



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS**

**DISTRIBUCION DE FORAMINIFEROS  
BENTONICOS EN LA REGION  
NW DE LA PLATAFORMA  
CONTINENTAL DE BAJA CALIFORNIA, MEXICO.**



**TESIS**  
que para obtener el título de  
**OCEANOLOGO**  
presenta  
**Sara Palacios Robles**

Ensenada, Baja California, Junio de 1993.

## RESUMEN

Como parte de las campañas oceanográficas ECOBAC-I y ECOBAC-III, se obtuvieron 34 muestras de sedimento dragadas en la plataforma continental frente a las costas de Tijuana, Baja California. De los sedimentos recolectados, se determinaron los parámetros texturales, el contenido de materia orgánica y el número de bacterias; además, se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de los foraminíferos bentónicos presentes en el área de estudio. Los análisis faunísticos nos permitieron determinar 50 especies de 34 géneros de foraminíferos bentónicos, predominando los géneros *Cassidulina* sp. y *Cibicides* sp. Con la finalidad de determinar la relación entre los diferentes factores y la fauna presente, se llevaron a cabo análisis multivariantes de grupos (*cluster analysis*), mediante el paquete estadístico SYSTAT. Con esta metodología se lograron determinar tres biofacies: (1) la de *Cassidulina tortuosa*, caracterizada por organismos de aguas someras (30-55m); (2) la de *Trochammina pacifica*, localizada en plataforma interna (55-90m); y (3) la de *Bulimina marginata* para la plataforma externa (90-196m), donde la profundidad y el tipo de substrato son los factores principales que controlan la distribución de la fauna. Hemos podido verificar la gran influencia del Emisor de Punta Loma y el desagüe de Punta Banderas, lugares donde se observa un aumento importante en el contenido de materia orgánica y en el número de bacterias; asociado a esto, se confirma un incremento en la abundancia relativa de foraminíferos aglutinados. Los efectos del emisor, también se manifiestan en la formación de glauconita en los sedimentos cercanos al mismo, dando lugar a la sustitución en algunos foraminíferos.

**"DISTRIBUCION DE FORAMINIFEROS BENTONICOS EN LA REGION NW DE LA PLATAFORMA  
CONTINENTAL DE BAJA CALIFORNIA, MEXICO"**

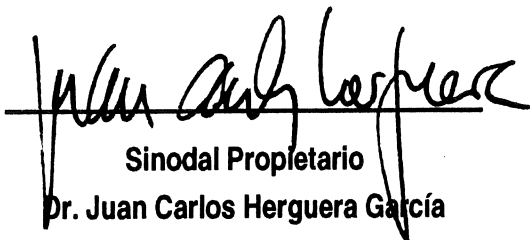
**TESIS  
QUE PRESENTA  
SARA PALACIOS ROBLES**

**Aprobada por:**



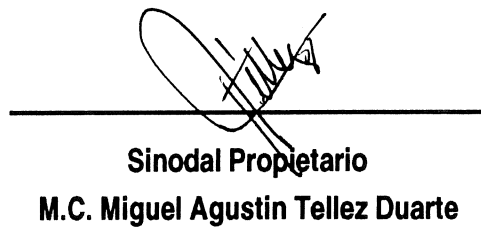
---

**Presidente del Jurado  
Dr. José D. Carriquiry Beltrán**



---

**Sinodal Propietario  
Dr. Juan Carlos Herguera García**



---

**Sinodal Propietario  
M.C. Miguel Agustin Tellez Duarte**

## DEDICATORIAS

A mis padres: José † y Paula

por su amor, apoyo y comprensión durante mi estudios

A mis abuelos: Ramón y Juanita

por el valor y la fe que me han inspirado

A Eva y José por ser los mejores hermanos del mundo y por saber aguantar a la negra

A mis cuñados Laurita y José por estar siempre conmigo

A una persona muy en especial que me ha sabido guiar por la vida como persona y estudiante, "Gracias maestra Norma" por sus consejos, apoyo y comprensión

A todos mis compañeros y amigos

A Ivan por endulzarme la vida con sus travesuras

y a ti Ramón, gracias por tu apoyo y todo tu amor.

## **AGRADECIMIENTOS**

La realización de este estudio se llevó a cabo en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) de la Universidad Autónoma de Baja California, gracias por el apoyo.

A la Secretaría de Marina por el uso de las embarcaciones en las cuales se realizaron los Cruceros de Estudios de Baja California (ECOBAC I-III).

Al Instituto Ocenográfico de la Universidad de California en San Diego (SCRIPPS) por el uso de las colecciones de foraminíferos, y en especial a Susan Burk por su paciencia y dedicación durante las identificaciones.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) por el apoyo de computo brindado en la elaboración de este trabajo, y muy en especialmente al M.C. Luis Delgado Argote y al Dr. Arturo Martín Barajas por su amistad y sugerencias.

Al Dr. José D. Carriquiry Beltrán por la dirección de esta tesis. A los sinodales M.C. Miguel Agustín Tellez Duarte y al Dr. Juan Carlos Herguera García por su tiempo, comentarios y aportaciones durante las revisiones de esta tesis.

A mi compadre y cuate Victor Frías Camacho, gracias por tu amistad y colaboración en la realización de las figuras y la impresión del trabajo.

A mí cuñado Oc. Pedro Castro Castro y Amilcar Cupul Magaña por su orientación y apoyo en los análisis granulométricos del sedimento.

A la Oc. María Victoria Orozco por el análisis y proporción de los datos de cuantificación de bacterias, gracias Vicky .

Y a todos aquellos que de una u otra manera contribuyeron en la realización de este trabajo.

## CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	2
III. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	2
IV. ANTECEDENTES	4
V. METODOLOGIA	7
V.1 De Campo	7
V.2 De Laboratorio	7
V.3 Análisis Estadístico	10
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES	12
VI.1 Sedimento	12
VI.2 Distribución de materia orgánica	14
VI.3 Distribución de foraminíferos	21
VI.4 Temperatura	37
VI.5 Relación existente entre todas las variables	38
VIII. CONCLUSIONES	44
IX. BIBLIOGRAFIA	45
X. APENDICES	
X.1 Apéndice taxonómico	51
X.2 Lista de referencias de descripciones originales	55
X.3 Comentario sobre los foraminíferos planctónicos.	64

## LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Localización del área de estudio. Se incluye la isobata de los 60 m (línea punteada) como referencia batimétrica, los números arábigos representan las estaciones de muestreo.	3
2 Distribución espacial del tamaño de grano de los sedimentos.	15
3 a) Relación entre el contenido de materia orgánica y la media del sedimento. b) Gráfica de estaciones contra media y porcentaje de materia orgánica que permite visualizar más claramente su relación lineal.	16
4 Dendrograma modo Q para 34 muestras, donde se obtienen 3 agrupaciones basadas en el contenido de materia orgánica y número de bacterias.	18
5 Patrón de distribución espacial de los grupos obtenidos por análisis de grupos modo Q (Fig. 4) a partir de los datos de materia orgánica y el número de bacterias en los sedimentos.	19
6 Ejemplares de <i>Cassidulina tortuosa</i> glauconitizados, presentes en la estación 3 y 5 (X50).	20
7 Pellets fecales tipo ovoide teñidos con rosa de bengala, presentes en la estación 3 (X50).	20
8 Curva de rarefacción donde se compara el número de individuos contados. Nótese que la curva tiende a ser asintótica a los 250-300 individuos contados por muestra.	22
9 Curva de rarefacción donde se relaciona el número de especies presentes en función del intervalo de tamaño de grupo ( $\phi$ ) del sedimento. Nótese que la mayor diversidad se encuentra en las fracciones 2-3 $\phi$ .	22
10 Foraminíferos obtenidos por flotación(X 32).	23
11 Foraminíferos típicos de aguas marinas someras: <i>Elphidium sp</i> , <i>Quinqueloculina sp</i> , <i>Cassidulina californica</i> , <i>Cassidulina tortuosa</i> , <i>Cancris auriculus</i> etc. (X 50).	23
12 Dendrograma modo Q para 34 muestras, 29 especies de 21 géneros.	33
13 Mapa que muestra la distribución de biotopos en base al dendrograma en modo Q, obtenido de la Fig. 12.	34

14	Dendrograma modo R, usando el coeficiente de distancias euclidianas, para 34 muestras, 29 especies de 21 géneros.	35
15	Distribución espacial de las diferentes biofacies que se presentan en el área de estudio.	36
16	Distribución espacial de las isotermas de fondo, determinadas en el mismo crucero en que se colectaron las muestras de sedimento.	39
17	Relación existente entre la profundidad del biotopo y la temperatura del agua. Obsérvese el fuerte gradiente térmico en los biotopos menores a 50 m, y un gradiente inexistente en los biotopos más profundos.	40
18	Distribución generalizada de foraminíferos bentónicos a lo largo de un perfil de plataforma continental, y generalidades sobre los parámetros más importantes que controlan la distribución de las distintas biofacies (nota: existen cambios de escala en la profundidad).	41
19	Distribución generalizada de los foraminíferos planctónicos en el Pacífico Norte basada en muestras planctónicas ( según Bradshaw, 1959; tomada de Boltovskoy, 1965).	65

