

# Asociaciones de foraminíferos bentónicos recientes en la plataforma marina de las Guayanas

## *Recent benthic foraminiferal assemblages from the Guianas continental shelf*

Ana Pascual <sup>(1)</sup>, Blanca Martínez García <sup>(1)</sup>, Julio Rodríguez Lázaro <sup>(1)</sup> y Michel Pujos <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad del País Vasco/EHU. Fac. de Ciencia y Tecnología. Departamento de Estratigrafía y Paleontología. Apdo. 644, 48080 Bilbao.

<sup>(2)</sup> 5 Allée du Prat, Cestas, F-33610 France. ana.pascual@ehu.es blancamaria.martinez@ehu.es julio.rodriguez@ehu.es; pujosm@wanadoo.fr

### ABSTRACT

A total of 183 benthic foraminiferal species have been identified in the continental shelf of Guianas, being the most abundant: *Ammonia beccarii*, *Ammonia tepida*, *Eponides repandus*, *Fursenkoina schreibersiana*, *Hanzawaia concentrica*, *Lobatula lobatula*, *Nonionella atlantica*, *Nonionoides grateloupi*, *Quinqueloculina lamarckiana* and *Uvigerina peregrina*. Multivariate analysis (Q-Cluster) with samples containing more than 1% of the total individuals produces four bathymetric groups parallel to the coast: coastal (<16 m), littoral (17-42 m), middle shelf (43-60 m) and outer shelf (>60 m). The absolute dominance of the euryhaline species *A. tepida* up to 42 m depth characterises the input of fresh waters from the Amazon river. The occurrence in the shelf of species associated with the NADW as *Hoeglundina elegans* and *Planulina ariminensis* evidences the effect of upwelling in the outer shelf of Surinam.

**Key words:** Benthic foraminifera, Recent distribution, Guianas continental shelf, Atlantic ocean

Geogaceta, 46 (2009), 75-78

ISSN: 0213683X

### Introducción

Las Guayanas (Guyana, Surinam y Guayana francesa) se sitúan al noreste de América del sur, entre las coordenadas 2° - 8° N de latitud y 51° - 61° W de longitud. Su plataforma marina está constituida por una banda de más de 1100 km de longitud y de 100 a 150 km de anchura, limitada por una ruptura de pendiente (en las isobatas 90 a 100 m) por debajo de la cual se desarrolla un amplio talud cortado por cañones submarinos (Pujos y Odin, 1986). Esta plataforma está directamente influenciada por la corriente de las Guayanas, rama norte de la corriente ecuatorial atlántica originaria de Guinea, que transcurre a lo largo de las costas de las Guayanas penetrando después en el mar Caribe. Arrastra estacionalmente hacia el noroeste los aluviones del Amazonas que se depositan a lo largo del litoral hasta el delta del Orinoco (Pujos y Odin, 1986) (Fig. 1).

El río Amazonas transporta una enorme cantidad de materia en suspensión: 1,1 - 1,3 10<sup>9</sup> T/año (Meade *et al.*, 1985). Una importante cantidad (6.3 ± 2 x 10<sup>8</sup> T/año) es depositada en la plataforma cerca

de su desembocadura (Kuehl *et al.*, 1986), mientras que 1,5 x 10<sup>8</sup> T/año son transportadas hacia el NW por la corriente de las Guayanas (Muller Karger *et al.*, 1988). Los bancos de lodos intermareales (1 x 10<sup>8</sup> T/año) representan otra fracción del flujo amazónico. Estos migran hacia el noroeste bajo la acción de la corriente de las Guayanas, el oleaje y las corrientes litorales (Pujos y Froidefond, 1995), formando a lo largo de la costa prismas sedimentarios, que generalmente se extienden hasta 30 ó 40 m de profundidad, e incluso a mayores batimetrías (Pujos y Odin, 1986).

Con el fin de caracterizar estos bancos de lodo, el Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine (IGBA) llevó a cabo en el año 1990 la misión oceanográfica Guyante II, en la que fueron extraídos más de un centenar de sondeos. Esta misión tenía como objetivos, entre otros: medir los aportes amazónicos en el margen de las Guayanas así como el seguimiento de la pluma amazónica y reconocer en el espacio y en el tiempo los depósitos cuaternarios en esta plataforma. Los testigos fueron almacenados en el Departement de Géologie et

Océanographie de la Universidad de Bordeaux I (Francia), en condiciones controladas de temperatura y humedad óptimas. En este trabajo se presenta la distribución de los foraminíferos bentónicos recientes en la plataforma de las Guayanas. Constituye el primer paso de un proyecto de investigación de mayor envergadura, encaminado al conocimiento de la evolución sedimentaria de dicha plataforma a lo largo del Cuaternario, aplicando el principio de Actualismo.

