

DEFINICIÓN MATEMÁTICA DE “MICROFACIES” BENTÓNICAS EN EL
NORESTE DE CUENCA PESCADERO, GOLFO DE CALIFORNIA

Gabriela Diego Casimiro*,
Adolfo Molina Cruz**

RESUMEN

En un área de aproximadamente 3090 km², al Noreste de Cuenca Pescadero, Golfo de California, se establecen cinco “microfacies” como consecuencia de la influencia del oleaje, de la corriente litoral, del aporte fluvial y de la conjugación de los factores temperatura (profundidad), y tipo de sedimento. Estas “microfacies” son caracterizadas por la ocurrencia de conjuntos de foraminíferos bentónicos que han sido revelados a través de un “análisis de factores”, tanto en su modo “Q” como en el “R”. Una de dos “microfacies” establecidas sobre el litoral responde a la influencia del aporte del Río Sinaloa, y se manifiesta mediante la ocurrencia de Buliminella elegantissima y Reophax manus en arenas de grano muy fino. En la plataforma continental, la distribución de arenas de grano medio corresponde con la presencia de Cancris auriculus, Gavelinopsis campanulata y Hanzawaia nitidula; mientras que la distribución de un conjunto caracterizado por Brizalina acuminata, Brizalina mexicana y Cassidulina braziliensis delinea el borde continental. El ambiente Batial Superior, definido por Bolivina plicata y Bolivina seminuda var. humilis, se encuentra aproximadamente a 160 m de profundidad. Comparando conjuntos de foraminíferos vivos y conjuntos de foraminíferos muertos, se sugiere que la conformación faunística de las “microfacies” varía temporalmente en pequeñas proporciones.

ABSTRACT

In an area approximately 3090 km², northeast from Pescadero Basin, Gulf of California are established five “microfacies”. This is consequence of the swell influence, of the longshore current, of the fluvial input and of the temperature (depth) and substrate combination. These “microfacies” are characterized by the occurrence of benthonic foraminifera assemblages which have been revealed through “Q” and “R” mode Factor Analysis. One of two “microfacies” established along the littoral, is influenced by the Rio Sinaloa input and Buliminella elegantissima and Reophax manus occur in very fine sand. In the continental shelf, the medium grain sand distribution corresponds with the presence of Cancris auriculus, Gavelinopsis campanulata and Hanzawaia nitidula; while the distribution of a foraminifera assemblage, characterized by Brizalina acuminata, Brizalina mexicana and Cassidulina braziliensis, depicts the shelf edge. The Bathyal Superior Environment, defined by Bolivina plicata and Bolivina seminuda var. humilis, is found at a depth of 160 m. Comparing assemblages of live foraminifera and dead foraminifera, is suggested that the faunistic composition of the “microfacies” varies temporarily, in small proportion.

* Dirección de Investigaciones Oceanográficas de la Sría. De Marina.

** Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

INTRODUCCIÓN

Uno de los grupos más estudiados micropaleontológicamente han sido los foraminíferos bentónicos, debido a su uso en la investigación geológica para definir aspectos estratigráficos y, sobre todo, paleo-ambientales (ejem. Berggren y Aubert, 1975; Ingle, 1980; Pong, 1985); en consecuencia, el detallar factores ecológicos inherentes a este grupo ha sido de gran utilidad, ya que dichas definiciones se sustentan con más elementos de interpretación.

Porque ha sido difícil mantener foraminíferos vivos en el laboratorio, y llevar a cabo experimentos que brinden información sobre su tolerancia o comportamiento con respecto a la variación de diversos factores físico-químicos (Bé y otros, 1977), las argumentaciones ecológicas hechas hasta la fecha, han sido basadas, en su mayoría, en interrelaciones de distribuciones especiales de algunas especies o conjuntos y de parámetros físico-ambientales.

Considerando un área relativamente pequeña (aproximadamente 3090 km²), pero abordada con estaciones distantes sólo 14 kms entre sí, y localizadas en condiciones fisiográfico-batimétricas no muy diferentes (de 18 a 200 m), en este estudio, se establece la relación que varios parámetros físicos, tales como la temperatura, oleaje, aporte fluvial, batimetría y granulometría de los sedimentos, ejerce en la conformación faunística y distributaria de 5 conjuntos de foraminíferos bentónicos, revelados mediante una técnica matemática conocida como "Análisis de Factores", en sus modos "Q" y "R" (Imbrie y Van Andel, 1964; Kim, 1977); luego entonces, aumentando el entendimiento sobre la dinámica del origen y desarrollo de microfacies

Dicho proceso ayudará a incrementar el conocimiento de la población de

foraminíferos bentónicos en la región, y servirá como referencia para caracterizar paleo-ambientes bentónicos, no sólo batimétricamente, sino considerando condiciones regionales particulares, como pueden ser la influencia del aporte fluvial y la "ausencia" o "gran presencia" del oleaje.

Adicionalmente, este trabajo representa una de las primeras oportunidades para expresar en el idioma español, una metodología que ha estado en boga durante los últimos años, en países de Europa y en los Estados Unidos de América, para desarrollar cuantitativamente análisis micropaleontológicos.

Área de estudio

El área de estudio se encuentra localizada en la parte sur del Golfo de California (Fig. 1), al noreste de la Cuenca Pescadero, entre los 25 grados 51' y 25 grados 15' de latitud Norte y los 108 grados 15'; y 109 grados 01' de longitud oeste, al frente de las islas San Ignacio, Macapule y Altamira y de los ríos Sinaloa y Mocorito, en el Estado de Sinaloa, México. También, al frente de el área de estudio se localizan las bahías de Navachiste, San Ignacio y Macapule.

La bahía de San Ignacio se encuentra semicerrada por la Isla San Ignacio, y se comunica al Este con la bahía Navachiste y al oeste con el Golfo de California. Lankford (1977) considera a esta bahía como una depresión intradeltaica y marginal, con típicas barreras arenosas, donde en escurrimiento fluvial entra directamente o a través de ensenadas. En este tipo de bahías ocurren modificaciones geomorfológicas y batimétricas rápidas, y la energía circulatoria es usualmente baja; excepto en los canales y ensenadas.

La bahía de Navachiste esta semice-

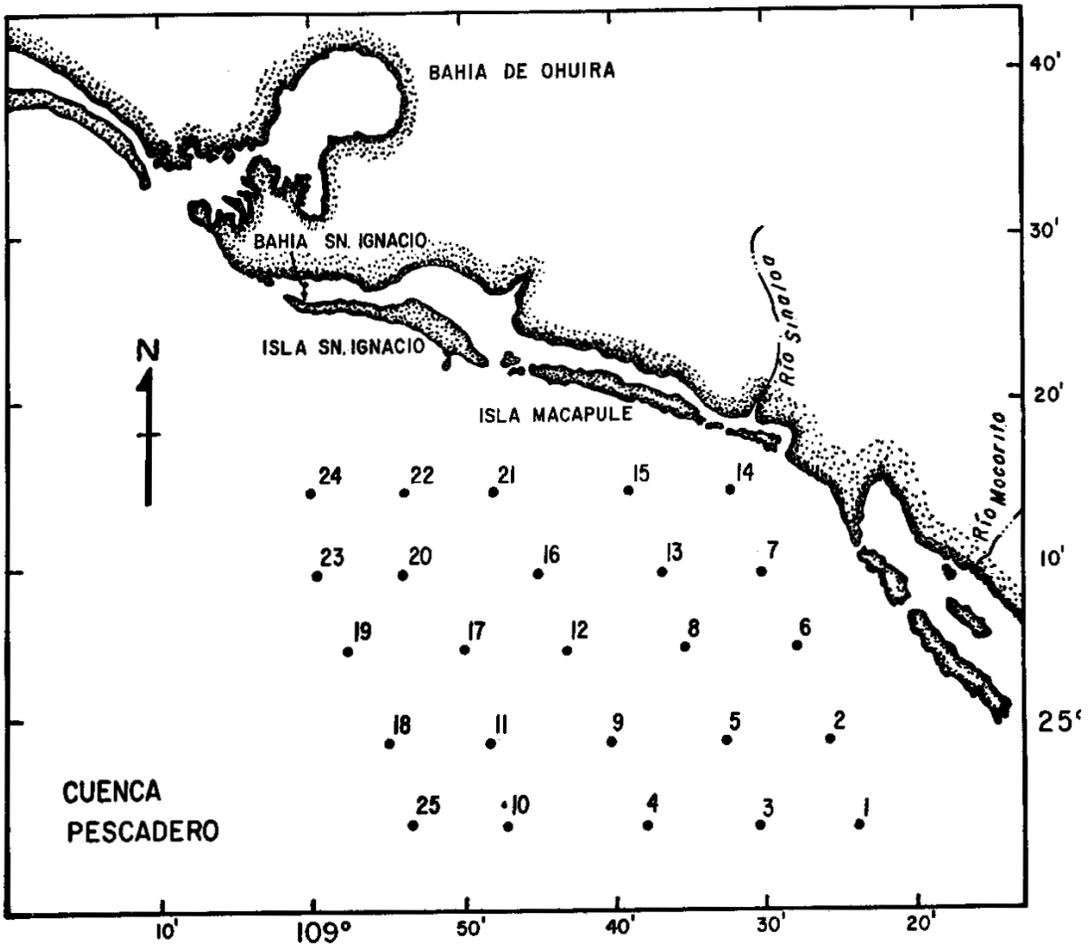
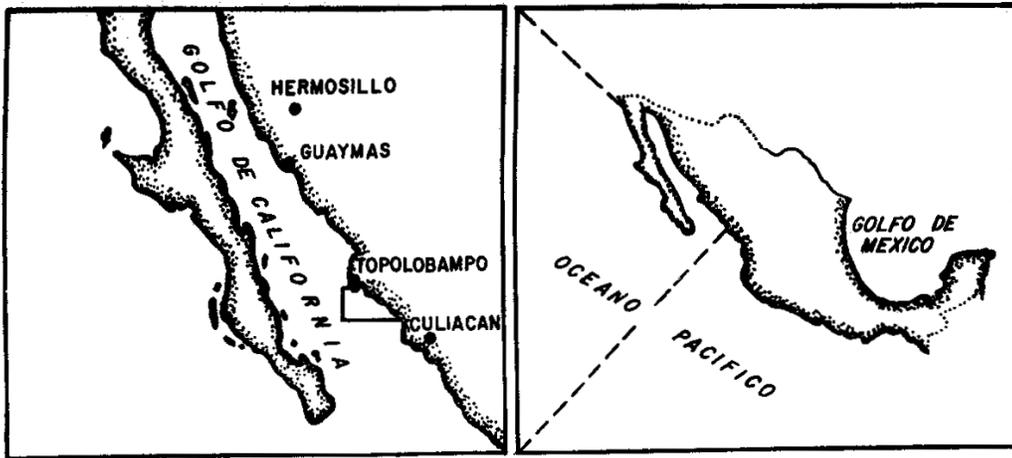


Fig 1

rrada por la Isla San Ignacio y se comunica al este por la bahía Macapule; al oeste con la bahía de San Ignacio y al sur con el Golfo. Esta bahía consiste de una barrera arenosa externa, ocasionalmente múltiple, con escurrimientos ausentes o muy localizados. Su forma y su batimetría son modificadas por la acción de las mareas, oleajes tormentosos, arena atraída por el viento y presencia de corrientes locales que tienden a segmentar las lagunas (Lankford, 1977). La dinámica circulatoria es relativamente baja, excepto en los canales y durante condiciones de tormenta.

La bahía de Macapule está casi encerrada por la isla del mismo nombre. Al noroeste se comunica con la Bahía de Navachiste, y al sureste exhibe un canal largo y estrecho que desemboca en el Golfo de California. El extremo sureste de bahía Macapule, cobra importancia porque ahí desemboca el Río Sinaloa.

Las planicies litorales de Sonora, Sinaloa y Nayarit, son parte de la llanura Costera del Pacífico, la cual, según Morán (1984), se caracteriza por la evolución de un sistema de deltas que han avanzado paulatinamente hacia el oeste. Entre los deltas que se encuentran cerca y en el área de estudio están los de las desembocaduras de los ríos Mayo, Fuerte (al noroeste del área de estudio), Sinaloa y Mocosito. El litoral presenta, además, el desarrollo de acumulaciones arenosas, producto de la acción de las corrientes litorales, las mareas y el oleaje, que han retrabajado los sedimentos deltaicos formando diversas estructuras costeras.