### **LISTA DE LAMINAS**

1	Fauna de foraminíferos bentónicos exponiendo parte dorsal, ventral, de lado y algunas aberturas (sólo aquella fauna que se encuentra presente con un porcentaje mayor del 5%).	53
---	--	----

## LISTA DE TABLAS

	Página
I Localización geográfica (coordenadas) de las estaciones de muestreo.	8
II Parámetros texturales, profundidad, porcentaje de materia orgánica y número de bacterias.	13
III Número de ejemplares por especie encontrados de la población total.	24
IV Abundancia relativa (en porciento) de las especies presentes.	26
V Abundancia relativa de las especies de foraminíferos dominantes (abundancia > 5%) encontrados para el área de estudio.	29
VI Promedio del porciento de abundancia relativa de las especies más importantes.	31

## I. INTRODUCCION

El conocimiento de las condiciones del medio ambiente marino es especialmente importante para entender los patrones de distribución de los organismos que lo habitan, entre ellos los foraminíferos, ostrácodos y moluscos, cuya presencia está condicionada por las características del medio ambiente marino y del substrato. El conocimiento que se tiene de los efectos de los factores físico-químicos sobre las características biológicas básicas no es muy profundo. En los estudios que se han realizado hasta la fecha, se supone gran parte de la información sobre el agua, la cual es muy generalizada, y consiste en registros incompletos de temperatura, salinidad, corrientes y mareas (Boltovskoy, 1965). En algunos casos, sin embargo, es posible obtener alguna relación de los medios ambientes con la distribución de los organismos, lo que permite hacer consideraciones muy generales sobre los diferentes cuerpos de agua en los que viven (Boltovskoy, 1962a).

Existe un gran número de factores ecológicos que influyen sobre la actividad vital de los organismos, que condicionan su distribución. Entre los más conocidos, dada su importancia, se encuentran la temperatura la salinidad y la profundidad. Existen otros factores de los que se tiene menos conocimiento, como la alimentación y la naturaleza del substrato. Se sabe con certeza que este último, influye tanto en el contenido específico, la característica cuantitativa y la morfología del caparazón.

Los foraminíferos según Brusca y Brusca (1990) pertenecen al Filo Sarcomastigophora, Subfilo Sarcodina, Superclase Rhizopoda, Clase granuloreticulosea y Orden foraminiferida. Estos organismos construyen un caparazón calcáreo cuya morfología constituye la base de la clasificación taxonómica. La forma de este caparazón, varía según el medio ambiente en el que se desarrollan; por lo que también, pueden ser utilizados para elaborar interpretaciones climáticas y paleontológicas (Boltovskoy, 1965). Según su habitat, éstos se dividen en foraminíferos bentónicos y planctónicos.

Debido a su tamaño pequeño y a su gran abundancia en los sedimentos del fondo oceánico, aun siendo muestras relativamente pequeñas, brindan suficiente información para la aplicación de métodos cuantitativos (Haq y Boersma, 1981). Su abundancia así como sus características biológicas, explican por qué los foraminíferos desempeñan un papel tan importante en los estudios oceanográficos y paleoceanográficos. El empleo de estos microfósiles como herramienta oceanográfica, nos puede ser de gran utilidad en la investigación de (1) los movimientos de masas de agua y sus propiedades físico-químicas, (2) problemas de ecología y zoogeografía, (3) problemas paleoclimáticos, (4) estudios en el campo de la geología marina y (5) las relaciones que los fósiles de algunos de estos organismos guardan con un control bioestratigráfico.

## II. OBJETIVOS

El propósito de este estudio es establecer las relaciones existentes entre los factores físico-químicos de las aguas y el tipo de sedimento, con la distribución de los foraminíferos bentónicos en el área muestreada para este trabajo.

## III. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende la plataforma continental de Baja California, delimitada al norte por la frontera Estados Unidos (E.E.U.U.)-México ( $32^{\circ}41'N$ ,  $117^{\circ}20'W$ ) y al sur por Punta Descanso ( $32^{\circ}07'N$ ,  $116^{\circ}55'W$ ) (Fig. 1).

Las costas de esta zona se caracterizan por una alternancia de acantilados y playas. La altura de los cantiles varía entre 5 y 15m, existiendo algunas puntas rocosas como Punta Bandera, Punta Los Buenos y Punta Descanso constituidas de basalto (Cupul *et al.*, 1987).

Los ríos principales que desembocan en esta área, son: Tía Juana, Arroyo San Antonio de los Buenos, Arroyo Seco, Arroyo Rosarito y Arroyo El Morro, los cuales están secos gran parte del año, excepto en épocas de lluvia. Los flujos de los ríos y corrientes dentro de esta región son pequeños, y la precipitación pluvial es de 25-40 cm/año. La salinidad del agua en estas costas está controlada por la acción combinada de la evaporación, la precipitación y los desagües (Peterson *et al.*, 1986).

Es importante señalar la presencia del emisor submarino de Punta Loma, el cual tiene una longitud de 4 km. A través de este emisor, se realizan las descargas de aguas residuales de la Ciudad de San Diego, que son llevadas al mar y liberadas en la isobata de los 60 m para garantizar su permanencia por debajo de la termoclina. En Tijuana la descarga se realiza sobre la línea de costa, frente a Punta Banderas. En esta área se encuentran las Islas Coronado, las cuales son una extensión del Banco de Coronado y la Cresta de Coronado. Estas islas están formadas por rocas volcánicas del Mioceno y rocas sedimentarias (Uchio, 1960; Lamb, 1974; tomada de Kuper y Hart, 1978).

Los patrones de corrientes costeras, surgencias y procesos de mezcla, hacen de la zona costera un medio ambiente marino diferente al de las aguas mar adentro. El sistema de la Corriente de California tiene

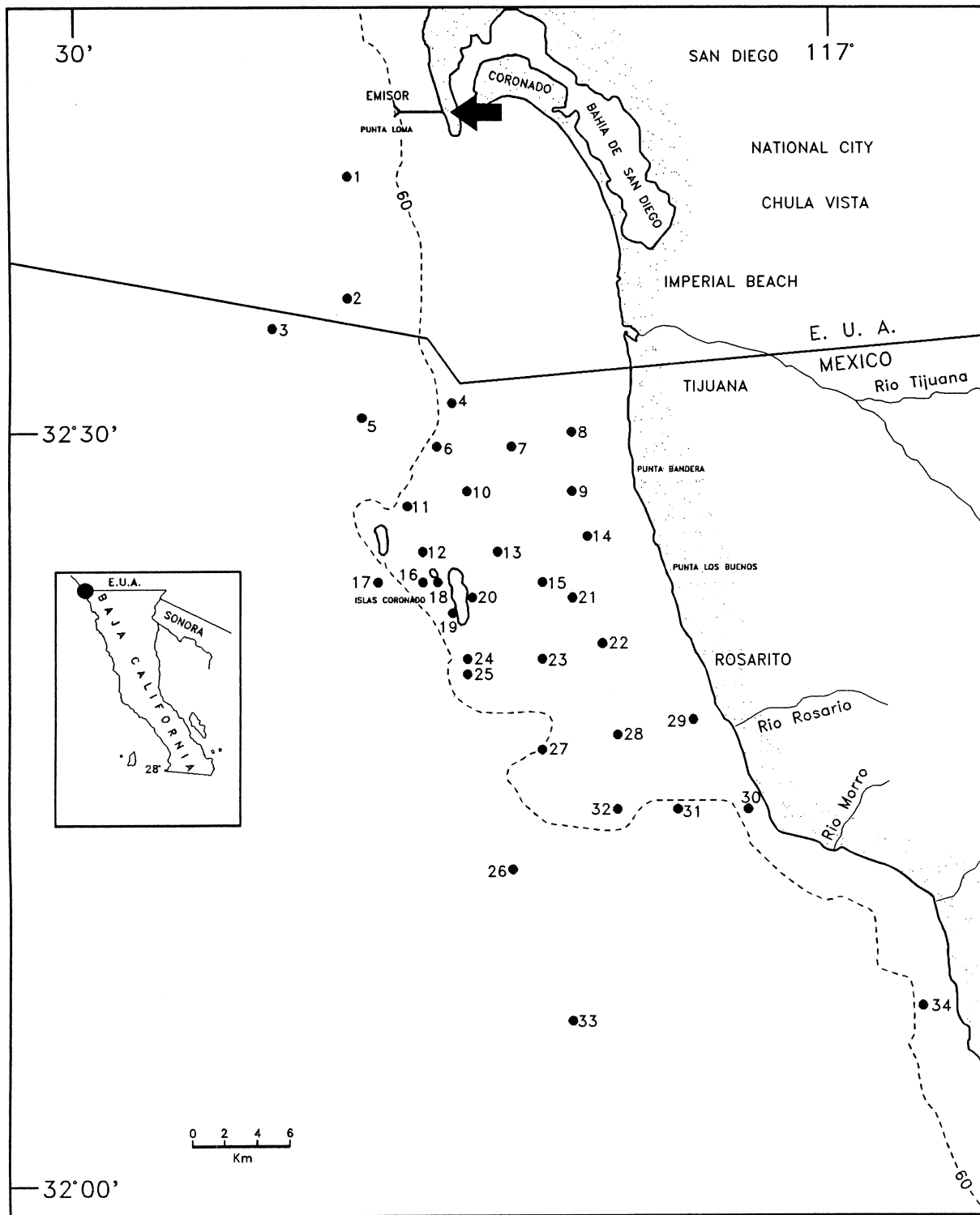


Fig. 1. Localización del área de estudio. Se incluye la isobata de los 60m (línea punteada) como referencia batimétrica, los números arábigos representan las estaciones de muestreo.

una componente mayor hacia la costa, justo al sur de la línea Internacional, transportando agua fría de baja salinidad a la región. Las surgencias a lo largo de Baja California, han sido reconocidas como un proceso importante en el transporte de aguas profundas ricas en nutrientes hacia la superficie (Gómez-Valdéz, 1983).