### Material y métodos

Se estudian 16 muestras de sedimento de la parte superior (techo) de otros tantos testigos sedimentarios procedentes de la campaña oceanográfica Guyante II, obtenidos mediante un perforador «Kullenberg core», a diferentes profundidades (Fig. 1 y Tabla I). Estos testigos, se dividieron en secciones de 2,5 cm de espesor, estudiándose la fracción mayor de 63 µm. De este residuo se obtuvieron para el análisis taxonómico unos 300 foraminíferos bentónicos por muestra, siempre que fuera posible, o en su defecto, el contenido total de microfauna, con-

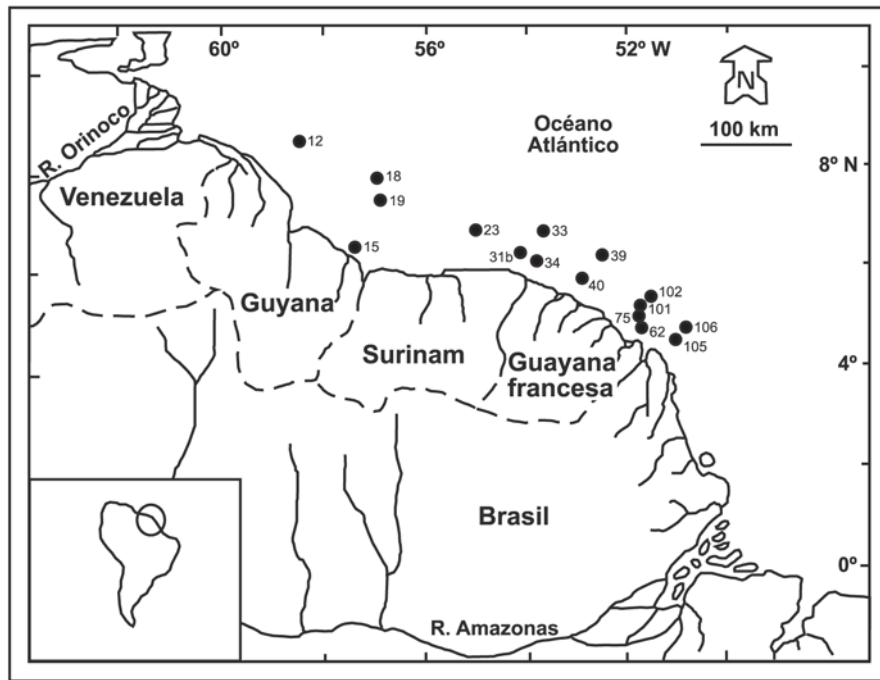


Fig. 1.- Localización geográfica de las muestras estudiadas.

Fig.1.- Geographical location of the samples studied.

tabilizándose también los foraminíferos planctónicos. Sobre las muestras no se utilizó ningún colorante para diferenciar los individuos vivos, por lo que las asociaciones de foraminíferos estudiadas en este trabajo son las totales (vivos y muertos). Además de la identificación taxonómica (según Loeblich y Tappan, 1988) se obtuvieron diversos índices de riqueza y diversidad: nF (número de foraminíferos por gr de sedimento seco);

S (número de especies); índice  $\alpha$  de Fisher de diversidad (relación entre el número de individuos y de especies, según Murray, 1991); e índice de oceanidad (P/P+B %, planctónicos con respecto a la totalidad de los foraminíferos, Murray, 1991).

Se ha llevado a cabo además, un análisis cluster tipo Q de las muestras (método WARD, programa PAST, Hammer et al., 2001) usando las especies que su-

ponían más del 1% de la totalidad de los individuos, al menos en una muestra (Tabla II).