Las condiciones fisiográficas de la región, influyen en gran medida en la circulación de los vientos, los cuales a su vez inducen la circulación general de las aguas (Roden, 1964). Los vientos predominantes

vienen del noroeste en el invierno y del suroeste en el verano, como consecuencia del desplazamiento de los centros de presión (Alvarez, 1984; Roden y Emilsson, 1979). En el verano, los vientos del sureste producen surgencias a lo largo de la costa occidental del sur del Golfo (Hastings y Turner, 1965); mientras que en invierno y primavera los vientos del noroeste producen surgencias en las costas orientales del Golfo, particularmente sobre la plataforma y talud de la Cuenca de Guaymas, (Robinson, 1973; Molina-Cruz, 1986).

La estructura termohalina en la parte sur del Golfo de California es básicamente igual a la del Pacífico Ecuatorial, con modificaciones en la superficie, debido a la evaporación que en el Golfo excede a la precipitación (Roden y Emilsson, 1979; Roden 1974).

Las temperaturas superficiales del agua del Golfo de California están altamente influidas por el clima árido continental que lo rodea; particularmente, por los cambios estacionales en la dirección del viento, lo que da variaciones de temperatura anuales grandes. En la parte sur del Golfo, las temperaturas superficiales varían entre 14° y 20° C en invierno y entre 27° y 31° C en verano (Roden, 1964).

Las corrientes de marea del norte del Golfo de California son famosas por sus amplios rangos (hasta 10 m en Puerto Peñasco, Sonora; Roden y Emilsson, 1979). Sin embargo, sobre el área de estudio estas no son tan espectaculares, sino más bien débiles debido a la amplia sección transversal.

El transporte sedimentario en el Golfo de California es principalmente transversal a su eje longitudinal (Van Andel, 1964; Aguayo, 1981), y las interdigitaciones o mezclas de sedimentos se deben a disminuciones lo-

cales de las velocidades de corrientes de fondo, ya sea por el choque del flujo con islas o salientes costeras, o por el encuentro del flujo con el proveniente de la desembocadura de los ríos. (Contreras-Campos, 1988).

No existen estudios previos de la batimetría y la sedimentología del área de estudio; por tal razón, en el presente trabajo expondremos nuestros propios resultados.

Metodología

En el mes de agosto de 1985, a bordo del buque oceanográfico Mariano Matamoros de la Sría. De Marina, se efectuó una travesía con la finalidad de llevar a cabo un estudio geológico de la parte este del Golfo de California. Para tal efecto, se colectaron con draga *Shipeck*, un total de 102 muestras, de las cuales se eligieron 25 para efectuar este trabajo por su ubicación y uniformidad en la distribución. (Figura 1, Tabla 1).

Una vez que el barco llegó a la estación previamente establecida, se procedió a lanzar la draga, y ya recuperada se tomó 10 cc de sedimento superficial, con la finalidad de obtener sólo material reciente; se vació en pequeños frascos de vidrio etiquetados con el número de estación, y se fijó con formol al 5% neutralizándolo con una solución concentrada de borato de sodio en los casos en que el pH era ácido. Es importante corroborar que éste sea neutro para evitar la disolución o deterioro de las testas. Los frascos se sellaron y en una libreta de campo se anotaron los datos correspondiente al número de estación, ubicación de la misma (latitud y longitud) y profundidad de colecta.

Con la finalidad de observar si existe una relación entre la bati-

metría y los foraminíferos del área, se delimitaron isobatas (Figura 2), empleando las profundidades a las cuales se encontraban los sedimentos estudiados (Tabla 1) y 4 estaciones de apoyo más hacia el noroeste. Con este mapa se trazaron 9 líneas perpendiculares a la costa para elaborar perfiles batimétricos, los cuales nos dan una visión más objetiva de los cambios en la profundidad y permiten estimar la amplitud de la plataforma y la pendiente de la misma (Figura 2B)

Por otra parte, con valores Phi (0) correspondientes al tamaño promedio del sedimento (Mz), obtenidos por el Departamento de Geología Marina de la Dirección de Investigaciones Oceanográficas de la Sría. De Marina; (Contreras – Campos, 1988), se desarrolló un mapa (Figura 3), para determinar la distribución granulométrica de los sedimentos en el área de estudio.

Al llegar al laboratorio, inmediatamente se lavaron las muestras con agua corriente a través de un tamiz con abertura de malla de 0.62 mm para eliminar el formol y partículas sedimentarias menores a este tamaño, tales como el limo y arcilla; se secaron en un horno a una temperatura no mayor de 70 grados C con la finalidad de evitar la ruptura de las testas. Posteriormente, se tiñeron siguiendo la técnica de Walker, *et al.*, (1974), con Sudan Negro “B” para detectar que organismos estaban vivos en el momento de la colecta; ya que este colorante tiene la propiedad de teñir el protoplasma del organismo de un color oscuro, el cual, por medio de luz transmitida se puede percibir. Con los rotálidos en general es fácil la observación, pero en miliólidos y textulariados, en ocasiones es más difícil por las características de la testa; por lo que se tiene que emplear un aclara

Tabla 1.

ESTACION	REG.BOD.	PROF. (m)	LATITUD N	LONGITUD W	TIPO DE SEDIMENTO
1	0513	41	24° 55'	108° 23.9'	LIMO FINO
2	0514	30	25° 00'	108° 25.5'	LIMO MEDIO
3	0515	45	24° 55'	108° 30.5'	LIMO FINO
4	0516	117	24° 55'	108° 38'	LIMO FINO
5	0517	50	25° 00'	108° 32.5'	ARENA FINA
6	0518	15	25° 05.5'	108° 27.8'	ARENA MUY FINA
7	0519	40	25° 10'	108° 30'	ARENA MUY FINA
8	0520	36	25° 05.5'	108° 35'	ARENA MEDIA
9	0521	35	25° 00'	108° 40'	ARENA MEDIA
10	0522	117	24° 55'	108° 47'	LIMO GRUESO
11	0523	50	25° 00'	108° 48.2'	ARENA FINA
12	0524	37	25° 05.5'	108° 43'	----
13	0525	40	25° 10'	108° 36.8'	ARENA MEDIA
14	0526	18	25° 15'	108° 32'	LIMO GRUESO
15	0527	18	25° 15'	108° 39'	ARENA FINA
16	0528	40	25° 10'	108° 45'	ARENA FINA
17	0529	30	25° 05.5'	108° 50'	ARENA MEDIA
18	0530	200	25° 00'	108° 54.5'	LIMO GRUESO
19	0531	47	25° 05.5'	108° 57.4'	ARENA MUY FINA
20	0532	47	25° 10'	108° 54'	ARENA MEDIA
21	0533	27	25° 15'	108° 48'	ARENA FINA
22	0534	22	25° 15'	108° 54.2'	ARENA MEDIA
23	0535	45	25° 10'	108° 59.5'	ARENA MEDIA
24	0536	65	25° 15'	109° 00'	ARENA MUY FINA
25	0613	200	24° 65'	108° 52.4'	LIMO GRUESO

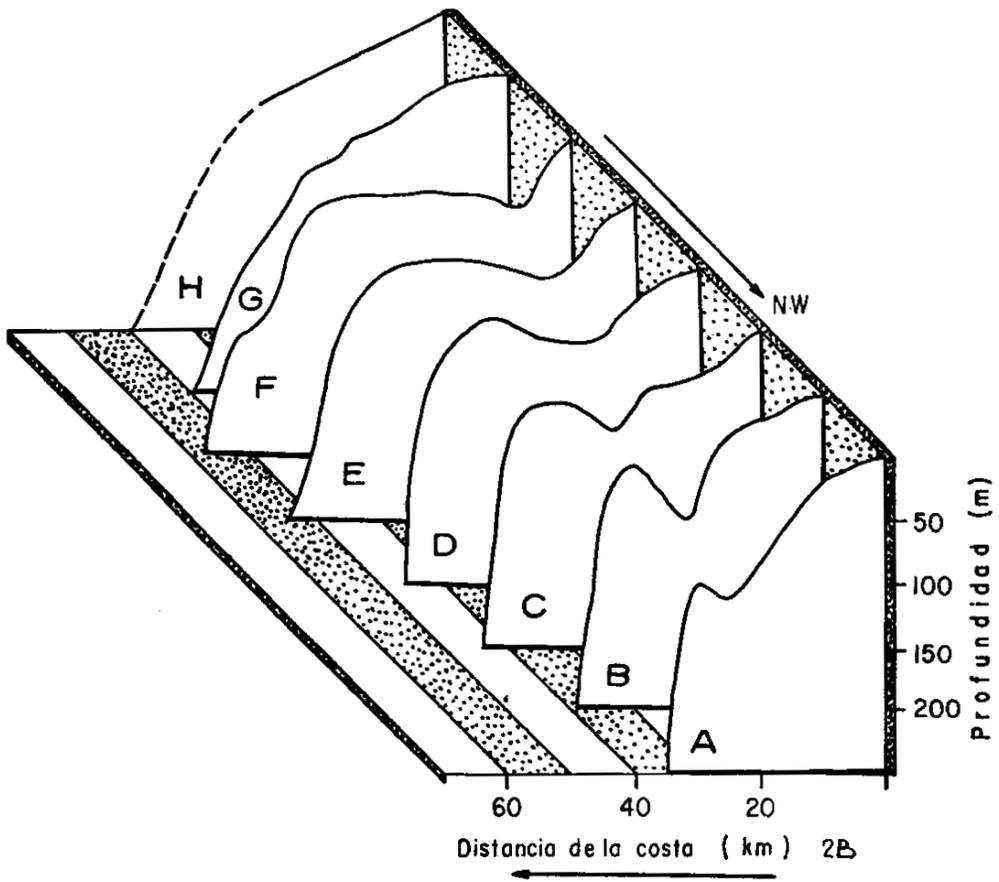
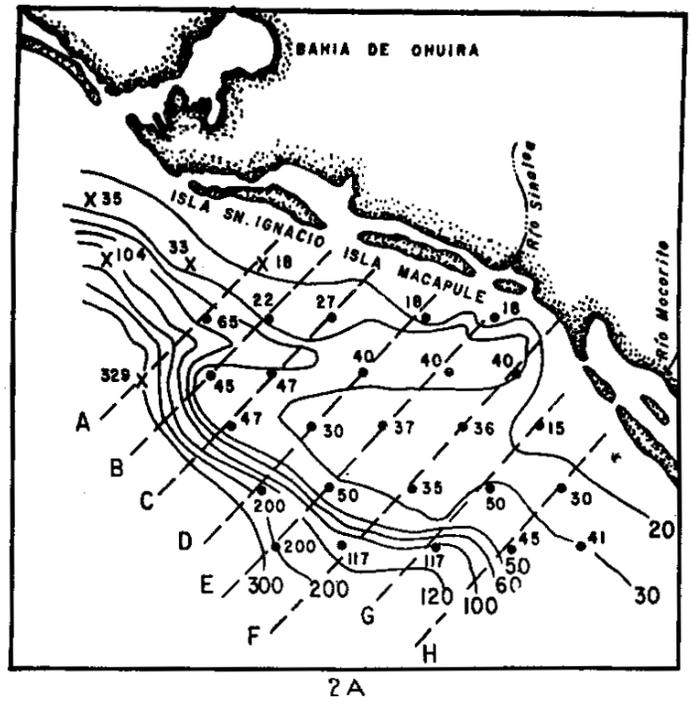


Figura 2.



ESTACIÓN	Mz ϕ
1	6.49
2	5.04
3	6.43
4	6.42
5	2.11
6	3.21
7	3.45
8	1.51
9	1.56
10	4.48

11	2.53
12	----
13	1.92
ESTACIÓN	Mz ϕ
14	4.01
15	2.91
16	2.72
17	1.90
18	4.66
19	3.88
20	1.70

21	2.20
22	1.61
23	1.69
24	3.76
25	4.93

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1947

ϕ	TIPO DE SEDIMENTO
1-2	ARENA MEDIA
2-3	ARENA FINA
3-4	ARENA MUY FINA
4-5	LIMO GRUESO
5-6	LIMO MEDIO
6-7	LIMO FINO

Figura 3.

dor (glicerina) cuando se está observando al microscopio, o bien, romper la testa.

Antes de realizar el conteo de identificación de los organismos en las muestras, se determinó si era necesario fraccionarlas o no; si el número de individuos que contenía la muestra era muy elevado se dividieron mediante un fraccionador de Otto, de tal forma que quedaron entre 300 y 500 organismos (Phleger, 1960). Algunos autores como Murray (1976) han comenzado a generalizar el conteo de 250 a 300 individuos para establecer abundancias relativas, sin embargo, reconocen que desde el punto de vista estadístico es muy pequeña la muestra.