Los fenómenos de surgencias en esta región tienen una escala de cientos de kms a lo largo de la costa mexicana, y son detectadas durante todo el año, aunque los de mayor intensidad se presentan durante la primavera y verano (Bakum y Nelson, 1977; Torres-Moye y Acosta-Ruiz, 1986). Las surgencias locales tienen un alcance espacial que abarca aproximadamente hasta 20 km de la costa, estas parecen ser el factor principal que determina las propiedades de las aguas en la parte interior de la plataforma continental (Peterson *et al.*, 1986). Los vientos locales han sido mencionados como la causa de las surgencias cercanas a la costa del sur de California (Dorman y Palmer, 1981). Existen varios patrones de distribución tanto de minerales, como de gradientes térmicos y de nutrientes que son el resultado de las surgencias cercanas a la costa, y que actúan a lo ancho de la plataforma continental (Peterson *et al.*, 1986). La acción de las mareas en la plataforma continental (Walker, 1984) y el oleaje interno, también pueden ser un mecanismo importante responsable de los procesos de mezcla (vertical y horizontal), particularmente dentro de 40-50 km de la costa (Yoshida, 1955; Bowen, 1983; en Alvarez *et al.*, 1990).

#### **IV. ANTECEDENTES**

No se han realizado trabajos previos de foraminíferos para esta zona de estudio. Los primeros estudios detallados de la ecología y zonaciones por profundidad de foraminíferos en la costa sur de California, fueron publicados por Natland (1933). Dicho trabajo comprende una serie de muestras que se extiende desde la Bahía de San Pedro hasta la Isla Catalina. Con base a los resultados obtenidos, definió cinco zonas faunísticas, concluyendo que la temperatura era el factor más importante que la profundidad en la zonación de los foraminíferos.

Butcher (1951) examinó los foraminíferos del Banco de Coronado y su vecindad con San Diego, definiendo cuatro facies faunísticas con respecto a la profundidad: (1)130 a 260m, (2)290 a 440m, (3)390 a 550m y (4)730 a 810m. La transición de las facies faunísticas resultó ser gradual, excepto entre 390 a 440 m donde el cambio es más abrupto. La temperatura y la salinidad son consideradas por Butcher como los factores más importantes que controlan la distribución de estas biofacies.

Otro estudio orientado a estudiar la relación ambiente-biofacies es el trabajo de Crouch (1952), quien estudió los foraminíferos en varios núcleos sedimentarios tomados en algunas cuencas profundas del sur de California. En este estudio se establecieron cuatro biozonas, las cuales mostraron correlaciones más estrechas con la temperatura que con el oxígeno o la salinidad.

Bandy (1953) estudió los foraminíferos en San Francisco, Punta Arguello y San Diego, reconociendo una variación norte-sur y una zonación (5 biofacies) con respecto a la profundidad en las faunas de foraminíferos. La temperatura fue considerada como el factor más importante en la variación norte-sur de las faunas en aguas someras; sin embargo, no se ofreció ninguna explicación sobre la variación latitudinal de las faunas profundas, donde la temperatura es casi constante. En este estudio, Bandy sugiere que la temperatura es el factor ecológico dominante que controla las zonaciones batimétricas, pero también indica que otros factores pueden ser importantes, ya que la zonación batimétrica es evidente aun cuando no exista un gradiente de temperatura.

Walton (1955) colectó y analizó asociaciones de foraminíferos vivos en 215 muestras de sedimento en la Bahía de Todos Santos, de las cuales muchas son muestras duplicadas tomadas durante diferentes períodos del año para un estudio estacional. En relación al estudio de las asociaciones de foraminíferos muertos, estableció que éstas son válidas para definir la composición faunística general de la distribución de los foraminíferos bentónicos, pero no resultan buenos indicadores de la abundancia de la biocenosis, en cuanto que la máxima abundancia de foraminíferos bentónicos vivos ocurre durante finales de la primavera y el verano.

Bandy y Arnal (1957) estudiaron la distribución de los foraminíferos recientes de la costa oeste de América Central, y establecieron cinco zonas faunísticas basadas en la distribución de caparazones de 36 muestras, a intervalos de profundidad de 2 a 1892 m, y sobre una distancia de aproximadamente 1200 millas náuticas. McGlasson (1959), sin embargo, al estudiar los foraminíferos de los alrededores de las Islas Santa Catalina (California), observó que las divisiones basadas en foraminíferos vivos y las de caparazones vacíos, no concuerdan unas con otras, excepto para algunas especies de poca profundidad.

Zalesny (1959) encontró que para la Bahía de Santa Mónica existe una relación indudable entre los foraminíferos bentónicos y el tipo de substrato, ya que *Cassidulina* sp. habita principalmente en rocas, gravas y arenas, mientras que las especies pertenecientes a otros géneros prefieren fondos limosos y arenosos.

Uchio (1960) estudió 157 muestras en la plataforma continental frente a San Diego, California, donde tomó en cuenta tanto poblaciones de foraminíferos teñidos como las que no tienen fauna. En base a la distribución de organismos vivos y a su abundancia, definió 7 asociaciones de foraminíferos bentónicos con respecto a la profundidad. Los límites batimétricos de cada biofacies son aproximadamente a 24, 82, 182, 455, 637 y 2169 metros.

Watkins (1961) cita algunos resultados interesantes en sus estudios efectuados en la región de Orange County, California. Estableció que para esta área existe una fauna de foraminíferos diferente a la de los lugares adyacentes. Esta región se caracteriza por la fuerte presencia de aguas residuales de los desagües provenientes de la ciudad. Según el autor, los desechos aportan nutrientes que favorecen el desarrollo de los foraminíferos aglutinados a profundidades menores de las normales, encontrándose un aumento en el número de ejemplares y en el porcentaje de caparazones deformados, que los relaciona con la abundancia de nutrientes y a los residuos tóxicos de las descargas antropogénicas en dicha localidad.

## **V. METODOLOGIA**

### **V.1. De Campo**

Para la realización del presente trabajo se llevó a cabo la recolección de 34 muestras de sedimento, durante las campañas oceanográficas de Estudios de Baja California (ECOBAC I y III), abordo de los buques oceanográficos Humbolt, propiedad de la Marina Mexicana, durante los días 23 junio al 1 de julio de 1988 y el Puma propiedad de la Universidad Nacional Autónoma de México, durante los días 18-25 de junio de 1990.

En cada estación se muestreo sedimento de fondo con una Draga Van-Been, etiquetando y congelando las muestras que posteriormente se trasladaron al laboratorio. Asimismo, en cada estación se tomó la profundidad y su posición geográfica (latitud, longitud) (Tabla I).

### **V.2. De Laboratorio**

Cada muestra se subdividió en tres partes. La primera se utilizó para determinar materia oxidable mediante la técnica de Walkey-Black (1934) adoptada y modificada por Jakson (1958). Este método utiliza calentamiento exotérmico y oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado. La segunda, se utilizó para determinar la granulometría del sedimento mediante la técnica de tamizado descrita por Ingram (1971), la cual consiste en la separación de las arenas en diferentes fracciones de tamaño mediante el uso de tamices a intervalos de 0.5  $\phi$ . El análisis de tamaño de grano por tamizado incluye el intervalo de arenas de -2  $\phi$  a 4  $\phi$  más el *pan*. La granulometría del material sedimentario con valores phi más grandes que 4  $\phi$ , fue determinado por medio del análisis de pipeta (Galehouse, 1971) incluyendo el intervalo de 4  $\phi$  a 12  $\phi$ . Los sedimentos se clasificaron en base a sus parámetros texturales para lo que se utilizó el diagrama ternario de clasificación textural de sedimentos de Wentworth (1922). Finalmente, la tercer submuestra fue la utilizada para el análisis de la microfauna de foraminíferos presente en cada estación. Las muestras se preservaron con formol neutralizado al 10% agregandole bórax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) previamente disuelto en agua caliente para mantener el pH constante, posteriormente se lavaron con agua corriente, y secaron a temperatura ambiente. Después se tamizaron y se almacenó el material.