**Resultados**

Un total de 4669 foraminíferos bentónicos han sido clasificados y agrupados en 183 especies, de las cuales 81 constituían al menos el 1% en una de las muestras (Tabla II). Las más abundantes son: *Ammonia beccarii*, *Ammonia tepida*, *Eponides repandus*, *Fursenkoina schreibersiana*, *Hanzawaia concentrica*, *Lobatula lobatula*, *Nonionella atlantica*, *Nonionoides grateloupi*, *Quinqueloculina lamarckiana* y *Uvigerina peregrina*. El estudio estadístico separa las muestras en cuatro grupos denominados 1, 2, 3 y 4 (Fig 2).

*Grupo 1.* Comprende las muestras KS 62 y KS 15, recogidas en la zona litoral a profundidades inferiores a 16 m sobre substrato limoso gris. La especie mayoritaria es *A. tepida* (> 83% de los individuos). Predominan los caparazones hialinos calcáreos (>98%), no apareciendo aglutinantes. Presentan abundantes ejemplares (nF>1020). El número de especies oscila entre 5 y 17 mientras que el índice de diversidad  $\alpha$  varía de 0.7 a 4. El índice de oceanidad es menor de 1.

*Grupo 2.* Queda enmarcado por las muestras KS 31 b, KS 75, KS 34 y KS 106 constituidas por limo gris, extraídas a profundidades entre 17 y

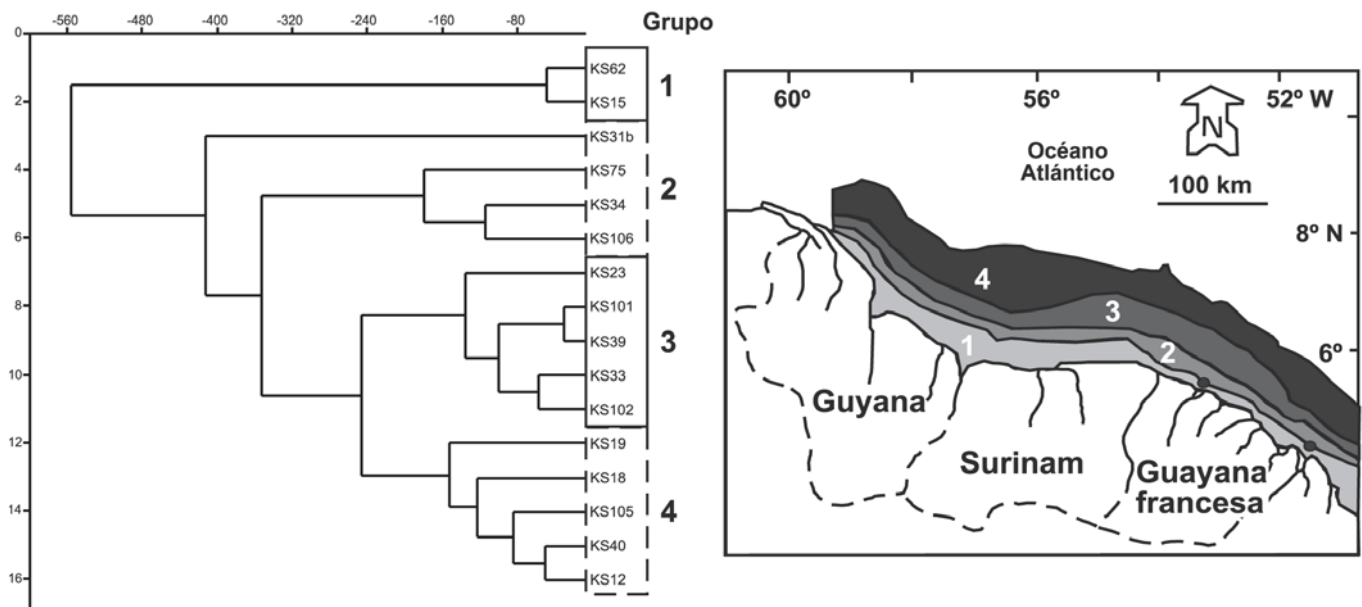


Fig. 2.- Dendrograma de las muestras (cluster-Q, método Ward) y distribución de las agrupaciones.

Fig. 2.- Dendrogram of samples (cluster-Q, Ward's method) and distribution of the clusters.

42 m, en las que predominan los foraminíferos hialinos (>84%). Su asociación principal está formada por: *A. beccarii*, *A. tepida* y *N. atlantica*, acompañadas por *F. schreibersiana*, *N. grateloupi* y *Q. lamarckiana*. Presenta gran riqueza (nF: 521 – 6120) y mayor diversidad que el grupo anterior (S <29;  $\alpha$ : 3,5-7), aumentando los valores del índice de oceanidad (1-4).

