

DISTRIBUCIÓN DE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Gloria A. Rozo-Vera¹ y
Ana Luisa Carreño²

RESUMEN

Se realizó un estudio zoogeográfico de 48 taxa de foraminíferos planctónicos, provenientes de 47 muestras superficiales del Golfo de California. *Globigerina pachyderma incompta*, *G. bulloides* y *Globigerinita glutinata* representan los taxa más abundantes y de distribución más amplia. Los conjuntos faunísticos con características particulares parecen reflejar masas de agua predominantes en el golfo, así como diferencias en temperatura y salinidad.

De igual manera, los patrones de distribución de algunas especies parecen indicar zonas de surgencias y frentes oceánicos, así como áreas influenciadas por las masas de agua del Océano Pacífico Tropical Oriental. En términos generales, este estudio demuestra que el Golfo de California contiene asociaciones de foraminíferos planctónicos euritermales.

Palabras clave: foraminífero, surgencias, frente oceánico, Golfo de California, México.

ABSTRACT

A study of planktonic foraminifera from 47 surface sediment samples from the Gulf of California yielded distributional data of 48 species and subspecies. *Globigerina pachyderma incompta*, *G. bulloides* and *Globigerinita glutinata* constitute the most abundant and widely distributed taxa. Distinctly different faunal assemblages are thought to reflect predominant surface water masses in the gulf and, in turn, differences in temperature and salinity.

In addition, distributional patterns of some species appear to mark upwelling zones and oceanic fronts, as well as areas influenced by Eastern Equatorial Pacific Ocean water. In general terms, this study demonstrates that the Gulf of California contains eurythermal planktonic foraminiferal assemblages.

Key words: foraminifera, upwelling, oceanic fronts, Gulf of California, Mexico.

INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre foraminíferos realizados en México durante las tres últimas décadas tienen, fundamentalmente, una orientación bioestratigráfica y, en su gran mayoría, la investigación se circunscribe a los foraminíferos bentónicos lagunares.

En la costa mexicana del Océano Pacífico se ha realizado, con objetivos diversos, investigaciones numerosas sobre las poblaciones vivas o subfósiles de foraminíferos; sin embargo, en el Golfo de California se ha estudiado más a los foraminíferos bentónicos (cf. Phleger, 1964) y a otros grupos micropaleontológicos, que a las poblaciones de foraminíferos planctónicos.

Los trabajos clásicos de Bradshaw (1959) y Parker (1973, relacionados con poblaciones vivas, y el de Bandy (1961,) sobre sedimentos superficiales, fueron complementados con el estudio bioestratigráfico de Matoba y Oda (1982), en el cual se presenta la evolución de los foraminíferos planctónicos, desde el Plioceno superior

hasta el Reciente, en el área de Guaymas, Sonora.

El estudio de la fauna actual del Golfo de California es de importancia fundamental, ya que el análisis de las poblaciones de foraminíferos permite llevar a cabo extrapolaciones del comportamiento de las microfaunas fósiles de esta área y contribuye a la interpretación de la evolución tectónica, climatológica, oceanográfica y, sobre todo, biológica, ocurrida en el Golfo de California desde su formación.

A finales de la primavera de 1982, un grupo de investigadores de los Institutos de Geología y Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, así como de la Universidad Estatal de Oregon, E.U.A., inició una campaña oceanográfica (PALEO-1, BAP-82) a bordo de B/O "El Puma", a fin de estudiar los factores que intervienen en la formación de los sedimentos laminados. El objetivo principal fue obtener la información paleoclimática grabada en los sedimentos del Golfo de California, para analizar los diferentes componentes sedimentarios; es decir, análisis del factor eólico (polen y esporas), factor sedimentario (textura, tipo de sedimento, velocidad de sedimentación), organismos bentónicos (foraminíferos y ostrácodos), así como organismos planctónicos (radiolarios, silicoflagelados, nannoplankton calcáreo y foraminíferos).

En vista de la escasez de estudios con foraminíferos planctónicos en el golfo propiamente dicho, se decidió que la primera fase del trabajo fuese el inventario de

¹ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 México, D. F. Actualmente en Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 1039, Hermosillo, Sonora 83000.

² Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 México, D. F.

las especies y subespecies de foraminíferos planctónicos presentes en los sedimentos superficiales. Posteriormente, se analizó la distribución y comportamiento de estos conjuntos faunísticos, como posibles indicadores de las masas de agua superficiales predominantes en el golfo. Estos taxa fueron utilizados como marcadores biológicos (Bradshaw, 1959; Phleger, 1960, 1976; Rögl y Bolli, 1973, entre otros).

ÁREA DE ESTUDIO

Álvarez-Borrego (1983) resumió acertadamente las características del Golfo de California desde el punto de vista meteorológico, de las diferentes corrientes y masas de agua que predominan en él, mareas y condiciones hidrográficas en general, así como los aspectos relacionados con la distribución de oxígeno, bióxido de carbono, nutrientes, productividad primaria, fitoplancton y zooplancton.

Por otra parte, se continúa la investigación sobre la historia geológica del golfo, para desarrollar teorías sobre su formación temporal y espacial. Cabe señalar que Moore y Curray (1982) realizaron una compilación de las distintas teorías existentes.

La campaña oceanográfica se desarrolló en el Golfo de California, cuya extensión aproximada es de 1,000 km de longitud y 150 km de anchura, localizado entre los 32 y 23°N y 115 y 107°W.

MATERIALES Y MÉTODO

El plan de campaña definió transectos en las partes septentrional, central y meridional del golfo, variando, en cada uno de ellos, el número de estaciones. La ubicación de éstas se realizó mediante radar y señales de satélite (Figura 1).

De acuerdo con los objetivos de la investigación, se utilizó exclusivamente las muestras superficiales del nucleador de caja tipo Reineck, considerando un total de 47 muestras. La localización de las estaciones y la textura de los sedimentos están señaladas en la Tabla 1.

Se obtuvo muestra del primer centímetro cúbico de sedimento superficial del núcleo de caja. De este modo, son factibles dos tipos de estudio cuantitativo: (1) el número total de individuos contenidos en una muestra con cierto peso (en gramos) de referencia, esto es, la abundancia de la microfauna en el sedimento; (2) el predominio de formas, es decir, el porcentaje de cada especie en la muestra estudiada. Para este tipo de tratamiento estadístico, es necesario contar el número de individuos, a fin de que las proporciones relativas entre las especies sean independientes de la cantidad y tipo de sedimento.

Por lo anterior, se consideró un peso constante para todas las muestras de 3 g de sedimento seco y, estadísticamente, se tomó como base 300 individuos para estimar su abundancia relativa (Phleger, 1960; Walton, 1964). Cuando la cantidad total fue inferior a 300, se consideró todos los individuos presentes en la muestra, mientras que en aquéllas donde fueron muy abundantes, se empleó el cuarteador Otto para generar submuestras y facilitar los conteos. En la Tabla 2, se presenta la abundancia absoluta por estación, por especie y totales, así