La identificación de los organismos se realiza empleando bibliografía especializada, y con apoyo de la Colección de Foraminíferos Bentónicos de la Dirección de Investigaciones Oceanográficas, de la Secretaría de Marina, y a la cual se anexaron los organismos mejor conservados de cada especie, registrándolos bajo la clave CDIO 2028-CDIO 2150, que pueden servir de referencia y está al alcance de todas las personas que soliciten su consulta.

Las abundancias que se obtuvieron de las muestras fraccionadas, se multiplican por su factor de división (fracción) para obtener el número total de organismos por estación. Con estos valores se calcularon las abundancias relativas (porcentajes) de cada especie, y se elaboraron cuadros que incluyen los datos de la población total (muerta + viva) y de la población viva. Dichos cuadros sirvieron de base para formar archivos de datos y efectuar análisis de factores en sus modos Q y R (Kim, 1977).

El análisis de factores es una de las técnicas estadísticas multivariantes usadas, tanto en estudios

geológicos como biológicos, que tiene como característica principal agrupar un gran número de datos en unos pocos "parámetros"; permitiendo por consiguiente, analizar más fácilmente una información compleja. Con el análisis de factores se pueden enfatizar correlaciones entre atributos o muestras (Modo Q), y la "asociación" entre especies (Modo R). Si el análisis de factores es aplicado a una matriz de correlación "muestra-muestra", se le denomina análisis de factores en su modo R.

El tratamiento matemático puede consultarse ampliamente en los trabajos de Kim, 1977; Imbrie y Van Andel, 1964; Klován, 1966 y Klován e Imbrie, 1971, entre otros. Este procedimiento fue llevado a cabo por medio del subprograma "Factor" (Kim, 1977) del programa computacional SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), en una Terminal Burroughs perteneciente al Programa Universitario de Cómputo Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

Para efectuar el análisis de factores en su modo Q, se procedió a formar un archivo en el cual en el eje de las "X" se encuentran las estaciones, y en el de las "Y" las especies.

Para el modo R se formó un archivo inverso. Como el programa tiene limitaciones, con respecto al número de variables que puede manejar en el eje de las "X" (no más de 100 variables), se tuvo que hacer una selección de las especies que se iban a utilizar, tomando en cuenta su presencia en las estaciones y el porcentaje en el cual ocurren. De esta forma, se eliminaron todas aquellas especies que se encontraban por abajo del 1.47% y en 3 o menos estaciones.

Los valores de la matriz rotada del modo Q, tanto de la población total

(Tabla 2) como de la viva (Tabla 4), fueron anotados en mapas (Figuras 4 y 11), y los valores más altos contorneados para definir la distribución geográfica de los factores (conjuntos). Las especies que conforman, principalmente, cada factor, fueron determinadas mediante el análisis en su modo R; incluyendo como variable a los valores del modo Q (Tablas 3 y 5).

Resultados y discusión

Características batimétricas y granulométricas.

Mediante un mapa de isobatas, así como de perfiles batimétricos (Fig. 2), se observa que el relieve del fondo del mar del área de estudio, comprende una porción de talud y plataforma continental de la Cuenca Pescadero. El talud presenta una pendiente aproximada de 0.16% (1.6 m x km) y expresa su borde mediante la isobata de 60 m.

La profundidad máxima de la Cuenca Pescadero es mayor a 3000 m (SPP, 1982); consecuentemente, el perfil del talud considerado en este estudio (de 60 a 200 m), sólo representa la parte superior. El talud está oradado por dos cañones submarinos: uno en el extremo noroeste y otro en el extremo sureste del área de estudio. El cañón localizado en el extremo noroeste se define más claramente que el que se encuentra en el extremo sureste.

La plataforma continental es atravesada por un canal que es delineado por la isobata de 40 m. Este canal alinea su eje longitudinal en dirección Este-Oeste, se origina en la desembocadura del Río Sinaloa y termina en el cañón submarino que atraviesa el talud en el extremo noroeste del área de estudio (Figura 2). Además, suponemos que el borde norte de este canal se delimita aproximadamente el límite interior del litoral, considerando la definición de

Komar (1981) para este concepto. De acuerdo a dicho autor, el límite interior del litoral es marcado en el lugar donde el fondo “siente” el oleaje y teóricamente esto ocurre a una profundidad que es igual a la mitad de la longitud del oleaje ($L/2$). Desafortunadamente, el oleaje no ha sido estudiado en el Golfo de California; sin embargo, asumir que su longitud (L) al acercarse a la costa es alrededor de 40 m. no es una idea descabellada (Ingle, 1980). Tal asunción permite considerar a la isobata de 20 km como el límite interior del litoral.

La batimetría descrita, asociada con la dinámica oceanográfica y el aporte fluvial, influye en la distribución de las características granulométricas de los sedimentos (compare figuras 2 y 3). En general, si excluimos la región litoral, se observa que la plataforma presenta arenas de grano medio a fino ($1.5 < Mz \text{ } \phi < 2.9$) y el talud limos gruesos, medios y finos ($3 < Ms \text{ } \phi < 6.5$). Sobre el talud, los clásticos se hacen gradualmente más finos conforme se incrementa la profundidad, particularmente en el extremo sureste del área de estudio. No es propósito de este trabajo investigar el origen de los sedimentos; sin embargo, suponemos que la graduación de limos sobre el talud representa una acumulación hemipelágica en el borde y una acumulación pelágica creciente conforme nos adentramos en la cuenca.

Por otro lado, suponemos que las arenas en la plataforma provienen de procesos costeros ocurridos, principalmente, en estadios climáticos en el que el nivel del mar estuvo más bajo (Van Andel, 1964; Curray, 1965; Aguayo, 1981). El litoral está influenciado por el aporte del Río Sinaloa y la corriente litoral. A lo largo del litoral, desde la desembocadura de dicho río hasta la cabeza del cañón submarino definido en el extremo sureste del área de estudio, se distribuyen arenas de gra

Tabla 2.- Matriz Varimax de Factores (modo rotacional y "Q"), de la población total de foraminíferos (vivos + muertos).

ESTACIÓN	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5	
1	0.09463	0.78232	0.22526	-0.05696	-0.03268	
2	0.24464	0.54502	-0.00288	-0.05109	-0.02491	
3	0.00030	0.09456	0.90362	-0.00025	0.10754	
4	-0.01847	0.00021	0.5508	-0.01347	0.99792	
5	0.70669	0.27211	0.14597	-0.01718	-0.03191	
6	0.01250	0.91262	-0.00955	0.05456	0.01422	
7	0.07492	0.94231	-0.03540	0.04043	0.00940	
8	0.89842	0.08675	0.05627	0.11168	0.05983	
9	0.67389	0.17391	0.40065	0.00465	-0.04527	
10	0.03236	-0.01089	0.90922	0.00368	0.02908	
11	0.83203	-0.3539	0.33831	0.02058	-0.03051	
12	0.89732	0.02613	0.28183	0.04378	-0.03715	
13	0.10773	0.03354	-0.04097	0.84235	-0.02340	
14	-0.01328	0.74713	-0.04753	0.03206	-0.01099	
15	0.74739	0.07754	-0.12766	0.31117	0.00693	
16	0.88883	0.06204	-0.11411	0.09604	0.00483	
17	0.85997	-0.06894	-0.01032	0.06681	-0.01723	
18	0.13352	0.03171	0.83081	-0.01623	0.00866	
19	0.18494	0.02662	0.80673	-0.02797	-0.04403	
20	0.04054	0.87280	0.09539	0.02641	0.00633	
21	0.07680	0.03661	0.02544	0.99164	0.00388	
22	0.17662	-0.04155	-0.01513	0.95176	-0.00931	
23	0.97072	0.01945	0.02465	0.04215	-0.00758	
24	0.70036	0.50999	-0.01688	0.01977	-0.00788	
25	-0.01796	-0.03386	0.02670	-0.01574	0.98755	
% Var.	32.2	16.8	14.1	10.3	8.0	= 81.4
% Var. ajustado	40.1	20.3	17.0	12.5	10.1	= 100.0

ESTACIÓN	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 6
Amonia beccarii y vars.	-0.06486	-0.04727	-0.08015	-0.03369
Ammotium planissimum	-0.13536	-0.12903	-0.17363	-0.87862
Bolivina bramlettei	0.00200	0.62475	-0.08743	0.02409
B. plicata	0.91789	-0.05584	-0.10539	-0.07758
B. piquaema	0.68204	0.36656	-0.16910	0.19682
B. seminuda humilis	0.90418	0.16587	-0.14781	-0.06824
B. tonga filacostata	-0.03072	-0.03354	-0.02156	-0.00050
Brizalina acuminata	0.19646	0.77948	-0.13917	-0.08439
B. acutula	-0.11631	-0.06242	-0.16044	0.09178
B. mexicana	0.05679	0.87920	-0.11612	-0.09891
Buccella angulata	-0.07054	-0.12285	0.04463	-0.02157
B. tenerima	-0.18281	-0.14240	-0.13667	0.10522
Bulimina denudata	-0.09168	-0.05729	0.15666	-0.07246
B. elongata subulata	-0.11358	-0.08257	0.12302	0.04111
B. marginata	-0.13787	-0.10857	-0.00393	0.05203
Buliminella curta	-0.63124	-0.08741	-0.08343	0.00063
B. elegantissima	-0.13018	-0.11741	-0.16710	0.68512
Cancris auticulus	-0.11319	-0.08733	0.85635	-0.12327
C. panamensis	-0.03581	-0.06226	-0.09824	-0.04416
Cassidulina braziliensis	0.00176	0.95613	-0.10005	-0.04916
C. californica	0.00359	0.07046	-0.10985	-0.07951
C. cf. c. modeloensis	-0.12468	0.49480	0.11981	-0.09754
Cellanthus gunteri	-0.09419	-0.06843	-0.11427	-0.03306
Cyclogira planorbis	-0.06134	-0.04163	-0.07118	-0.02927
Eggerella advena	-0.14830	-0.06115	0.04174	0.42197
Elphidium articulatum rugulosum	-0.10812	-0.15493	-0.07673	0.28083
Epistominella bradyana	0.96208	-0.16863	-0.10402	-0.05116
E. sandiegoensis	-0.04274	0.80872	-0.10435	-0.12415
Florilus astricta	-0.10630	-0.04217	-0.10820	0.01178
F. atlanticus	-0.17327	-0.17213	-0.22237	0.47503
F. basispinatus	-0.07757	-0.08326	0.07617	-0.08136
F. grateloupi	-0.06196	-0.00864	0.15573	-0.00281
Fursenkoina pontoni	-0.15637	-0.04137	-0.09708	0.39906
Gavelinopsis campanulata	-0.16365	-0.11110	0.71556	-0.07536
Globobulimina pacifica	-0.04728	-0.08352	-0.70160	-0.03577
Hanzawaia nitidula	-0.20699	-0.17237	0.58742	-0.14638
Lagenammina atlantica	-0.10369	-0.04782	-0.07102	0.06189
Lenticulina cf. L. cultratus	-0.04728	-0.08352	0.70160	-0.03577
Massilina sp.1	-0.07158	-0.03987	-0.12672	-0.04827
Miliolinella oblonga	-0.06134	-0.04163	-0.07118	-0.02927
Neoeponides antillarum	-0.05017	-0.06202	0.50294	-0.09055
Nonionella cf. N. basiloba	-0.15889	-0.12576	-0.17497	0.62730
N. stella	0.48444	-0.12496	-0.11836	-0.06380
N. turgida	-0.02922	-0.06150	-0.08348	-0.03263
Nouria polymorphinoidea	-0.01198	-0.11261	-0.16693	0.86162
Placopailina bradyi	-0.33435	-0.29524	-0.33218	-0.41933
Planulina ornata	-0.08045	-0.06353	0.88198	-0.08177
Quinqueloculina	-0.12169	-0.13999	-0.18650	-0.13318
Q. Tamarckiana	-0.09259	-0.10176	-0.25851	-0.07751
Q. sabulosa	-0.07158	-0.03987	-0.12672	-0.04827
Q. tenagos	-0.27016	-0.24140	-0.34160	-0.14038
Reophax nanus	-0.09566	-0.08261	-0.13705	0.78009
Rosalina bulbosa	-0.08463	-0.07080	-0.09679	0.03025
R. columbiensis	-0.03468	-0.06648	0.03208	-0.05093
Spiroloculina depressa	-0.02922	-0.06150	-0.08348	-0.03263
S. planulata	-0.03705	-0.07221	-0.12045	-0.03428
Textularia earlandi	-0.03581	-0.06226	-0.09824	-0.04416
T. foliacea	-0.17699	-0.18228	-0.18287	-0.26695
T. occidentalis	-0.07210	-0.06879	-0.17612	-0.04170
T. schenki	-0.20288	-0.22560	-0.52906	-0.26180
Triloculina triqonula	-0.02133	0.00593	0.26887	-0.03714
Trochammina pacifica	-0.18563	-0.16963	0.23211	-0.18680
Uvigerina excellens	-0.01442	0.84370	-0.08065	-0.08985
U. peregrina	0.00197	0.06786	-0.09835	-0.10101
Valvulineria mexicana	0.03334	0.01447	0.06935	-0.09284
F 1	-0.22048	-0.16889	0.59833	-0.11982
F 2	-0.20254	-0.18410	-0.17415	0.63009
F 3	-0.02876	0.79795	-0.07845	0.12638
F 4	-0.37676	-0.34903	-0.36535	-0.43483
F 5	0.96155	-0.11463	-0.10158	-0.05137

Tabla 3.- Matriz Varimax de Factores (modo rotacional y “R”), de la población total de foraminíferos.

