

MICROPALEONTOLOGÍA DEL TESTIGO “HUELVA” (HUELVA, SO DE ESPAÑA). I: FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS DEL TRAMO MEDIO

[Micropaleontology of the middle section of core “Huelva” (Huelva, SW Spain).
I: Benthic foraminifera]

María Luz GONZÁLEZ-REGALADO MONTERO (*)

Jorge CIVIS (**)

Manuel ABAD (*)

María VALLE HERNÁNDEZ (**)

José Ángel GONZÁLEZ DELGADO (**)

Francisco RUIZ (*)

María Rosario RIVAS (**)

Antonio TOSCANO (*)

Edith Xiomara GARCÍA (***)

(*): Departamento de Geodinámica y Paleontología. Universidad de Huelva. Avda, Tres de Marzo, s/n. 21071-Huelva, España

(**): Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca. C/ del Parque, s/n. 37008-Salamanca, España

(***) Departamento de Botánica y Zoología. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. 45110-Jalisco, México

(FECHA DE RECEPCIÓN: 2010-10-25) (FECHA DE ADMISIÓN: 2010-11-08)

BIBLID [0211-8327 (2010) 46 (2); 159-171]

RESUMEN: Este trabajo analiza las asociaciones de foraminíferos bentónicos presentes en el tramo medio (145,8-89,3 m de profundidad) del testigo "Huelva", obtenido en el sector suroccidental de la Depresión del Guadalquivir. Los sedimentos arcillosos que lo componen, de edad Messiniense, se depositaron en un medio epibatial superior o de plataforma externa, con una elevada productividad y un moderado contenido en oxígeno. La correlación estadística significativa entre el número de ejemplares estudiados y el número de especies determinadas plantea algunos interrogantes ante el uso de metodologías uniformes en los estudios de estos microorganismos en testigos continuos.

Palabras clave: Foraminíferos bentónicos, Messiniense, SO Depresión Guadalquivir, SO España.

ABSTRACT: This paper analyzes the benthic foraminiferal assemblages collected in the middle part (145.8-89.3 m depth) of core "Huelva", obtained in the southwestern sector of the Guadalquivir depression. Clay sediments that compose it, of Messinian age, were deposited on an outer shelf to to epibatyal environment, with high productivity and moderate oxygen contents. The statistical correlation between the number of specimens studied and the number of species raises questions about the use of standard methodologies in the studies of these microorganisms in continuous cores.

Key words: Benthic foraminifera, Messinian, SW Guadalquivir Basin, SW Spain.

INTRODUCCIÓN

Los foraminíferos bentónicos se incluyen dentro de los grupos más utilizados en la reconstrucción paleoambiental de testigos continuos. Sus variaciones verticales de diversidad, porcentajes de determinadas especies o asociaciones o abundancia de individuos permiten definir cambios de profundidad, temperatura, salinidad, productividad, contenido en oxígeno disuelto u oscilaciones mareales de medios sedimentarios pretéritos (POLI *et al.*, 2010; HAYWARD *et al.*, 2010).

En estos testigos, la base metodológica más usual es el estudio taxonómico de un número mínimo de 300 individuos por muestra, con un posterior cálculo de los porcentajes de las especies y una extrapolación adicional para determinar la densidad de individuos por gramo de sedimento o fracción de él (p. e., BARASH *et al.*, 2008). Esta cantidad se considera representativa en la mayoría de las muestras, ya que permite obtener una parte significativa de la diversidad presente (BUZAS, 1979).

En la Depresión del Guadalquivir, diversos autores (p. e., GONZÁLEZ-REGALADO, 1987; CIVIS & SIERRO, 1987; GONZÁLEZ-REGALADO & RUIZ, 1996) han analizado el registro fósil de los foraminíferos bentónicos de secciones superficiales (<25 m de espesor) pertenecientes a las Formaciones "Arcillas de Gibraleón" y "Arenas de Huelva" (figura 1a; CIVIS *et al.*, 1987). No obstante,

se precisan nuevos estudios que identifiquen los cambios de sus asociaciones en testigos continuos largos, dado que los espesores de las arcillas sobrepasan los 100 m en diversos sectores del sur de la provincia de Huelva (SALVANY *et al.*, en prensa).

En este trabajo, se analizan las asociaciones de foraminíferos bentónicos del tramo medio de un testigo continuo extraído en el borde occidental de la Cuenca del Guadalquivir (SO de España). A partir de ellas, se infiere el medio de depósito de un tramo de unos 55 m de este testigo, así como algunas de sus variables paleoambientales.