Tabla I.- Localización geográfica (coordenadas) de las estaciones de muestreo.

Estación	Profundidad (m)	Latitud	Longitud
1	97.0	32°40.47'	117°19.33'
2	104.0	32°37.22'	117°19.94'
3	196.0	32°36.07'	117°23.40'
4	36.0	32°32.49'	117°15.71'
5	120.0	32°32.04'	117°19.44'
6	41.4	32°30.70'	117°16.46'
7	25.2	32°31.02'	117°13.48'
8	16.2	32°31.10'	117°10.44'
9	16.2	32°28.67'	117°10.52'
10	23.4	32°28.50'	117°15.05'
11	39.6	32°28.20'	117°17.75'
12	30.6	32°26.14'	117°16.57'
13	18.0	32°26.25'	117°13.60'
14	14.4	32°26.72'	117°10.21'
15	23.6	32°25.00'	117°11.90'
16	64.8	32°25.24'	117°16.80'
17	182.0	32°25.00'	117°19.00'
18	45.0	32°24.92'	117°16.51'
19	41.4	32°23.47'	117°15.83'
20	16.2	32°23.40'	117°13.50'
21	14.4	32°24.55'	117°10.67'
22	16.2	32°22.72'	117°09.12'
23	28.8	32°22.01'	117°12.01'
24	39.6	32°21.99'	117°15.03'
25	36.0	32°21.01'	117°14.77'
26	39.6	32°13.19'	117°13.19'
27	-	32°18.25'	117°11.72'
28	-	32°18.63'	117°08.79'
29	-	32°19.24'	117°05.50'
30	-	32°14.40'	117°03.00'
31	-	32°15.60'	117°06.55'
32	-	32°15.58'	117°08.91'
33	105.0	32°06.84'	117°10.34'
34	44.0	32°06.35'	116°56.40'

La cuantificación de los foraminíferos se puede hacer correctamente respecto al peso del sedimento, a su volumen y/o por la unidad de superficie donde viven estos protozoos. De esta forma se refieren la cantidad de ejemplares encontrados respecto a 1g de sedimento (sólo fracciones de 1 hasta 3 phi). Cuando se utiliza el volumen ( $10\text{ cm}^3$ ) es la relación de foraminíferos en una muestra de sedimento con los intersticios saturados de agua. Por último, cuando se refiere a la superficie, Walton (1955) explicó detalladamente las ventajas y desventajas de los diferentes métodos; concluyendo que la única base correcta para la cuantificación de los organismos debe ser en base al volumen de muestra saturada, tomando en cuenta el área de donde se sacan, y por supuesto, sólo ejemplares vivos (por ejemplo en  $1\text{ cm}^2$ ). Este método una vez generalizado para todos los estudios de foraminíferos, brinda la posibilidad de comparar los datos obtenidos de distintos autores en diferentes lugares. Los inconvenientes de estas metodologías se evidencian al tener que llevar a cabo conteos de hasta 5000 individuos por muestra.

Debido a que existen muestras que son arenas de foraminíferos (cuando se encuentra un 100% de organismos, sin terrígenos), al aplicar las técnicas mencionadas se requería del conteo de miles de individuos por muestra. Sin embargo, en la actualidad mediante la técnica estadística descrita por Patterson y Fishbein (1989), se puede utilizar un método sencillo y estadísticamente coherente de cuantificar por medio de un preconteo de organismos que nos permita conocer el grado de diversidad de foraminíferos en las muestras. Los resultados obtenidos con esta técnica fueron comparados con los obtenidos por medio de curvas de rarefacción (que a continuación se describen) para darle un mayor significado cuantitativo al conteo.

Antes de iniciar los procedimientos de extracción de los foraminíferos de las muestras, se seleccionaron tres de ellas al azar (27, 18 y 11) para llevar a cabo un conteo inicial, con la finalidad de hacer una curva de rarefacción que nos pudiera indicar la cantidad bajo la cual se realizaran los conteos que utilizaremos para los análisis estadísticos posteriores. Con estas curvas también se estableció el intervalo de tamaño de grano del sedimento en el cual se concentraba la mayor diversidad de organismos, obteniéndose que la mayor diversidad de éstos se presenta en los intervalos de 2 a 3  $\phi$ . No es factible ni práctico utilizar los intervalos para sedimentos más finos debido a que las identificaciones no pueden hacerse con exactitud, ya que gran cantidad de foraminíferos presentan estadios juveniles, resultando difícil diferenciarlos a nivel de especies. Por último, se realizaron tinciones con rosa de begala, según la técnica de Walton (1952) para diferenciar los organismos vivos y muertos durante la colección de las muestras. Estas tinciones se llevaron a cabo sólo para las muestras del ECOBAC III.

En cuanto a la identificación y clasificación de cada organismo, se tomó en cuenta: su apariencia general, cámaras, suturas, paredes, aperturas y color.

Cabe señalar que la identificación de cada organismo fue corroborada con las colecciones del Dr. Fred B. Phleger del Instituto Oceanográfico de SCRIPPS ( SIO ) y la del Dr. Luis Rafael Segura Vernis de la Universidad Autónoma de Baja California Sur ( UABCS).

Se realizaron las notas taxonómicas para aquellos foraminíferos que presentaron una abundancia relativa mayor del 5% y una lista de referencia de las descripciones originales del total de la fauna estudiada. Cada una de las especies identificadas se encuentran en la nueva colección del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO).

Para la cuantificación de bacterias coliformes y totales se utilizó la técnica del número más probable (N.M.P./100 g de sedimento) con una serie de 5 tubos (APHA, 1985), la cual consiste en una prueba presuntiva con caldo lactosado y una confirmativa con verde Bilis brillante al 2% para coliformes totales. Los datos de número de bacterias para cada una de las estaciones, fueron analizados y proporcionados por la Oc. María Victoria Orozco Borbón del Laboratorio de Bacteriología del Area de Química marina del Instituto de Investigaciones Oceanológicas.

### **V.3. Análisis Estadístico**

El análisis estadístico de las muestras para análisis texturales se llevó a cabo mediante la utilización del programa SEDIM. Con este programa (en Fortran) se obtuvieron los parámetros texturales de cada una de las muestras y se determinó la distribución espacial de los mismos en el área de estudio.

Con la finalidad de cuantificar la existencia de una relación espacial entre las propiedades texturales de los sedimentos y las asociaciones faunísticas, se llevaron a cabo análisis de multivariantes de grupos (*cluster analysis*) con la ayuda del paquete estadístico SYSTAT. El criterio principal en el análisis de grupos es el grado de similitud. En este análisis dos objetos, muestras o variables pueden ser comparados para determinar el grado de similitud entre ellos. El coeficiente de correlación utilizado en este estudio fue el de distancias euclidianas, el cual tiene un intervalo numérico que va de 0.0 (totalmente similar) a 1.0 (totalmente

diferente). El análisis modo R ayuda al reconocimiento de biofacies (asociaciones entre especies), mientras que el análisis modo Q ayuda a la división de biotópos (grupos de muestras). Las variables incluidas en el análisis fueron texturales, materia orgánica, bacterias y especies de foraminíferos.

Una vez obtenida la matriz de datos, de (j) columnas (muestras) y (i) renglones (parámetros medidos), se llevó a cabo la normalización de la misma, por medio de la ecuación llamada función de normalización (Romesburg, 1984)

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - CMIN_j}{CMAX_j - CMIN_j}, \text{ donde:}$$

el valor  $CMIN_j$  es el valor mínimo en la columna (j) de la matriz de datos. Para calcular el valor normalizado ( $Z_{ij}$ ) de cualquier atributo (i) en un objeto (j), primero se tomó el valor original ( $X_{ij}$ ) (no normalizado) y se substrajo del valor mínimo ( $CMIN_j$ ) en dicha columna (j). Seguido, se divide este resultado entre el valor del intervalo ( $CMAX_j - CMIN_j$ ), en la columna (j). Como resultado todas las columnas en la matriz de datos normalizada presentaron valores que oscilan entre 0 y 1.0. La normalización se realizó con la finalidad de que las unidades seleccionadas no afecten arbitrariamente la similitud entre los objetos. Por medio de la normalización y recalculando las diferentes variables con sus respectivas unidades adimensionales, se eliminan los efectos arbitrarios (Romesburg, 1984). Además, la normalización hace que los atributos (parámetros medidos) contribuyan de manera más homogénea a la medida de similitud entre los objetos (muestras).

