaceous/Tertiary boundary stratotype sections at El Kef, Tunisia: How catastrophic was the mass extinction?. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **119**, 221-254.
- Kennett, J.P. and Stott, L. D. 1991. Abrupt deep-sea warming, palaeoceanographic changes and benthic

- extinctions at the end of the Paleocene. *Nature*, **353**, 225-229.
- Lamolda, M. A., Orue-etxebarria, X. and Proto-Decima, F. 1983. The Cretaceous-Tertiary boundary in Sopelana (Biscay, Basque Country). *Zitteliana*, **10**, 663-670.
- Liu, Ch. and Olsson, R.K. 1992. Evolutionary radiation of microperforate planktonic foraminifera the K/T mass extinction event. *Journal of Foraminiferal Research*, **22**, 328-346.
- Lu, G. and Keller, G. 1993. The Paleocene-Eocene transition in the Antarctic Indian Ocean: Inference from Planktic foraminifera. *Marine Micropaleontology*, **21**, 101-142.
- Lu, G. and Keller, G. 1995. Planktic foraminiferal faunal turnovers in the subtropical Pacific during the late Paleocene to early Eocene. *Journal of Foraminiferal Research*, **25**, 97-116.
- Luterbacher, H. e Premoli-Silva, I. 1964. Biostratigrafia del limite Cretaceo-Terziario nell'Apennino Centrale. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, **70**, 67-128.
- MacLeod, N. 1995. Graphic correlation of high-latitude Cretaceous-Tertiary (K/T) boundary sequences from Denmark, the weddell sea and kerguelen plateau: Comparison with the El Kef (Tunisia) boundary stratotype. *Modern Geology*, **20**, 109-147.
- Molina, E. 1994. Paleocene sections in Spain: chronostratigraphical problems and possibilities. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, **116**, 58-60.
- Molina, E. 1995. Modelos y causas de extinción masiva. *Interciencia*, **20**, 83-89.
- Molina, E., Canudo, J.I., Martínez-Ruiz, F., Ortiz, N. 1994. Integrated stratigraphy across the Paleocene/Eocene boundary at Caravaca, southern Spain. *Eclogae geologicae Helvetiae*, **87**, 47-61.
- Molina, E., Arenillas, I. and Arz, J.A.. 1996a. The Cretaceous/Tertiary boundary mass extinction in planktic foraminifera at Agost (Spain). *Revue de Micropaleontologie*, **39**, 225-243.
- Molina, E., Arenillas, I. and Gonzalvo, C. 1996b. Field trip guide to the Paleocene-Middle Eocene of Agost, Caravaca and Alamedilla. *Early Paleogene Stage Boundaries*, Zaragoza, 73-103.
- Molina, E., Arenillas, I. and Schmitz, B. 1996c. Field trip guide to the Paleocene and Early Eocene of Zumaya section. *Early Paleogene Stage Boundaries*, Zaragoza, 57-72.
- Ortiz, N. 1994. La extinción masiva de foraminíferos bentónicos batiales y abisales en el límite Paleoceno/Eoceno. In: Extinción y registro fósil (Ed. E. Molina). *Cuadernos Interdisciplinares*, **5**, 201-218.
- Ortiz, N. 1995. Differential patterns of benthic foraminiferal extinctions near the Paleocene/eocene boundary in the North Atlantic and the western Tethys. *Marine Micropaleontology*, **26**, 341-359.
- Orue-etxebarria, X. 1983. Los foraminíferos planctónicos del Paleógeno del Sinclinorio de Bizcaia (Corte de Sopelana-Punta de la Galea). Parte 1, *Kobie*, **13**, 175-249.
- Orue-etxebarria, X. 1984. Los foraminíferos planctónicos del Paleógeno del Sinclinorio de Bizcaia (Corte de Sopelana-Punta de la Galea). Parte 2, *Kobie*, **14**, 351-429.
- Orue-etxebarria, X., Apellaniz, E., Baceta, J.I., Coccioni, R., Leo, R. di, Dinares-Turell, J., Galeotti, S., Monechi, S., Núñez-Betelu, K., Pares, J.M., Payros, A., Pujalte, V., Samsó, J.M., Serra-Kiel, J., Schmitz, B. and Tosquella, J. 1996. Physical and biostratigraphic analysis of two prospective Paleocene-Eocene Boundary Stratotypes in the intermediate-deep water Basque Basin, western Pyrenees: The Trabakua Pass and Ermua sections. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, **201**, 179-242.
- Pardo, A., Keller, G., Molina, E. and Canudo, J.I. 1995. Planktic foraminiferal paleoecology along the Paleocene/Eocene transition at Site 401 (Bay of Biscay, North Atlantic). *Actas XI Jornadas de Paleontología*, 129-134.
- Pardo, A., Keller, G. and Ortiz, N. 1996. Latest Maastrichtian and K/T boundary foraminiferal turnover and environmental changes at Agost, Spain. In: *Biotic and environmental events across the Cretaceous/Tertiary boundary* (Eds. N. MacLeod and G. Keller). Norton Press, New York, 139-171.
- Pardo, A., Keller, G., Molina, E. and Canudo, J.I. 1997. Planktic foraminiferal turnover across the Paleocene-Eocene transition at DSDP Site 401, Bay of Biscay, North Atlantic. *Marine Micropaleontology*, **29**, 129-158.
- Premoli Silva, I. 1977. The earliest Tertiary *Globigerina eugubina* zone: Paleontological significance and geographical distribution. *Memoria, Segundo Congreso Latinoamericano de Geología*, **3**, 1541-1555.
- Premoli Silva, I. and Bolli, H.M. 1973. Late Cretaceous to Eocene planktonic foraminifera and stratigraphy of Leg 15 sites in the Caribbean Sea. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, **15**, 449-547.
- Pujalte, V., Baceta, J.I., Dinares-Turell, J., Orue-etxebarria, X., Parés, J.M. and Patros, A. 1995. Biostratigraphic and magnetostratigraphic intercalibration of latest Cretaceous and Paleocene depositional sequences from the deep-water Basque basin, western Pyrenees, Spain. *Earth and Planetary Science Letters*, **136**, 17-30.
- Romein, A. 1979. Lineages in early Paleocene nannoplankton. *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, **22**, 18-22.
- Salaj, J. 1974. Proposition pour les hypostratotypes du Danien et du Paléocène (Localité type de la formatio El Haria): Le Kef, Tunisie septentrionale). *Notes du Service Géologique de Tunisie*, **41**, 1-14.
- Salaj, J., Pozaryska, K. and Szczechura, J. 1976. Foraminiferida, zonation and subzonation of the Paleocene of Tunisia. *Acta Palaeontologica Polonica*, **21**, 127-200.
- Schmitz, B., Molina, E. and Von Salis, K. 1996. The Zumaya section in Spain: A possible global stratotype section for the Selandian and Thanetian stages. *Newsletter of I.S.P.S.*, **6**, 15-21.
- Schmitz, B., Asaro, F., Molina, E., Monechi, S., Von Salis, K. and Speijer, R. (en prensa). High-resolution iridium, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, foraminifera and nannofossil profiles across the Paleocene/Eocene boundary at Zumaya, Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
- Shackleton, N.J., Corfield, R.M. and Hall, M.A. 1985. Stable isotope data and the ontogeny of Paleocene