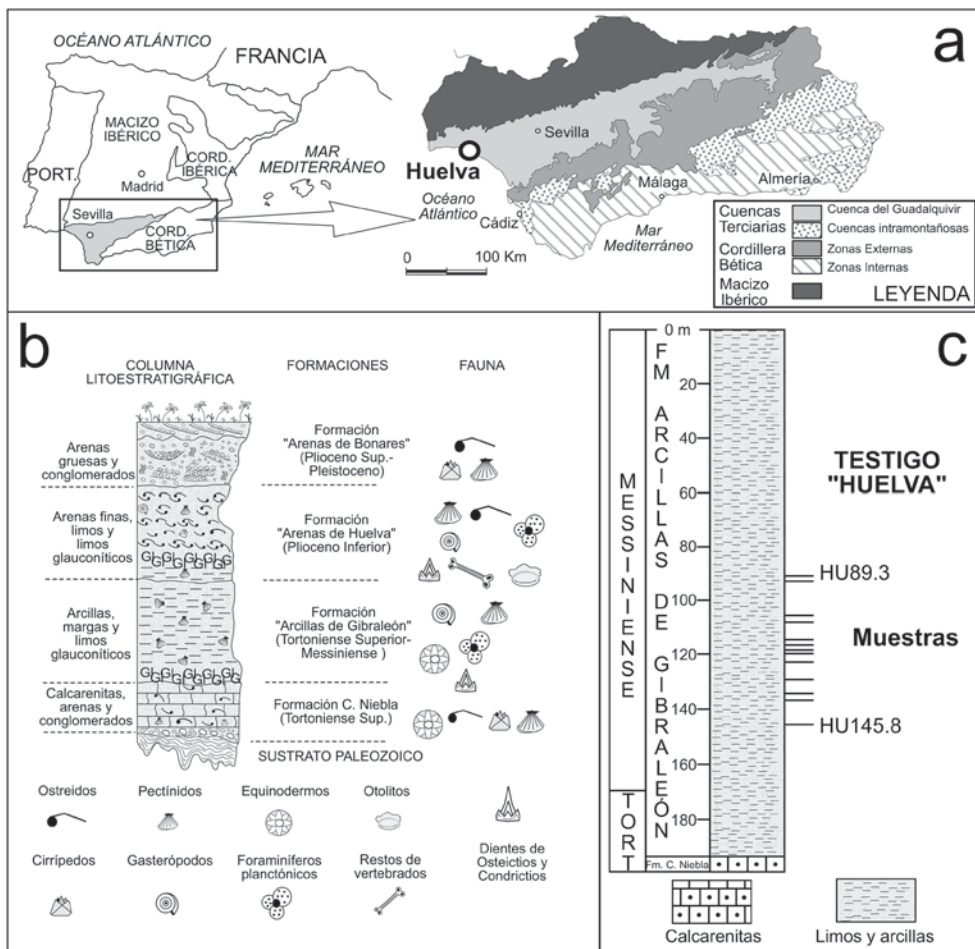


Figura 1. a. Mapa geológico general de Andalucía (sur de España), con situación de la ciudad de Huelva; b. Columna litoestratigráfica sintética del suroeste de la Depresión del Guadalquivir, con las principales Formaciones, su edad y registro paleontológico más abundante; c. Columna litoestratigráfica del testigo, con la localización de las muestras estudiadas.

EL SONDEO "HUELVA"

El sondeo "Huelva" fue realizado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en las proximidades de la plaza de toros de la ciudad de Huelva (coordenadas UTM PB818265). Tiene una profundidad total de 197,5 m y registra los 4 m superiores de la Formación "Calcarenita de Niebla" y la totalidad de la Formación "Arcillas de Gibraleón", ambas definidas por Civis *et al.* (1987).

En este sondeo, el límite Tortonense-Messiniense se sitúa a 164 m de profundidad, con el reemplazamiento de *Globorotalia menardii* por *G. miotumida* (evento 3 de SIERRO *et al.*, 1993).

METODOLOGÍA

MUESTREO Y ANÁLISIS

Se han analizado 14 muestras del sondeo "Huelva" en el tramo comprendido entre los 145,8 m y 89,2 m de profundidad (figura 1b). Cada muestra (25 g) fue levigada a través de un tamiz de 63 μm y el residuo se secó en una estufa a 70 °C. De cada muestra se extrajo un número de individuos comprendido entre 310 y 559, superior al mínimo de 300 ejemplares indicado por BUZAS (1979) para obtener la mayoría de las especies presentes en una muestra.

En un segundo paso, se calcularon los porcentajes de las especies presentes, así como su número por muestra. Además, se ha obtenido el número de individuos por gramo de la fracción arena presente en el sedimento.

ESTADÍSTICA

Se ha utilizado el coeficiente de correlación de Pearson (r_{xy}) para comparar el número de ejemplares determinados taxonómicamente en cada muestra (x) y el número de especies diferenciadas (y). Se pretende testar si el aumento del número de ejemplares estudiados influye en la diversidad observada. Finalmente, se ha comprobado el grado de significación del coeficiente hallado (t de Student).

RESULTADOS

DIVERSIDAD Y DENSIDAD

Se han diferenciado un total de 125 especies pertenecientes a 64 géneros (tabla 1). El número de especies por muestra suele ser elevado, con un rango comprendido entre 37 especies (HU145,8) y 66 especies (HU106,3).

La densidad de individuos es muy elevada, obteniéndose el mínimo de 300 ejemplares en un residuo seco inferior a 0,02 g de fracción arena. En la mayoría de las muestras, se superan los 15.000 ejemplares por gramo de fracción arena presente en el sedimento, llegándose a los 25.700 ejemplares (HU89,3).