**Grupo 3.** Está formado por las muestras arenosas KS 23, KS 101, KS 39, KS 33 y KS 102 recogidas en la plataforma media (>42-60 m). Las especies dominantes son: *H. concentrica* y *Q. lamarckiana*, acompañadas por *L. lobatula* y *N. atlantica*. El índice de riqueza es inferior al del grupo anterior (nF: 327-672) aumentando la diversidad (S: 29-44;  $\alpha$ : 8-14) al igual que el índice de oceanidad (10-26). Los foraminíferos de caparazón hialino calcáreo siguen siendo dominantes, aunque es importante la presencia de porcelanáceos (media: 22%) y aglutinantes (media: 7%).

**Grupo 4.** Engloba las muestras KS 19, KS 18, KS 105, KS 40 y KS 12. Salvo KS 105 y KS 40, cuyas características sedimentológicas, batimétricas y micropaleontológicas parecen similares a las del Grupo 2, el resto se caracteriza por haber sido extraídas de la plataforma externa a más de 60 m de profundidad, estando constituidas por arena media a gruesa con un pequeño porcentaje de limo. Los caparazones calcáreos son mayoritarios (media: 80%), aumentando los aglutinantes (media: 12%) con respecto al grupo anterior. La asociación principal está constituida por: *Angulogerina angulosa*, *Hoeglundina elegans*, *Liebusella soldanii*, *L. lobatula*, *Planulina ariminensis* y *U. peregrina*. Se trata del grupo de mayor riqueza (nF: 333- 13042) y diversidad (S: 37-60;  $\alpha$ : 12-20), con un índice de oceanidad elevado (44-69).

## Discusión

La mayor parte de las especies que aparecen en este trabajo ya han sido citadas en estudio previos en la plataforma de las Guayanas. Así, Margerel (1977) diferencia en la de la Guayana francesa tres asociaciones: *A. tepida* y *Discorbinella bertheloti* (como *Hanzawaia*) sobre limos litorales (<40m); *D. bertheloti*, *N.*

*atlantica* y *Fursenkoina pontoni* en sedimento limoarenoso de la plataforma (40-70 m); y las dos especies anteriores junto con *Cibicides depressus* y *Textulariella barrettii* en el sedimento arenoso de la plataforma distal (70-200 m). Las tres últimas no han sido halladas en este trabajo. Van Voorthuysen (1969) define en la plataforma somera de Surinam (2 a 16 m) la asociación formada por los géneros *Ammonia*, *Nonionella* y *Elphidium*. Hofker (1983) también en Surinam, cita como más abundantes sobre lodos costeros (10-50m) a *A. tepida*, *Elphidium galvestonense*, *H. concentrica*, *Flintina bradyana* y *Eponides lateralis* (las dos últimas no han aparecido en este trabajo) y a *L. soldanii* sobre arenas, mientras que a mayor profundidad (80-200m) dominan *Fronidularia*, *Marginulina* y *E. repandus*. Nota (1958) estudiando los foraminíferos bentónicos de Guyana hasta el río Orinoco, afirma que *Nonionella* y *Rotalia* viven en salinidades menores de 18 ‰ en la franja costera, mientras que hacia la plataforma se suceden *Eponides-Liebusella*, *Amphistegina* y por último *Cassidulina*.

A la vista de estos trabajos, se puede concluir que los cuatro grupos, que diferencia el análisis estadístico realizado con los foraminíferos bentónicos, coinciden con las franjas batimétricas paralelas a la costa (Fig. 2). El Grupo 1 corresponde a los ambientes litorales (< 16 m), mientras que el Grupo 2 comprende muestras tomadas entre 17 y 42 m. A profundidades superiores (42-60 m) aparece el Grupo 3 y por último el Grupo 4 en la plataforma externa.