- planktonic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, **15**, 321-336.
- Smit, J. 1977. Discovery of a planktonic foraminiferal association between the *Abathomphalus mayaroensis* zone and the "*Globigerina*" *eugubina* zone at the Cretaceous Tertiary boundary in the barranco del Gredero (Caravaca, SE Spain): A Preliminary Report. *I and II Koninklijke Nederlandse Akademie Wetenschappen Proceedings, Series B*, **80**, 280-289.
- Smit, J. 1982. Extinction and evolution of planktonic foraminifera after a major impact at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Geological Society of America Special Paper*, **190**, 329-352.
- Smit, J. 1990. Meteorite impact, extinctions and the Cretaceous-Tertiary boundary. *Geologie en Mijnbouw*, **69**, 187-204.
- Stainforth, R.M., Lamb, J.L., Luterbacher, H., Beard, J.H. and Jeffords, R.M. 1975. Cenozoic planktonic foraminiferal zonation and characteristics of index forms. *The University of Kansas Paleontological Contributions*, **62**, 1-425.
- Stott, L. D. and Kennett, J. P. 1990. Antarctic Paleogene planktonic foraminifer biostratigraphy: ODP Leg 113, Sites 689 and 690. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **113**, 549-569.
- Stott, L.D., Kennet, J.P., Shackleton, N.J. and Corfield, R.M. 1990. The evolution of antarctic surface waters during the Paleocene: inferences from the stable isotopic composition of planktonic foraminifers, ODP Leg 113. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **113**, 849-863.
- Subbotina, N.N. 1953. Iskopaemye Foraminifery SSSR, Globigerinidy, Khantkeninidy i Globorotaliidy. *VNIGRI, Mikrofauna SSSR Sbornik*, **4**, 1-296.
- Toumarkine, M. and Luterbacher, H.P. 1985. Paleocene and Eocene planktic foraminifera. In *Plankton Stratigraphy* (Eds. H.M. Bolli, J.B. Saunders and K. Perch-Nielsen). Cambridge University Press, 88-153.

Manuscrito recibido: 23 de octubre, 1996

Manuscrito aceptado: 17 de febrero, 1997