ESPECIES MÁS ABUNDANTES

Las especies más abundantes son *Sphaeroidina bulloides* (3,17%-12,77%; media: 9,59%), *Cibicidoides pseudoungerianus* (lám. 1, figura 4; 0-13,45%; media: 9,03%), *Pullenia bulloides* (1,56%-10,19%; media: 7,62%), *Planulina ariminensis* (2,03%-10,19%; media: 6,22%), *Martinotiella communis* (lám. 1, figura 1; 0,98%-9,17%; media: 4,78%) y *Bulimina aculeata* (0-8,06%; media: 4,51%). Otras especies pueden ser frecuentes en muestras aisladas, como *Bulimina costata* (lám. 1, figura 3; <6,33%), *Hansenisca soldanii* (<6,75%), *Siphonina planoconvexa* (<5,83%) o *Uvigerina striatissima* (<7,14%). Un total de 60 especies están representadas en una sola muestra o bien no superan el 1% de abundancia en aquellas muestras en las que aparecen.

EVOLUCIÓN VERTICAL DE LAS ASOCIACIONES

En general, resulta difícil distinguir cambios sustantivos en las asociaciones presentes, dado el dominio de las especies antes citadas. No obstante, el tramo estudiado puede subdividirse en tres subtramos:

Inferior (HU145,8-HU122,3). Los 23,5 m inferiores estudiados presentan una asociación dominada por *Cibicidoides pseudoungerianus* (7,42%-13,45%), *Sphaeroidina bulloides* (3,17%-12,77%), *Planulina ariminensis* (2,93%-10,19%), *Pullenia bulloides* (4,4%-10,19%) y *Martinotiella communis* (0,98%-9,17%). En este tramo aumentan hacia techo *Bulimina aculeata* y *Bulimina costata*, en tanto que pueden ser puntualmente numerosas *Anomalinaoides helicinus* (<5,83%), *Cassidulina laevigata* (<5,63%), *Lenticulina rotulata* (<6,11%), *Siphonina planoconvexa* (<5,83%) y *Uvigerina striatissima* (<7,14%).

Medio (HU119,35-HU118,9). Se caracteriza por una disminución muy acusada e incluso desaparición de *Cibicidoides pseudoungerianus* (0-2,77%), junto con elevados porcentajes de *Sphaeroidina bulloides* (10,43%-12,13%), *Pullenia bulloides* (9,83%-9,98%) y, en menor medida, *Bulimina aculeata* (6,28%-6,35%). Estas muestras incluyen los máximos porcentajes de *Anomalinaoides flinti* (3,58%-7,71%) del tramo estudiado.

Superior (HU116,85-HU89,3). Las especies más abundantes son *Sphaeroidina bulloides* (5,55%-12,56%), *Cibicidoides pseudoungerianus* (7,22%-11,87%), *Pullenia bulloides* (1,56%-10,05%), *Bulimina aculeata* (0-8,06%) y *Bulimina costata* (2,01%-8,22%), con *Hansenisca soldanii* (<5,51%), *Planulina ariminensis* (<7,99%) y *Uvigerina striatissima* (<5,89%) como especies

ESPECIES / MUESTRAS	HU145.8	HU136.85	HU134.3	HU129.3	HU126.75	HU122.3	HU119.35	HU118.9	HU116.85	HU114.5	HU109.5	HU106.3	HU92.3	HU89.3
<i>Amphicorina scalaris</i>	0,31	1,06	1,07	4,23	1,53	2,69	0,42	0,23	2,18	1,14	1,52	0,54	0,65	0,97
<i>Amphicorina semicostata</i>	1,23	0,80	0,54	2,65	0,22	1,22	1,26	1,59		1,37	1,33	0,72	0,32	
<i>Amphicorina sublineata</i>	1,23			1,59	1,31	0,98	0,42		2,18	0,23	0,95	2,33	1,29	2,53
<i>Anomalinoides alazanensis</i>	0,31			0,79	1,75	1,47	3,97	4,54	0,24		0,19	0,89		
<i>Anomalinoides flinti</i>	3,07		0,80	1,85	2,62	1,22	3,56	7,71	1,21	0,46	1,33	2,33	1,29	0,58
<i>Anomalinoides granosus</i>	1,84	2,13		0,26	0,66	0,49	0,21	0,68		0,46		0,72		
<i>Anomalinoides helycinus</i>	5,83	1,86	1,07	0,26	1,09									
<i>Anomalinoides ornatus</i>		3,46	0,54	0,79	0,44		1,26	1,36	0,24	0,23	1,14	1,79	0,32	
<i>Astacolus crepidulus</i>	0,31								0,49			0,36		0,19
<i>Bigenerina nodosaria</i>	1,84					0,73	0,42	0,91	0,97	0,23	0,57	0,36		0,58
<i>Brizalina alata</i>						0,24					0,19			0,19
<i>Brizalina catanensis</i>		0,27												
<i>Brizalina dilatata</i>										0,23				
<i>Brizalina spathulata</i>					0,44			1,13		0,91		0,18	0,32	0,39
<i>Bulimina aculeata</i>	3,37	1,60	1,07	7,14	5,68	6,11	6,28	6,35		2,97	6,27	6,80	8,06	1,36
<i>Bulimina costata</i>	3,68	2,13	3,75	2,65	6,33	6,36	0,84	4,99	2,91	8,22	3,80	4,47	5,48	2,33
<i>Bulimina fusiformis</i>				1,06	0,44	0,98	1,88	1,13	3,88		3,23	3,76	6,13	6,03
<i>Burseolina calabra</i>	1,53			0,26								3,04	1,43	
<i>Cancris auriculus</i>		2,13	0,54	1,32	0,66				0,97		2,09	0,18	0,32	
<i>Cancris oblongus</i>		0,53		1,32	0,22				1,46			0,72	2,26	0,19
<i>Cassidulina laevigata</i>	0,31		5,63	2,12	0,22		0,21	4,31	6,07	1,60			0,65	4,67
<i>Cibicidoides floridanus</i>				0,26	7,86	0,98	3,35	3,85	2,18	3,88				
<i>Cibicidoides kullenbergi</i>					0,87	4,89	0,21			1,60		4,65	5,48	4,86
<i>Cibicidoides pseudoungerianus</i>	11,96	8,51	12,87	11,11	7,42	13,45	2,72		8,98	10,05	7,22	8,59	11,61	11,87
<i>Chilostomella hispida</i>							0,21							
<i>Chilostomella oolina</i>						0,24	0,21							
<i>Chilostomella ovoidea</i>						0,24	0,21							
<i>Dentalina aciculata</i>					0,87		0,42		0,49	0,46			0,32	
<i>Dentalina leguminiformis</i>		0,80			0,66	1,47	0,63	1,13			0,38	0,89		2,33
<i>Dorothia gibbosa</i>		0,80	0,27	2,12		1,47	1,05	0,45	0,49		1,90		0,65	0,58
<i>Eggerella bradyi</i>								0,91	0,49					
<i>Eponides antillarum</i>			0,27	1,32	0,44		1,05	1,13	0,24			0,18	1,29	
<i>Elphidium advenum</i>		0,27												
<i>Fissurina bradyana</i>													0,32	
<i>Fissurina marginata</i>				0,26		0,49	0,84	0,45		0,23		0,54		
<i>Glandulina glans</i>						0,24	0,21			0,23				
<i>Globobulimina pyrula</i>					0,22		0,21							
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	1,53	3,99	0,54			3,42	0,21			0,23	0,57	0,54		
<i>Globulina fissicostata</i>			0,54	0,26				0,23						
<i>Hansenisca soldanii</i>	6,75	1,60	3,75	1,06	1,97	4,65	2,09	1,81	4,37	1,60	5,51	5,19		4,28
<i>Hansenisca umbonatus</i>											0,38	0,54	0,32	0,78

