



ISSN 0378 - 7702

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

INFORME

Nº 136

Agosto, 1998



Callao, Perú

FORAMINÍFEROS CALCÁREOS BÉNTICOS DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL NORTE PERUANO

Sergio Mayor Pastor¹

RESUMEN

MAYOR-PASTOR, S. 1998. Foraminíferos calcáreos bénticos de la plataforma continental del norte peruano. Inf. Inst. Mar Perú. 136: 161-176.

A partir de 36 muestras de sedimento superficial, obtenidas en la zona norte del mar del Perú, frente a los puertos de Pimentel (6°45' S a 7°19' S), Salaverry (8°11' S a 9°01' S) y Huarmey (10°05' S a 10°25' S), durante cruceros realizados entre 1976 y 1982, se estudió la composición y la distribución de las biofacies de foraminíferos bénticos recientes, determinándose un total de cincuenta y dos especies. En base a los análisis de similaridad y el uso de un índice biológico se determinó que la biofacies del área estudiada está caracterizada por *Bifarina hancocki*, *Bolivina costata*, *Bolivina plicata*, *Bolivina seminuda* var. *humilis*, *Cassidulina auka*, *Epistominella pacifica*, *Hanzawaia concentrica*, *Robulus rotulatus*, *Uvigerina striata*, *Valvulineria inflata* y una especie no identificada de *Bolivina*. Esta biofacies es bastante homogénea en cuanto a sus densidades, estando la mayor densidad promedio ubicada en el perfil Salaverry y el mayor número de especies alrededor de los 200 metros de profundidad. Por otro lado, los parámetros comunitarios (abundancia, número de especies, diversidad) están significativamente correlacionados con la distancia a la costa. Dichos parámetros, así como la relación entre foraminíferos planctónicos y foraminíferos bénticos (P/B) presentan los valores más altos en el talud continental. Finalmente la relación P/B presenta la tendencia observada en zonas de surgencias.

PALABRAS CLAVE: Foraminífera, bentos, biofacies, sedimento superficial, plataforma continental, afloramiento, parámetros comunitarios, análisis de similaridad, índices biológicos.

ABSTRACT

MAYOR-PASTOR S. 1998. Benthic calcareous Foraminifera from the Peruvian continental shelf. Inf. Inst. Mar Perú 136: 161-176.

Recent benthic foraminiferal tests were studied in 36 samples of superficial sediment from the north Peruvian Pacific Ocean shelf, off Pimentel (6°45' S to 7°19' S), Salaverry (8°11' S to 9°01' S) and Huarmey (10°05' S to 10°25' S), from different cruises between 1976 and 1982. Fifty-two species were determined. Combining similarity analysis methods with a biological index, the following species characterize all this recent benthic foraminiferal biofacies: *Bifarina hancocki*, *Bolivina costata*, *Bolivina plicata*, *Bolivina seminuda* var. *Humilis*, *Cassidulina auka*, *Epistominella pacifica*, *Hanzawaia concentrica*, *Robulus rotulatus*, *Uvigerina striata*, *Valvulineria inflata* and one unidentified species of *Bolivina*. The homogeneity based on density data showed to be high, with the highest average density located off Salaverry and the highest number of species at 200 mbsl. Some community parameters (H' , e. S) showed to be positively correlated to the shore distance and P/B ratio behaved according to upwelling conditions of the area.

KEY WORDS: Foraminifera, benthos, biofacies, superficial sediment, continental shelf, upwelling, community parameters, similarity analysis, biological index.

INTRODUCCION

El estudio de cada elemento del ecosistema marino del Perú adquiere especial interés por la dinámica de surgencias que lo caracteriza.

DIESTER-HAASS (1979) señala que en áreas que presentan fenómenos de surgencia, la relación entre las abundancias de foraminíferos planctónicos y bén-

ticos (relación P/B) en el sedimento superficial es mucho menor que en el sedimento de igual profundidad en áreas carentes de surgencias, a causa de una mayor producción de los foraminíferos planctónicos. PHLEGER Y SOUTAR (1973) mencionan que esta alta producción de foraminíferos bénticos en las áreas de afloramiento está constituida por especímenes relativamente pequeños, debido a una rápida repro-

¹ Área de Sedimentología y Bentos, DOB, DGIO, IMARPE

ducción bajo condiciones óptimas de alimento y una reducción en el número de predadores o competidores, dada la baja concentración de oxígeno.

La zona de estudio se ubica dentro de la cuenca deposicional de Salaverry, la cual presenta una gruesa capa de sedimentos acumulados durante el Plioceno y el Cuaternario. Durante el Mioceno esta cuenca habría estado aislada del océano por una elevación circundante. Recién en el Cuaternario, al producirse la subsistencia de la barrera emergente y la elevación del nivel del mar, empezó un intenso fenómeno e surgencias en el área ya mencionada. La cuenca Salaverry tiene un registro bioestratigráfico de alta resolución para el Cuaternario con características de ambiente de surgencias (Suess y Von Huene *et al.* 1988).

ANTECEDENTES

Existen pocos trabajos sobre foraminíferos bentónicos recientes que se refieran al Perú. VERANO (1974) en el departamento de Lima, entre los 0 y 5 metros de profundidad registró 7 especies entre las cuales tenemos *Bolivina costata*, *Buccella peruviana* y *Quinqueloculina seminulum*. La operación Conjunta Peruano Polaca en enero de 1980 en 49 estaciones localizadas entre los 04°15,3' S y 12°10,8' S a profundidades de 50 a 1 500 m, encontró que las mayores densidades de foraminíferos benthicos estaban entre los 150 y 500 m de profundidad y desde las 40 millas de la costa frente a Huarney y 60 millas frente a Pimentel (IMARPE 1980, manuscrito).

BANDY y RODOLFO (1964) informaron sobre 55 especies registradas en 10 estaciones del mar peruano. KOTAKI (1972) informó sobre géneros de foraminíferos colectados en 24 muestras de profundidad diferente en el mar peruano, 7 bentónicos y 4 planetónicos. PHLEGER y SOUTAR (1973) encontraron que frente al Callao predominaba la especie *Bolivina cf. pacifica*. Mc CULLOCH (1977) identificó 12 especies extraídas por la expedición ALLAN HANCOCK entre 1935 y 1942.

MATERIAL Y METODOS

Zona de estudio

La zona de estudio comprende la parte más ancha de la plataforma continental peruana entre los 6°45' y 10°25' S, así como parte del talud superior adyacente a la misma (Figura 1).

La plataforma continental tiene 55 km de ancho frente al puerto de Pimentel (Lambayeque), ensanchándose a más de 65 km frente al puerto de Salaverry (La Libertad) y se angosta a 35 km frente al puerto de Huarney (Ancash).

La profundidad a la que se encuentra el borde de la plataforma también varía con la latitud, situándose entre los 100 y 130 m frente a Pimentel (7° S aprox.) entre 150 y 180 m frente a Salaverry (8°35' S aprox.) y entre los 130 y 150 m frente a Huarney (10°15' S aprox.).

Desde el punto de vista textural y de acuerdo con DELGADO *et al.* (1987), entre los 7° y 10° 30' S predominan los sedimentos arenosos tanto en la plataforma como en ciertas áreas del talud superior.

Selección de las muestras

Para este trabajo se seleccionaron 36 muestras de sedimento superficial ya secadas y tamizadas, extraídas durante 9 cruceros entre 1976 y 1982. Ellas forman parte de la colección del laboratorio del Área de Sedimentología y Bentos del Instituto del Mar del Perú IMARPE (tabla 1).

Estas muestras fueron extraídas con una draga Van Veen de 0,1 m² de cobertura y procesadas según los métodos descritos por INGRAM (1971) y GALEHOUSE (1971) por personal de la ex-Área de Geología Marina del IMARPE y guardadas en bolsas de polietileno, clasificadas, en orden jerárquico, en perfiles, cruceros, estaciones y sufracciones granulométricas.