## **VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

Partimos del principio que afirma la importancia del ambiente sobre la actividad de los organismos. Aunque cada especie trata de ampliar su territorialidad (dominio territorial), las condiciones ecológicas imperantes sólo lo permiten hacerlo dentro de ciertos límites; como consecuencia, un número desconocido de factores ambientales tienen influencia sobre los patrones de distribución de las especies. A continuación se presentan los resultados del estudio faunístico y se discute como cada uno de los factores ambientales influye en las diferentes asociaciones de foraminíferos presentes en el área.

### **VI.1 Sedimento**

La relación existente entre las condiciones ambientales (procesos físicos, químicos y geológicos) y los sedimentos son aspectos bien conocidos desde hace varias décadas (Phlger, 1960; Kafescioglu, 1975). Sin embargo, debido a que las características texturales del sedimento controla parcialmente los patrones de distribución de los foraminíferos y las asociaciones específicas entre las especies de éstos, uno de los objetivos de este estudio es el de determinar el grado de interrelación ambiente-sedimento-foraminíferos. El estudio de las características texturales es el primer paso para entender la naturaleza de estas relaciones.

En la Tabla II, se presentan los parámetros texturales, la profundidad, el contenido de materia orgánica y número de bacterias en el sedimento. Se observa que los valores de la media tienen un valor en general de  $2.81 \phi$ , el cual corresponde a un sedimento de arenas finas. De los parámetros texturales analizados aparentemente el tamaño promedio de grano (media), es el parámetro que nos provee con mayor información de la variabilidad textural del substrato. De hecho, después de haber tratado desde diversas perspectivas multivariantes los datos texturales, éstos no proporcionaron resultados coherentes entre las asociaciones de las muestras; razón por la cual, se optó por agrupar las muestras según el tamaño promedio de grano haciendo uso del diagrama ternario de clasificación textural de los sedimentos de Wentworth (1922). Las estaciones comprendidas dentro del área, se pueden agrupar en tres asociaciones principales con características sedimentológicas diferentes: (1) arena media-fina para las estaciones 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28 y 33; (2) arena muy fina para las estaciones 2, 8, 10, 11, 26, 29, 30, 31, 32; y (3) sedimento limo-arcilloso para las estaciones 1, 3, 16 y 34. Las muestras 19 y 27 se caracterizan por presentar los valores phi de la media más pequeños (arenas gruesas).

Tabla II.-Parámetros texturales, profundidad, porcentaje de materia orgánica y número de bacterias.

ESTACION	MEDIA	CLASIFICACION	ASIMETRIA	KURTOSIS	TIPO DE SEDIMENTO	PROFUNDIDA (m)	% DE MATERIA ORGANICA	# DE BACTERIAS (100 g/sedimento)
1	4.421	1.763	1.834	6.017	LIMO-ARCILLOSO	97	3.65	92000
2	3.468	2.7	0.995	3.445	LIMO-ARCILLOSO	104	1.402	5400
3	4.215	2.727	0.663	2.683	LIMO-ARCILLOSO	196	1.402	11000
4	1.83	0.81	-0.323	3.211	ARENA-GRUESA	36	0	18
5	3.166	2.694	1.245	3.681	LIMO-ARCILLOSO	120	3.642	16000
6	3.359	0.581	-0.382	3.974	LIMO	41.4	0.399	20
7	1.526	0.715	0.607	4.14	ARENA MEDIA	25.2	0	40
8	3.621	0.497	-2.365	14.776	ARENA MUY FINA	16.2	0.191	20
9	2.117	0.582	0.141	3.906	ARENA MUY FINA	16.2	0.079	20
10	3.53	0.459	-2.492	18.379	ARENA MUY FINA	23.4	0.26	20
11	3.513	0.658	-1.155	7.899	ARENA MUY FINA	39.6	0.315	20
12	1.302	0.841	-0.281	2.965	ARENA MEDIA	30.6	0	120
13	2.525	0.515	-0.422	4.535	ARENA FINA	18	0.289	490
14	2.038	0.586	-0.26	2.976	ARENA MEDIA	14.4	0.167	37
15	2.178	0.462	-0.256	3.893	ARENA FINA	23.6	0.185	3500
16	4.534	2.126	1.442	4.204	LIMO-ARCILLOSO	64.8	0.851	24000
17	2.562	2.8	1.027	3.254	LIMO-ARCILLOSO	182	0.934	-
18	3.284	1.013	-2.519	10.978	LIMO	45	0.676	40
19	0.337	1.046	1.309	6.244	ARENA GRUESA	41.4	0	18
20	2.084	0.527	-0.546	3.801	ARENA FINA	16.2	0.203	170
21	2.264	0.602	-3.001	17.773	ARENA FINA	14.4	0	120
22	3.021	0.378	-0.15	6.097	ARENA MUY FINA	16.2	0.303	20
23	2.715	0.377	0.082	3.952	ARENA FINA	28.8	0.105	18
24	3.385	0.963	-1.813	7.056	LIMO	39.6	0.771	150
25	3.105	0.721	-1.327	7.167	LIMO	36	0.49	220
26	3.83	0.991	-3.464	14.962	LIMO	39.6	0.849	18
27	0.773	0.931	0.529	4.192	ARENA GRUESA	-	0	20
28	2.225	0.666	-0.375	3.543	ARENA FINA	-	0.253	18
29	3.969	0.534	-1.983	6.444	LIMO	-	1.907	18
30	3.761	0.712	-1.271	3.58	LIMO	-	1.938	18
31	3.669	1.112	-2.514	8.782	LIMO	-	0.666	18
32	3.521	1.25	-1.996	6.135	LIMO	-	0.718	-
33	3.327	2.891	1.24	3.29	LIMO ARCILLOSO	105	1.563	-
34	4.567	1.981	1.632	4.475	LIMO ARCILLOSO	44	2.147	-

Con la finalidad de presentar estas tres asociaciones espacialmente, según la escala de clasificación de Wentworth (1922), obtuvimos la Figura 2, la cual revela tres litofacies principales. Las muestras de la litofacies A constituyen las arenas medias-finas, encontrándose a una profundidad menor de 30.6m (Tabla II). Estas muestras se caracterizan por estar formadas principalmente por granos de cuarzo y presentar el menor contenido de materia orgánica de todas las muestras. La litofacies B está integrada principalmente por arenas muy finas, y se presentan a profundidades de aproximadamente 60 m. En la Figura 2, estas muestras se localizan sobre la isobata de los 60 m. La litofacies C la forma un número reducido de muestras caracterizadas por sedimento limo-arcilloso, y presentan un intervalo de profundidad de 60-196 m. Asimismo, como veremos más adelante, las muestras de este grupo presentan el contenido de materia orgánica más alto y a la vez que es donde se encuentran el mayor número de bacterias lo que se atribuye a su cercanía a los distintos desagües en la zona.

## VI.2 Distribución de materia orgánica

La acumulación de materia orgánica en los sedimentos marinos, está en función de la cantidad del suministro de materia orgánica, de la tasa de acumulación de terrígenos y de las condiciones de oxidación en la zona de depósito (Phleger, 1960). En general, en las zonas costeras el contenido orgánico de un sedimento se incrementa a medida que el tamaño de los granos decrece y a medida que nos alejamos de la costa (Phleger, 1960).

En la Figura 3a (Tabla II), se muestra la regresión lineal ( $r = 0.67$ ) existente entre el contenido de materia orgánica y el tamaño  $\phi$  del sedimento para el área de trabajo. De las muestras analizadas, solamente dos se salen de la nube de puntos (muestra 1 y 5), presentando un contenido de materia orgánica de 3.65 y 3.642%, y una media de 4.421 y 3.166  $\phi$ , respectivamente (sedimento limo arcilloso y arena muy fina). Su alto contenido de materia orgánica se debe a su cercanía al Emisor de Punta Loma, evidenciando los efectos de la descarga de aguas residuales provenientes de la Ciudad de San Diego. Watkins (1961) menciona que este tipo de descargas urbanas afecta el medio ambiente al elevar la cantidad de nutrientes, lo que repercute directamente en la asociación faunística de estas áreas. Este efecto está apoyado por el alto contenido de bacterias en el sedimento de estas áreas. Algunos autores (Shokina; en Boltovskoy, 1965), mencionan que la abundancia de ciertos foraminíferos es directamente proporcional al desarrollo de las algas, y a la cantidad