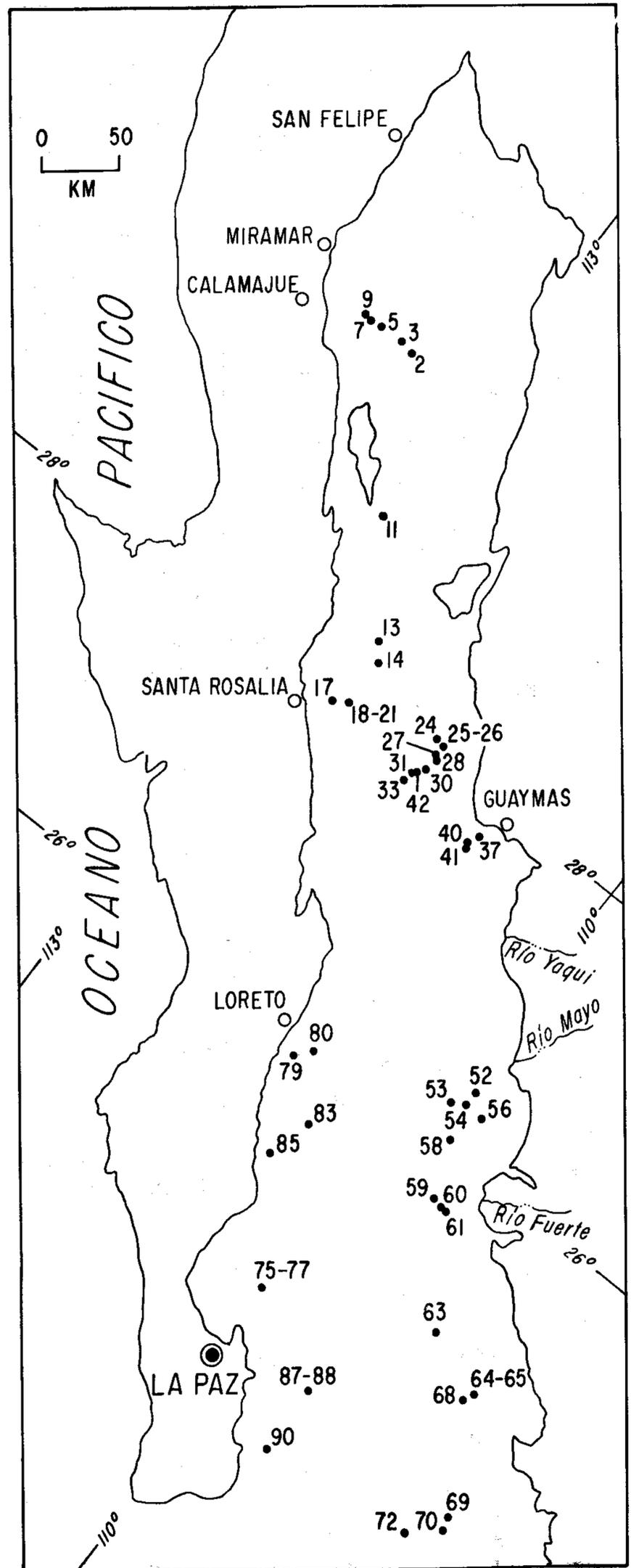


Figura 1.- Mapa de ubicación de las localidades de muestreo.

como el número de especies por estación.
Se lavó y procesó las muestras de acuerdo con las

Tabla 1.- Ubicación, profundidad y composición textural de las muestras superficiales, obtenidas durante la Campaña Oceanográfica PALEO-I, BAP-82, en el Golfo de California.

MUESTRA	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD	COMPOSICIÓN
2	29°58'	113°38'	230	arcilla-limo
3	30°00'	113°47'	365	arcilla-limo
5	29°59'	114°03'	448	arcilla-limo
7	29°59'	114°06'	380	arcilla-limo
9	30°00'	114°08'	344	----
11	29°01'	113°00'	348	limo-arcilla-arena
13	28°21'	112°28'	915	limo-arena-arcilla
14	28°15'	112°24'	897	arena-arcilla-limo
17	27°51'	112°31'	620	arena-limo
18	27°56'	112°23'	848	arcilla-limo
21	27°56'	112°23'	850	arcilla-limo
24	28°05'	111°44'	325	arcilla-arena
25	28°05'	111°41'	356	arcilla-arena
26	28°04'	111°41'	389	limo-arena
27	28°01'	111°40'	477	limo-arcilla
28	27°59'	111°40'	520	lodo
30	27°54'	111°42'	608	arcilla-limo
31	27°49'	111°43'	668	----
33	27°46'	111°44'	804	arcilla-limo
37	27°46'	111°04'	453	----
40	27°40'	111°05'	607	limo-arcilla
41	27°38'	111°04'	832	limo-arcilla
42	27°51'	111°43'	647	----
52	26°26'	109°55'	515	arcilla-limo
53	26°17'	110°02'	745	----
54	26°18'	109°56'	609	arcilla-limo
56	26°19'	109°46'	406	arcilla-limo
58	26°04'	109°49'	595	arcilla-limo
59	25°39'	109°40'	653	arena-limo-arcilla
60	25°40'	109°35'	373	arcilla-limo
61	25°40'	109°34'	163	limo-arcilla-arena
63	25°00'	109°01'	645	----
64	24°50'	108°32'	212	arena-arcilla
65	24°48'	108°32'	645	arcilla-limo
68	24°44'	108°33'	860	limo-arcilla
69	24°05'	108°03'	227	arcilla-limo-arena
70	23°58'	108°08'	600	lodo
72	23°49'	108°15'	895	arcilla-arena-limo
75	24°32'	110°15'	741	----
77	24°33'	110°15'	725	----
79	25°52'	111°08'	256	lodo-arena
80	25°57'	111°01'	615	lodo-arena
83	25°32'	110°43'	620	lodo-arena
85	25°16'	110°51'	670	----
87	24°09'	109°30'	482	arcilla-arena
88	24°09'	109°30'	850	arena
90	23°41'	109°27'	978	arcilla-arena

técnicas clásicas propuestas para foraminíferos (Newmann, 1967).

Para la elaboración de los mapas de distribución (Figuras 2 a la 4), se calculó los porcentajes relativos de la población total a partir del tratamiento estadístico de la abundancia absoluta (Margalef, 1977).

Las especies consideradas como diagnósticas o particularmente importantes para el análisis que se llevó a cabo fueron ilustradas usando microscopía electrónica de barrido (Figura 5).

RESULTADOS

De los 48 taxa identificados (Tabla 3), cuatro fueron dejados en nomenclatura abierta: *Globorotaloides* sp. A, *G.* sp. B, *Turborotalita* sp. A y *T.* sp. B. En las muestras se presenta un porcentaje alto de formas de

transición por lo cual se tiene reserva sobre la asignación correcta específica o subespecífica de las siguientes: *Globigerina bulloides* aff. *G. bulloides umbilicata*, *G.* sp. cf. *G. pachyderma incompta*, *G.* sp. aff. *G. riveroae*, *Globigerinoides* sp. cf. *G. parkerae* y *Globoquadrina dutertrei* A.

Se reporta, por primera vez para el Golfo de California, las especies siguientes: *Globigerina calida calida*, *G. calida praecalida*, *G. megastoma* s. l., *G.* sp. aff. *G. riveroae*, *Globigerinoides* sp. cf. *G. parkerae*, *G. trilobus immaturus*, *Globorotaloides trema*, *Hastigerina siphonifera*, *Pulleniatina finalis* y *P. primalis*.

En términos generales, los foraminíferos planctónicos no fueron muy abundantes; el número mayor por estación fue de 9,600 y el menor de 97; el número de taxa por estación osciló entre 9 y 32 (Tabla 2); los morfotipos más abundantes y con distribución más amplia son los que se menciona en seguida: *Globigerina pachyderma incompta*, *G. bulloides quadrilatera* y *Globigerinita glutinata*.

Abundantes, aunque en menor proporción, pero siempre distribuidas ampliamente son: *Globigerina megastoma* s. l., *G. bulloides apertura*, *G. bulloides bulloides* (Figura 2), *G. quinqueloba*, *Globigerinoides ruber* y *Globorotalia acostaensis*.