El criterio que se empleó en la selección de las muestras se basó en la configuración de 3 perfiles, cada uno con 12 estaciones ubicadas frente a los puertos de Pimentel, Salaverry y Huarney respectivamente (Figura 1). Para cada muestra se escogió en lo posible, cuatro subfracciones granulométricas que abarcan la fracción "arena", es decir las de $f=1,0$ (1000 μ m) a $f=4,0$ (62,5 μ m), según la escala de WRINTWORTH (HOLME y MC INTYRE 1984) ya que dentro de ese rango de tamaños de partícula se encuentra la mayor parte de 4 caparzones de foraminíferos.

Métodos de conteo, separación y determinación de especies

Cada fracción muestral fue dividida sucesivamente mediante un cuarteador hasta alcanzar un volumen apropiado para el conteo en una bandeja cuadrada, registrándose el número de divisiones que se

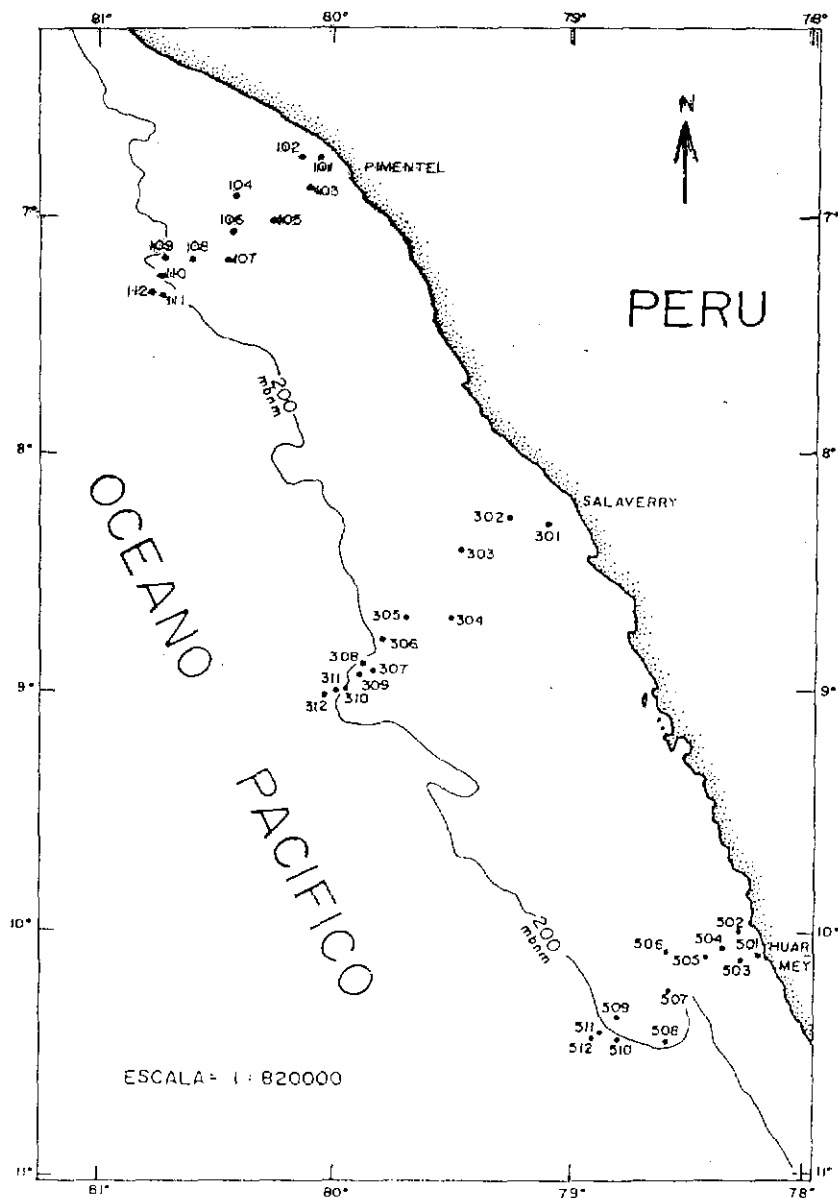


FIGURA 1. Ubicación de las estaciones de muestreo.

efectuaron con el cuarteador. Luego se procedió al conteo de las partículas halladas en una de las 45 celdillas tomadas aleatoriamente.

En esta primera etapa se contaron los siguientes items:

- Formas similares de foraminíferos bentónicos (asignado a cada forma o "morfo", un código provisional).
- Foraminíferos planctónicos totales
- Partículas biógenas (no foraminíferos)
- Otras partículas.

Obteniéndose así un registro inicial de conteo para cada una de las 4 subfracciones granulométricas

seleccionadas para cada estación o muestra.

Para obtener el número de partículas correspondiente a cada ítem por gramo de sedimento seco se utilizó la siguiente expresión:

$$N_i = \frac{45}{W_i} \sum n_{ij} \times 2K_{ij}$$

donde:

N_i = número de partículas por gramo de muestra "i"

n_{ij} = número de partículas contadas en la subfracción "j" de la muestra "i"

K_{ij} = número de divisiones (o "cuarteos") de la subfracción "j" de la muestra "i"

W_i = Peso de la muestra en gramos

45 = número de celdas de la bandejilla de conteo

Paralelamente al conteo se seleccionó algunos ejemplares de cada "morfo" en portaforaminíferos para su determinación taxonómica. El proceso de determinación se llevó a cabo en los laboratorios del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" y en el laboratorio de Micropaleontología de la Secretaría de Minería de la Nación Argentina, bajo la asesoría de los doctores ESTEBAN BOLTOVSKOY y NORBERTO MALUMIÁN.

Método de clasificación numérica

A partir de las matrices de similaridad entre estaciones y entre especies se efectuó el análisis de agrupamientos (LEGENDRE y LEGENDRE 1983)

Se utilizó el método de agrupamiento por promedio simple (siglas en inglés UPGMA), que considera el promedio aritmético de las similitudes entre todos los miembros de los dos grupos a relacionar para establecer la mutua asociación dado que teniendo igual número de datos por estación, no cabe usar un promedio ponderado.

Al obtener las abundancias por un método indirecto de conteo, se estimó conveniente el uso de la