Tabla 4.- Matriz Varimax de Factores (modo rotacional y "Q"), de la población viva de foraminíferos.

ESTACION	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5	
1	0.10143	0.73747	0.16414	-0.05642	-0.05048	
2	0.18829	0.53314	-0.03765	-0.04828	-0.05729	
3	-0.03055	0.06427	0.87016	-0.02092	0.12211	
4	-0.04485	-0.04410	0.01302	-0.02494	0.98507	
5	0.63239	0.24629	0.02061	-0.01573	-0.05093	
6	-0.06568	0.89101	-0.01375	-0.00305	0.00159	
7	-0.00025	0.91219	-0.03156	0.02201	0.01275	
8	0.89790	-0.00002	0.02159	0.02114	0.04928	
9	0.71606	0.19626	0.45797	-0.01390	-0.06235	
10	0.00327	-0.06690	0.91105	-0.01256	0.00812	
11	0.85372	-0.05228	0.28394	0.00443	-0.03029	
12	0.87836	0.02480	0.35126	0.04480	-0.04698	
13	0.00306	-0.02138	-0.04336	0.88633	-0.03122	
14	-0.08856	0.71380	-0.06814	-0.00379	-0.01360	
15	0.62035	0.07089	-0.16823	0.43659	-0.02567	
16	0.83040	0.07829	-0.14098	0.02626	-0.00384	
17	0.88773	-0.09166	-0.03217	0.05819	-0.01961	
18	0.10687	0.02778	0.80752	-0.03171	-0.02902	
19	0.15533	0.02037	0.82836	-0.02295	-0.05091	
20	0.02599	0.90888	0.12233	0.01566	0.01029	
21	0.01176	-0.03623	0.02061	0.99744	-0.00967	
22	0.11801	-0.04025	-0.02644	0.98769	-0.00437	
23	0.95508	0.00724	0.02563	0.00032	-0.01967	
24	0.52370	0.61998	-0.03736	-0.01205	-0.03520	
25	-0.04171	-0.05288	0.01905	-0.02427	0.98835	
% Var.	28.4	17.6	14.4	11.2	7.9	= 79.6
% Var. ajustado	36.1	21.7	17.8	14.1	10.2	=100.0

ESPECIE	FACTOR 1	FACTOR 4	FACTOR 5	FACTOR 6	FACTOR 7
<u>Alveolophragmium columbiensis</u>	-0.21175	-0.16653	0.02988	0.27935	-0.21527
<u>Ammonia beccarii</u> y vars.	-0.08992	0.83633	0.12140	0.08145	0.10001
<u>Ammotium planissimum</u>	-0.17704	-0.11952	0.13158	0.01557	-0.68785
<u>Bolivina plicata</u>	-0.14994	-0.08114	-0.94335	-0.11665	0.07037
<u>B. pygmaea</u>	0.02859	-0.06010	0.07699	-0.13990	0.02707
<u>B. seminuda humilis</u>	-0.22602	-0.12509	-0.88138	-0.14912	0.12732
<u>Brizalina acuminata</u>	-0.42775	-0.31628	0.12407	-0.36454	0.36813
<u>B. acutula</u>	-0.08178	-0.07574	0.06318	0.10556	0.09800
<u>B. mexicana</u>	-0.47020	-0.30424	0.20624	-0.42002	0.37355
<u>Buccella angulata</u>	-0.17027	0.12184	0.17489	0.48693	0.16751
<u>B. tenerima</u>	-0.19333	-0.07043	0.09836	0.27058	-0.25130
<u>Bulimina denudata</u>	0.30576	-0.00684	0.09001	0.24646	0.14865
<u>B. elongata subulata</u>	-0.12093	-0.00471	0.03633	-0.09036	-0.15448
<u>B. marginata</u>	0.11749	-0.23399	0.15204	-0.06216	0.06090
<u>Buliminella curta</u>	-0.11182	-0.08985	-0.91462	-0.11864	0.08581
<u>B. elegantissima</u>	-0.23320	-0.09088	0.11751	0.09819	-0.63572
<u>Cancris auriculus</u>	0.75902	-0.11350	0.20289	-0.24997	0.14090
<u>Cassidulina braziliensis</u>	-0.41569	-0.27327	0.20012	-0.36543	0.30289
<u>C. californica</u>	-0.17958	-0.16591	-0.03962	-0.16642	0.19542
<u>C. cf. C. modeloensis</u>	-0.11466	-0.30404	0.24374	-0.38294	0.26698
<u>Cellanthus gunteri</u>	-0.23870	0.23524	0.10866	0.56618	-0.10954
<u>Criboelphidium poeyanum</u>	-0.05059	-0.05539	0.04067	-0.13968	-0.30459
<u>Eggerella advena</u>	-0.04598	0.02026	0.02545	0.00115	0.09821
<u>Elphidium articulatum ruquolusum</u>	0.03567	-0.02944	-0.09174	0.10633	-0.04912
<u>Epistominella bradyana</u>	-0.17138	-0.25610	0.09723	0.44689	-0.35025
<u>E. sandiegoensis</u>	-0.10109	-0.06079	-0.98094	-0.07624	0.04367
<u>Florilus astricta</u>	-0.10060	-0.09179	0.07352	-0.07374	-0.05413
<u>F. atlanticus</u>	-0.20373	-0.05311	0.10933	-0.07676	-0.44447
<u>F. basispinatus</u>	0.12524	-0.21293	0.12307	0.76443	0.17730
<u>F. grateloupí</u>	0.13036	-0.11206	0.08908	-0.09562	0.14892
<u>Fursenkoina pontoni</u>	-0.15528	-0.15465	0.15247	-0.17832	-0.42307
<u>Gavelinopsis campanulata</u>	0.56135	-0.07507	0.23274	0.14396	0.15632
<u>Hanzawaia nitidula</u>	0.73758	-0.12352	0.20734	0.45318	0.20288
<u>Lagenammina atlantica</u>	-0.09056	0.02312	0.01718	-0.09355	-0.10557
<u>Lenticulina cf. L. cultratus</u>	0.70058	-0.08105	0.07750	-0.10663	-0.00647
<u>Miliolinella oblonga</u>	-0.04598	0.02026	0.02545	0.00116	0.09821
<u>Neoeponides antillarum</u>	-0.01078	-0.04644	0.05673	-0.13416	0.00507
<u>Nonionella cf. N. basiloba</u>	0.82415	-0.15345	0.07798	0.04811	0.07010
<u>N. stella</u>	-0.19959	-0.41166	0.15525	-0.05476	-0.01974
<u>Nouria polymorphinoides</u>	-0.10591	0.35046	0.12665	0.56752	-0.38035
<u>Piacopsilina bradyi</u>	-0.00442	0.88303	0.09796	-0.04557	0.02128
<u>Planulina ornata</u>	0.84850	-0.15221	0.11037	-0.16543	0.05409
<u>Quinqueloculina compta</u>	0.10492	0.08512	0.10282	0.68714	0.12573
<u>Q. lamarckiana</u>	0.27982	0.33795	0.13132	0.60768	0.11374
<u>Q. sabulosa</u>	-0.15809	0.91602	0.10272	0.13720	0.10729
<u>Q. tenagos</u>	-0.31461	0.38191	0.12754	0.39575	-0.17441
<u>Reophax curtus</u>	0.65301	0.02153	0.06443	-0.13401	-0.01085
<u>R. nanus</u>	-0.18492	-0.13134	0.13718	-0.01253	-0.76195
<u>Rosalina bulbosa</u>	-0.02316	-0.16745	0.09859	0.11284	0.19150
<u>R. columbiensis</u>	-0.16191	-0.03678	0.07938	0.00082	-0.40622
<u>Spiroloculina planulata</u>	0.42315	0.18759	0.06804	-0.02119	0.10440
<u>Textularia earlandi</u>	-0.05278	-0.01947	0.06068	-0.09606	0.04809
<u>T. foliacea</u>	-0.13195	0.64069	0.04711	0.08803	0.10390
<u>T. occidentalis</u>	-0.01745	0.01272	0.08868	0.79050	0.03986
<u>T. schencki</u>	0.62546	0.03654	0.16537	0.28387	0.27931
<u>Triloculina irregularis</u>	0.23818	-0.05235	0.05545	-0.07375	0.04408
<u>Trochammina pacifica</u>	0.36906	0.20474	0.12869	-0.12840	0.24763
<u>Uvigerina excellens</u>	0.02859	-0.06010	0.7699	-0.13990	0.02707
<u>U. hootsi</u>	-0.12299	-0.20520	-0.26341	-0.30047	0.23818
<u>U. peregrina</u>	-0.25854	0.18975	0.19142	-0.20540	0.15923
<u>Valvulinera mexicana</u>	-0.09057	-0.06105	0.07250	-0.21844	0.15790
<u>F 1</u>	0.60814	-0.23666	0.22521	0.38376	0.20564
<u>F 2</u>	-0.21297	-0.17513	0.18089	-0.05355	-0.62786
<u>F 3</u>	-0.35349	-0.36792	0.29783	-0.42556	0.38780
<u>F 4</u>	-0.05700	0.93681	0.11940	0.10117	0.03185
<u>F 5</u>	-0.11703	-0.07684	-0.97591	-0.10469	0.06582
<u>% Var. ajustado</u>	15.4	8.0	6.9	5.6	4.6

Tabla 5.- Matriz Varimax de Factores (modo rotacional y "R") de la población viva de foraminíferos.

no muy fino (de 3 a 4 Mz Ø; Figura 3). Esta distribución es coherente con la dirección de la corriente litoral esperada; es decir, hacia el sureste (Badán y otros, 1985).

Análisis Faunístico

La abundancia relativa (porcentaje) de 133 especies de foraminíferos bentónicos de la población total (vivos + muertos; Anexo 1), contenida en cada una de las 25 estaciones consideradas en este estudio, fue utilizada para efectuar un análisis de factores en su modo Q; es decir, para definir similitudes en composición faunística entre estaciones y, consecuentemente, agruparlas y ver su posición geográfica. Definiendo 5 conjuntos o grupos (factores) se utiliza el 81.4% de la variancia de los datos (Tabla 2), y sólo se produce solapamiento geográfico conspicuo entre factores, en las estaciones 2 y 24 (Figura 4F).

Cuando el modelo es ajustado a 5 factores, el primer conjunto denominado FACTOR 1, explica el 40.1% de los datos y agrupa 11 estaciones (Figura 4a), que se localizan principalmente sobre la plataforma (\approx entre 20 y 60 m). La distribución batimétrica de este conjunto, ocurre correspondientemente con la posición de la termoclina estacional de verano-otoño; cuyo rango de temperatura es aproximadamente de 23 a 28 grados C. (Figura 5; Robinson, 1978). Aunque no se cuenta con mediciones de penetración de luz (disco de Sechii), observamos que el rango de profundidad donde se distribuye el FACTOR 1 está comprendido dentro de la parte de superior de la zona eufótica (Ingle, 1980). Por otro lado, es elocuente la correspondencia en distribución geográfica que el FACTOR 1 mantiene con las arenas de grano medio y fino (compare Figuras 3 y 4A).