ESPECIES / MUESTRAS	HU145.8	HU136.85	HU134.3	HU129.3	HU126.75	HU122.3	HU119.35	HU118.9	HU116.85	HU114.5	HU109.5	HU106.3	HU92.3	HU89.3
<i>Hanzawaia boueana</i>		1,33	0,27		0,44	0,49	0,21	1,36		0,46	0,19	0,18		0,19
<i>Heterolepa bellincionii</i>			0,80	0,26		1,47	3,77	4,31	3,40	1,37	1,71	2,15	2,90	4,47
<i>Heterolepa dertonensis</i>				2,38	0,44		1,67				0,19			
<i>Heterolepa praecincta</i>			0,27	0,26			0,21					1,07	0,65	1,56
<i>Hopkinsina bononiensis</i>		0,80				0,24	1,46	0,23				1,07		0,19
<i>Karrieriella bradyi</i>			0,80		0,87		0,84	0,68	0,24	0,23	0,57	1,25	0,65	
<i>Lagena apiopleura</i>	0,31	1,60					0,21		0,24	0,23	0,19			
<i>Lagena clavata</i>						0,24								
<i>Lagena gibbera</i>									0,24					
<i>Lagena laevis</i>						0,24						0,18		
<i>Lagena striata</i>										0,23	0,19		0,32	
<i>Lagena sp.</i>												0,18	0,32	
<i>Laticarinina pauperata</i>							0,21							
<i>Lenticulina cultrata</i>			0,27	0,26	0,44	0,24	0,42		1,46	2,05	1,33	0,36		
<i>Lenticulina curvisepta</i>									0,24	0,91		0,18		0,19
<i>Lenticulina echinata</i>				1,06	0,44	0,24	0,21	0,68					0,32	
<i>Lenticulina gibba</i>				0,26		0,24	0,21		0,24		0,38	0,18	1,29	0,19
<i>Lenticulina inornata</i>	0,61	0,80		0,53		0,24	0,21	0,45	0,24			0,36		0,58
<i>Lenticulina orbicularis</i>		0,80					0,42		0,24	0,68	0,95	0,72	1,29	0,39
<i>Lenticulina peregrina</i>	0,31	1,06		0,53							0,38	0,18	0,32	0,19
<i>Lenticulina rotulata</i>	0,61	4,26	2,95	1,32	6,11	1,47	3,35				2,47	1,43	1,94	1,75
<i>Lenticulina vortex</i>					0,44				0,73					
<i>Lobatula oblonga</i>														0,19
<i>Lobatula lobatula</i>				0,53			0,21	0,45				0,18	0,32	0,19
<i>Marginulina costata</i>	0,31	0,80	0,27	0,53	2,40	0,98	2,30			2,74	0,76	0,18	0,65	1,56
<i>Marginulina cherensis</i>										0,23	0,76	0,18		
<i>Marginulina glabra</i>		1,06	0,27	1,85	0,22	0,49		0,68	0,24	1,37	0,57	0,18	0,65	0,19
<i>Marginulina hirsuta</i>	0,61	0,80		1,06	0,66	0,24	0,63			1,14	0,19	1,61		0,19
<i>Marginulina subbullata</i>						0,24								
<i>Martinotiella communis</i>	8,59	7,45	5,63	5,03	9,17	0,98	5,44	3,85	3,64	6,16	3,99	3,58	1,61	1,75
<i>Melonis padanum</i>		1,33			1,31	2,44		0,91		1,37	0,19		1,61	3,89
<i>Melonis soldanii</i>		1,06			2,40	3,42					0,76	0,54	3,55	1,36
<i>Neoonorbina orbicularis</i>														0,19
<i>Nodosaria longiscata</i>											0,19			
<i>Nodosaria ovicula</i>			0,27					0,45			0,57			
<i>Nodosaria pentecostata</i>	0,31			0,26		0,24						0,18		
<i>Nodosaria radícula</i>						0,98			0,49		0,19			
<i>Nodosaria raphanus</i>				0,26										
<i>Oolina hexagona</i>								0,23					0,32	
<i>Oriodorsalis umbonatus</i>		1,06		2,65	0,22	0,24		0,68	8,25	3,88	1,33	1,07	0,65	1,56
<i>Orthomorphina stainforthi</i>						0,24								0,19