Hay que destacar la presencia de *A. tepida*, a lo largo de toda la franja litoral hasta los 42 m de profundidad. Esta especie, mayoritaria en los Grupos 1 y 2 (Tabla II) está asociada a medios eurihalinos de salinidad moderada, siendo muy abundante en estuarios (Murray, 1991). Es probable que su presencia sea debida al efecto del Amazonas. Efectivamente, la descarga de este río tiene una enorme influencia en las aguas de la plataforma de las Guayanas. El Amazonas representa la descarga de agua dulce en el mar más grande del planeta (media anual: 200-210 x 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>), lo que supone el 18-20% del vertido mundial de los ríos (Kineke y Stermberg, 1995). Descarga además una gran cantidad de materia en suspensión, concretamente el 10% de los aportes de sedimento de los ríos al océano mundial (Kineke y Stermberg, 1995). El vertido amazónico es llevado a lo largo de la plataforma de las Guayanas empujado por la corriente del mismo nombre. Por lo tan-

Muestra	Latitud (N)	Longitud (W)	Prof. (m)
KS 12	8° 34.190	58° 83.000	185
KS 18	7° 33.480	56° 38.850	200
KS 19	7° 11.530	56° 01.060	87
KS 23	6° 49.220	55° 00.320	47
KS 15	6° 39.630	57° 30.620	16
KS 31b	6° 06.621	53° 59.594	17
KS 33	6° 47.159	53° 28.707	60
KS 34	6° 01.834	53° 44.765	21
KS 40	5° 41.897	52° 57.919	27
KS 39	6° 11.255	52° 46.090	57
KS 62	5° 01.405	52° 09.997	15
KS 75	5° 12.016	52° 04.990	40
KS 101	5° 16.377	52° 03.376	49
KS 102	5° 24.161	52° 00.729	52
KS 105	4° 45.277	51° 30.773	38
KS 106	4° 46.607	51° 29.914	42

Tabla I.- Localización y batimetría de las muestras estudiadas.

Table I.- Location and depth of samples studied.

to, la especie *A. tepida* pone de manifiesto la presencia de estas aguas a lo largo de esta plataforma, lo que permite el seguimiento de la «pluma» eurihalina amazónica.

Otro grupo a mencionar es el Grupo 4, que abarca junto con las muestras de plataforma externa, otras de la zona somera litoral (KS 105 y KS 40). Estas últimas no son representativas del grupo, puesto que suponen una anomalía dentro del mismo, interpretada como una consecuencia de la escasez de ejemplares analizados (29 – 133 individuos respectivamente) (ver Tabla II). En las muestras de plataforma externa (KS 19, KS 18 y KS 12) son más abundantes: *Pl. ariminensis* y *H. elegans*, especies asociadas al NADW (North Atlantic Deep Water) (Hermelin y Scott, 1985; Streeter y Lavery, 1982). Este dato, junto con los ejemplares de *Fontbotia wuellerstorfi*, *U. peregrina* y *Uvigerina pygmaea*, parecen indicar la presencia de un upwelling centrado especialmente en Surinam (muestra KS 18), que ya había sido citado en trabajos precedentes (Hofker, 1983).

## Conclusiones

Un total de 183 especies de foraminíferos bentónicos han sido identificadas en la plataforma de las Guayanas. Las especies más abundantes son: *A. beccarii*, *A. tepida*, *E. repandus*, *F. schreibersiana*, *H. concentrica*, *L. lobatula*, *N. atlantica*, *N. grateloupi*, *Q. lamarckiana* y *U. peregrina*.

El estudio estadístico (cluster tipo Q) de las muestras con las especies que supo-