Algunas especies relativamente abundantes, cuya frecuencia mayor se concentra en ciertas áreas específicas, son: *Globigerina bermudezi*, *G. bulloides umbilicata* (Figura 2), *G. calida calida*, *G. calida praecalida*, *G.* sp. aff. *G. riveroae*, *G.* sp. cf. *G. falconensis*, *Globigerinoides ruber*, *Globoquadrina dutertrei* A, *Globorotalia menardii menardii*, *G. tumida* y *Orbulina universa*.

De las especies más abundantes, cuya frecuencia mayor se registra en zonas determinadas, sólo se puede mencionar a: *Globigerina pachyderma incompta* y *Globigerinita glutinata*.

Las 28 especies que no fueron mencionadas antes presentan una distribución muy heterogénea y, en algunos casos, errática, con promedios de abundancia relativa muy bajos respecto al total de individuos por especie y número de especies por estación.

No es sorprendente que el número de especies que aquí se incluye sea mayor que el de las citadas por Bradshaw (1959) y Parker (1973), ya que los taxa mencionados por estos autores corresponden a especies vivas, provenientes de muestreos estacionales diferentes (lo cual explica también las ligeras discrepancias entre ambos autores), mientras que el presente muestreo y el de Bandy (1961) están constituidos por especies contenidas en sedimentos superficiales, acumuladas durante varias estaciones anuales.

Asimismo, debe destacarse la gran concordancia que existe entre las especies reportadas por Matoba y Oda (1982) y las del presente estudio, en el área de Guaymas.

Un aspecto muy importante, relacionado con la abundancia de los taxa aquí citados, es el hecho de que algunos especímenes encontrados pudieran ser representantes retrabajados, provenientes de sedimentos más antiguos expuestos en el piso oceánico; este sería el caso, probablemente, de *Pulleniatina primalis* y *Globorotalia acostaensis*.

Tabla 2.- Abundancia absoluta, total y por especie. Número de especies por estación.

ESTACIÓN PALEO I / BAP-82	2	3	5	7	9	11	13	14	17	18	21	24	25	26	27	28	30	31	33	37	40	41	42	52	53	54	
ESPECIE NÚM.																											
1.- <i>Globigerina bermudezi</i>			12	10	6	20	128	1	4	144	14	9		8	4	48	40	20	4	3	34		68	2			
2.- <i>G. bulloides apertura</i>	1856	56	41	15	48	472	10	14	280	34	26	18	64	96	8	40	112	40	44	10	44	5	28	24	128	20	
3.- <i>G. bulloides bulloides</i>	896	24	36	23	88	128	5	25	184	24	32	36	84	124	13	140	192	96	80	30	24	27	132	104	136	40	
4.- <i>G. bulloides quadrilatera</i>	2400	46	50	55	236	384	17	53	368	40	90	24	56	160	5	176	416	204	160	33	100	19	168	66	232	52	
5.- <i>G. bulloides umbilicata</i>	256	20	14	9	16	32	1	2	48	8			16	4	2	56	16	4	4	1	4	1	4	8	4		
6.- <i>G. bulloides aff. G. umbilicata</i>										3																	
7.- <i>G. calida calida</i>	224	11	14	5	28	80	3	2	40	3	10	2	8	12	2	40	24	8	8	6	6	5	28	2	8	16	
8.- <i>G. calida praecalida</i>	288	5		6	28	24			5	48	4	10				60	88	12	12	2	16		16	2	32	10	
9.- <i>G. sp. cf. G. falconensis</i>	160		1	2							5	2				4		8			1	14		40			
10.- <i>G. megastoma s. l.</i>	928	32	29	50	160	264	7	9	176	26	26	14	40	48	2	64	392	84	12	16	26	3	80	8	312	64	
11.- <i>G. pachyderma incompta</i>	896	30	38	38	164	232	21	65	312	31	144	378	652	248	8	96	232	112	228	26	76	28	136	120	80	34	
12.- <i>G. pachyderma pachyderma</i>					4																		8				
13.- <i>G. sp. aff. G. pachyderma incompta</i>																											
14.- <i>G. quinqueloba</i>				1	20		2	6		3	30	2	16	56	9	16	40	52	36	32	6	9	12	8	32	50	
15.- <i>G. sp. aff. G. riveroae</i>	512	19	14	6	24	152	6	6	136	7						44	48	12	16		16		24		2		
16.- <i>Globigerinita glutinata</i>	96	12		27	124	56	6	50	8	50	134	2	16	204	48	100	232	236	316	54	74	98	168	152	672	124	
17.- <i>G. uvula uvula</i>																											
18.- <i>Globigerinoides conglobatus</i>																8	8					4				2	
19.- <i>G. sp. cf. G. parkerae</i>										8																	
20.- <i>G. elongatus</i>										8																	
21.- <i>G. ruber</i>	160	6	4	3	8	88	1	3	80	5	4		24			20	32	8	4	9	24		40		40	6	
22.- <i>G. tenellus</i>																											
23.- <i>G. trilobus immaturus</i>									16	1	2	2					16	4			6				8		
24.- <i>G. trilobus sacculifer</i>									8								8				2		8				
25.- <i>G. trilobus trilobus</i>						8						2										1					
26.- <i>Globoquadrina dutertrei s. l.</i>	96	1	2	3	4	24		2	8	1	8		32	12	1		48	24	28	2	4	5	24		64	8	
27.- <i>G. dutertrei A</i>		12	26	16	96	264	9	16	264	6						9	100	104	96	124	19	38	22	72	52	200	36
28.- <i>G. dutertrei blowi</i>							2		104			4	78	140	60		8									8	
29.- <i>Globorotalia acostaensis</i>	640	14	10	24	64	40	7	24	40	21	42	36	36	68	6	128	112	64	48	22	48	23	100	34	208	70	
30.- <i>G. hirsuta</i>																											
31.- <i>G. menardii cultrata</i>	64								8				4				16	4			2		4			2	
32.- <i>G. menardii menardii</i>	32				4	8			24	3	2		12	4		8	24	12	8		6	1		2	72	10	
33.- <i>G. scitula</i>																	8										
34.- <i>G. tumida</i>						8			8	1									4								
35.- <i>Globorotaloides trema</i>																										16	
36.- <i>G. sp. A</i>											2																
37.- <i>G. sp. B</i>																											
38.- <i>Hastigerina aequilateralis</i>																						2			8	4	
39.- <i>H. siphonifera</i>																											
40.- <i>Orbulina suturalis</i>																											
41.- <i>O. universa</i>									8																	8	
42.- <i>Pulleniatina finalis</i>									24													2			2	16	
43.- <i>P. obliquiloculata</i>																	8	24	4	12				8	24	6	
44.- <i>P. primalis</i>									1																8	48	
45.- <i>Turborotalita anfracta</i>			2	8					2	48	1	2													6	48	
46.- <i>T. iota</i>		11	8	56	8	1	7				9	20		4	36	9	20	24	40	36	25	12	6	20	8	40	
47.- <i>T. sp. A</i>												2															
48.- <i>T. sp. B</i>													8	12							2		3				
TOTAL DE INDIVIDUOS POR ESTACIÓN	9600	300	300	300	1200	2400	99	300	2400	300	600	594	1200	1200	128	1200	2288	1148	1200	300	600	257	1196	600	2400	600	
NÚMERO DE ESPECIES POR ESTACIÓN	17	15	15	19	20	19	16	21	26	23	21	12	19	20	16	21	27	24	20	19	27	17	23	17	24	25	

Tabla 2 (Continuación).