ESPECIES / MUESTRAS	HU145.8	HU136.85	HU134.3	HU129.3	HU126.75	HU122.3	HU119.35	HU118.9	HU116.85	HU114.5	HU109.5	HU106.3	HU92.3	HU89.3
<i>Pandaglandulina dinapolii</i>	0,92		0,54	0,26	0,66	0,24	0,21	0,68	0,24	0,46	0,19	0,36		
<i>Planularia auris</i>													0,32	
<i>Planularia auris angustata</i>												0,36		
<i>Planulina ariminensis</i>	10,12	5,32	10,19	7,41	6,55	2,93	4,39	6,80	7,52	7,99	2,47	5,37	4,19	5,84
<i>Planulina wuellerstorfi</i>		0,27					0,42			0,46				
<i>Plectofrondicularia inaequalis</i>	0,31	1,06	1,07	0,26	0,22	0,24	0,21		0,49		0,19	0,36		
<i>Praeglobobulimina ovata</i>			0,27	0,53					0,24				0,65	0,19
<i>Praeglobobulimina pupoides</i>						0,49			0,73				0,32	
<i>Pseudonodosaria aequalis</i>								0,68			0,19	0,36		
<i>Pullenia bulloides</i>	9,51	8,24	10,19	5,29	8,30	4,40	9,83	9,98	7,77	10,05	9,51	5,55	6,45	1,56
<i>Pullenia quinqueloba</i>		0,80	1,88		0,87		0,42	1,36	0,97	1,37	0,38	1,97	0,97	1,95
<i>Pyrgo bulloides</i>			0,27	0,26					0,49					
<i>Pyrgo depressa</i>										0,68				
<i>Quinqueloculina oblonga</i>					0,22				0,24					
<i>Quinqueloculina seminulum</i>			0,27											
<i>Rectuvigerina siphonogenerinoides</i>						0,49					0,38			0,19
<i>Ramulina globulifera</i>		0,27		0,26		0,24	0,21							
<i>Reusella spinulosa</i>													0,32	0,19
<i>Saracenaria italica</i>				0,53		0,73	1,26	1,13	1,70		0,38	0,72		0,19
<i>Sigmolinita tenuis</i>						0,24								
<i>Sigmoilopsis celata</i>	0,92	2,39	2,41	1,06	0,87	0,49	0,42	1,36	2,18	2,05	0,38	0,89	0,32	
<i>Siphonina planoconvexa</i>	5,83	3,19	4,83	5,03	1,75		1,67				5,13	1,25		
<i>Sphaeroidina bulloides</i>	11,96	12,77	10,99	3,17	7,86	11,25	12,13	10,43	7,04	12,56	10,46	5,55	11,61	6,42
<i>Spiroloculina depressa</i>		0,53							2,18			0,89		2,33
<i>Spiroplectammina carinata</i>	0,92	0,53							0,24					
<i>Spiroplectammina wrighti</i>	0,31													
<i>Stilostomella adolphina</i>	0,31	2,13	0,80	2,38		0,73	1,05		0,73	0,23	0,76	0,18		
<i>Stilostomella consobrina</i>						0,24		0,45						
<i>Stilostomella hispida</i>									0,24		0,19			
<i>Stilostomella monilis</i>													0,32	
<i>Stilostomella nutalli</i>										0,19				
<i>Textularia abbreviata</i>							0,21		0,49					
<i>Textularia pseudorugosa</i>			1,07	1,06		0,98	0,42	0,23		0,23		1,07	1,94	5,06
<i>Textularia saggitula</i>	0,31					0,73	0,21	0,91	0,97	1,14	0,19		0,32	0,39
<i>Trifarina brayii</i>										0,23				
<i>Uvigerina mediterranea</i>											0,19	0,89	1,61	2,92
<i>Uvigerina pygmaea</i>	1,23	2,39	3,49	1,32	2,84	2,93	3,77	2,72	2,18	2,74	2,66	2,33	2,26	6,03
<i>Uvigerina rutila</i>							0,42	0,91			0,19	0,18	1,94	0,78
<i>Uvigerina striatissima</i>		3,72	5,90	7,14		2,93	5,86	2,49	2,43		5,89	5,55		
<i>Vaginulina bradyi</i>	0,61	0,27	0,80	0,26	0,22					0,23				
<i>Vaginulinopsis carinata</i>					0,22		0,42		0,97	0,23	0,19	0,36		
<i>Vaginulinopsis sulcata</i>							0,21							
<i>Valvulinera bradyana</i>											0,19			0,19
NÚMERO DE ESPECIES	37	45	41	55	49	60	65	47	54	50	62	66	52	54
INDIVIDUOS ESTUDIADOS	326	376	373	378	458	409	478	441	412	438	526	559	310	514