Al procesar los datos a través del Análisis de Factores en su modo R,

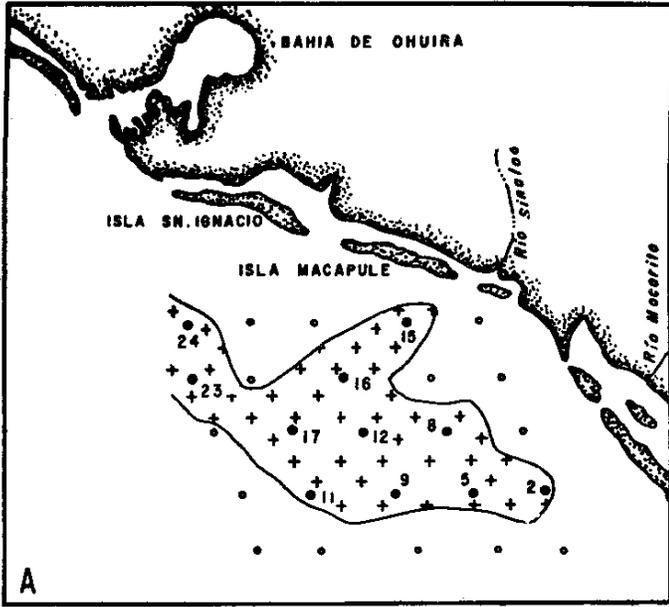
explicando el 76.4% de la variancia, se determinó que las especies que conforman, principalmente, el FACTOR 1 son: *Crancris auriculus*, *Gavelinopsis campanulata*, *Hanzawaia nitidula*, *Lenticulina* cf. *L. cultratus*, *Reophax curtus* y *Textularia schencki* (Tabla 3). La distribución de estas especies (Figura 6) responden a la configuración del FACTOR; notándose que algunas de ellas no se localizan más allá de donde se delimitó el FACTOR y otras sí, pero en porcentajes relativamente muy bajos, lo cual es normal porque en la naturaleza hay una gradación paulatina en la ocurrencia o presencia de los organismos.

Streeter (1972) en un estudio de todo el Golfo de California, utilizando el análisis de factores en sus modos Q y R, definió 9 conjuntos, entre los que se encuentra el denominado "*Hanzawaia nitidula - Eggerella advena*", constituido en parte por *Textularia schencki* y distribuido, principalmente, a lo largo de la costa este del Golfo de California, incluyendo la región del presente estudio.

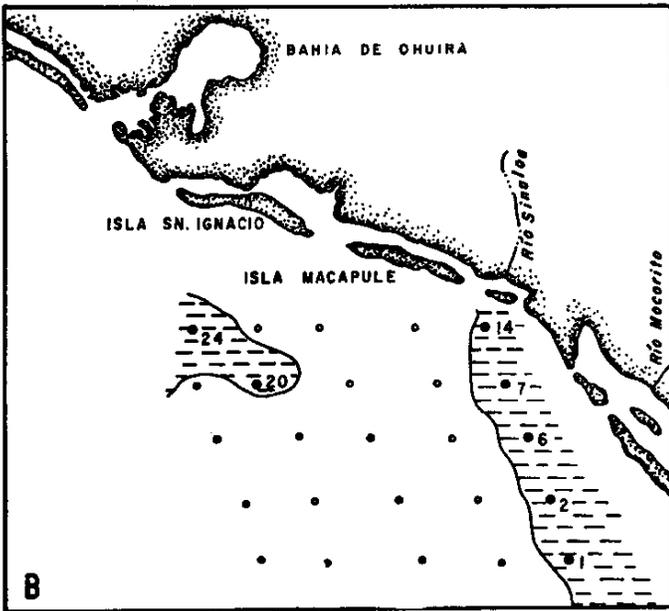
Hanzawaia nitidula está prácticamente presente en todas las estaciones (Figura 6C); no obstante sólo ocurre con valores porcentuales altos donde se define la distribución del FACTOR 1. Es de suponerse que esta amplia distribución de *H. nitidula* y lo más espaciado de las estaciones en el estudio de Streeter, (1972), llevaron a este autor a considerar un solo factor para toda la región aquí estudiada.

Streeter, (1972), también observó que la distribución del conjunto "*Hanzawaia nitidula - Eggerella advena*" está asociada a las características granulométricas del substrato, ya que ocurre solo sobre fondos arenosos.

Lankford y Phleger, (1973), también han determinado que las distribuciones de *Hanzawaia nitidula*, *Textula*

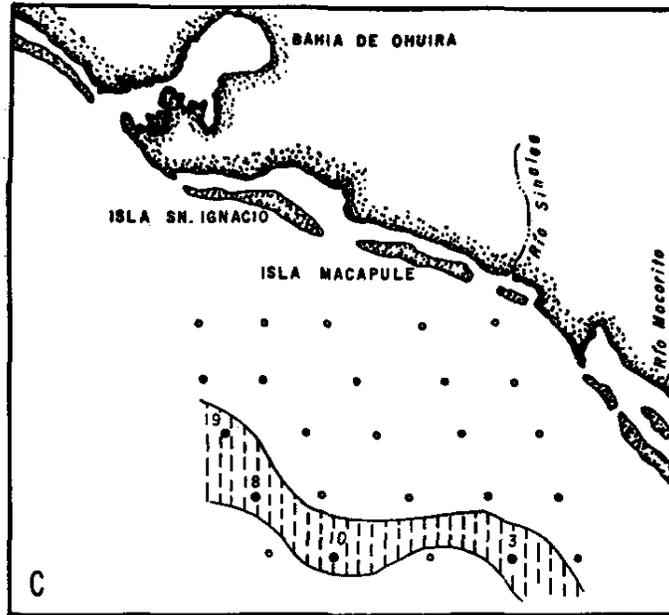


Factor 1

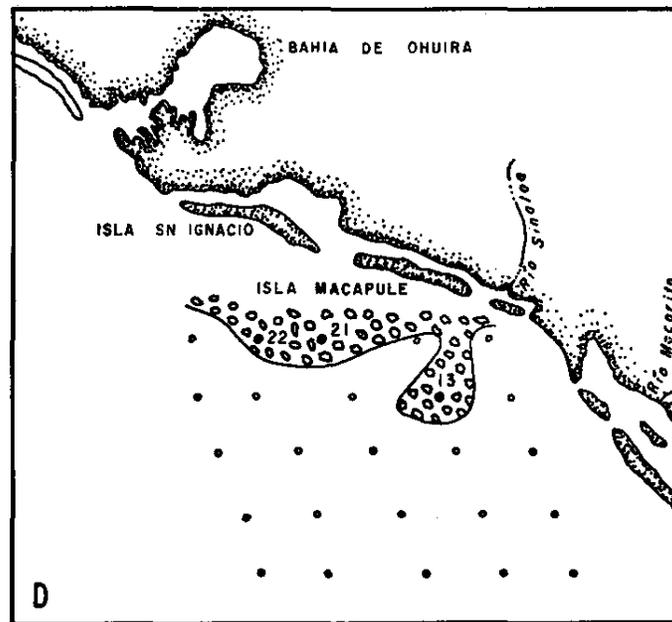


Factor 2

Fig. 4 (1 de 3).

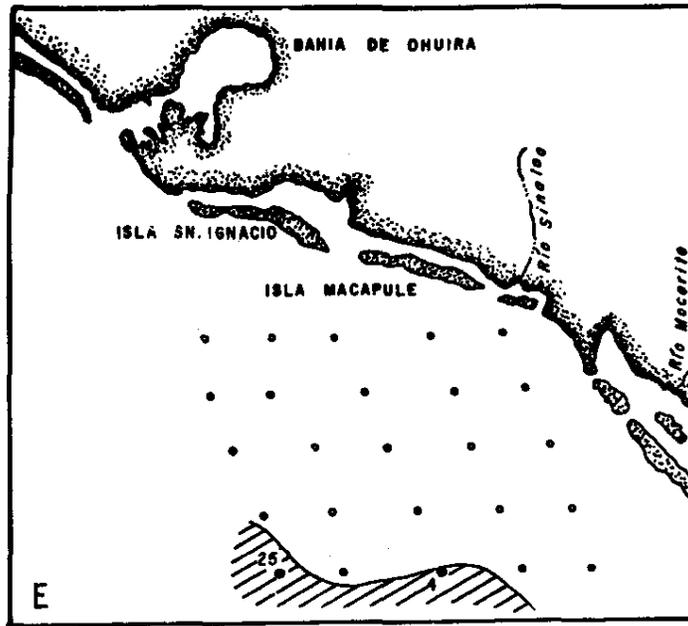


Factor 3

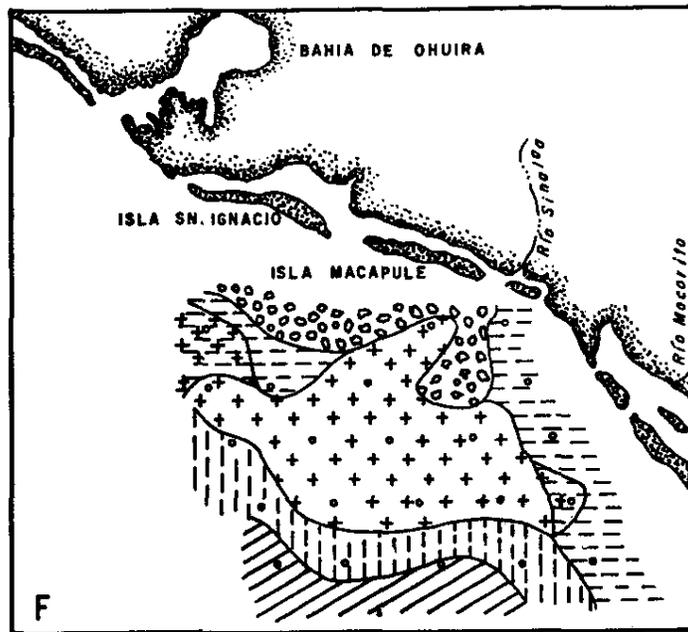


Factor 4

Fig. 4 (2 de 3)



Factor 5



Combinación

Figura 4. (3 de 3).

ria schencki, *Reophax curtus* y *Gavelinopsis campanulata* responden a la distribución de arenas. La correspondencia en distribución entre las principales especies del FACTOR 1 (Figura 6) y las arenas de grano medio fino (Figura 3), apoyan dichas observaciones.

De acuerdo a la definición de ambientes bentónicos en base a batimetría (Ingle, 1980; Ingle y Keller, 1980), el FACTOR 1 representa un ambiente nerítico externo; en el que la presencia de *Hanzawaia nitidula* es coherente.

El factor 2 (Figura 6B) comprende el 20.3% de la variancia de los datos y agrupa a 7 estaciones: 5 localizadas a lo largo del litoral sureste y 2 sobre la cabeza del cañón submarino descrito en el extremo noroeste del área de estudio (Figura 2). Esta distribución es correspondiente a la de arenas de grano muy fino (Figura 3) y, por consiguiente, es posible sugerir que está influenciada por el aporte fluvial del Río Sinaloa y la dinámica de la corriente litoral. La distribución se extiende a lo largo del litoral, siguiendo la dirección sureste de la corriente, desde la desembocadura de dicho río.

La presencia preponderante del FACTOR 2 sobre el litoral indica que este se “inclina” por temperaturas características de la capa de mezcla (28 a 30 grados C en esta región; (Figura 5), y que soporta la influencia de procesos costeros, tales como oleaje y corrientes litorales.

La presencia del FACTOR 2 en las estaciones 1 y 2, las cuales no tienen profundidades correspondientes a las del litoral ($h \leq 20$ m), no sugiere que la descarga del Río Sinaloa se aparta del litoral aproximadamente frente a Isla Altamura, para dirigirse al cañón submarino localizado en el extremo sureste del área de estudio (Figura 2). La granulometría

(Figura 3) y el solapamiento que observa este FACTOR con el FACTOR 1 en la estación 2, apoyan esta sugerencia. Por otro lado, la presencia del FACTOR 2 y arenas de grano muy fino en la cabeza del cañón submarino al noroeste (estaciones 20 y 24), nos permite especular que, cuando el nivel del mar estuvo 80 m más abajo, hace aproximadamente 18 000 años (CLIMAP, 1981), el río Sinaloa oradó un canal sobre la plataforma y desembocó en el cañón submarino al noroeste (Figura 2).

El análisis de factores en modo R muestra que las especies que conforman, principalmente, el FACTOR 2 son: *Buliminella elegantissima*, *Reophax nanus* y *Ammotium planissimum*. Las dos primeras especies ocurren prácticamente sólo en el litoral sureste, mientras que la tercera especie, con una distribución amplia, concentra sus valores altos también en dicho litoral (Figura 7).

A. planissimum, (Walton, 1955), *B. elegantissima* y *Reophax nanus*, (Lankford y Phleger, 1973), son muy abundantes en arenas finas. Esto es comprensible en el caso de los dos texturados, ya que son formas de tamaño pequeño y la textura de sus testas sumamente fina.

El FACTOR 2 se define dentro del ambiente bentónico, nerítico interno, del cual *Buliminella elegantissima* es una especie indicativa, (Ingle y Keller, 1980).