Tabla 1. Datos referenciales de las muestras analizadas

PERFIL	CODIGO	CRUCERO	ESTACION	LATITUD	LONGITUD	PROF (m)	DIST (km)	DIST (m)	DIST B (mm)	GRAVA (%)	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	C. ORG. (%)	MOT (%)	COCSA (%)	ABUND	#SPP.	N°	E	PPFB	
PIMENTEL	101	7711	95	6,7500	80,0667	12	6	3,2	35,5	51,45	40,79	4,57	3,19	0,51	3,30	4,52	50,7	3	1,017	0,642	0,222	
	102	7611	85	6,7517	80,1217	20	12	6,5	32	28,16	66,06	2,34	3,44	0,39	2,19	6,91	119,8	4	1,421	0,710	0	
	103	8001	38	6,8950	80,1017	40	21	11,3	37	0,00	89,71	1,96	8,33	0,38	0,72	2,41	4,3	1	0,000	0,000	0	
	104	7611	86	6,9217	80,4067	57	47	25,3	37	0,00	80,65	13,47	5,88	1,08	4,17	4,34	17794,0	14	2,160	0,567	0,015	
	105	7805	63	7,0200	80,2667	60	44	23,7	18,5	0,63	86,32	5,87	1,68	0,92	2,99	9,00	784,4	5	1,935	0,749	0	
	106	6091	36	7,0817	80,4200	80	62	33,4	17	0,00	63,15	21,65	15,20	1,58	3,76	10,57	2310,7	11	1,692	0,489	0,0102	
	107	7711	91	7,1833	80,4583	84	76	41	13	0,00	69,21	22,63	8,16	1,17	3,96	7,08	1932,0	18	2,431	0,583	0,0064	
	108	8001	37	7,1917	80,5933	120	85	45,8	4,5	0,00	17,16	59,31	23,83	2,26	5,43	16,93	3239,0	14	2,754	0,723	0,0062	
	109	109	109	7,1833	80,7167	118	96	51,7	0,5	4,74	0,00	59,70	19,61	1,99	4,74	3,59	4790,7	15	2,727	0,698	0,0008	
	110	8103	33	7,2567	80,7367	138	102	55	0	0,00	88,03	4,82	7,15	1,06	4,99	39,38	87138,0	13	2,306	0,623	0,0008	
	111	7910	143	7,3250	80,7583	137	109,5	59	-4,5	6,40	73,26	12,29	8,41	1,62	5,84	38,51	6115,0	16	2,823	0,706	0,115	
	112	8001	36	7,3250	80,7717	200	111	59,8	5	0,00	81,32	9,90	8,78	0,79	3,03	6,98	6139,0	12	0,792	0,221	0,007	
	SALAVERRY	301	7910	105	6,6867	79,1017	53	7	3,8	15	0,00	41,52	22,51	35,97	3,15	7,42	8,51	0,0	0	0,000	0,000	0
		302	7910	104	6,2733	79,2463	71	27	14,6	21	0,00	74,79	11,61	13,60	1,79	3,98	5,67	0,0	0	0,000	0,000	0
303		7910	103	6,4017	83,6167	87	53	28,6	17	0,00	73,57	15,71	10,72	1,50	3,10	5,36	0,0	0	0,000	0,000	0	
304		7611	61	6,6933	79,5083	95	81,5	43,9	17,5	0,00	87,01	8,65	4,34	0,89	2,96	2,70	4,9	4	1,922	0,961	0	
305		8103	89	6,6858	79,6650	108	95	51,2	15	0,00	78,59	14,94	6,47	1,10	4,99	20,30	16002,0	24	3,291	0,718	0,055	
306		7910	99	6,7650	79,8033	128	112	60,4	19,3	1,74	94,08	2,17	2,01	1,03	2,80	47,06	14570,0	14	2,931	0,770	0,121	
307		8001	23	6,9150	79,8333	124	123,5	66,5	10	0,00	91,88	2,19	5,93	1,09	3,52	79,70	16752,0	17	2,301	0,563	0,177	
308		7611	62	6,8963	79,8783	132	125,5	67,6	0,1	1,50	89,98	3,77	4,75	0,13	3,84	39,95	33055,0	21	2,832	0,645	0,038	
309		8001	22	6,9450	79,8950	200	101	70,6	3,1	0,90	88,23	2,40	9,37	1,47	3,84	39,95	68642,0	16	2,608	0,702	0,252	
310		7708	4	9,0000	79,9583	100	139,5	75,2	-1	1,37	98,84	1,93	3,33	0,88	3,01	62,38	68642,0	32	3,744	0,749	0,1314	
311		8001	21	8,9933	79,9767	494	141	76	-2	6,72	79,05	6,72	12,86	2,00	6,89	54,77	22864,0	1	0,000	0,000	0	
312		8001	20	9,0233	80,0450	978	148,5	80	-1	17,98	52,88	10,81	18,33	17,98	2,68	11,00	28,7	1	0,000	0,000	0	
HUARMEY		501	8212	4	10,0833	78,1823	50	2,5	1,3	48,5	0,00	8,99	61,35	29,66	2,58	7,74	9,16	0,0	0	0,000	0,000	0
		502	7910	44	9,9583	78,2750	68	6,5	3,5	38,5	0,00	3,18	69,66	27,16	1,16	3,59	8,72	0,0	0	0,000	0,000	0
	503	8010	11	10,1000	78,2685	100	12	6,5	25	0,00	16,54	66,67	16,79	1,59	11,39	11,62	0,0	0	0,000	0,000	0	
	504	7805	36	10,0583	78,3383	108	18	9,7	16	0,00	49,71	31,48	18,81	4,55	4,64	3,03	0,0	0	0,000	0,000	0	
	505	7910	43	10,0917	78,4283	73	22,5	12,1	7,5	0,00	46,91	24,84	28,25	4,55	10,87	9,23	0,0	0	0,000	0,000	0	
	506	7611	36	10,0767	78,5900	175	43	23,2	-2,6	0,00	14,73	34,99	50,28	7,96	22,64	14,80	0,0	0	0,000	0,000	0	
	507	8103	124	10,2200	78,5800	150	49,5	26,7	2	1,89	84,54	3,26	10,31	4,24	11,98	6,04	13296,0	12	2,158	0,602	0,023	
	508	7611	32	10,4483	78,5933	145	65	35	0,1	20,82	73,76	1,56	3,86	1,99	8,28	24,06	8650,0	18	2,780	0,667	0,069	
	509	7910	41	10,3483	78,8063	144	79	42,6	0,5	5,42	86,95	3,49	4,14	1,60	7,97	50,29	47631,0	23	2,214	0,469	0,075	
	510	8001	9	10,4217	78,7967	197	82,5	44,5	-4,2	0,00	2,28	16,49	81023,00	5,48	15,78	19,70	294,1	7	1,886	0,672	0	
	511	8012	12	10,4083	78,8683	300	89	40	-4,8	0,00	86,29	4,64	9,07	1,82	7,90	47,55	49805,0	26	3,131	0,656	0,262	
	512	8012	13	10,4183	78,9050	420	92	49,6	-9	0,00	2,59	20,79	76,62	4,79	14,02	13,72	4,4	1	0,000	0,000	0	

versión modificada por HORN del índice de MORISITA, el cual a su vez presenta la ventaja de ser independiente del tamaño muestral, siendo una de las razones por las cuales WOLDA (1981, en KREBS 1989) lo recomienda como una de las mejores medidas de similaridad en ecología. Se utilizaron también los índices de JACCARD y DICE para el análisis en base a presencias y ausencias.

Cálculos estadísticos

Para evitar asumir una distribución normal de las variables estudiadas, hicieron los cálculos estadísticos utilizando métodos no paramétricos.

Se calculó la correlación no paramétrica de SPEARMAN entre los parámetros biológicos obtenidos (Abundancias de foraminíferos por gramo de sedimento seco, índice de diversidad (H'), índice de equidad (e) y número de especies (S) y los factores abióticos asociados a cada estación.

Se aplicó la prueba no paramétrica del ANVA de una vía de KRUSKAL - WALLIS (SIEGEL 1956) para comparar los tres perfiles de muestreo en base a los datos de densidad de foraminíferos obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Relación P/B

De manera general la relación P/B sufre la disminución descrita por DIESTER-HAASS (1979) para regiones con surgencias, ya que sus valores están muy por debajo de los que se hallan en áreas donde no se registran estos procesos. Normalmente en estas últimas se encuentran valores cercanos a 1 para la relación P/B, sobre el borde de la plataforma (BOLTOVSKOY 1965), mientras que en la zona considerada en este estudio el máximo valor hallado fue de 0,262 (Tabla 1).

A nivel de perfiles podemos hacer un análisis más detallado, comparando los valores promedio de la relación P/B por

perfil con los correspondientes valores promedio de las abundancias de restos biógenos pelágicos (diatomeas, radiolarios y restos de peces) dado que estos últimos pueden servir como indicadores de afloramiento (DIESTER-HAASS 1978). De este modo, es en el perfil Salaverry donde se halló el valor promedio más bajo para la relación P/B ($=0,0989$) y como se esperaba de lo dicho anteriormente, es en ese perfil donde se halló el valor promedio más bajo para los indicadores pelágicos de afloramiento en sedimento (IPAS) = 43,6689. Sin embargo esto no es tan obvio para los otros dos perfiles donde los pares de datos de P/B e IPAS no presentan la tendencia esperada.

Finalmente, examinando los valores para la relación P/B a nivel de estaciones, vemos que los valores más altos tienden a situarse hacia el borde de la plataforma, salvo algunos casos como el de la estación 101 que, siendo la más cercana a la costa dentro del perfil Pimentel, es la de mayor valor P/B = 0,222.