Tabla 1. Abundancia (en %) de los foraminíferos bentónicos en el tramo medio del testigo “Huelva”, con la inclusión del número de individuos estudiados y el número de especies determinadas por muestra.

sedundarias principales. Se diferencia del subtramo inferior en una diversidad superior, aumento del número de individuos ($>15.500/\text{g}$ de arena), así como en una disminución del porcentaje de *Martinotiella communis* y *Planulina ariminensis*.

ESTADÍSTICA

El valor de rxy es relativamente elevado (0,676), si bien debe tomarse con precaución dado el bajo número de muestras (14). No obstante, se demuestra que ambas variables están relacionadas (rechazo de la hipótesis nula), ya que el valor de t (3,18) es mayor que el obtenido en las tablas para t (0,01,12) (3,055). En consecuencia, existe una correlación positiva y estadísticamente significativa (al 99%) entre el número de individuos estudiados y el número de especies diferenciadas.

DISCUSIÓN

SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL DE LAS ESPECIES Y ASOCIACIONES PRESENTES

Profundidad

La asociación constituida por *Cibicidoides pseudoungerianus*, *Bulimina lacostata*, *Hansenisca soldanii*, *Lenticulina rotulata*, *Martinotiella communis*, *Pullenia bulloides* y *Sphaeroidina bulloides* suele aparecer en medios epibaciales superiores (200–400 m), aunque también es frecuente en plataformas externas (COLOM, 1974; SÁNCHEZ ARIZA, 1979; LUTZE, 1980; BLANC-VERNET *et al.*, 1983; VAN DE POEL, 1992; DEBENAY & BASOV, 1993; VILLANUEVA, 1994; MURGESE & DE DECCKER, 2005). En consecuencia, el tramo estudiado se habría depositado en este tipo de medios.

Oxígeno disuelto

De acuerdo con la clasificación de PECCELJ *et al.* (2007), existen tanto especies típicas de medios bien oxigenados (*Cibicidoides pseudoungerianus*, *Martinotiella communis*) como subóxicos (*Pullenia bulloides*, *Sphaeroidina bulloides*, *Hansenisca soldanii*, *Oriodorsalis umbonatus*) entre las más abundantes del testigo "Huelva".

Flujo de carbono/Upwelling

Cibicidoides pseudoungerianus es una especie que suele encontrarse en áreas con abundante flujo de carbono ($>2 \text{ g C m}^{-2} \text{ año}^{-1}$), tanto en el Atlántico (ALTENBACH *et al.*, 1999) como en el Pacífico (MURGESE & DE DECCKER,

2005). En el noroeste de África, esta especie es abundante en medios con upwelling permanente (JORISSEN *et al.*, 1998).

Microhábitats

El tramo estudiado presenta especies con distintos microhábitats. Algunas de ellas, como *Cibicidoides pseudoungerianus* o *Siphonina planconvexa*,