El tercer conjunto, FACTOR 3, explica el 17.0% de la variancia de los datos y agrupa 4 estaciones que se localizan prácticamente sobre el talud superior (compare figuras 4C y 2); hasta una profundidad de 200 m (estación 18). Esta distribución por consiguiente, corresponde con la parte somera de la termoclina permanente ($24 > T C > 12$; Figura 5), con la parte inferior de la zona eufótica, (Ingle, 1980), y con la distribución

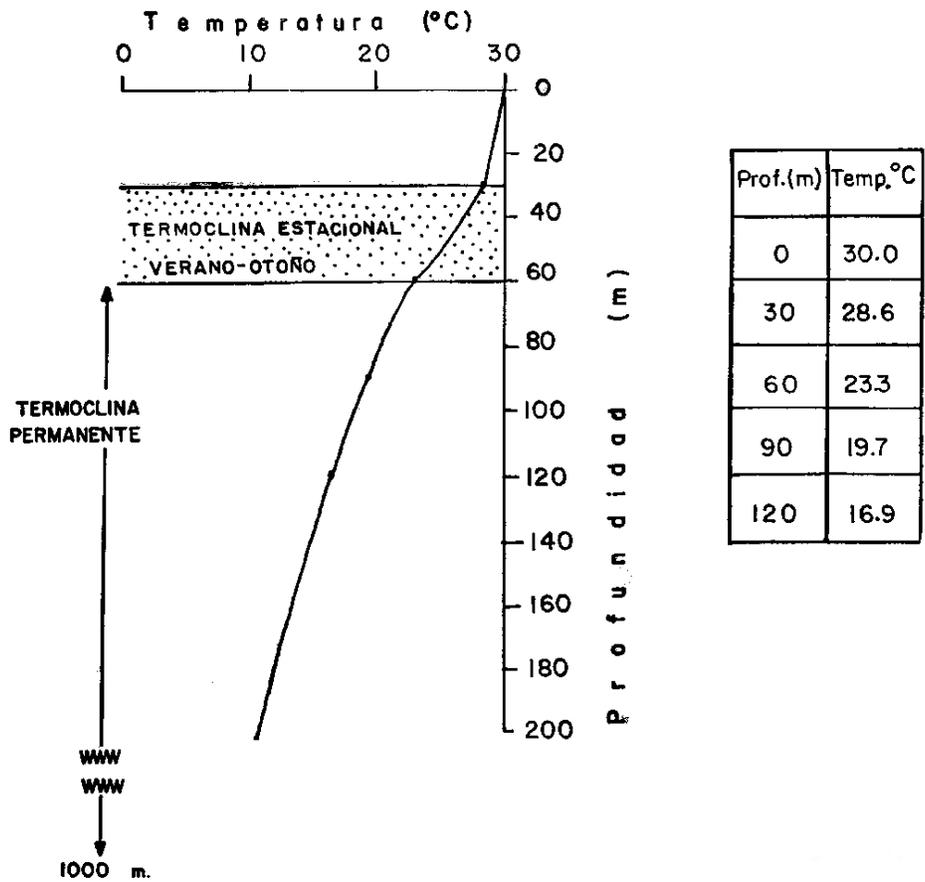
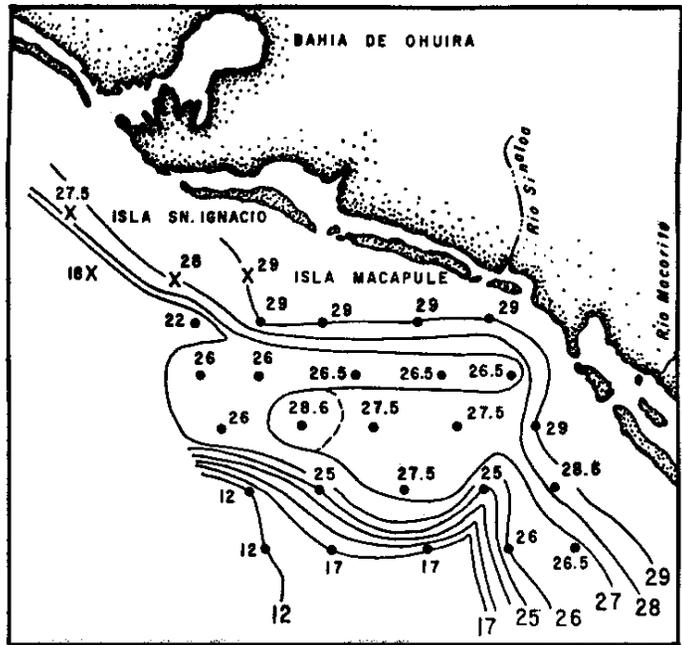
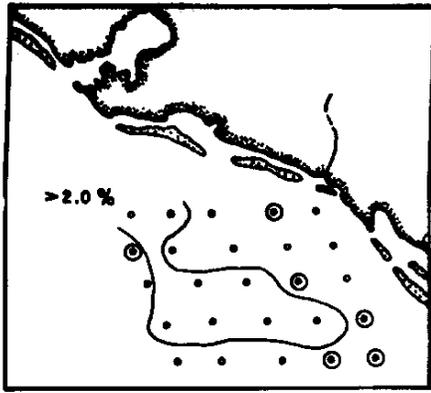
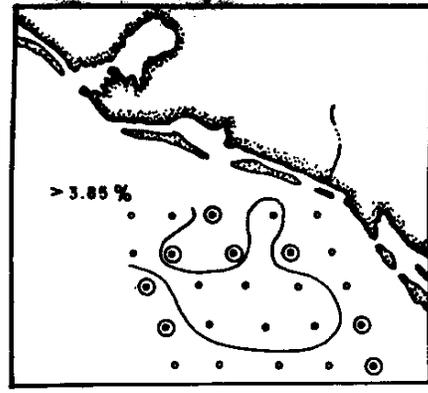


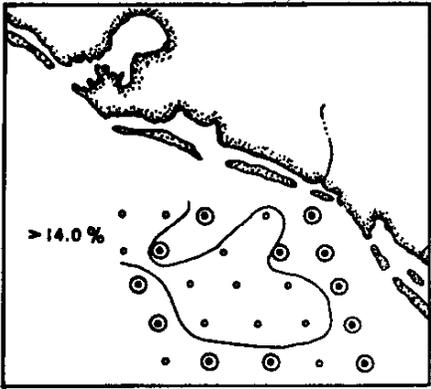
Figura 5.



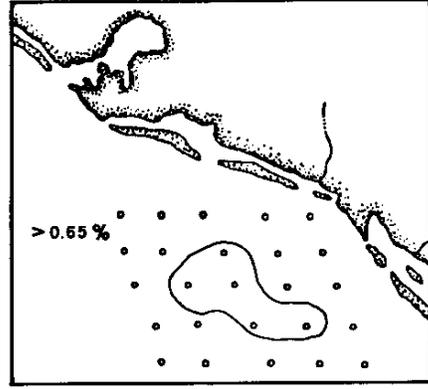
Cancris auriculus



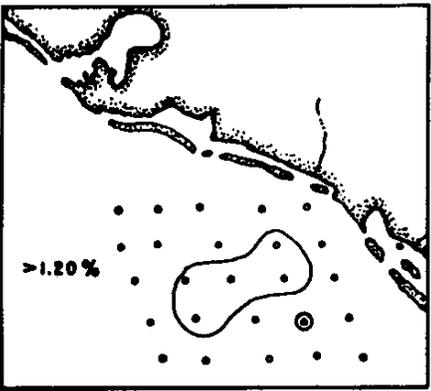
Gavelinopsis campanulata



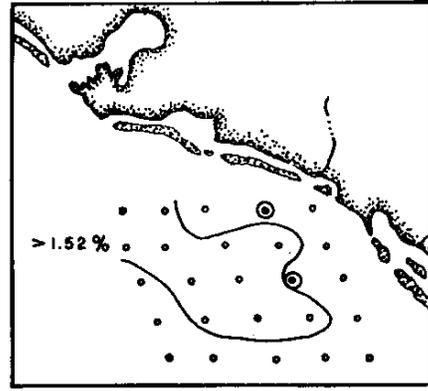
Hanzawaia nitidula



Lenticulina cf. L. cultratus

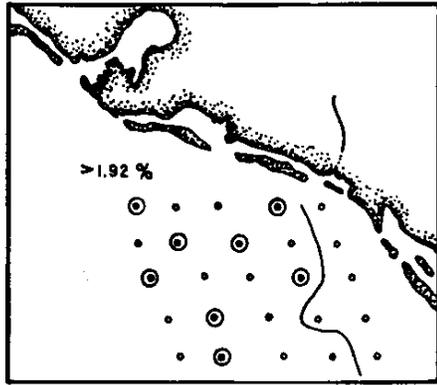


Reophax curtus

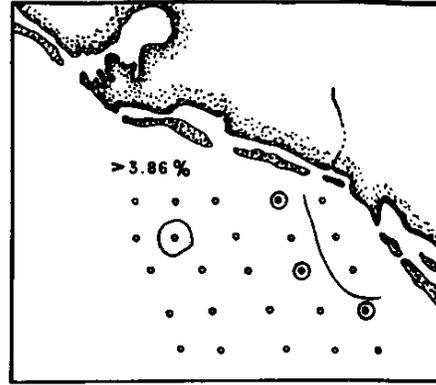


Textularia schencki

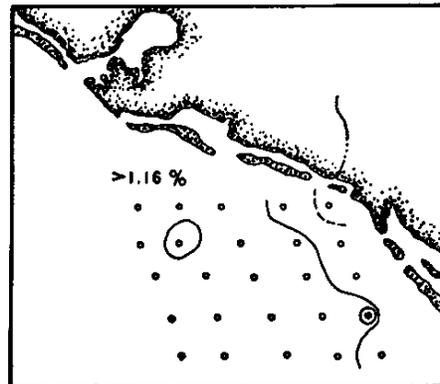
Figura 6.



Ammotium planissimum



Buliminella elegantissima



Reophax nanus

Figura 7

de limos que asumidamente tienen un carácter pelágico (Figura 3). Este ambiente tiene una columna de agua más estratificada que la observada en ambientes más someros y, por consiguiente, suponemos que tiene un carácter más estable.

De acuerdo al análisis de Factores, modo R (Tabla 3), las especies que representan al FACTOR 3 son; *Brizalina acuminata*, *Brizalina mexicana*, *Cassidulina braziliensis* y *Cassidulina* cf. *C. modeloensis*; de las que se presenta su distribución en la Figura 8.

Brizalina acuminata ha sido encontrada anteriormente en limos, (Walton 1955), y *Brizalina mexicana* en sedimentos tan finos como la arcilla (Uchio, 1960).

La microfacie definida por el FACTOR 3 aparentemente representa transición entre el ambiente nerítico externo y el ambiente batial superior. Esto es apoyado por la ocurrencia significativa de *Cassidulina modeloensis*, la cual es generalmente indicativa de ambientes del borde continental, (Ingle, 1980).

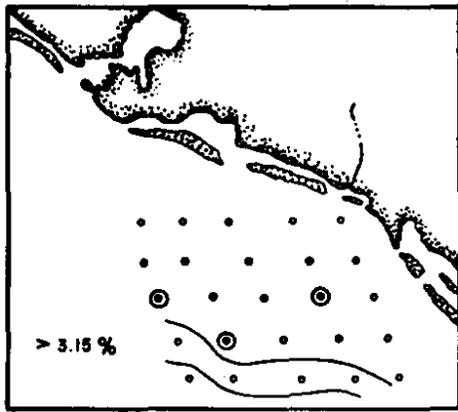
El cuarto conjunto, denominado FACTOR 4, comprende el 12.5% de la variancia de los datos y sólo agrupa a tres estaciones; no obstante, delimita un área geográfica que define una microfacie (Figura 4D). Esta microfacie se desarrolla aparentemente sobre el litoral, por lo que representa un ambiente bentónico: nerítico interno. Su correspondencia en distribución con arenas medias (Fig. 3), indica que la influencia del oleaje y corrientes litorales está contribuyendo en su establecimiento. Tal indicación es señalada más convincentemente cuando analizamos el comportamiento de las especies *Ammonia beccarii* y vars., *Placopsilina bradyi* y *Quinqueloculina sabulosa*, que contribuyen ponderantemente en este FACTOR 4 (Fig. 9; Tabla 3).