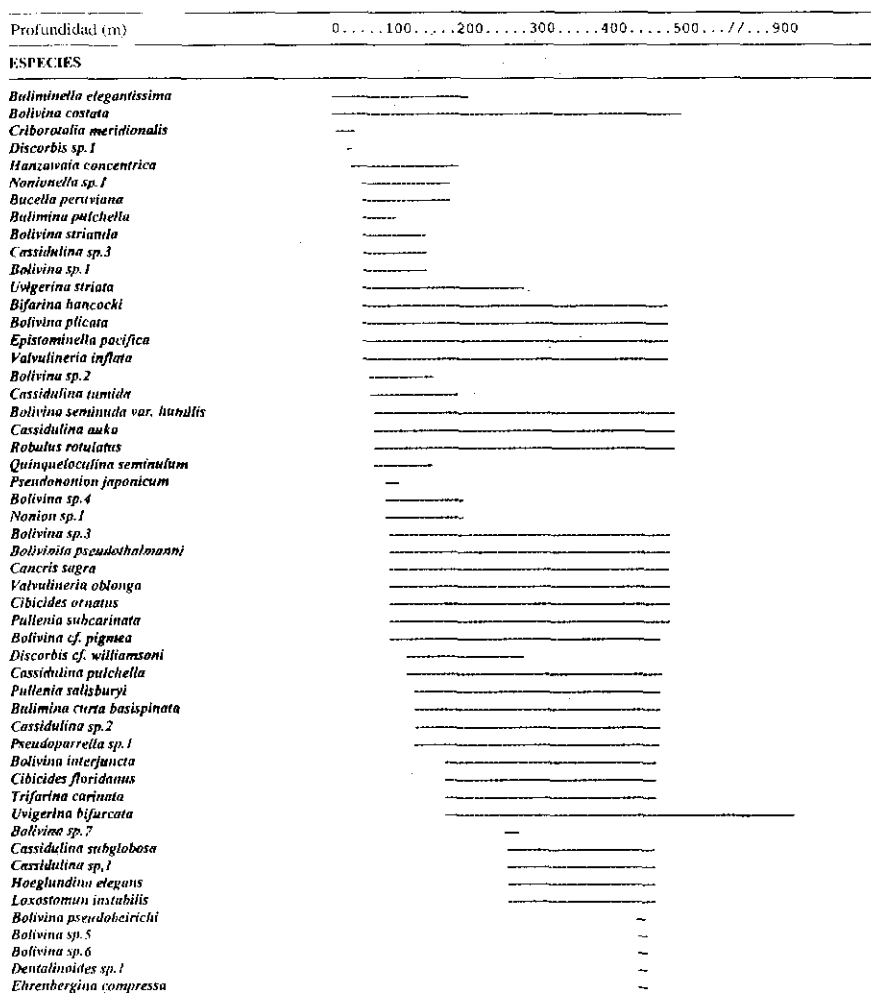


FIGURA 2. Distribución batimétrica de las especies de foraminíferos béticos

Tabla 2: Lista sistemática de las especies de foraminíferos béticos (Según clasificación de Loeblich y Tappan (1974))

SUBORDEN : MILIOLINA	SUBFAMILIA BAGGININAE
SUPERFAMILIA MILIOLACEA	ESPECIES <i>Cancris sagra</i>
FAMILIA MILIOLIDAE	<i>Valvulineria inflata</i>
SUBFAMILIA QUINQUELOCULININAE	<i>V.oblonga</i>
ESPECIE <i>Quinquebulina seminuda</i>	FAMILIA CIBICIDIDAE
SUBORDEN ROTALIINA	SUBFAMILIA CIBICIDINAE
SUPERFAMILIA NODOSARIACEA	ESPECIES <i>Cibicides floridanus</i>
FAMILIA NODOSARIIDAE	<i>C. ornatus</i>
SUBFAMILIA NODOSARIINAE	SUPERFAMILIA GLOBIGERINACEA
ESPECIE <i>Dentalinoides</i> sp.1	FAMILIA HETEROHELICIDAE
FAMILIA VAGINULINIDAE	SUBFAMILIA HETEROHELICINAE
SUBFAMILIA LENTICULININAE	ESPECIE <i>Bifarina hancocki</i>
ESPECIE <i>Robulus rotulatus</i>	SUPERFAMILIA ROTALIACEA
SUPERFAMILIA DISCORBACEA	FAMILIA ELPHIDIINAE
FAMILIA PSEUDOPARRELLIDAE	SUBFAMILIA FAUJASININAE
ESPECIE <i>Pseudoparrella</i> sp.1	ESPECIE <i>Cribrorotalia meridionalis</i>
SUPERFAMILIA BULIMINACEA	SUPERFAMILIA NONIONACEA
FAMILIA BOLIVINITIDAE	FAMILIA NONIONIDAE
ESPECIES <i>Bolivina</i> cf. <i>pygmaea</i>	SUBFAMILIA CHILOSTOMELLINAE
<i>B. costata</i>	ESPECIES <i>Pullenia salisburyi</i>
<i>B. interjuncta</i>	<i>Pullenia subcarinata</i>
<i>B. plicata</i>	<i>Pseudononion japonicum</i>
<i>B. pseudobeirichi</i>	<i>Nonion</i> sp. 1
<i>B. seminuda</i> var. <i>humilis</i>	<i>Nonionella</i> sp. 1
<i>B. striatula</i>	FAMILIA ANOMALINIDAE
<i>B. sp.1 - 7</i>	SUBFAMILIA ANOMALININAE
<i>Bolivinita pseudothalmani</i>	ESPECIE <i>Hanzawaia concentrica</i>
FAMILIA TURRILINIDAE	SUPERFAMILIA CASSIDULINACEA
SUBFAMILIA TURRILININAE	FAMILIA LOXOSTOMATIDAE
ESPECIE <i>Buliminella elegantissima</i>	ESPECIE <i>Loxostomum instabilis</i>
FAMILIA BULIMINIDAE	FAMILIA CASSIDULINIDAE
SUBFAMILIA BULIMININAE	ESPECIES <i>Cassidulina auka</i>
ESPECIES <i>Bulimina curta basispinata</i>	<i>C. pulchella</i>
<i>B. pulchella</i>	<i>C. subglobosa</i>
FAMILIA UVIGERINIDAE	<i>C. tumida</i>
ESPECIES <i>Trifarina carinata</i>	<i>C. sp.1</i>
<i>Uvigerina bifurcata</i>	<i>Ehrenbergina compressa</i>
<i>Uvigerina striata</i>	SUPERFAMILIA ROBERTINACEA
SUPER FAMILIA DISCORBACEA	FAMILIA CERATOBULIMINIDAE
FAMILIA DISCORBIDAE	ESPECIE <i>Hoeglundina elegans</i>
SUB FAMILIA DISCORBINAE	
ESPECIES <i>Buccella peruviana</i>	
<i>Epistominella pacifica</i>	
<i>Discorbis</i> cf. <i>williamsoni</i>	
<i>D. sp.1</i>	

Composición, distribución y abundancia

Se determinaron 52 especies de foraminíferos béticos pertenecientes a 26 géneros dentro de 16 familias, siguiendo la clasificación de LOEBLICH y TAPPAN (1974) (Tabla 2).

El rango de profundidades estudiado es restringido y sólo cubre la plataforma, el borde de la misma y parte del talud superior, estando la mayor parte de las estaciones concentradas entre 0 y 200 metros de profundidad. Se asume que no hay mucha discontinuidad a lo largo de la zona de distribución batimétrica de cada especie (Fig. 2).

La especie que se distribuyó en un rango más amplio de profundidad fue *Bolivina costata* (de 21 a 500 m).

Excepto en el perfil Pimentel los foraminíferos se distribuyen sólo después de los 100 metros de profundidad. En general los foraminíferos alcanzaron sus mayores abundancias alrededor del borde de la plataforma.

La mayor parte de las especies cubre el área sobre los 200 m de profundidad; 9 especies mostraron un rango de profundidad bastante estrecho dentro de la plataforma continental, destacando *Bulimina pulchella*, *Bolivina* sp. 2 y *Quinqueloculina seminulum*.

Un 32% de las especies fue hallado en los tres perfiles a la vez (Fig. 3), siendo las más importantes, en base a su frecuencia: *Bolivina costata*, *Epistominella pacifica*, *Valvulineria inflata*, *Bolivina plicata* y *Uvigerina striata*.

Veintiséis de las especies determinadas han sido registradas anteriormente para la plataforma y el talud continentales de Chile, dentro de la provincia peruano-chilena (BOLTOVSKOY y GUALANCAÑAY 1975).

En trabajos realizados en el mar peruano (VERANO 1974, BANDY y RODOLFO 1964, KOTAKI 1972, además del presente) se señala que 15 especies presentan una amplia distribución (Perú, Ecuador, Chile).