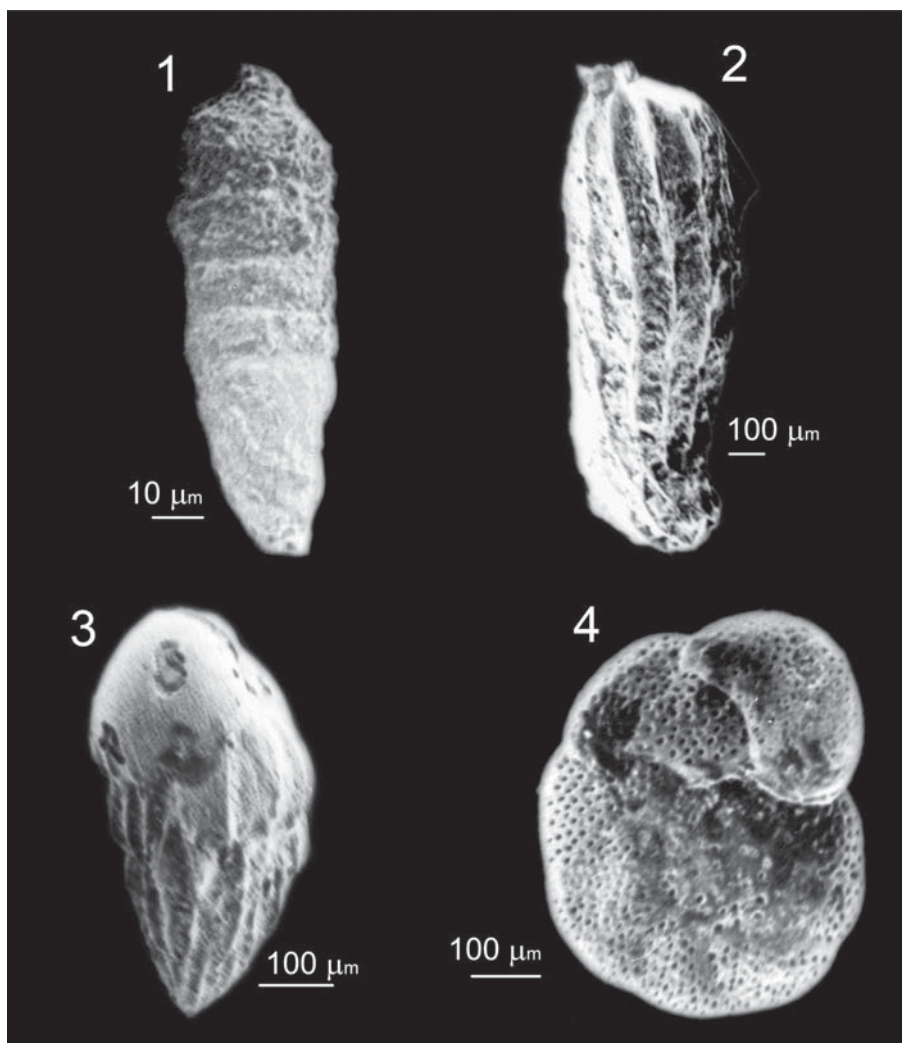


Lámina 1.1. *Martinotiella communis* D'Orbigny, 1826. 2. *Marginulina costata* Batsch, 1791.
 3. *Bulimina costata* D'Orbigny, 1826. 4. *Cibicidoides pseudoungerianus* Cushman, 1922.

viven en la interfase agua-sedimento, en tanto que otras (*Bulimina aculeata*, formas costuladas de *Uvigerina*) se encuentran a 1-2 cm de profundidad en el sedimento (DRINIA *et al.*, 2008). Otras formas son típicas de la infauna (p. e., *Cassidulina laevigata*) o son típicas de la infauna profunda (p. e., *Chilostomella oolina*; LICARI *et al.*, 2003). Ello sugiere una distribución vertical de microhábitats de foraminíferos bentónicos en la columna de sedimento durante el depósito de los materiales arcillosos analizados.

CONSECUENCIAS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Diversas consecuencias derivan de la correlación estadísticamente significativa observada entre el número de individuos analizados y el número de especies determinadas:

1. Debe analizarse la relación entre estas dos variables en cada muestra estudiada dentro del análisis de cualquier testigo continuo, sobre todo si la diversidad observada es alta (>40 especies por muestra) e incluso en condiciones ambientales relativamente estables.

2. Esta correlación puede tener consecuencias importantes en el análisis paleoambiental derivado de la aplicación de algunos índices, como el índice a de Fisher, obtenido por el método gráfico de MURRAY (1973). Un aumento del número de individuos determinados puede ocasionar un aumento del número de especies determinadas y, por tanto, un incremento de este índice.

CONCLUSIONES

El tramo medio del testigo "Huelva" (SO de la Depresión del Guadquivir) presenta una alta diversidad (125 especies) y abundancia (>13.000 individuos/g de arena por muestra) de foraminíferos bentónicos. Estos sedimentos messinienses se depositaron en un medio relativamente profundo (150-400 m), altamente productivo y con una distribución vertical relativamente definida de estos microorganismos en función de su hábitat.

La fuerte correlación entre el número de ejemplares estudiados y el número de especies determinadas plantea dudas sobre el uso sistemático de una misma metodología en testigos continuos con alta diversidad de estos microorganismos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro del Proyecto BTE2000-1113 del Ministerio de Ciencia y Tecnología y del grupo de investigación RNM-238 de la Junta de Andalucía.