ESPECIES / MUESTRAS	KS 62	KS 15	KS 31 b	KS 34	KS 40	KS 105	KS 75	KS 106	KS 23	KS 101	KS 102	KS 39	KS 33	KS 19	KS 12	KS 18
<i>Adelosina laevigata</i> d'Orbigny											1	3				
<i>Ammonia beccarii</i> (Linné)		2	221	1	6	75	1	37	1	1	5	3				
<i>Ammonia tepida</i> (Cushman)	265	326	74	124	5	26	23	52		5	5	5	3	3		
<i>Angulogerina angulosa</i> (Williamson)		2		1										44	2	12
<i>Bigenerina nodosaria</i> d'Orbigny							3			2				9	8	3
<i>Brizalina spathulata</i> (Williamson)		1														
<i>Brizalina subaenariensis</i> (Cushman)															4	14
<i>Bulimina gibba</i> Fornasini															4	3
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny				1							3	1	1	2	1	10
<i>Cancris auriculatus</i> (Fichtel & Moll)								1	2						8	1
<i>Cancris sagra</i> (d'Orbigny)				1			2				4	4	1			
<i>Cassidulina carinata</i> Cushman															3	10
<i>Cassidulina obtusa</i> Williamson									4							
<i>Cibicides acknerianus</i> (d'Orbigny)														3	1	
<i>Cibicides pseudoungerianus</i> (Cushman)															10	12
<i>Clavulina</i> sp.									17							
<i>Cnbroelphidium discoidale</i> (d'Orbigny)			5						2	15	9	22	11			
<i>Cnbroelphidium lidoense</i> (Cushman)			5						1	8	1					
<i>Cnbroelphidium poeyanum</i> (d'Orbigny)									2		4					3
<i>Dentalina advena</i> (Cushman)																
<i>Dentostomina bermudiana</i> Carman									4		1			2		
<i>Discorbinella bertheloti</i> (d'Orbigny)									25	2						
<i>Eponides repandus</i> (Fichtel & Moll)			3	3	15				2	27	9	25	12	22	17	1
<i>Fissurina lacunata</i> (Burrows & Holland)									1			5	1		1	1
<i>Fontbotia wuellerstorfi</i> Schwager															9	21
<i>Fursenkoina complanata</i> (Egger)	19											18				
<i>Fursenkoina compressa</i> (Bailey)				4			1									
<i>Fursenkoina schreibersiana</i> (Czizek)			9	11	1	5	56			23	13	3				1
<i>Gaudryina atlantica</i> (Bailey)																6
<i>Globocassidulina subglobosa</i> (Brady)			1											4	8	1
<i>Gyroldina neosoldanii</i> Brotzen																2
<i>Hanzawaia concentrica</i> (Cushman)				29			2	4	25	83	9	94	71			
<i>Haplophragmoides canariensis</i> d'Orbigny								6								
<i>Hoeglundina elegans</i> (d'Orbigny)										3					17	48
<i>Lagena striata</i> (d'Orbigny)		1					3	1			1		4			
<i>Lenticulina calcar</i> (Linné)															2	10
<i>Lenticulina cultrata</i> (de Montfort)										1				4		
<i>Lenticulina gibba</i> (d'Orbigny)															13	9
<i>Lenticulina iota</i> (Cushman)															4	4
<i>Lenticulina papillosa</i> (Fichtel & Moll)															4	4
<i>Liebusella soldanii</i> (Jones & Parker)																49
<i>Lobatula lobatula</i> (Walker & Jacob)		7	5	13		3	6	1	8	17	63	31	78	80	37	4
<i>Marginulina obesa</i> Cushman																3
<i>Marginulinopsis subaculeatus</i> (Cushman)																5
<i>Miliolinella subrotunda</i> (Montagu)				1	2							3	1			2
<i>Neoconorbina terquemii</i> (Rzehak)											1					9
<i>Nonionella atlantica</i> Cushman																5
<i>Nonionoides grateloupi</i> (d'Orbigny)	30	2	12	64	11	11	180	35	1	47	46	24	9	2		
<i>Planulina ariminensis</i> d'Orbigny	2		12	1		5	1	131	3	16	15	2	3	1		37
<i>Pseudonodosinella nodulosa</i> (Brady)											13					9
<i>Pullenia bulloides</i> d'Orbigny																1
<i>Pyrgo laevis</i> Defrance									5		1		2	1		
<i>Quinqueloculina bicostata</i> d'Orbigny																
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i> d'Orbigny	2	10	42	5	1	12	11	110	36	63	26	45	17	26		
<i>Quinqueloculina seminula</i> (Linné)		2	2								2	2	1	5	2	
<i>Quinqueloculina venusta</i> Karrer		3							4		7					
<i>Reophax curtus</i> Cushman										3						
<i>Reussella atlantica</i> Cushman				3					2	1	1	5	6	2	4	
<i>Rosalina globularis</i> d'Orbigny		2		1			3	4	1	9	6	1	6	2	2	
<i>Sigmoidopsis schlumbergeri</i> (Silvestri)								9	1		2	4		16	1	
<i>Spirotextularia floridana</i> (Cushman)				2		2						1	4			
<i>Textularia agglutinans</i> d'Orbigny									20							
<i>Textularia candeiana</i> d'Orbigny										1		8				
<i>Textularia pseudocarinata</i> Cushman																4
<i>Textularia pseudogramen</i> Chapman & Parr				2									4			9
<i>Textularia sagittula</i> Defrance											4			9	3	
<i>Textularia trochus</i> d'Orbigny																6
<i>Trifarina bradyi</i> Cushman									1		5			2		
<i>Triloculina oblonga</i> (Montagu)	3	2							1	2	3	3	1	6	6	1
<i>Tritaxis</i> sp.																4
<i>Uvigerina canariensis</i> d'Orbigny																5
<i>Uvigerina peregrina</i> Cushman		2		4			2			2	2	18	6	21	9	83
<i>Uvigerina pygmaea</i> d'Orbigny																1
<b>n°</b>	319	358	358	345	29	133	307	306	310	288	338	296	##	356	322	297
<b>nF</b>	33579	1020	521	1327	22	1333	959	6120	672	327	406	557	##	653	333	13042
<b>S</b>	5	17	16	29	6	12	21	21	37	29	44	36	37	58	60	37
<b>α de Fisher</b>	0,7	4	3,5	7		3	5	5	11	8	14	11	11	20	20	12
<b>Indice de oceanidad</b>	0	1	1	3	0	2	4	4	25	10	15	26	19	44	69	65