La mayor densidad promedio de foraminíferos se encontró en el perfil Salaverry (16432 individuos/gramo de sedimento) (Anexo 1), aunque no se encontró diferencias significativas entre los tres perfiles ($H=2,88 < X_{2,0.05}^2=5,99$) de acuerdo al análisis de varianza de KRUSKAL-WALLIS (SIEGEL 1956).

Las especies dominantes en base a su abundancia en toda la zona estudiada fueron: *Epistominella pacifica*, *Uvigerina striata*, *Bolivina costata*, *B. plicata*, *Valvulineria inflata*, *Buliminella elegantissima* y *Hanzawaia concentrica*. De éstas, *Epistominella pacifica* siempre ocupó el primer lugar en abundancia en todos los perfiles estudiados. *Bolivina costata* y *Buliminella elegantissima* son más abundantes en el perfil Pimente; *Uvigerina striata* y *Cassidulina auka* en el perfil Salaverry; y *Bolivina seminuda* var. *humilis* en el perfil Huarmey.

ESPECIES	Pimentel 6°45'-7°19' S	Salaverry 8°11'-9°01' S	Huarmey 10°05'-10°25' S
<i>Epistominella pacifica</i>	_____	_____	_____
<i>Bolivina plicata</i>	_____	_____	_____
<i>Uvigerina striata</i>	_____	_____	_____
<i>Bolivina costata</i>	_____	_____	_____
<i>Valvulineria inflata</i>	_____	_____	_____
<i>Bolivina seminuda</i> var. <i>humilis</i>	_____	_____	_____
<i>Cassidulina auka</i>	_____	_____	_____
<i>Hanzawaia concentrica</i>	_____	_____	_____
<i>Bolivina</i> sp.1	_____	_____	_____
<i>Buliminella elegantissima</i>	_____	_____	_____
<i>Bifarina hancocki</i>	_____	_____	_____
<i>Cassidulina</i> sp.3	_____	_____	_____
<i>Bolivina pseudohalmani</i>	_____	_____	_____
<i>Bolivina striatula</i>	_____	_____	_____
<i>Cibicides ornatus</i>	_____	_____	_____
<i>Robulus rotatus</i>	_____	_____	_____
<i>Nonion</i> sp.1	_____	_____	_____
<i>Nonionella</i> sp.1	_____	_____	_____
<i>Bulimina pulchella</i>	_____	_____	_____
<i>Cassidulina tumida</i>	_____	_____	_____
<i>Buccella peruviana</i>	_____	_____	_____
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	_____	_____	_____
<i>Cibicides floridanus</i>	_____	_____	_____
<i>Uvigerina bifurcata</i>	_____	_____	_____
<i>Cassidulina</i> sp.2	_____	_____	_____
<i>Pseudoparrella</i> sp.1	_____	_____	_____
<i>Cancris sagra</i>	_____	_____	_____
<i>Trifarina carinata</i>	_____	_____	_____
<i>Bolivina</i> sp.3	_____	_____	_____
<i>Buliminella curva basispinata</i>	_____	_____	_____
<i>Bolivina interjecta</i>	_____	_____	_____
<i>Cassidulina pulchella</i>	_____	_____	_____
<i>Cassidulina subglobosa</i>	_____	_____	_____
<i>Valvulineria oblonga</i>	_____	_____	_____
<i>Pullenia subcarinata</i>	_____	_____	_____
<i>Pullenia salisburyi</i>	_____	_____	_____
<i>Bolivina</i> cf. <i>pygmaea</i>	_____	_____	_____
<i>Cassidulina</i> sp.1	_____	_____	_____
<i>Hoeglundina elegans</i>	_____	_____	_____
<i>Loxostomum instabilis</i>	_____	_____	_____
<i>Bolivina</i> sp.2	_____	_____	_____
<i>Cribrorotalia meridionalis</i>	_____	_____	_____
<i>Discorbis</i> sp.1	_____	_____	_____
<i>Pseudonion japonicum</i>	_____	_____	_____
<i>Bolivina</i> sp.5	_____	_____	_____
<i>Bolivina</i> sp.6	_____	_____	_____
<i>Bolivina pseudobeirichi</i>	_____	_____	_____
<i>Bolivina</i> sp.4	_____	_____	_____
<i>Ehrenbergina compressa</i>	_____	_____	_____
<i>Dentalinoides</i> sp.1	_____	_____	_____
<i>Bolivina</i> sp.7	_____	_____	_____
<i>Discorbis</i> cf. <i>williamsoni</i>	_____	_____	_____

FIGURA 3. Ubicación latitudinal de las especies de foraminíferos béticos encontradas por perfiles.

Diversidad

En toda la zona estudiada encontramos que el índice de diversidad H' de SHANNON-WIENER se mantiene en un rango entre 1,5 y 3,5 bits/individuo y al igual que el número de especies tiende a aumentar hacia el talud superior. Estos valores son similares a los hallados por GARCÉS DE HARO (1981) en Ecuador.

Los valores tanto para los índices de equidad y diversidad, como para el número de especies, bajan significativamente más allá el talud superior siendo probable, entonces que sea el talud superior donde se acumula la mayor cantidad de caparzones de foraminíferos.

El perfil de Salaverry es el que tiene los valores más altos en las tres variables ya mencionadas (Tabla 1).

En este caso los altos niveles de equidad estarían en contradicción con lo observado por PHLEGER y SOUTAR (1973) para zonas con mínima de oxígeno, sin embargo, dado que en este trabajo se ha evaluado también la tanatocenosis de foraminíferos benti-

cos, la equidad observada sería consecuencia de la sucesión de distintos patrones de dominancia específica; más aún, de forma general, la estructura comunitaria revelada sería el resultado de la superposición de los distintos estados estacionarios alcanzados por la biocenosis de foraminíferos béticos en la zona de estudio.

Cabe añadir que el índice H' presenta coeficientes de correlación más altos con el número de especies que con el índice de equidad.

Similaridad

El índice de JACCARD constata una distribución homogénea entre las estaciones salvo el caso de las que tienen un bajo número de especies ($S < 8$) (Fig. 4).

Entre estas últimas, la estación 101 y la 102 (Perfil Pimentel) están agrupadas por ser las únicas en las que se encontró *Cribrorotalis meridionalis*, aunque comunicaciones posteriores dan cuenta de la existencia de esta especie en aguas someras de Chimbote (ALAMO 1993, com. pers.) y PISCO (SERPA 1993, com. pers.).

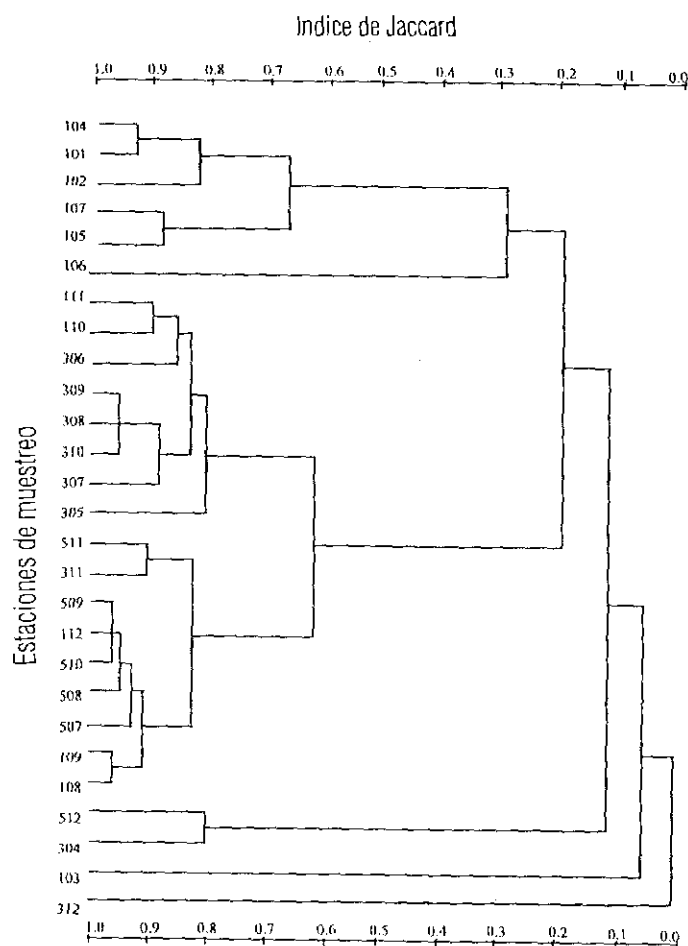


FIGURA 4. Dendrograma del análisis de similitud entre estaciones (índice de Jaccard).