ESTACIÓN PALEO I / BAP-82	56	58	59	60	61	63	64	65	68	69	70	72	75	77	79	80	83	85	87	88	90			
ESPECIE NÚM.																								
1.- <i>Globigerina bermudezi</i>		16			3	24	1		48							160			36	32	32	48		1,035
2.- <i>G. bulloides apertura</i>	4	88	40	4	15	64	5	10	4	256	12	64	112	112	120	320	256	56	64	352	424			5,915
3.- <i>G. bulloides bulloides</i>	12	120	68	28	34	84	44	22	16	136	72	448	176	240	144	288	320	36	256	352	232			5,840
4.- <i>G. bulloides quadrilatera</i>	11	184	84	16	25	168	31	33	38	512	124	224	304	320	216	912	672	228	864	1280	160			12,016
5.- <i>G. bulloides umbilicata</i>			20		3				2	1	16				16	16	24	128		24	288			1,068
6.- <i>G. bulloides aff. G. umbilicata</i>																								3
7.- <i>G. calida calida</i>		112	28	1		4			24	8			24	48	40	32	96	44	96	32				1,184
8.- <i>G. calida praecalida</i>		56	20		7	12		5	24	8			40	16	32	112	64	32	128	64	24			1,324
9.- <i>G. sp. cf. G. falconensis</i>			8	1	1	20		1	32									8			48			359
10.- <i>G. megastoma s. l.</i>		408	152	4	10	36	11	4	10	56	32		152	160	384	352	480	80	832	448	232			6,715
11.- <i>G. pachyderma incompta</i>	12	136	36	9	41	140	13	23	12	168	40	6432	208	200	168	368	336	80	1792	1600	24			16,263

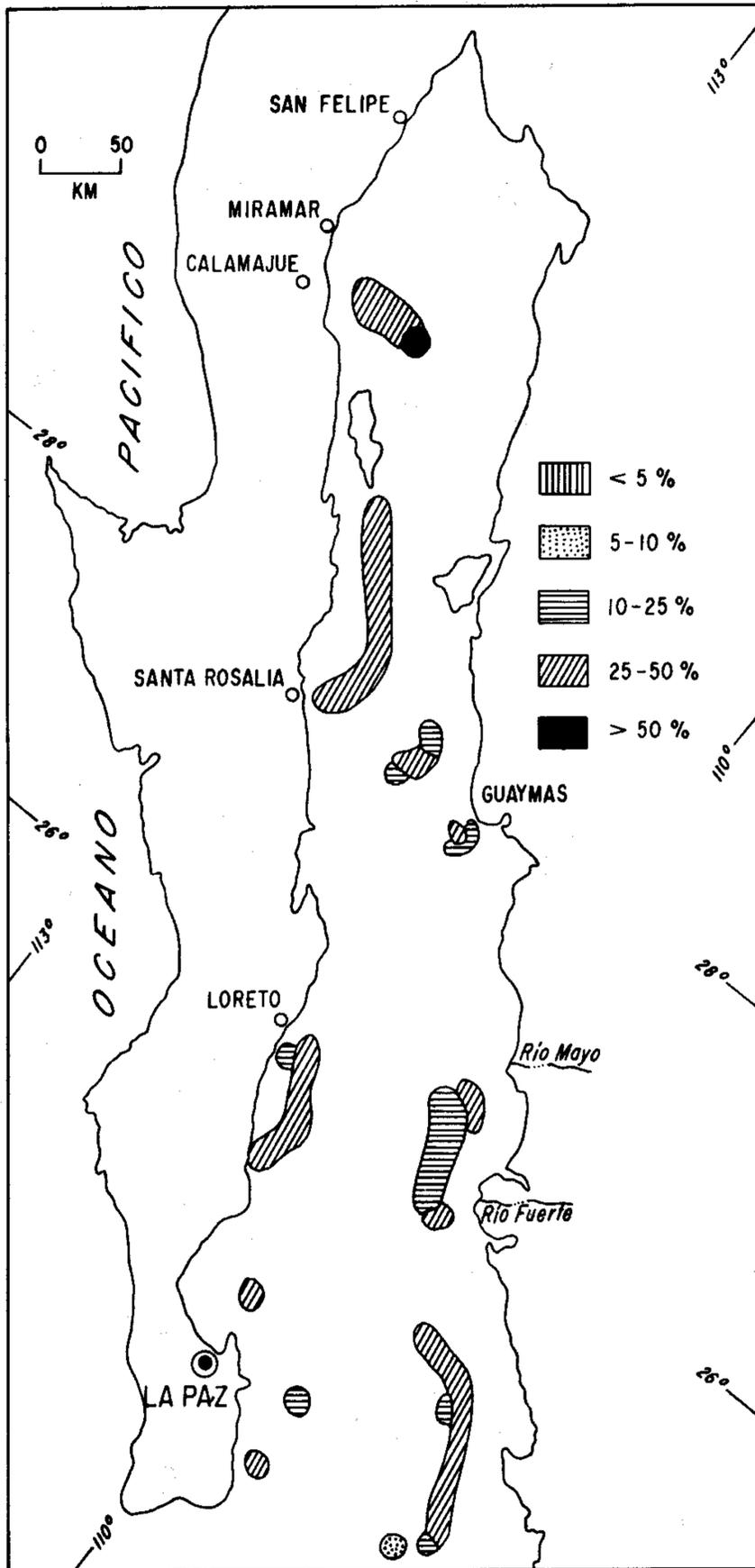


Figura 2.- Distribución del grupo *Globigerina bulloides* en el área muestreada del Golfo de California; comprende *G. bulloides apertura*, *G. bulloides bulloides*, *G. bulloides quadrilatera*, *G. bulloides umbilicata* y *G. bulloides* aff. *G. umbilicata*. Porcentajes relativos a la población total.

Debido a la influencia que representa en la asignación específica o subespecífica y, por tanto, en el gran número de especies reportadas en este artículo, es necesario analizar la variabilidad dentro del grupo *Globigerina bulloides* y del complejo *Globoquadrina dutertrei-Globigerina pachyderma incompta*.

En particular, el grupo *Globoquadrina dutertrei* ha sufrido históricamente infinidad de modificaciones en su clasificación, de acuerdo con las características que los distintos autores han considerado como diagnósticas para asignarlas dentro de uno u otro género (Banner y