BIBLIOGRAFÍA

- ALTENBACH, A. V.; FLAUMANN, U.; RALPH, S.; THIES, A.; TIMM, S. & TRAUTH, M. (1999): Scaling and distributional patterns of benthic foraminifera with flux rates of organic carbon. *J. Foram. Res.*, 29: 173-185.
- BARASH, M. S.; KHUSID, T. A.; MATUL, A. G.; CHEKHOVSKAYA, M. P.; BIEBOW, N.; NÜRBURG, D. & TIEDEMANN, R. (2008): Distribution of benthic foraminifera in Upper Quaternary sediments of the Deryugin Basin (Sea of Okhotsk). *Mar. Geol.*, 48: 105-113.
- BLANC-VERNET, L.; PUJOS, M. & ROSSET-MOULINIER, M. (1983): *Les biocénoses de Foraminifères benthiques des plateaux continentaux français (Manche, Sud-Gascogne, Ouest-Provence)*. Proceedings Benthos'83, Pau, pp. 71-79.
- BUZAS, M. A. (1979): The measurement of species diversity. In: *Foraminiferal ecology and paleoecology* (eds. LIPPS, J. H.; BERGER, W. H.; BUZAS, M. A.; DOUGLAS, R. G. & ROSS, C. A.). Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Houston, Short Course n.º 6, pp. 3-10.
- CIVIS, J. & SIERRO, F. J. (1987): Los foraminíferos bentónicos en la sección de Gibraltor (Formación "Arcillas de Gibraltor", Huelva). In: *Paleontología del Neógeno de Huelva (W Cuenca del Guadalquivir)* (edit. CIVIS, J.). Ed. Universidad de Salamanca, pp. 55-63.
- CIVIS, J.; SIERRO, F. J.; GONZÁLEZ DELGADO, J. Á.; FLORES, J. A.; PORTA, J. & VALLE, M. F. (1987): El Neógeno marino de la provincia de Huelva: Antecedentes y definición de las unidades litoestratigráficas. In: *Paleontología del Neógeno de Huelva (W Cuenca del Guadalquivir)* (edit. CIVIS, J.). Ed. Universidad de Salamanca, pp. 9-23.
- COLOM, G. (1974): Foraminíferos ibéricos. Introducción al estudio de las especies bentónicas recientes. *Invest. Pesqu.*, 38: 1-245.
- DEBENAY, J. P. & BASOV, I. (1993): Distribution of recent foraminifera on the West African shelf and slope. A synthesis. *Rév. Paléobiol.*, 12: 265-300.
- DRINIA, H.; ANTONARAKOU, A. & KONTAKIOTIS, G. (2008): On the occurrence of Early Pliocene marine deposits in the Ierapetra Basin, Eastern Crete, Greece. *Bull. Geosci.*, 83: 63-78.
- GONZÁLEZ-REGALADO, M. L. (1987): *Las asociaciones de foraminíferos bentónicos en el Plioceno de Huelva*. Publicaciones de la Universidad de Sevilla, serie Ciencias, 27: 75 pp.
- GONZÁLEZ-REGALADO, M. L. & RUIZ, F. (1996): Les foraminifères benthiques de la baie du sud-ouest de l'Espagne pendant le Néogene Supérieur: le Moi-Pliocene de Huelva. *Rev. Paléobiologie*, 15: 109-120.
- HAYWARD, B. W.; GRENELL, H. R.; SABAA, A. T. & KAY, J. (2010): Using foraminiferal faunas as proxies for low tide level in the estimation of Holocene tectonic subsidence, New Zealand. *Mar. Micropal.*, 76: 23-36.
- JORISSEN, F. J.; WITTLING, I.; PEYPOUQUET, J. P.; RABOUILLE, C. & RELEXANS, J. C. (1998): Live benthic foraminiferal faunas off Cape Blanc, NW-Africa: Community structure and microhabitats. *Deep-Sea Res.*, I 45: 2157-2188.
- LICARI, L. N.; SCHUMACHER, S.; WENZHOFFER, F.; ZABEL, M. & MACKENSEN, A. (2003): Communities and microhabitats of living benthic foraminifera from the tropical East Atlantic: Impact of different productivity regimes. *J. Foram. Res.*, 33: 10-31.

- LUTZE, G. F. (1980): Depth distribution of benthic foraminifera on the continental margin off NW Africa. *"Meteor" Forsch.-Erebnisse*, **32**: 31-80.
- MURGESE, D. S. & DE DECCKER, P. (2005): The distribution of deep-sea benthic foraminifera in core tops from the eastern Indian Ocean. *Mar. Micropal.*, **56**: 25-49.
- MURRAY, J. W. (1973): *Distribution and ecology of living benthic foraminiferids*. Heinemann Educational Books, 274 pp.
- PECEIJ, D.; SREMAC, J. & SOKAC, A. (2007): Palaeoecology of the Late Badenian foraminifera and ostracoda from the SW Central Paratethys (Medvednica Mt., Croatia). *Geol. Croat.*, **60**: 139-150.
- POLI, M. S.; MEYERS, P. A. & THUNELL, R. C. (2010): The western North Atlantic record of MIS 13 to 10: Changes in primary productivity, organic carbon accumulation and benthic foraminiferal assemblages in sediments from the Blake Outer Ridge (ODP Site 1058). *Palaeogeog., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **295**: 89-101.
- SALVANY, J. M.; MEDIAVILLA, C. & REBOLLO, A. (en prensa): Las formaciones Plio-Cuaternarias de El Abalario, en el litoral de la provincia de Huelva. *Est. Geol.*
- SÁNCHEZ ARIZA, M. C. (1979): *Estudio sistemático-ecológico de los foraminíferos reciente de la zona litoral Motril-Nerja*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, 212 pp.
- SIERRO, F. J.; FLORES, J. A.; CIVIS, J.; GONZÁLEZ DELGADO, J. Á. & FRANCÉS, G. (1993): Late Miocene globorotaliid event-stratigraphy and biogeography in the Northeast Atlantic and Mediterranean. *Mar. Micropal.*, **21**: 143-168.
- VAN DE POEL, H. M. (1992): Foraminiferal biostratigraphy and palaeoenvironments of the Miocene-Pliocene Carboneras-Nijar Basin (SE Spain). *Scripta Geol.*, **102**: 1-32.
- VILLANUEVA, P. (1994): *Implicaciones oceanográficas de los foraminíferos bentónicos recientes en la bahía y plataforma gaditana*. *Taxonomía y asociaciones*. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz, 362 pp.