Lankford y Phleger, (1973), y Brook, (1973), han observado que *Ammonia beccarii* y *Quinqueloculina sabulosa* son más abundantes en arenas de aguas someras, cercanas a la costa y que soportan fluctuaciones de salinidad de más de 1%. Según estudios realizados por Uchio (1960), el tipo de sedimento es fundamental para el desarrollo de *Placopsilina bradyi*; por que este tiene que ser relativamente grueso para poder adherirse, ya que vive en aguas someras turbulentas. Ingle, (1980), considera a *Ammonia beccarii* y muchas especies del género *Quinqueloculina*, como representantes del ambiente nerítico interno.

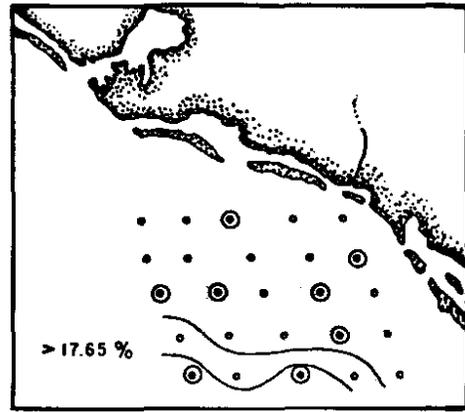
La diferencia en composición de especies y tipo de sedimentos, entre los ambientes representados por el FACTOR 2 y el FACTOR 4, realizan el argumento de que el Río Sinaloa influye más directamente sobre el litoral sureste del área de estudio, que sobre el del noroeste (Figura 3 y 4F).

El quinto conjunto, llamado FACTOR 5 explica el 10.1% de la variancia de los datos y está preponderantemente presente únicamente en las estaciones 24 y 4 (Figura 4E), que se localizan en la parte inferior del "talud superior" definido en este estudio (Figura 2). La presencia de este FACTOR está asociada con la de los limos (Figura 3), y con la de temperaturas inferiores a 17 grados C. La ocurrencia de estas temperaturas relativamente bajas, a su vez están explicadas por la localización de las estaciones de la base de la zona eufótica hacia mayores profundidades; consecuentemente, definiendo un ambiente batial superior.

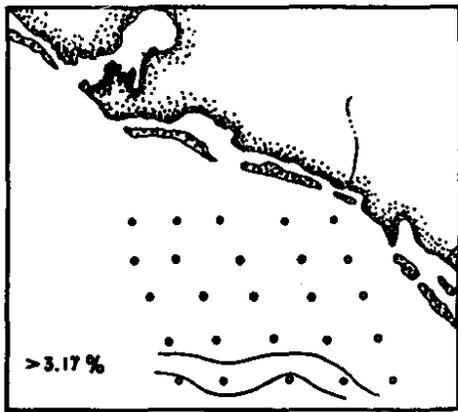
De acuerdo al análisis de factores, modo R, (Tabla 3), las especies que representan al FACTOR 5 son: *Bolivina alicata*, *Bolivina seminuda* var. *Humilis*, *Buliminella curta* y *Epistominella sendiegoensis*, cuya distribución es mostrada en la Figura 10.



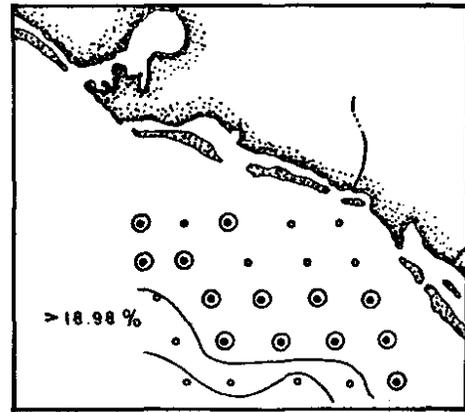
Brizalina acuminata



Brizalina mexicana

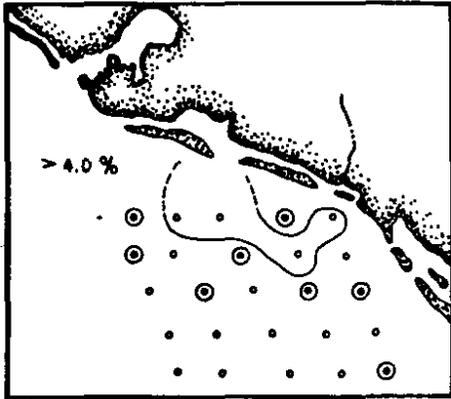


Cassidulina braziliensis

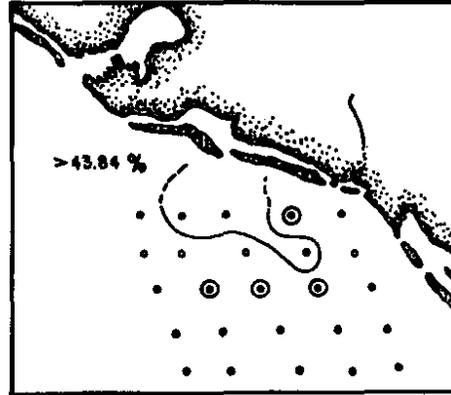


Cassidulina cf C.modeloensis

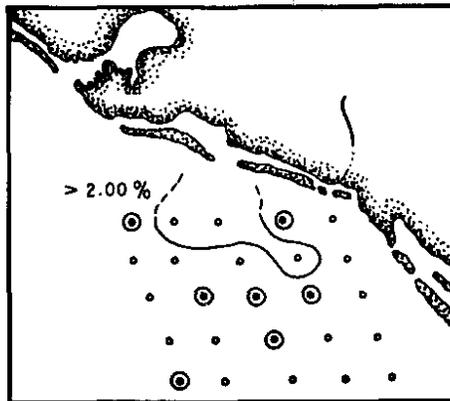
Figura 8.



Ammonia beccarii vars.

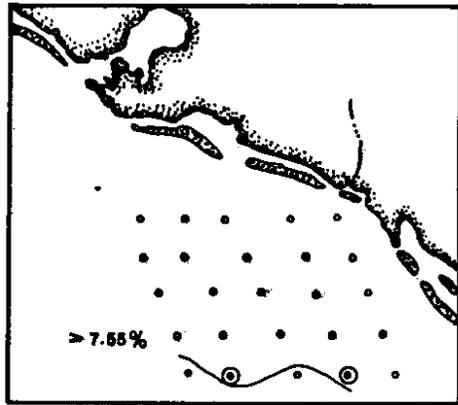


Placopsilina bradyi

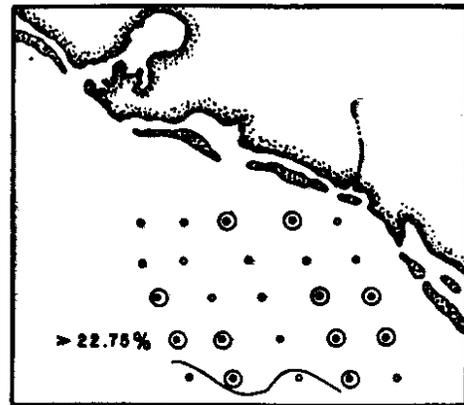


Quinqueloculina sabulosa

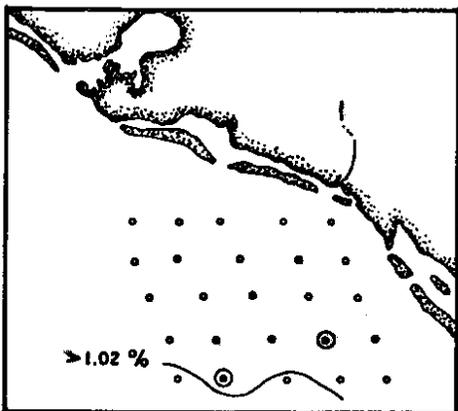
Figura 9.



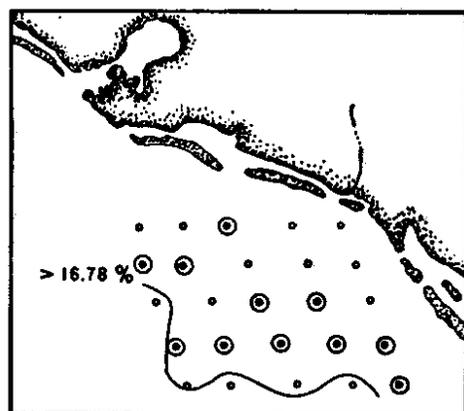
Bolivina plicata



Bolivina seminuda humilis



Buliminella curta



Epistominella sandiegoensis

Figura 10.

Bolivina alicata y *Buliminella curta* presentan una marcada tendencia en ocurrencia hacia la parte inferior del talud superior; las otras dos especies, aunque ocurren también en la plataforma, concentran sus abundancias mayores en el “talud superior”.

En el Golfo de California es común encontrar una capa de agua con contenidos muy bajos de oxígeno, (conocida como la capa de oxígeno mínimo) entre 400 y 1000 m de profundidad, que incide sobre el talud (Calvert, 1964; Schrader y otros, 1983) y *Bolivina seminuda* var. *humilis* es una especie que tolera fondos anaeróbicos, con contenidos de oxígeno menor a 2 ml/l (Phleger y Soutar, 1973; Sliter, 1975; Ingel y Keller, 1980); luego entonces no es difícil explicar por qué su distribución se extiende hasta dichas profundidades (Matoba y Yamaguchi, 1982).

Para diferenciar los caracteres biológicos de las microfacies de los caracteres ocasionados por la dinámica sedimentaria, en particular del efecto causado por el retrabajo, se efectuó el Análisis de Factores utilizando únicamente especímenes vivos (teñidos con Sudan Negro “B”). Explicando el 79.6% de la variancia se definen 5 conjuntos (Tabla 4), cuya distribución es prácticamente igual a la de la población total (compare Figuras 4 y 11). Por consiguiente, este hecho nos obliga a retomar la argumentación hecha para la distribución del FACTOR 2 de la población Total (Figura 4B), en la que especulamos que su presencia en las estaciones 20 y 24, sobre el cañón submarino al noroeste del área de estudio era debida a retrabajo a través del canal que cruza la plataforma (Fig. 2). Si esto fuera así, en la distribución de población viva (material *in situ*) esta condición no debía repetirse, ya que este FACTOR está relacionado a la dinámica actual del aporte del Río Sinaloa; luego entonces,

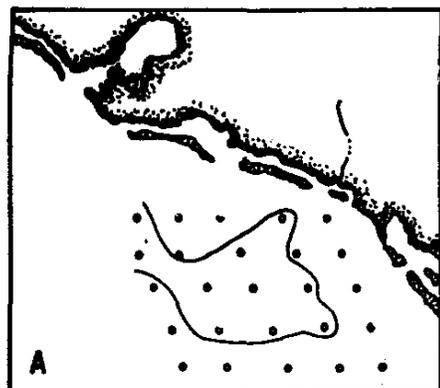
cabe la posibilidad de que otra fuente fluvial este influenciando el área de estudio o que haya habido errores en la diferenciación entre especímenes teñidos y no teñidos. Este problema se resolverá considerando un mayor número de estaciones, cuya localización esté más cercana a la costa y hacia el noroeste del área considerada en este estudio.

El Análisis de Factores, modo R, utilizando únicamente población viva produjo resultados similares a los del análisis con población total (compare Tablas 3 y 5); sin embargo, las siguientes variantes con respecto a la población total son observadas:

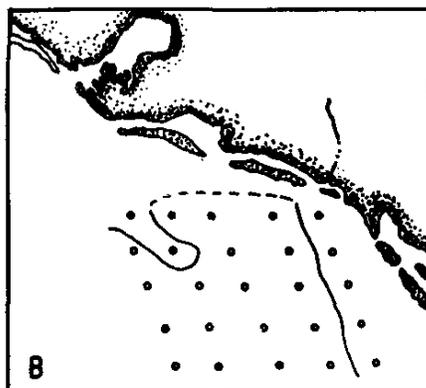
- 1) En el FACTOR 1, decrece la significancia de *Reophax curtus* y aparece como una de las especies importantes en la conformación del FACTOR: *Neoeponides antillarum*.
- 2) En el FACTOR 2, decrece la significancia de *Ammotium planissimum* y representa como una de las especies importantes en la conformación del FACTOR: *Nonionella* cf. *N. basiloba*.
- 3) En el FACTOR 3, decrece la significancia de *Cassidulina* cf. *C. modeloensis*, y se presentan como especies importantes en la conformación del FACTOR: *Epistominella sandiegoensis* y *Uvigerina excellens*.
- 4) En el FACTOR 4, sólo *Placopsilina bradyi* se presenta como especie importante en la conformación del FACTOR, luego entonces *Ammonia beccarri* y *Quinqueloculina sabulosa* decrecen su significancia.
- 5) En el FACTOR 5, decrece la significancia de *Epistominella sandiegoensis* y se presenta como una de las especies importantes en la conformación del FACTOR: *Epistominella bradyana*.