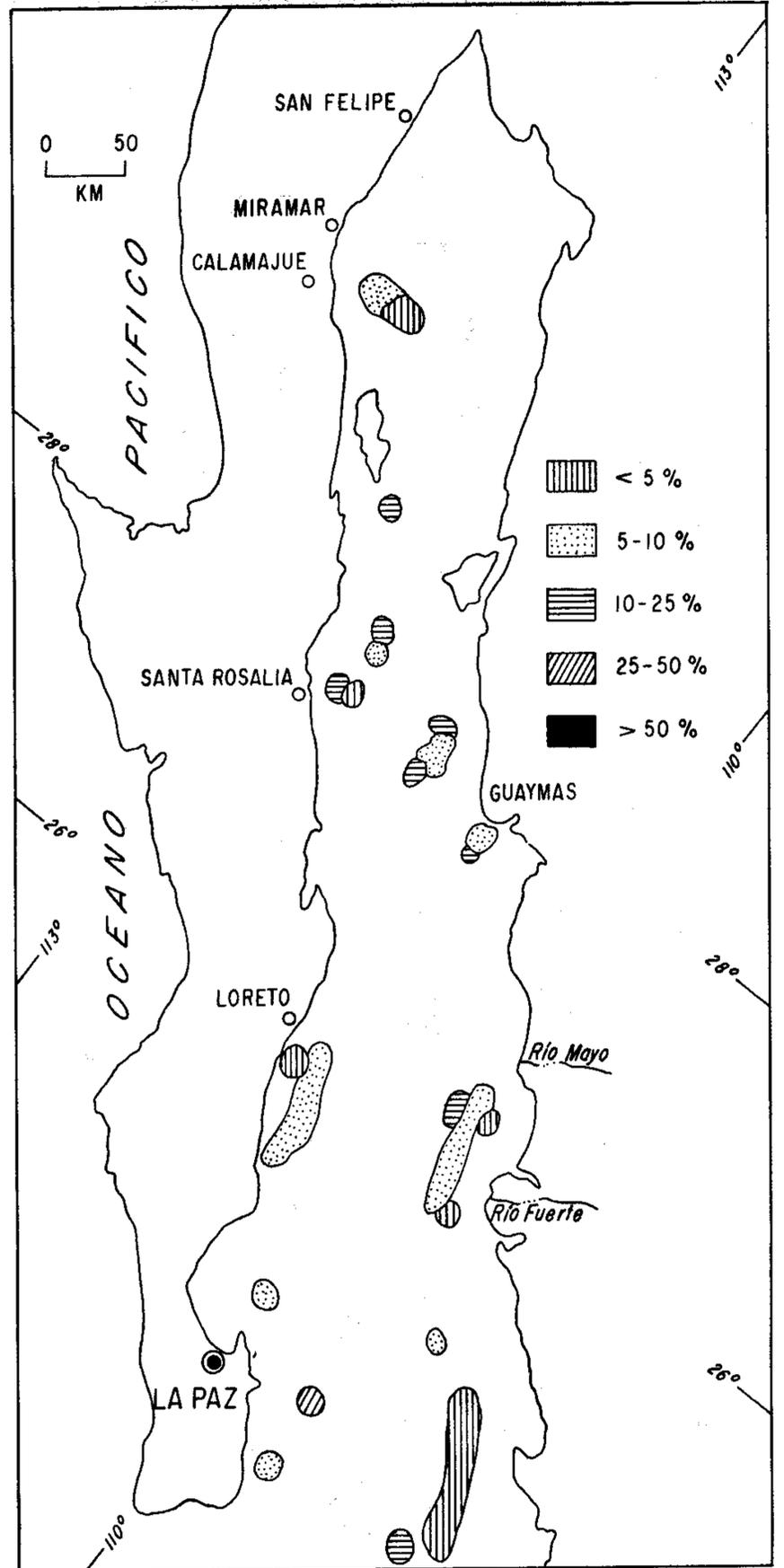


Figura 3.- Distribución del grupo *Globoquadrina dutertrei* en el área muestreada del Golfo de California; comprende *G. dutertrei* s. l., *G. dutertrei* A (Rozo-Vera, 1984) y *G. dutertrei blowi*. Porcentajes relativos a la población total.

Blow, 1960; Parker, 1962; Bandy *et al.*, 1967; Steineck y Fleisher, 1978, entre otros).

En el Golfo de California, este grupo está bien representado por *Globoquadrina dutertrei blowi*, tal como fue definida por Rögl y Bolli (1973); sin embargo, existe un gran número de morfotipos que fueron considerados como *G. dutertrei* A, mientras que otros fueron agrupados en *G. dutertrei* s. l., para evitar una nomenclatura abierta infinitamente y de poco valor. En nuestro concepto, todas estas gradaciones morfológicas corresponden a ecotipos que se originaron en respuesta a las dife-

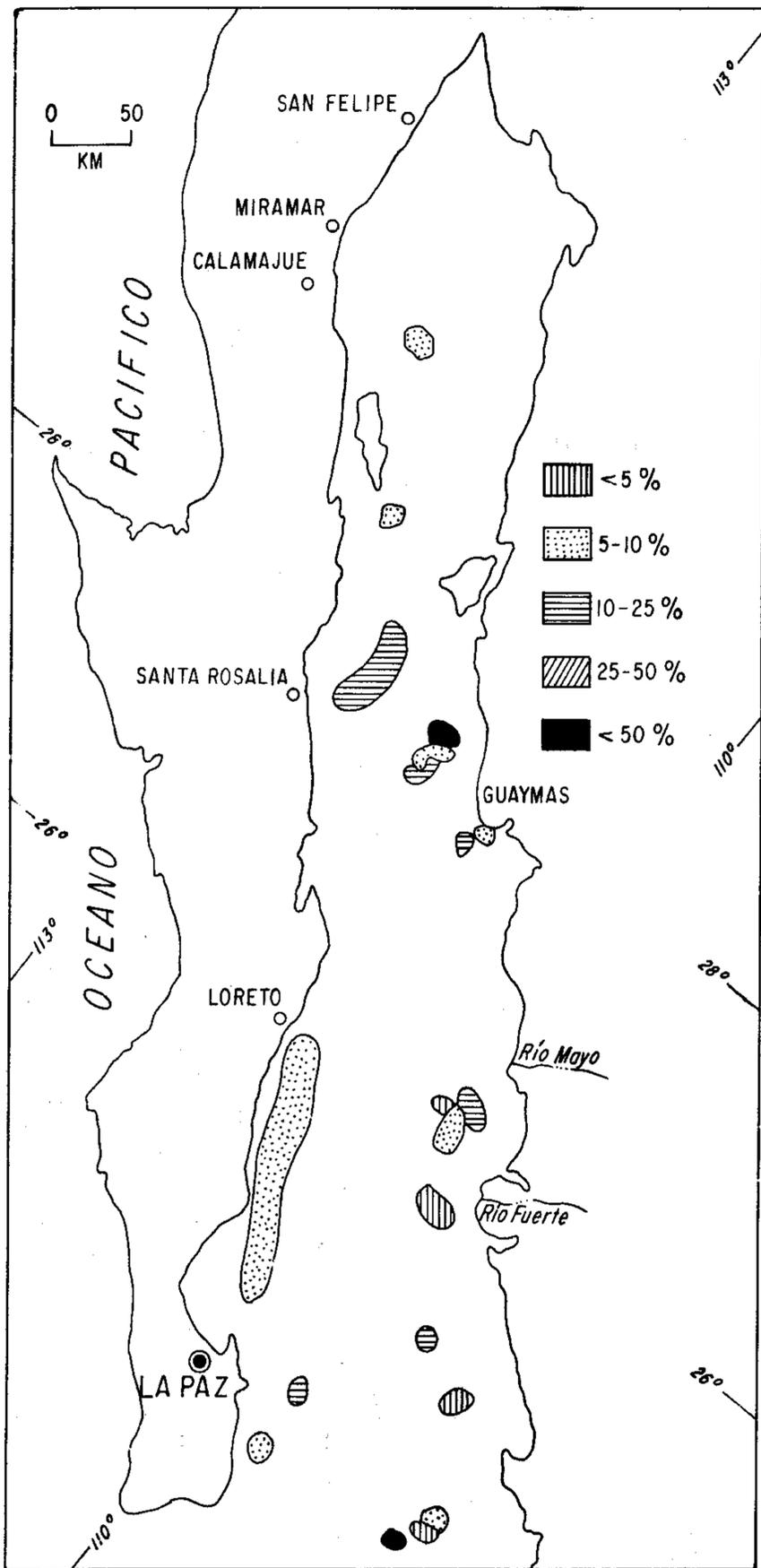


Figura 4.-Distribución de *Globigerina pachyderma incompta* en el área muestreada del Golfo de California. Porcentajes relativos a la población total.

rentes presiones ambientales y a estadios distintos del desarrollo ontogenético de la especie, las cuales se han ido acumulando en el fondo del océano.

DISCUSIÓN

La abundancia absoluta de las especies, el número de éstas por estación (Tabla 2), así como su distribución y frecuencia (Figuras 2-4), permiten hacer las consideraciones siguientes:

La microfauna de foraminíferos planctónicos del Golfo de California corresponde en su mayoría a una asociación euritermal, compuesta por morfotipos del

Tabla 3.- Lista faunística de las especies y subespecies de foraminíferos planctónicos (IGM: Instituto de Geología, México; Mi: Colección micropaleontológica).