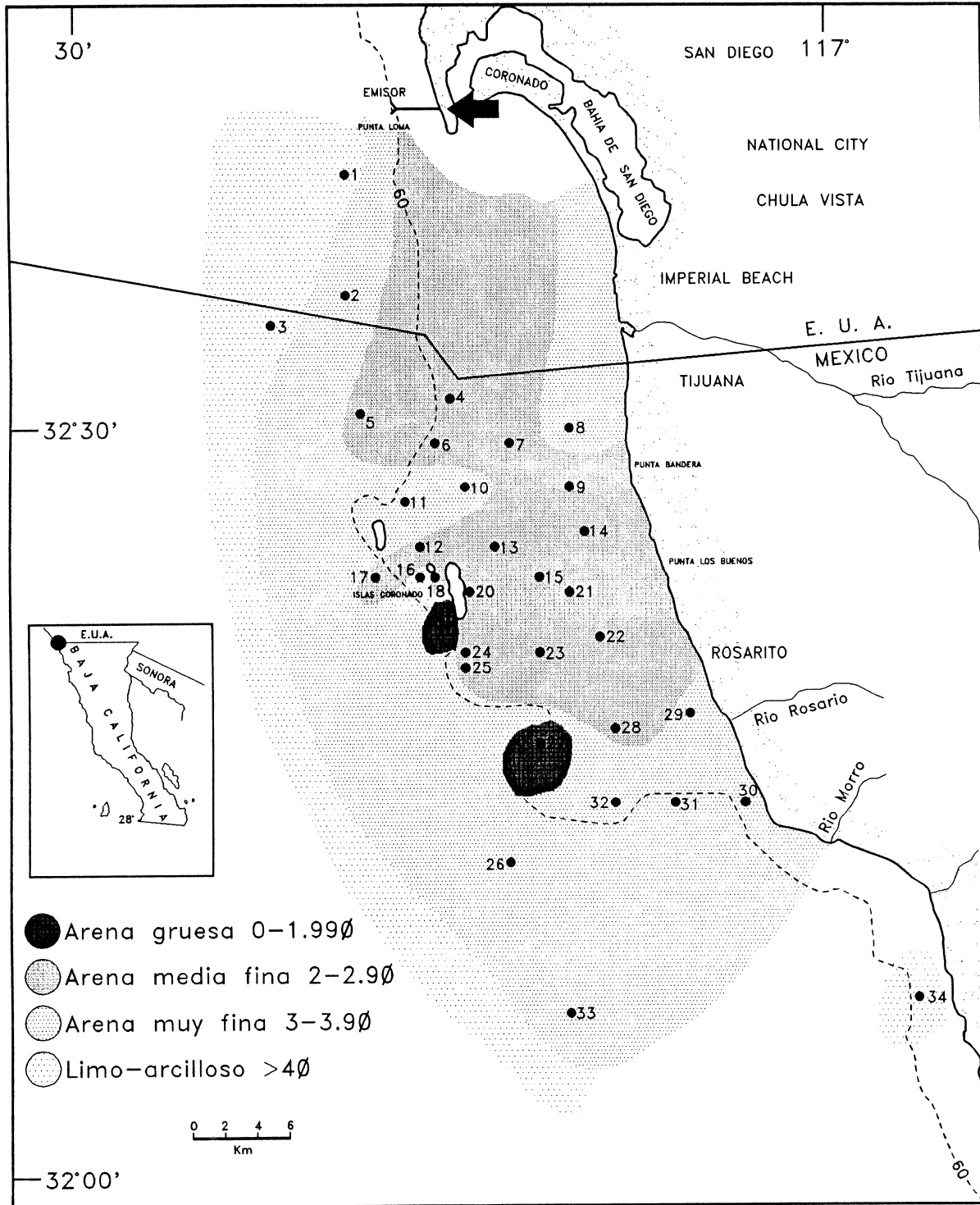


Fig. 2. Distribución espacial del tamaño de grano de los sedimentos.

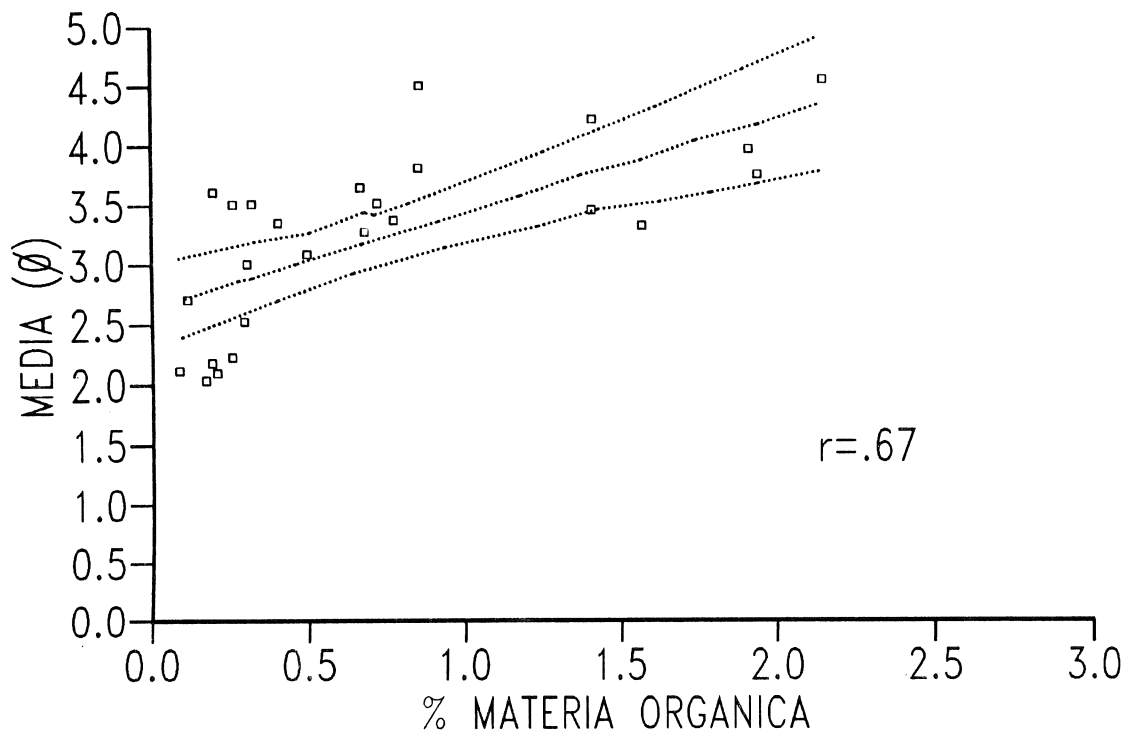


Fig. 3a. Relación entre el contenido de materia orgánica y la media del sedimento.

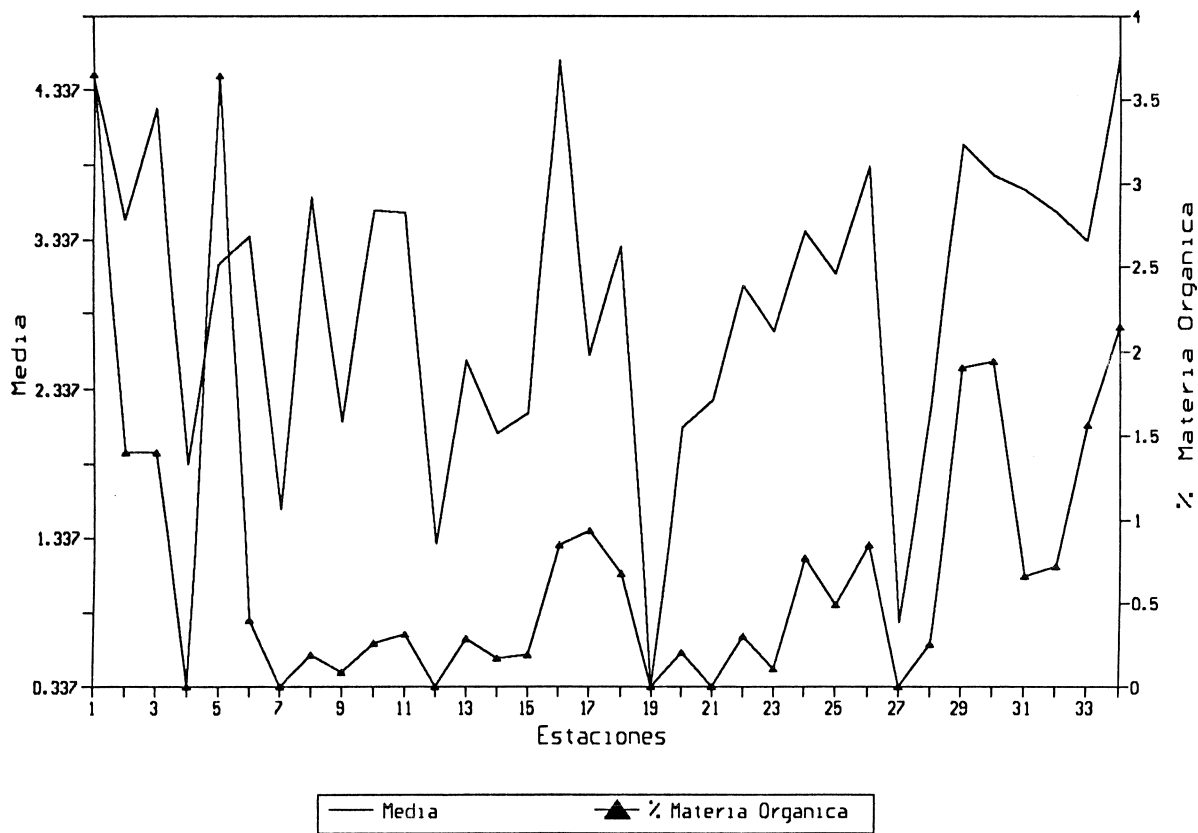


Fig. 3b. Gráfica de estaciones contra media y por ciento de materia orgánica, que nos permite visualizar más claramente su relación lineal.

de bacterias aerobias que le sirven de alimento, ya que la nutrición es un factor que condiciona la distribución cuantitativa de los mismos. Además, puede influir en el tamaño y en la morfología de los caparzones, razón por la que fue necesario considerar esta variable.