VIVOS

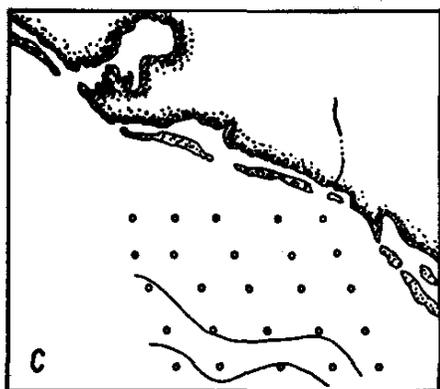
Factor 1



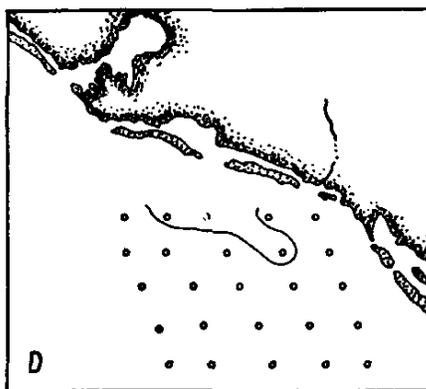
Factor 2



Factor 3



Factor 4



Factor 5

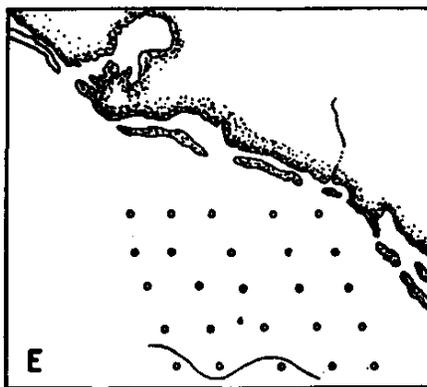


Figura 11

De estas variaciones llama la atención el comportamiento de *Epistominella sandiegoensis*; ya que su ocurrencia decrece en significancia en el FACTOR 5, para incrementarse en el FACTOR 3. Este hecho, así como el incremento o decremento en significancia de algunas especies con respecto al análisis de la población total, nos sugiere que el factor estacional juega un papel relevante. Pudiera ser que durante el verano (estación en que se realizó el muestreo para este estudio), *E. sandiegoensis* se reproduzca más óptimamente sobre el borde del talud que en otras profundidades; así mismo, es posible que haya diferencias en tiempo entre los ciclos reproductivos de cada una de las especies de foraminíferos bentónicos, como las hay para los foraminíferos planctónicos (Bé y otros, 1977). Sin un estudio adecuado, es decir, que considere muestreos estacionales con periodicidad, será difícil concluir en este sentido.

Conclusiones

Factores físico-ambientales, tales como la batimetría, el oleaje, las corrientes litorales, el aporte fluvial, la temperatura y la granulometría de los sedimentos, determinan el desarrollo y distribución de 5 microfacies de foraminíferos bentónicos en el margen continental del Noroeste de Cuenca Pescadero.

Sobre el litoral (profundidad 20 m) comprendido en este estudio, se desarrollan dos microfacies: una al noroeste, caracterizada por la ocurrencia de las especies *Ammonia beccari*, *Placopsilina bradyi* y *Quinqueloculina sabulosa* y otra al sudeste caracterizada por *Buliminella elegantissima*, *Reophax nanus* y *Ammonium planissimum*. El desarrollo de esta última microfacie está directamente influenciada por el aporte del Río Sinaloa.

En la plataforma continental, sobre los sedimentos más gruesos de la región, se define la microfacie de mayor extensión considerada en este estudio. Esta microfacie es caracterizada, principalmente, por las especies *Cancris auriculus*, *Gavelinopsis campanulata*, *Hanzawaia nitidula* y *Lenticulina* cf. *cultratus*.

La plataforma continental en la región estudiada tiene una anchura promedio de 50 km, presentando su borde aproximadamente a 60 m de profundidad. Sobre este borde hay una gradación respecto a profundidad, de arenas y limos, y ahí se define una microfacie caracterizada por la ocurrencia de *Brizalina acuminata*, *Brizalina mexicana*, *Cassidulina brazilensis*, *Cassidulina* cf. *C. modelensis* y *Epistominella sandiegoensis*. Esta microfacie representa la transición entre los ambientes neríticos externo y batial superior.

Por último, sobre el talud superior, a profundidades mayores de 120 m, encontramos una microfacie típica del ambiente batial superior, en la que las especies *Bolivina plicata*, *Bolivina seminuda* var. *humilis* y *Buliminella curta* son características.

El análisis de la población VIVA indica que, aunque menores, hay variaciones en la conformación faunística de las microfacies, entre estaciones climáticas (p. ejem. Entre verano e invierno) Luego entonces, se hace evidente que es necesario efectuar un estudio que considere muestreos estacionales, para poder detallar dichas variaciones.

Agradecimientos

Damos gracias al Vicealmirante Alberto López Lira, Director General de Oceanografía Naval y al Contralmirante Luis D. Salastorrea Rangel, Director de Investigaciones Oceanográficas de la Sría.de Marina, por el apoyo brindado para efectuar la

travesía oceanográfica, así como por su interés, para que las investigaciones de muestreos litorales sean cada día mayores. Al Depto. de Geología Marina de la Dirección de Investigaciones Oceanográficas por permitir el uso de sus datos granulométricos como apoyo a este trabajo. Al Dr. Eduardo Aguayo por revisar el manuscrito del estudio.

Referencias

- Alvarez-Arellano, A., 1984, Evolución del Frente Térmico de la Boca del Golfo de California, Tesis de Maestría en Ciencias del Mar. Univ. Nal. Autón., México: 124 p.
- Aguayo-Camargo, E., 1981, Origen y distribución de sedimentos en el Golfo de California. Rev. del Inst. Mex. del Petróleo, 13 (3): 5-19.
- Badan-Dangon, A., Koblinski, C.J. y Baumgartner, T., 1985, Springs and Summer in the Gulf of California: observations of surface thermal patterns. Ocean. Acta Vol. 8:13- 22.
- Be, A.W.H., Hemleben, C., Anderson, O.R. Spindler, M., Hacunda, J. y Tuntivate-Choy, S., 1977, Laboratory and field observations of living planktonic foraminifera. Micropaleontology Vol. 23 (2): 155-179.
- Berggren, W.A. y Aubert, J., 1975, Paleocene benthonic foraminiferal biostratigraphy, paleobiogeography and paleoecology of Atlantic-Tethyan regions. Paleogeogr. Palaeoclimatol., Palaeoecol. Vol. 18: 73-192.
- Brooks, N., 1973, Distribution of Recent Foraminifera from the Southern coast of Puerto Rico. Micropaleontology. Vol. 19 (4): 385-416.
- Calvert, S.E. 1964, Factors affecting distribution of laminated sediments in the Gulf of California. In, van Aldel. T. H. and Shor, G.G. (eds). The Marine Geology of the Gulf of California. Amer. Assoc. Petroleum Geologists Mem. No. 3: 311-330.
- CLIMAP Project Members, 1981, Seasonal Reconstruction of the earths surface at the last glacial maximum. In Map and chart series No. 36. Geological Society of America.
- Contreras-Bravo, G. y Campos Castan, J., 1981, Sedimentología de la terraza continental al sureste del Golfo de California. México. Dirección de Investigaciones Oceanográficas. Sría. de Marina: en prensa.
- Curray, J.R., 1965, Late quaternary history continental shelves of the United States. In Wright, H. E., Jr. y Frey, D. G. (eds). The quaternary of the United States Princeton Univ. Press: 723-738.
- Hasting, J. Y Turner, R., 1965, Seasonal precipitation regimen in Baja California, México. Geografiska Annaler, 47: 204- 223.
- Imbrie, J., y Van Andel, Tj., 1964, Vector Análisis of Heavy-mineral data. Geol. Soc. Am Bull. Vol. 75: 1131-1156.
- Ingle, J. C., 1980, Cenozoic Paleobathymetry and depositional History of selected sequences within the southern California borderland. In. Cushman Foundation Special Publication No. 19. (Memorial to Orville L. Bandy): 163-195.

- Ingle, J. C. y Keller, G., 1980, Benthic foraminiferal biofacies of the eastern Pacific margin, between 40°S and 32°N. In Quaternary depositional environment of the Pacific Coast. Pacific Coast Paleogeography Symposium 4 Pacific Section; Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists Los Angeles, Cal. 1980: 341-355.
- Kim, J., 1977, Factor Analysis. In, Nie, N. et al. (eds) Statistical Package for the Social Science. McGraw-Hill, New York: 468-514.
- Klovan, J. y Imbrie, J., 1971, An algorithm and fortran-R program for Large Scale Q. Mode Factor Analysis and Calculation of Factor Scores. Mathematical Geol. Vol. 3: 61-77.
- Komar, P.D., 1981, Beach Processes and Sedimentation. Prentice-Hall Englewood Cliffs, N.J. (capítulo 13, Littoral Sediments): 338-411.
- Lankford, R., 1977, Coastal lagoons of Mexico: Their origin and classification, *en* Estuarine Processes, ed. M. Wiley, 182-215. New York: Academic.
- Lankford, R. y Phleger, F., 1973, Foraminifera from nearshore turbulente zone, western North America. Jour. Foram. Res. Vol. 3 (3): 101-132.
- Matoba Y. y Yamaguchi, A., 1982, Late Pliocene-to-Holocene benthic foraminifera of the Guaymas Basin, Gulf of California: Sites 477 through 481. In: Init. Reports. D.S.D.P., 64. Part 2. Washington (U.S. Govt. Printing Office): 1027-1056.
- Molina-Cruz, A., 1986, Evolución oceanográfica de la boca del Golfo de California. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. Vol. 13 (2): 95-120.
- Moran, Z., 1984, Geología de la Rep. Mexicana. 2ed. Instituto Nal. de Estadística, Geografía e Informática y Univ. Nal Autón. de México: 3-30.
- Murray, J., 1976, Comparative studies and living and dead benthic foraminiferal distribution. In: Hedley, R. y Adams, G. (eds). Foraminifera 2 Accad Press: 45-109.
- Phleger, F., 1960. Ecology and distribution on Recent Foraminifera, John Hopkins Press, Baltimore: 297 p.
- Phleger, F., y Soutar, A., 1973, Production of benthic foraminifera in three east Pacific 0 min. Micropaleontology. Vol. 18: 110-115.
- Poag, C.W., 1985, Benthic foraminifera as indicators of potential petroleum sources. GCSSEPM Foundation Fourth Annual Research Conference Proceedings: 275-284.
- Robinson, M.K., 1973, Atlas montly mean sea surface and subsurface in the Gulf of Calif., Mexico. San Diego Soc. Nat. Hist. Mem 5: 97 p.
- Roden, G., 1964, Oceanographic Aspects of the Gulf of Calif. In: Van Andel, Tj. Y Shor, G. (eds) Marine Geology of the Gulf of Calif., a Symposium Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 3: 30-58.
- Roden, G. y Emilsson, I., 1979, Oceanografía física del Golfo de California. In: Ayala-Castañares, A., Phleger, F. Schwartzlose, R. y Laguarda (eds). Simposio: El Golfo de California. Univ. Nal. Autón. México. (en prensa).

- Streeter, S., 1972, Living benthonic foraminifera of the Gulf of California, a factor analysis of Phleger's (1964) data. *Micro-paleontology*. Vol. 18 . (1): 64-73.
- Schrader, H., Cheng, G. y Mahood, R., 1983, Preservation and dissolution of foraminiferal carbonate in an anoxic slope environment, southern Gulf of California. In Meulenkamp, J.E. (ed). *Reconstruction of marine Paleoenvironments*. Utrecht: 205-226.
- Sliter, W. V., 1975. Foraminiferal life and residue assemblages from Cretaceous slope deposits. *Geol. Soc. America Bull.* Vol. 86: 897-906.
- SPP, 1982, Carta Batimétrica del Golfo de California (CB-002). PEsc. 1: 1 000 000. Sria. de Programación y Presupuesto, México. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática: 1-77.
- Uchio, T., 1960, Ecology of living benthonic foraminifera from the San Diego, Calif., Area. *Cushman Found. Foram. Res., Spec. Publication No. 5*, 72 p.
- Van Andel, Tj., 1964, Recent marine sediments from the Gulf of Calif. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.* 3: 216-310.
- Walker, D., Linton, E. y Shafer, T., 1974, Sudan Black B: superior stain to rose Bengal for distinguishing living from non-living foraminifera. *Jour. Foram. Res.* Vol. 4: 205-215