1.- <i>Globigerina bermudezi</i> Seigle, 1963	IGM- 1-Mi
2.- <i>G. bulloides apertura</i> Cushman, 1919	IGM- 2-Mi
3.- <i>G. bulloides bulloides</i> d'Orbigny, 1826	IGM- 3-Mi
4.- <i>G. bulloides quadrilatera</i> Galloway y Wissler, 1927	IGM- 4-Mi
5.- <i>G. bulloides umbilicata</i> Orr y Zaitzeff, 1971	IGM- 5-Mi
6.- <i>G. bulloides</i> aff. <i>G. umbilicata</i> Orr y Zaitzeff, 1971	IGM- 6-Mi
7.- <i>G. calida calida</i> Parker, 1962	IGM- 7-Mi
8.- <i>G. calida praecalida</i> Blow, 1969	IGM- 8-Mi
9.- <i>G. sp. cf. G. falconensis</i> Blow, 1959	IGM- 9-Mi
10.- <i>G. megastoma</i> s. l. Earland, 1934	IGM-10-Mi
11.- <i>G. pachyderma incompta</i> (Cifelli, 1961)	IGM-11-Mi
12.- <i>G. pachyderma pachyderma</i> (Ehrenberg, 1861)	IGM-12-Mi
13.- <i>G. sp. aff. G. pachyderma incompta</i> (Cifelli, 1961)	IGM-13-Mi
14.- <i>G. quinqueloba</i> Natland, 1938	IGM-14-Mi
15.- <i>G. sp. aff. G. riveroae</i> Bolli y Bermúdez, 1965	IGM-15-Mi
16.- <i>Globigerinita glutinata</i> (Egger, 1895)	IGM-16-Mi
17.- <i>G. uvula uvula</i> (Ehrenberg, 1861)	IGM-17-Mi
18.- <i>Globigerinoides conglobatus</i> (Brady, 1879)	IGM-18-Mi
19.- <i>G. sp. cf. G. parkerae</i> (d'Orbigny, 1826)	IGM-19-Mi
20.- <i>G. elongatus</i> (Bermúdez, 1961)	IGM-20-Mi
21.- <i>G. ruber</i> (d'Orbigny, 1839)	IGM-21-Mi
22.- <i>G. tenellus</i> Parker, 1958	IGM-22-Mi
23.- <i>G. trilobus immaturus</i> LeRoy, 1939	IGM-26-Mi
24.- <i>G. trilobus sacculifer</i> (Brady, 1877)	IGM-27-Mi
25.- <i>G. trilobus trilobus</i> (Reuss, 1850)	IGM-28-Mi
26.- <i>Globoquadrina dutertrei</i> s. l. (d'Orbigny, 1839)	IGM-29-Mi
27.- <i>G. dutertrei</i> A Rozo-Vera, 1984	IGM-31-Mi
28.- <i>G. dutertrei blowi</i> Rögl y Bolli, 1973	IGM-32-Mi
29.- <i>Globorotalia acostaensis</i> (Blow, 1959)	IGM-33-Mi
30.- <i>G. hirsuta</i> (d'Orbigny, 1839)	IGM-34-Mi
31.- <i>G. menardii cultrata</i> (d'Orbigny, 1839)	IGM-35-Mi
32.- <i>G. menardii menardii</i> (Parker, Jones y Brady, 1865)	IGM-36-Mi
33.- <i>G. scitula</i> (Brady, 1882)	IGM-37-Mi
34.- <i>G. tumida</i> (Brady, 1877)	IGM-38-Mi
35.- <i>Globorotaloides trema</i> Lipps, 1964	IGM-39-Mi
36.- <i>G. sp. A</i> Rozo-Vera, 1984	IGM-40-Mi
37.- <i>G. sp. B</i> Rozo-Vera, 1984	IGM-41-Mi
38.- <i>Hastigerina aequilateralis</i> (d'Orbigny, 1839)	IGM-42-Mi
39.- <i>H. siphonifera</i> (Cushman, 1917)	IGM-43-Mi
40.- <i>Orbulina suturalis</i> Brönnimann, 1951	IGM-44-Mi
41.- <i>O. universa</i> d'Orbigny, 1839	IGM-45-Mi
42.- <i>Pulleniatina finalis</i> Banner y Blow, 1967	IGM-46-Mi
43.- <i>P. obliquiloculata</i> (Parker y Jones, 1865)	IGM-47-Mi
44.- <i>P. primalis</i> Banner y Blow, 1968	IGM-48-Mi
45.- <i>Turborotalita anfracta</i> (Parker, 1967)	IGM-49-Mi
46.- <i>T. iota</i> (Parker, 1962)	IGM-50-Mi
47.- <i>T. sp. A</i> Rozo-Vera, 1984	IGM-51-Mi
48.- <i>T. sp. B</i> Rozo-Vera, 1984	IGM-52-Mi

grupo *Globigerina bulloides* (Figura 2).

Las especies menos abundantes, pero siempre constantes, están constituidas por faunas de transición como *Globigerina megastoma* s. l. y el complejo *Globoquadrina dutertrei* (Figura 3)-*Globigerina pachyderma incompta* (Figura 4).

Hacia la porción septentrional del Golfo de California, en particular en el área próxima al Canal de Ballenas, la fauna predominante está constituida por especies euritermales, asociadas con especies de transición más afines a conjuntos de aguas frías (i.e. *Globigerina bulloides bulloides* y formas relacionadas), lo cual indica la presencia de este tipo de masas de agua hacia la superficie, relacionadas, probablemente, con fenómenos de surgencias y/o a la fuerte mezcla provocada por las corrientes intensas de mareas.

En el área de la Cuenca de Guaymas, la fauna predominante es también la euritermal, que está asociada a especies de aguas frías como *Globigerina pachyderma incompta* (Figura 4), *G. quinqueloba* y, en menor proporción, *G. pachyderma pachyderma* y *Globigerinita uvula*. Este conjunto contiene, igualmente, especies de aguas templadas, representadas por morfotipos del complejo *Globoquadrina dutertrei* A, las cuales, aunque no abundan, están en porcentajes muy significativos.