Existe una relación directa entre el número de bacterias y el contenido de materia orgánica en el sedimento (Fig. 3b), de modo tal que cuanto más fino es el sedimento, mayor es el contenido de materia orgánica y el número de bacterias presentes. Las estaciones con los contenidos más altos de materia orgánica están muy cercas al Emisor de Punta Loma (estaciones 1, 2, 3 y 5), al desagüe de Punta Banderas (estaciones 15 y 16) y a las costas de Rosarito (estaciones 29 y 30). Al realizar el análisis de grupos de 34 muestras, usando sólo los datos de materia orgánica y de bacterias (Fig. 4), se observa un agrupamiento similar al que se obtuvo para la distribución de sedimentos (Figs. 2 y 5), donde se presentan tres asociaciones: la primera, formada por las estaciones 26, 29, 30, 31, y 32, las cuales se caracterizan por tener en promedio un número de bacterias de 19 y un porcentaje de materia orgánica de 1.3, excepto 29 y 30 que contienen 1.9; la segunda, integrada por las estaciones 2, 3, 5, 16, 17, 18, 24, 27, 33 y 34, presentando los porcentajes más altos de materia orgánica (1.3 de promedio) y el mayor número de bacterias (11310 de promedio); finalmente, el resto de las estaciones caracterizadas por un porcentaje de materia orgánica muy bajo (0.17 de promedio) o nulo, y un número de bacterias de 18, excepto para las estaciones 13 y 15 donde el contenido de bacterias es elevado de 490 y 24000. En función de todos los puntos antes analizados, podemos afirmar que existe una relación directa entre el tamaño de sedimento, el contenido de materia orgánica y el número de bacterias, que está controlada por la profundidad, las aguas ricas en nutrientes y la materia orgánica de origen antropogénico aportada por los desagües urbanos.

Uno de los parámetros de utilidad para la reconstrucción del medio ambiente químico, es la formación de minerales *in situ* (minerales autigénicos). Estos minerales, como la glauconita y los pellets fosfáticos (Figs. 6 y 7), proveen de información acerca del equilibrio químico existente durante su formación. La glauconita, por ejemplo, es exclusivamente marina, encontrándose restringida principalmente a sedimentos de la plataforma continental (Porrenga, 1967). Algunos autores (e. g., Valenton, 1968; Porrenga, 1967; Bell y Goodell, 1967) la han utilizado como indicador batimétrico. Este mineral autigénico, se encuentra asociado a tasas muy lentas de sedimentación en medios ambientes marinos ligeramente reductores (anóxicos); se ha observado que la presencia de materia orgánica favorece su formación. En las estaciones 3, 5, 17 y 33 se observó la presencia de glauconita sustituyendo a una gran cantidad de foraminíferos (Fig. 6), dándole un aspecto verdoso a las muestras. Los sedimentos de estas estaciones se caracterizan por ser limo-arcillosos

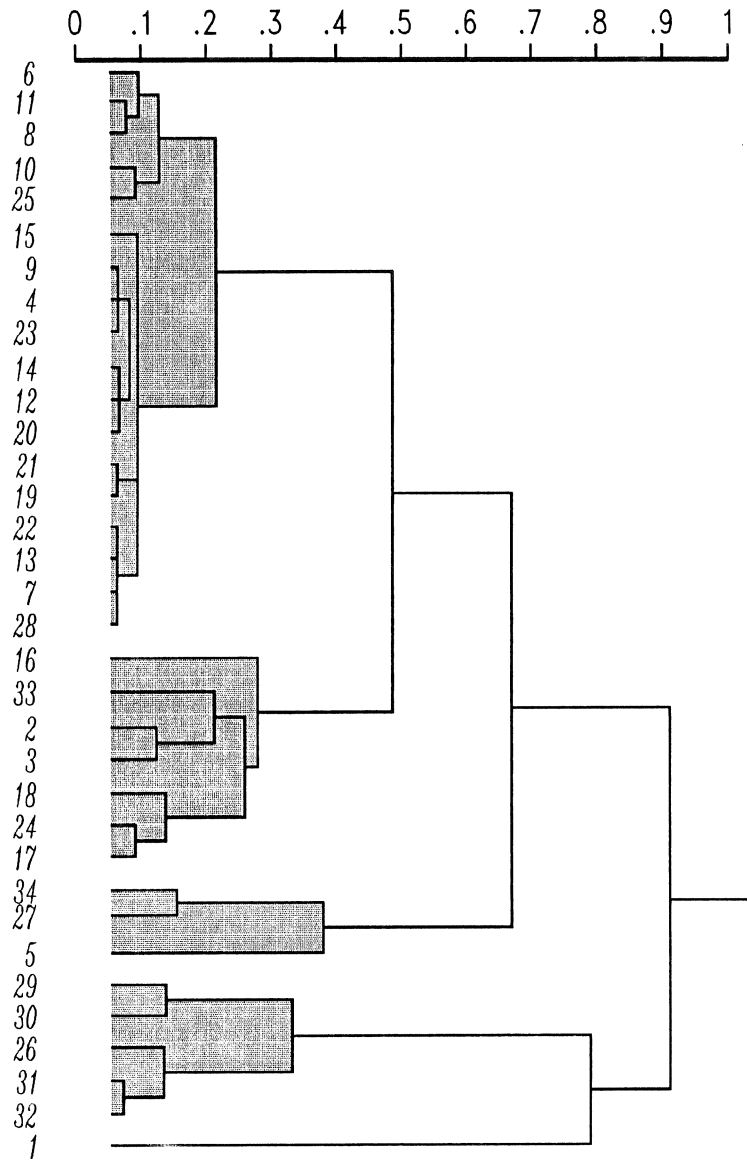
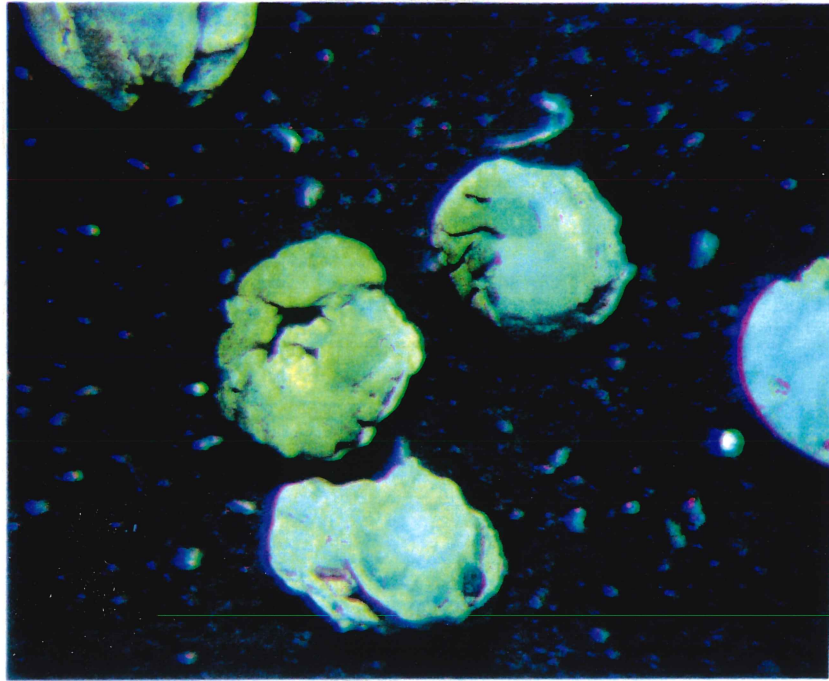
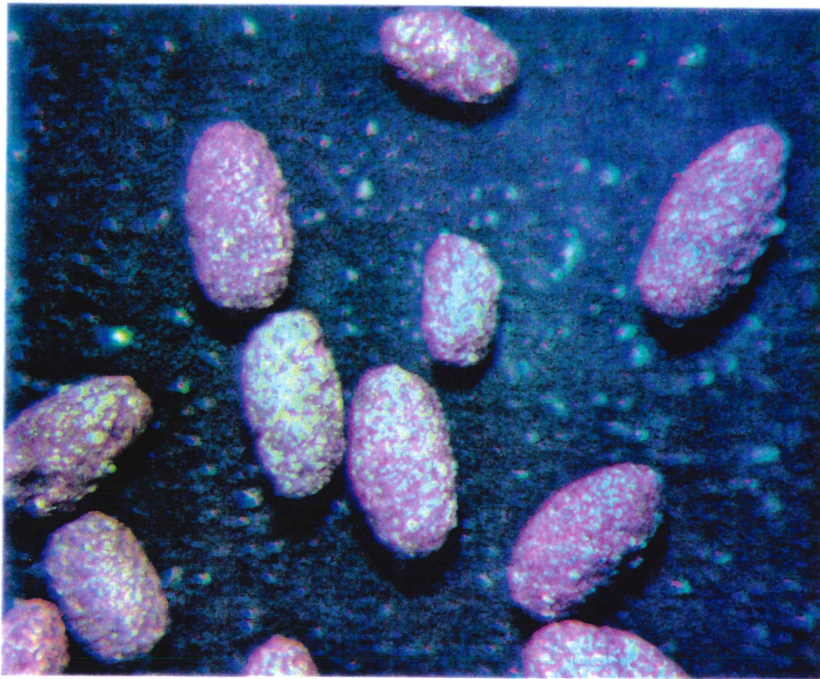


Fig. 4. Dendrograma modo Q para 34 muestras donde se obtienen 3 agrupaciones basadas en el contenido de materia orgánica y el número de bacterias.