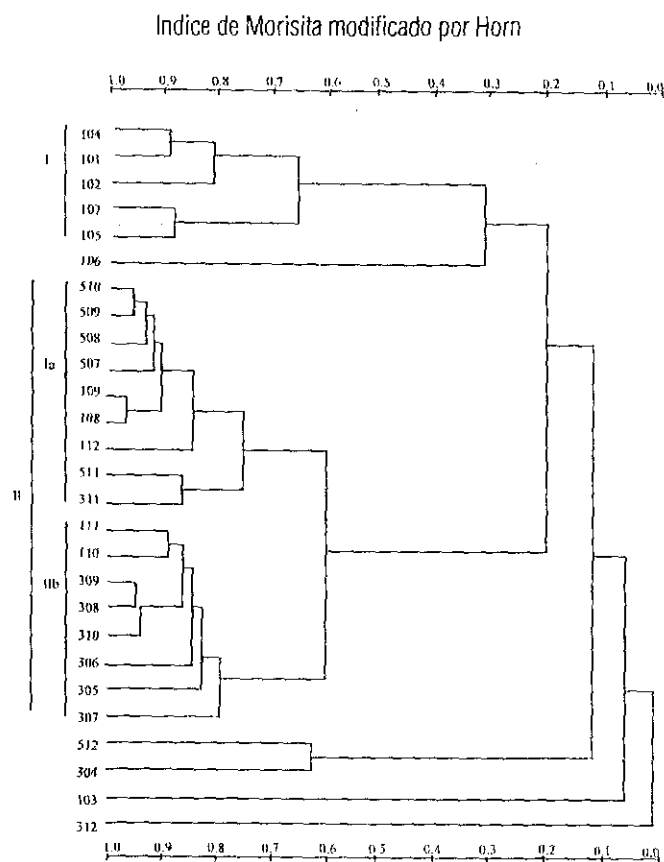


FIGURA 5. Dendrograma del análisis de similitud entre estaciones (índice de Morisita).

Según el índice de MORISITA existen básicamente dos grupos de estaciones (Fig. 5) uno de ellos (I) constituido por estaciones someras de perfil Pimentel donde predominan en forma constante las especies *Bolivina costata* y *Buliminella elegantissima*. El segundo agrupamiento (II) está caracterizado por la presencia de *Epistominella pacifica* con altos valores de abundancia relativa y está constituido por dos subgrupos; uno (IIb) codominado por *Hanzawaia concentrica*, *Bolivina plicata* y *Valvulineria inflata* y otro (IIa) donde las abundancias relativas de *Epistominella pacifica* fueron mucho mayores encontrándose asimismo *Bolivina costata* y *B. seminuda* var. *humilis* en forma constante.

El índice de DICE separa 3 grupos tomando en cuenta sólo las especies con una frecuencia mayor a 4. Estos agrupamientos están relacionados con la distribución geográfica de las especies.

El primer agrupamiento (I) muestra una asociación entre 3 especies que se presentan mayormente en los perfiles de Pimentel y Salaverri (Fig. 6).

El segundo agrupamiento (II) está compuesto por especies que en su mayor parte ocupan los 3 perfiles. Este agrupamiento se divide en tres subgrupos, uno de los cuales contiene 11 especies (IIb), todas presentes en los 3 perfiles y con las mayores frecuencias de todas las especies encontradas, presentando además los más altos grados de asociación. Se convierte así en el "núcleo" de la taxocenosis de foraminíferos bénticos de la zona estudiada, porque este conjunto de especies es, por así decirlo, la parte de la taxocenosis mencionada que caracteriza y define la biofacies considerada en este trabajo. Entre las especies que componen este núcleo tenemos principalmente a: *Valvulineria inflata*, *Bolivina plicata*, *Uvigerina striata*, *Cassidulina*

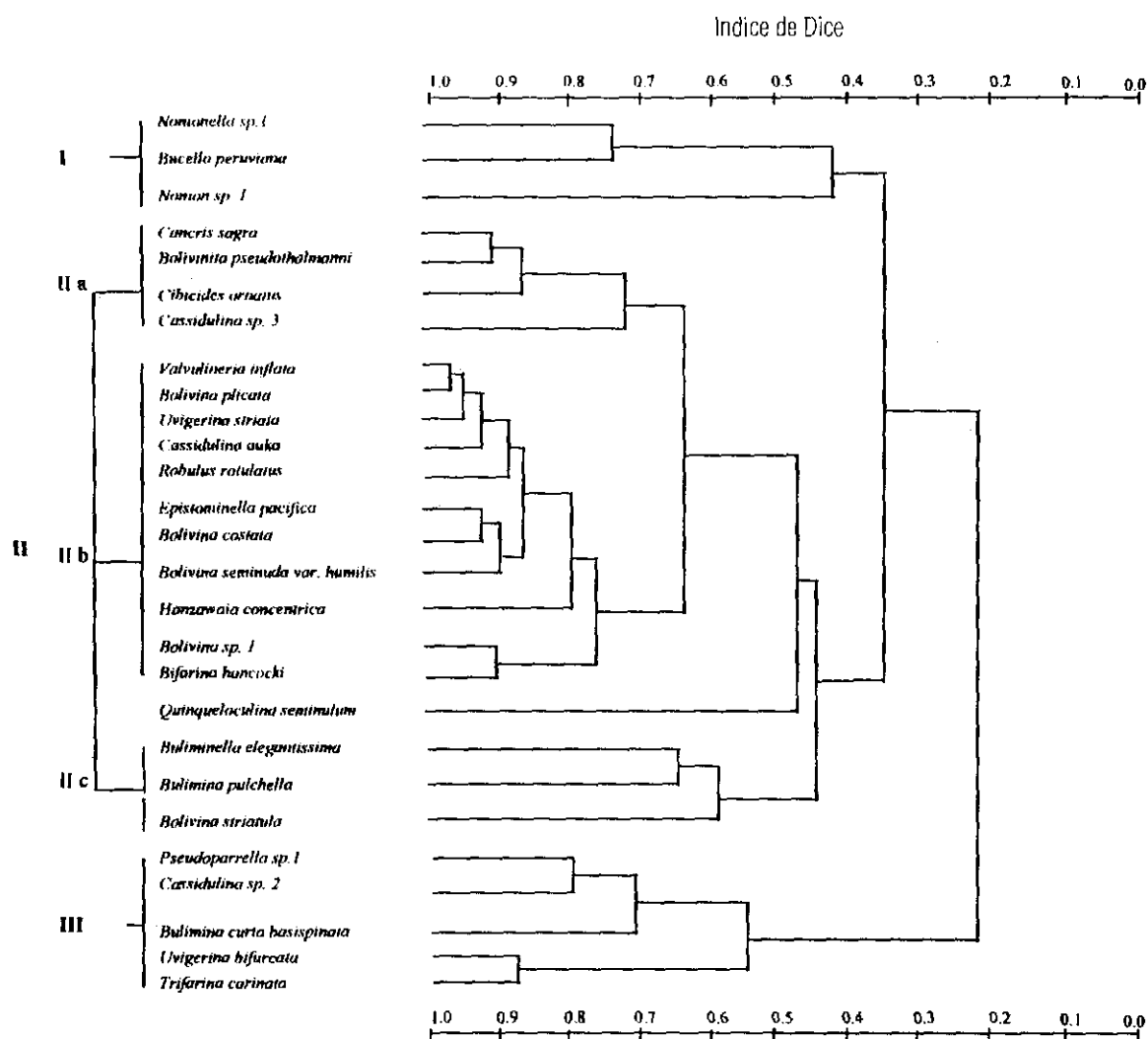


FIGURA 6. Dendrograma del análisis de similitud entre especies (índice de Dice)

auka, *Robulus rotulatus*, *Epistominella pacifica*, *Bolivina costata*, *Bolivina seminuda* var. *humilis* y *Hanzawaia concentrica* (Fig. 7).