Esta asociación, por la mezcla de faunas que la

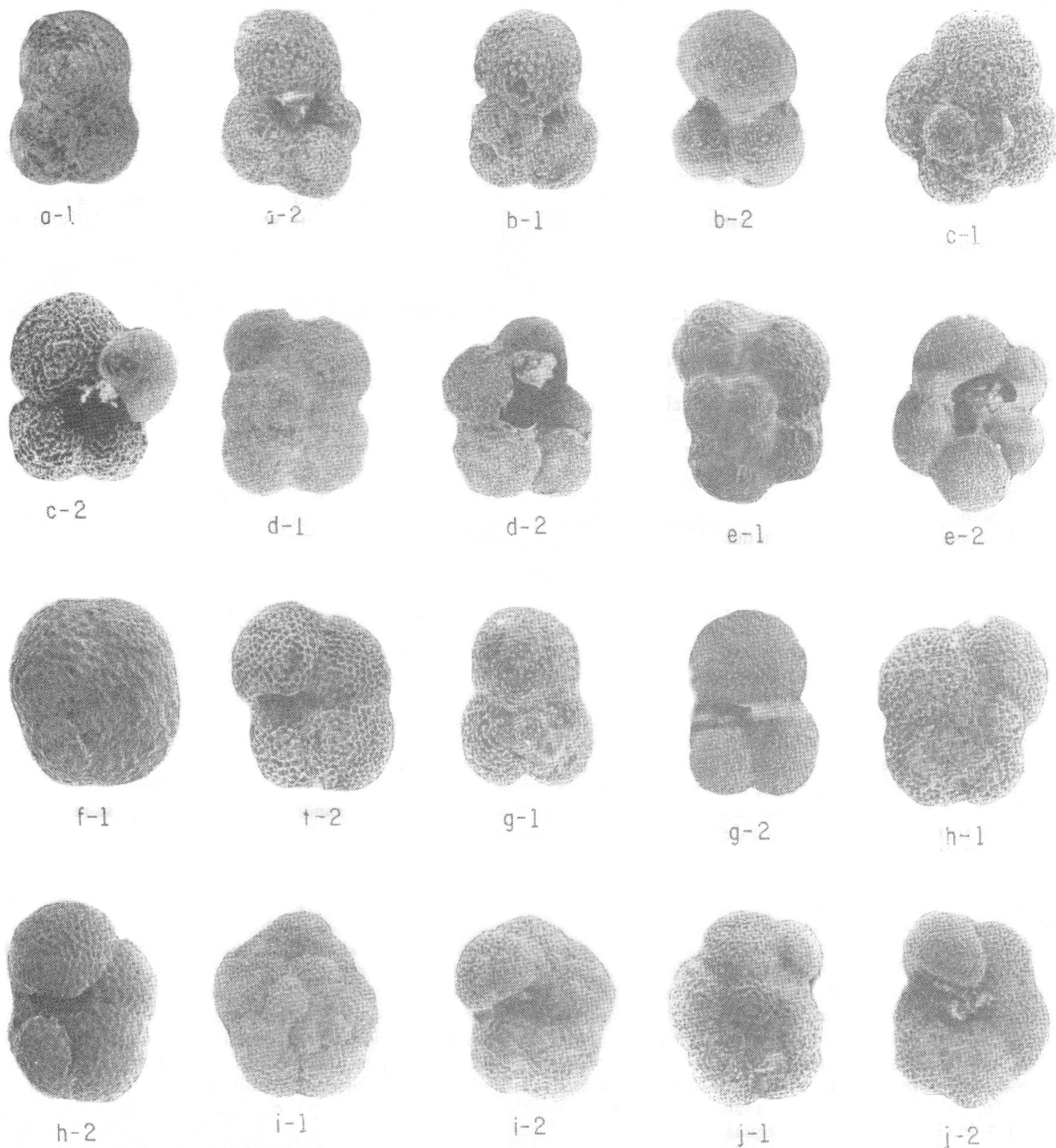


Figura 5.- a-1, *Globigerina bulloides apertura* Cushman, vista espiral, X 96; a-2, vista umbilical, X 104. b-1, *Globigerina bulloides bulloides* d'Orbigny, vista espiral, X 98; b-2, vista umbilical, X 122. c-1, *Globigerina bulloides quadrilatera* Galloway y Wissler, vista espiral, X 128; c-2, vista umbilical, X 125. d-1, *Globigerina bulloides umbilicata* Orr y Zaitzeff, vista espiral, X 82; d-2, vista umbilical, X 74. e-1, *Globigerina bulloides* aff. *G. umbilicata* Orr y Zaitzeff, vista espiral, X 82; e-2, vista umbilical, X 72. f-1, *Globigerina paucicamerata incompta* (Cifelli), vista espiral, X 151; f-2, vista umbilical, X 128; g-1, *Globigerinita glutinata* (Egger), vista espiral, X 142; g-2, vista umbilical, X 125. h-1, *Globoquadrina dutertrei* s. l., vista espiral, X 133; h-2, vista umbilical, X 100. i-1, *Globoquadrina dutertrei* s. l., vista espiral, X 62; i-2, vista umbilical, X 62. j-1, *Globoquadrina dutertrei blowi* Rögl y Bolli, vista espiral, X 100; j-2, vista umbilical, X 98.

conforman, así como por el hecho de estar en una de las regiones con mayor diversidad y abundancia de individuos, parece responder a condiciones de surgencias iniciales, donde la zona de oxígeno mínimo no está del todo

establecida y los efectos de disolución no son muy marcados, permitiendo el florecimiento de esta fauna.

La zona muestreada entre los afluentes del Río Mayo tiene un contenido faunístico similar al del área

de Guaymas; en adición, presenta, en porcentajes muy reducidos, formas del grupo *Globorotalia menardii* y especies como *Pulleniatina obliquiloculata* (Tabla 2), características de aguas cálidas, así como *Orbulina universa* (talla reducida) y *Globigerinoides ruber* (sin coloración), ambas especies transicionales y generalmente asociadas a áreas templadas y/o perturbadas, lo cual sugiere una mezcla aún más marcada de faunas, causada por el aporte de aguas frías hacia la superficie, que pudiera estar asociado a surgencias costeras.

La zona delimitada al sur de Loreto, así como el área de la Cuenca de La Paz, están constituidas básicamente por las mismas especies en proporciones muy similares. La fauna predominante está formada por las variedades del grupo *Globigerina bulloides* (Figura 2) y el complejo de *Globoquadrina dutertrei* (Figura 3) y *Globigerina pachyderma incompta* (Figura 4).

En la zona sur de Loreto, esta asociación está unida a especies transicionales poco abundantes del grupo *Globorotalia menardii*, *Globigerinoides ruber* (sin coloración), *Orbulina universa* (talla reducida) y especies accesorias, tanto de aguas frías como cálidas, en porcentajes casi insignificantes.

Una asociación igual a la ya descrita se encuentra en el área de La Paz, sólo que ahí está enriquecida por una fauna de aguas cálidas, abundante, formada sobre todo por *Globorotalia scitula* y *G. tumida* (Tabla 2). También es frecuente la presencia de especies como *Globigerina quinqueloba*, componente importante, junto con *G. pachyderma incompta* y el grupo *G. bulloides*, de la Corriente de California.

Con base en los conjuntos foraminíferos, puede decirse que las áreas del sur de Loreto y de La Paz presentan una correspondencia con áreas de surgencias. Particularmente en la zona de La Paz, parece que el centro de surgencias está circundado por un frente térmico, lo cual es el resultado del encuentro de las aguas cálidas, tanto del Golfo de California como del Océano Pacífico tropical, con las aguas frías de la Corriente de California (Griffiths, 1968).

En el área muestreada, en la porción suroriental de la boca del golfo, existe gran influencia de las aguas del Océano Pacífico Tropical Oriental. Esta área presenta una gran diversidad de especies, una frecuencia considerable de organismos (Tabla 2) y sus constituyentes principales son, en general, formas afines a aguas cálidas: *Globigerinita glutinata*, *Globigerinoides conglobatus*, *G. tenellus*, *G. trilobus trilobus*, *G. trilobus sacculifer*, *Orbulina universa* (gran talla) y otras especies menores de *Globigerinoides* de aguas cálidas.

La asociación reseñada con anterioridad manifiesta una influencia muy marcada de aguas cálidas relacionada, probablemente, con la penetración, por lo menos hasta esta zona, de las masas de agua del Océano Pacífico Tropical Oriental.

Es interesante destacar que la demarcación de cada una de las zonas, cuya composición faunística parece estar relacionada con un área de surgencia, concuerda con las tipificaciones efectuadas por otros autores, como Roden y Groves (1959), en áreas de surgencias, o como en el caso del área del Canal de Ballenas, zonas propues-

tas como particularmente ricas en plancton (Byrne y Emery, 1960), donde la concentración de nutrientes, como fosfatos y nitratos, es considerablemente alta, en relación con la distribución general de éstos, en el Golfo de California (Álvarez-Borrego *et al.*, 1978).

Por otro lado, los resultados obtenidos en la zona localizada en la parte suroriental de la boca del golfo concuerdan con lo postulado por Álvarez-Borrego y Schawrtzlose (1979), quienes señalan, en esta zona, la influencia de masas de agua provenientes del Océano Pacífico Tropical Oriental.