Tabla II.- Abundancia absoluta de las principales especies de foraminíferos bentónicos (>1% del total de individuos por muestra) e índices de riqueza y diversidad. En sombreado se indican las frecuencias más altas.

Table II.- Absolute abundance of the main species (>1% of the total number of individuals per sample) and richness and diversity indices of the studied samples. Shaded areas indicate the most abundant species.

nían más del 1% de la totalidad de los individuos, al menos en una muestra, pone en evidencia que la microfauna se distribuye en cuatro grupos paralelos a la costa según la batimetría: costera (<16 m), lito-

ral (17-42 m), plataforma media (43-60 m) y plataforma externa (>60 m).

La dominancia en toda la plataforma hasta la isobata de 42 m de la especie eurihalina *A. tepida*, permite hacer un se-

guimiento de la «pluma» de agua dulce de procedencia amazónica.

La presencia en la plataforma externa de especies asociadas al NADW, como *H. elegans* y *Pl. ariminensis*, pone de manifiesto la presencia de un upwelling centrado en la plataforma externa de Surinam.

**Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos CGL2007-64428/BTE del MEC y GIC07/124-IT-369-07 del Gobierno Vasco. B. M. Martínez García disfruta de una beca predoctoral FPU del MEC. Los autores agradecen al Doctor A. Cearreta la revisión cuidadosa del texto así como las sugerencias realizadas.

**Referencias**

Hammer, O., Harper, D.A.T. y Ryan, P.D. (2001). *Palaeontologia Electronica*, 4, 1-9.

Hermelin, J.O.R. y Scott, D.B. (1985). *Micropaleontology*, 31, 199-220.

Hofker, J. (1983). *Zoologische Verhandlungen*, 201, 1-75.

Kineke, J.C. y Stermberg, R.W. (1995). *Marine Geology*, 125, 193-233.

Kuehl, S.A., Nittrouer, C.A. y De Master, D.J. (1986). *Continental Shelf Research*, 6 (1/2), 311-366.

Loeblich, A.R. y Tappan, H. (1988). *Foraminiferal genera and their classification*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Margerel, J.P. (1977). *Revue des travaux de l' Institut des Pêches Maritimes*, 41 (4), 403-416.

Meade, R.H., Dunne, T., Richey, J.E., Santos, U.D.M. y Salati, E. (1985). *Science*, 228, 488-490.

Muller Karger, F., McClain, C. y Richardson, P. (1988). *Nature*, 333, 56-59.

Murray, J.W. (1991). *Ecology and Palaeoecology of benthic foraminifera*. Longman Scientific Technical, New York, 397 p.

Nota, D.J.G. (1958). *Mededelingen*, 58 (2), 1-98.

Pujos, M. y Froidefond, J.M. (1995). *Continental Shelf Research*, 15 (9), 1157-1171.

Pujos, M. y Odin, G.S. (1986). *Océanologica Acta*, 9 (4), 363-382.

Streeter, S.S. y Lavery, S.A. (1982). *Bulletin of the Geological Society of America*, 93, 190-199.

Van Voorthuysen, J.H. (1969). *Geologie en Mijnbouw*, 48 (2), 135-161.