El tercer agrupamiento (III) está formado por 5 especies que sólo se hallaron en los perfiles Saferrey y Huarmey.

Indices biológicos

Siguiendo la metodología expuesta por GUILLE (1970) se clasificó a las especies en preferentes [A] acompañantes [B] y accesorias [C] de acuerdo a sus valores decrecientes en el índice biológico. Dada su alta dominancia media y frecuencia, *Epistominella pacifica* presentó el mayor índice biológico ($I_b=199$) (Tabla 3).

Las 10 especies clasificadas como preferentes están presentes a lo que hemos denominado "nucleo" de la taxocenosis con excepción de *Buliminella elegantissima*.

Finalmente, son 19 las especies que presentan un índice biológico igual a cero quedando, por tanto, como las especies accesorias dentro de esta clasificación biocenótica.

Correlación entre factores abióticos y parámetros biológicos

La correlación de SPEARMAN entre las diferentes variables da valores significativos para el coeficiente "r" entre la distancia a la costa y los parámetros biológicos, así como entre la abundancia de foraminíferos béticos y el número de especies.

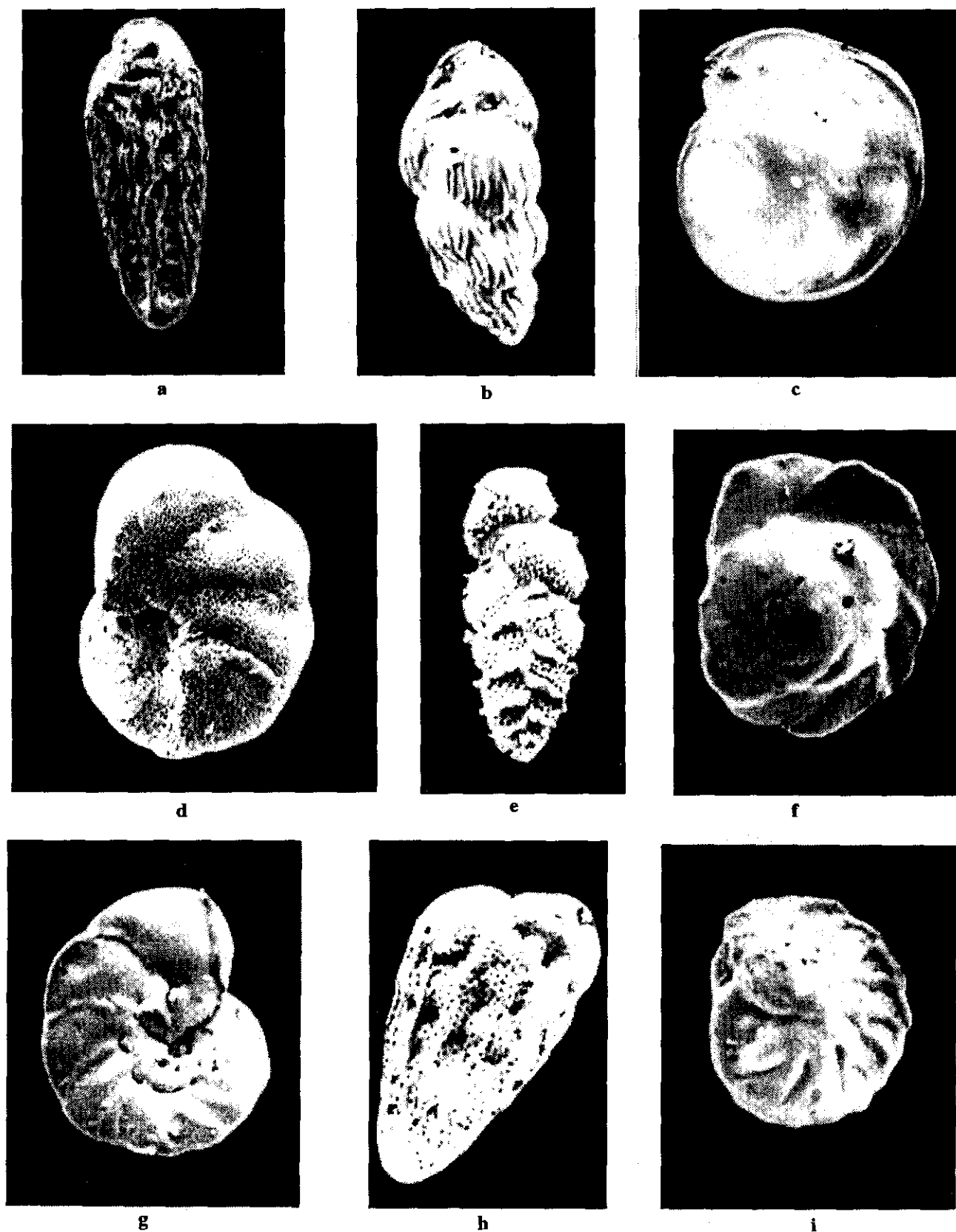
Los parámetros biológicos se correlacionan positiva y significativamente con el porcentaje de arena y el porcentaje de CaCO_3 y también, salvo la equidad, con la distancia a la costa. Por otro lado, dichos parámetros se correlacionan negativa y significativamente con los porcentajes de limo y de arcilla.

En el caso de la correlación observada con el porcentaje de arena, el resultado era de esperar dado que granulométricamente los caparazones de los foraminíferos son una parte importante en la composición de esta fracción del sedimento (DELGADO y GOMERO, 1988). Una consecuencia lógica de ello es la correlación negativa con el porcentaje de limo y el porcentaje de arcilla.

De igual modo, dado que los caparazones de los foraminíferos están básicamente compuestos de CaCO_3 , era predecible el nivel de signifi-

Tabla 3. Indices biológicos, dominancias y frecuencias

ESPECIES	Índice Biológico	Dominancia	Frecuencia
<i>Epistominella pacifica</i>	199	27,4	21
<i>Bolivina plicata</i>	139	8,1	20
<i>Uvigerina striata</i>	113	8,7	19
<i>Bolivina costata</i>	96	8,1	22
<i>Valvulineria inflata</i>	88	7,8	21
<i>Bolivina seminuda</i> var. <i>humilis</i>	84	3,4	17
<i>Cassidulina auka</i>	79	3,9	18
<i>Hanzawaia concentrica</i>	77	6,8	17
<i>Buliminella elegantissima</i>	71	7,4	12
<i>Bolivina</i> sp.1	44	4,2	12
<i>Bifarina hancocki</i>	39	0,7	13
<i>Uvigerina bifurcata</i>	27	4,4	5
<i>Cassidulina</i> sp.2	23	0,8	4
<i>Pseudoparrella</i> sp.1	23	1,1	6
<i>Nonionella</i> sp.1	20	0,4	7
<i>Bulimina pulchella</i>	19	0,3	6
<i>Cribrotalia meridionalis</i>	17	0	2
<i>Cancris sagra</i>	16	0,5	11
<i>Cassidulina</i> sp.3	16	0,5	10
<i>Trifarina carinata</i>	15	0,4	4
<i>Bolivinita pseudothalmanni</i>	13	0,5	11
<i>Bolivina</i> sp.3	13	0,7	3
<i>Bolivina striatula</i>	13	0,4	8
<i>Bulimina curta basispinata</i>	11	0,4	5
<i>Discorbis</i> sp.1	9	0,7	1
<i>Cassidulina tumida</i>	9	0,2	3
<i>Bucella peruviana</i>	8	0	4
<i>Bolivina</i> sp.2	6	0,6	3
<i>Bolivina interjuncta</i>	6	0,2	3
<i>Cassidulina pulchella</i>	6	0,2	3
<i>Cibicides ornatus</i>	5	0,1	10
<i>Cassidulina subglobosa</i>	4	0,1	2
<i>Robulus rotulatus</i>	1	0	16
<i>Valvulineria oblonga</i>	0	0	3
<i>Nonion</i> sp.1	0	0	4
<i>Pullenia subcarinata</i>	0	0	3
<i>Pullenia salisburyi</i>	0	0	3
<i>Pseudononion japonicum</i>	0	0	1
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	0	0	6
<i>Bolivina</i> sp.5	0	0	1
<i>Bolivina</i> sp.6	0	0	1
<i>Bolivina</i> sp.7	0	0	1
<i>Bolivina</i> cf. <i>pygmaea</i>	0	0	3
<i>Bolivina pseudobeirichi</i>	0	0	1
<i>Bolivina</i> sp.4	0	0	2
<i>Cassidulina</i> sp.1	0	0	2
<i>Ehrenbergina compressa</i>	0	0	1
<i>Hoeglundina elegans</i>	0	0	2
<i>Loxostomun instabilis</i>	0	0	2
<i>Cibicides floridanus</i>	0	0	2
<i>Dentalinoides</i> sp.1	0	0	1
<i>Discorbis</i> cf. <i>williamsoni</i>	0	0	2