CONCLUSIONES

Con base en las afinidades térmicas de los conjuntos de foraminíferos planctónicos presentes en cada estación muestreada, su frecuencia y abundancia relativa, se detectó áreas, propuestas aquí como asociadas a centros de surgencias o bajo la influencia de las masas de agua provenientes del Océano Pacífico Tropical Oriental y/o la Corriente de California. Sin embargo, debido al muestreo tan reducido, fue imposible delimitar la extensión de cada una de esas áreas.

Es evidente que el muestreo realizado no abarca todas las áreas clave del Golfo de California; es decir, áreas con influencia de aguas superficiales o subsuperficiales diferentes, masas de agua modificadas por procesos de evaporación, corrientes de marea, zonas con gran influencia de terrígenos (*i.e.* la desembocadura del Río Colorado), surgencias y/o frentes térmicos. De igual manera, sería necesario muestrear la parte central del Golfo de California, para tipificar los conjuntos de foraminíferos planctónicos y, por ende, las masas de agua presentes en esta zona tan extensa.

Asimismo, es patente que la composición faunística, en cuanto a foraminíferos planctónicos se refiere, no muestra cambios notables; en términos generales, son conjuntos euritermales. Sin embargo, algunas especies y subespecies, en particular el complejo *Globoquadrina dutertrei-Globigerina pachyderma incompta*, presentan una gran diversidad de morfotipos, la cual parece ser efecto de ciertas variables, como son: profundidad, pH, salinidad y, sobre todo, temperatura. Por tanto, sería conveniente realizar, en la columna de agua, muestreos en estas áreas, para entender mejor el comportamiento de las poblaciones vivas de estos grupos de foraminíferos planctónicos, así como tipificar ecotipos, lo cual proporcionaría información valiosa a fin de interpretar las asociaciones fósiles y recientes.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al Instituto de Geología, UNAM, el permitirles asistir a la campaña oceanográfica y proporcionarles los recursos materiales necesarios para efectuar el trabajo de gabinete; asimismo, hacen patente su reconocimiento al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, por la invitación a participar en la Campaña Oceanográfica PALEO-1, BAP-82, organizada por el mismo.

De igual manera, hacen extensivo su reconocimiento al Dr. James Ingle, de la Universidad de Stan-

ford, California, por la revisión crítica de este manuscrito y por sus valiosas opiniones y a los Dres. Saúl Álvarez-Borrego y José Rubén Lara-Lara, del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B. C., por sus apreciaciones, todas justificadas plenamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez-Borrego, Saúl, 1983, Gulf of California: *in* Ketchum, B. H., ed., Estuaries and enclosed seas: Amsterdam, Elsevier, p. 427-449.
- Álvarez-Borrego, Saúl, Rivera, N. A., Gaxiola-Castro, Gilberto, Acosta, M. J., y Schwartzlose, R. A., 1978, Nutrientes en el Golfo de California: Ciencias Marinas, v. 5, p. 53-71.
- Álvarez-Borrego, Saúl, y Schwartzlose, R. A., 1979, Masas de agua del Golfo de California: Ciencias Marinas, v. 6, p. 43-63.
- Bandy, O. L., 1961, Distribution of foraminifera, radiolaria and diatoms in sediments of the Gulf of California: *Micropaleontology*, v. 7, p. 1-26.
- Bandy, O. L., Frerichs, W. E., y Vicent, Edith, 1967, Origin, development and geologic significance of *Neogloboquadrina* Bandy, Frerichs and Vicent, gen. nov.: *Cushman Found. Foram. Research Contr.*, v. 18, p. 152-157.
- Banner, F. T., y Blow, W. H., 1960, Some primary types of species belonging to the superfamily Globigerinaceae: *Cushman Found. Foram. Research Contr.*, v. 11, p. 1-41.
- Bradshaw, J. S., 1959, Ecology of living planktonic foraminifera in the North and Equatorial Pacific Ocean: *Cushman Found. Foram. Research Contr.*, v. 10, p. 25-64.
- Byrne, J. V., y Emery, K. O., 1960, Sediments of the Gulf of California: *Geol. Soc. America Bull.*, v. 71, p. 983-1010.
- Griffiths, R. C., 1968, Physical, chemical and biological oceanography of the entrance of the Gulf of California, spring of 1960: *Spec. Sci. Rept. U. S. Fish. Wild. Ser.*, núm. 573, p. 1-47.
- Margalef, Ramón, 1977, *Ecología*: Barcelona, Ed. Omega, 951 p.
- Matoba, Yasumochi, y Oda, Motoyoshi, 1982, Late Pliocene to Holocene planktonic foraminifera of the Guaymas Basin, Gulf of California, Sites 477 through 481: *in* Curray, J. R., Moore, D. G. *et al.*, eds., Initial reports, DSDP 64. Washington, D. C. U. S., Govt. Printing Office, p. 1003-1026.
- Moore, D. G., y Curray, J. R., 1982, Geologic and tectonic history of the Gulf of California: *in* Curray, J. R., Moore, D. G., *et al.*, eds., Initial reports, DSDP 64. Washington, D. C., U. S., Govt. Printing Office, p. 1279-1294.
- Newmann, Madeleine, 1967, Manuel de micropaléontologie des foraminifères: París, Gauthier-Vierlars, 297 p.
- Parker, F. L., 1962, Planktonic foraminiferal species in Pacific sediments: *Micropaleontology*, v. 8, p. 219-254.
- 1973, Living planktonic foraminifera from the Gulf of California: *Jour. Foram. Research*, v. 3, p. 70-77.
- Phleger, F. B., 1960, Ecology and distribution of Recent foraminifera: Baltimore, Johns Hopkins Press, p. 213-276.
- 1964, Patterns of living benthonic foraminifera, Gulf of California: *in* van Andel, Tj. H., y Shor, G. G., Jr., eds., Marine geology of the Gulf of California, Symp., Tulsa. Am. Assoc. Petroleum Geologists Mem., 3, p. 377-394.
- 1976, Interpretations of late Quaternary foraminifera in deep sea cores: *in* Riedel, W. R., y Saito, T., eds., *Progress in Micropaleontology*. Nueva York, Micropaleontology Press, Am. Mus. Nat. Hist., p. 263-277.
- Roden, F. E., y Groves, G. W., 1959, Recent oceanographic investigations in the Gulf of California: *Jour. Marine Research*, v. 8, p. 10-35.
- Rögl, Fred, y Bolli, H. M., 1973, Holocene to Pleistocene foraminifera of Leg 15, Site 147 [Cariaco Basin (Trench), Caribbean Sea] and their climatic interpretations: *in* Edgar, N. T., Saunders, J. B. *et al.*, eds., Initial reports, DSDP 15. Washington, D. C., U. S. Govt. Printing Office, p. 553-616.
- Rozo-Vera, G. A., 1984, Distribución de foraminíferos planctónicos en sedimentos superficiales del Golfo de California: México, D. F., Univ. Nal. Autón. México, Fac. Ciencias, tesis profesional, 68 p. (inérita).
- Steineck, P. L., y Fleisher, R. L., 1978, Towards the classical evolutionary reclassification of Cenozoic Globigerinacea (Foraminiferida): *Jour. Paleontology*, v. 52 p. 618-632.
- Walton, W. R., 1964, Recent foraminiferal ecology and paleoecology: *in* Newell, J., ed., *Approches to Paleoecology*. Nueva York, John Wiley and Sons, p. 151-237.

Manuscrito presentado: 19 de octubre de 1984.

Manuscrito corregido devuelto por el autor: 22 de enero de 1986.

Manuscrito aceptado: 8 de abril de 1986.