a. *Bolivina plicata*, b. *Uvigerina striata*, c. *Robulus rotulatus*, d. *Valvulineria inflata*, e. *Bifarina hancocki*,
f. *Epistominella pacifica*, g. *Hanzawaia concentrica*, h. *Bolivina costata*, i. *Cassidulina auka*

Figura 7. Micrografías electrónicas de barrido

cación hallado entre este último y los parámetros biológicos.

Finalmente, la correlación observada entre la distancia a la costa y todos los parámetros comunitarios, podrá deberse en gran medida a que un mayor número de caparzones de foraminíferos se acumula hacia el borde la plataforma continental y el talud superior.

CONCLUSIONES

1. En la zona estudiada existen al menos 52 especies de foraminíferos calcáreos béticos distribuidos en 26 géneros y 16 familiar.

2. La biofacies de foraminíferos calcáreos béticos recientes de la zona más amplia de la plataforma continental del norte del Perú está compuesta por: *Bifarina hancochi*, *Bolivina costata*, *Bolivina plicata*, *Bolivina seminuda* var. *humilis*, *Cassidulina auka*, *Epistominella pacifica*, *Hanzawaia concentrica*, *Robulus rotulatus*, *Uvigerina striata*, *Valvulineria inflata*, *Bolivina* sp. 1.

3. La zona estudiada presenta una taxocenosis de foraminíferos béticos bastante jomogénea en cuanto a sus densidades, especialmente si tomamos en cuenta los perfiles Salaverry y Huarmey.

4. La mayor densidad promedio de foraminíferos se encuentra en el perfil Salaverry.

5. La mayor parte de las especies encontradas cubren el área sobre los 200 metros de profundidad.

6. La abundancia, el número de especies y la diversidad de SHANNON están significativamente correlacionados con la distancia la costa.

7. Los valores de la relación de abundancias planctónicos/béticos (P/B) en la zona estudiada concuerdan con la tendencia observada en zonas de afloramiento.

8. Los valores más altos de equidad, diversidad, número de especies, así como de la relación P/B se encuentran en el borde de la plataforma continental.

Referencias

- BANDY, O.L. y S. RODOLFO. 1964. Distribution of foraminifera and sediments. Perú-Chile trench area. Dep Sea Res., 2: 817-837.
- BOLTOVSKOY, ESTEBAN. 1965. Los foraminíferos recientes. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Argentina. 510 pp.
- BOLTOVSKOY, E. y E. GUALANCAÑAY. 1975. FORAMINÍFEROS BÉNTICOS ACTUALES DE ECUADOR I-PROVINCIA ESMERALDA. PUB. INOCAR CM-BIO-5-75 GUAYAQUIL. 77 PP.
- BOLTOVSKOY, E. y F. THEYER. 1970. FORAMINÍFEROS RECIENTES DE CHILE CENTRAL. REV. MUS. ARG. CC.NN. "B. RIVADAVIA" Y DEL INST. NAC. INVEST. DE LAS CC.NN., HIDROLOGÍA 2 (9): 277-391.
- DE MIRO, M. y E. GUALANCAÑAY. 1974. Foraminíferos bentónicos de la plataforma continental de la provincia de Esmeralda, Ecuador, Publicación "INOCAR" CM- BIO-4-74. Guayaquil. 12 p.
- DELGADO, C. y R. GOMERO. 1988. Textura, carbono orgánico y carbonatos de los sedimentos del margen continental peruano. En: ZALZWEDEL y LANDA (Eds.) Recursos y Dinámica del ecosistema de afloramiento peruano. Bol. Inst. Mar Perú. Vol. Ext.: 1-10
- DELGADO, C.; R. GOMERO; H. SALZWEDEL; L. A. FLORES y G. CARBAJAL. 1987. Sedimentos superficiales del margen continental peruano: un mapa textural. Bol. Inst. Mar Perú. 11 (5): 178-190.
- DIESTER-HAASS, L. 1978. Sediments as indicators of upwelling. En: BOJE, y TOMCZAK (Eds.) 1978. Upwelling Ecosystems, Springer Verlag. Berlin Heidelberg: 261-281.
- DIESTER-HAASS, L. 1979. Neogene coastal upwelling history off north-west and south-west Africa. Marine Geology, 29: 39-53.
- GALEHOUSE, JON S., 1971. Sedimentation Analysis. En: CARVER (ed.) Procedures in Sedimentary Petrology. Wiley-Interscience, New York. 653 p.
- GARCÉS DE HARO, P. 1981. Distribución y afinidad de los foraminíferos encontrados en el área comprendida entre el cabo de San Lorenzo y Punta Jama. Rev. Cienc. Mar. Limn. 1 (1): 61-72.
- GUALANCAÑAY, E. 1983. Foraminíferos bentónicos del Golfo de Guayaquil (1) Act. Ocean Pacif. INOCAR, 2 (2): 589-657.
- GUALANCAÑAY, E. 1986. Distribución de los foraminíferos bentónicos del golfo de Guayaquil. Act. Ocean. Pacif., INOCAR, 3 (2): 93-124.
- GUILLE, A. 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la cote catalane française. II Les communautés de la macrofaune. Vie et Milieu, 21 (1B): 149-280.
- HOLME, N. A. y A. D. MC. INTYRE. 1971. Methods for the study of marine benthos. I.B.P. Handbook 16. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 334 pp.
- INGLE, J. C. (Jr.) G. KELLER y R. L. KOLPACK. 1980. Benthonic foraminiferal biofacies of the southern Perú-Chile trench area, Southeastern Pacific Ocean. Micropaleontology, 26 (2): 113-150.
- INGRAM, ROY L. 1971. Sieve analysis. En: CARVER, R. E. (Ed.) Procedures in Sedimentary Petrology. Wiley-Interscience, New York. 653 pp.
- KOTAKI, KATSUMI. 1972. The characteristics of the bottom sediments along the Pacific coast of Peru-Chile, South America. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab. 32: 59-76. (En japonés).
- KREBS, CHARLES J. 1989. Ecological Methodology. Harper y Row, Publishers, New York, 654 pp.
- LEGENDRE, L. y P. LEGENDRE. 1983. Numerical ecology. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 419 pp.
- LOEBLICH, A. R. y H. TAPPAN. 1974. Recent advances in the classification of the Foraminiferida. En: HEDLEY y ADAMS, C. (Eds.) Foraminifera. Academic Press, Inc. (Vol. I: 1-54).
- MC. CULLOCH, J. 1977. Qualitative observations on recent foraminiferal tests with emphasis on the Eastern Pacific. University of Southern California, L. A., 3 t., 1078 p.

- PHLEGER, F. B. y A. SOUTAR. 1973. Production of benthic foraminifera in three Eastern Pacific oxygen minima. *Micropaleontology*, 19 (1): 110-115.
- SIEGEL, S. 1956. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. Mc. Graw Hill Book Co., Inc. Tokyo, 312 p.
- SUESS, E. y R. VON HUENE (Eds.) 1988. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports, 112: College Station Tx (ODP): National Science Foundation Joint Oceanographic Institutions INS.: 5-23, 305-329.*
- VERANO, R. 1974. Foraminíferos del litoral del departamento de Lima. *Rev. per. Biol.* 1 (1): 63-80.