**Fig. 6 Ejemplares de *Cassidulina tortuosa* glauconitizados, presentes en la estación 3 y 5 (x50)**



**Fig. 7 Pellets fecales tipo ovoide teñidos con rosa de bengala, presentes en la estación 3 (x50)**

con los contenidos de materia orgánica más elevados, y con el mayor número de bacterias, encontrándose a una profundidad promedio de 150 metros. Todos estos parámetros coinciden con los descritos por otros autores (Porrenga, 1967; Pettijohn, 1975) para la formación de glauconita. Cabe mencionar, que Uchio (1960) reporta arenas glauconíticas con un contenido hasta del 80% en peso de la muestra, a lo largo del lado este de la Cresta de Coronado, a una profundidad entre 510 y 710 m. Las profundidades reportadas por Uchio (1960), se encuentran dentro del intervalo de profundidad mencionado por Pettijohn (1975) para la formación de este mineral.

### **VI.3 Distribución de Foraminíferos**

Cuando se realizan estudios de foraminíferos es necesario determinar cualitativa y cuantitativamente la fauna, con la finalidad de darle un carácter sistemático al trabajo. A continuación la Figura 8 nos muestra claramente que 250-300 organismos por muestra, son suficientes para realizar un conteo representativo de la fauna existente. En el área de estudio existe un promedio de 13 especies por muestra, y de acuerdo a la técnica de Patterson y Fishbein (1989) para este número de especies se deben de contar de 200-300 organismos para obtener un 95% de confiabilidad. Se realizó otro procedimiento similar para determinar que fracciones de tamaño de grano del sedimento eran las que contenían la mayor diversidad (Fig. 9), de la cual se infiere que el intervalo óptimo es de 2.0  $\phi$  a 3.0  $\phi$ . Esto era de esperar, ya que el tamaño promedio de los foraminíferos oscila en ese intervalo.

Las muestras fueron procesadas de acuerdo a las metodologías anteriormente expuestas para después ser separadas las fracciones de origen biogénicas carbonatadas de los terrígenos, por medio de flotación con tetracloruro de carbono (Fig. 10). Después de la extracción de los foraminíferos, y de la identificación y clasificación de los mismos, se encontró que en el área de estudio existen 50 especies de 34 géneros de foraminíferos bentónicos (Fig. 11), los cuales se encuentran concentrados en la Tabla III, donde se muestra el número de organismos por estación. En la Tabla IV, se muestra el porcentaje de abundancia relativa de cada especie por estación. Ambas tablas representan la población total estudiada, excepto para las estaciones 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 29, 30, 31 y 32 donde la probabilidad de encontrar foraminíferos es muy baja o nula (Tabla II). Esta ausencia de foraminíferos en las muestras va acompañada de otras dos observaciones que nos parecen importantes para explicar la baja densidad encontrada. Por un lado, se observa que la profundidad para estas muestras es baja (entre 14.4 y 28m); y por el otro, que el contenido

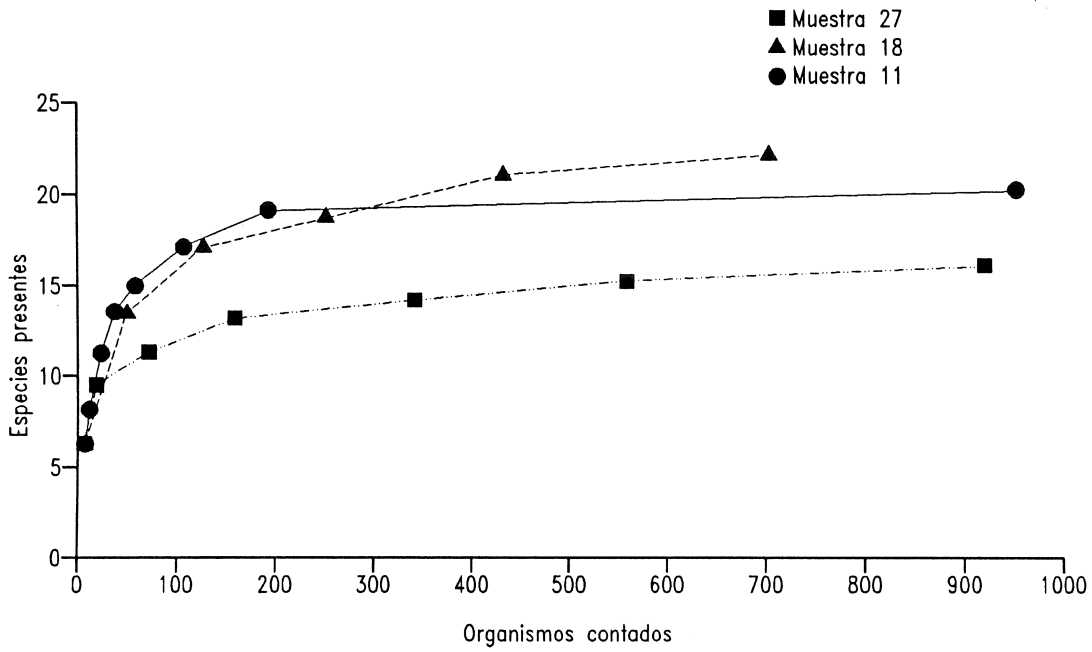


Fig. 8. Curva rarefacción donde se compara el número de especies presentes contra el número de individuos contados. Nótese que la curva tiende a ser asintótica a los 250-300 individuos contados por muestra.

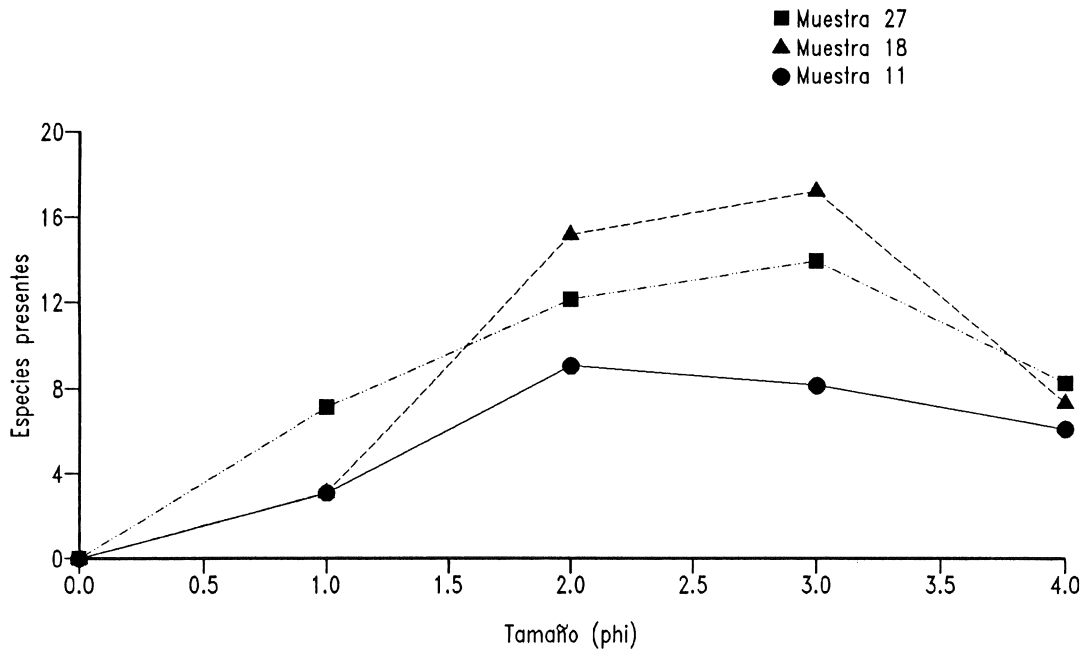
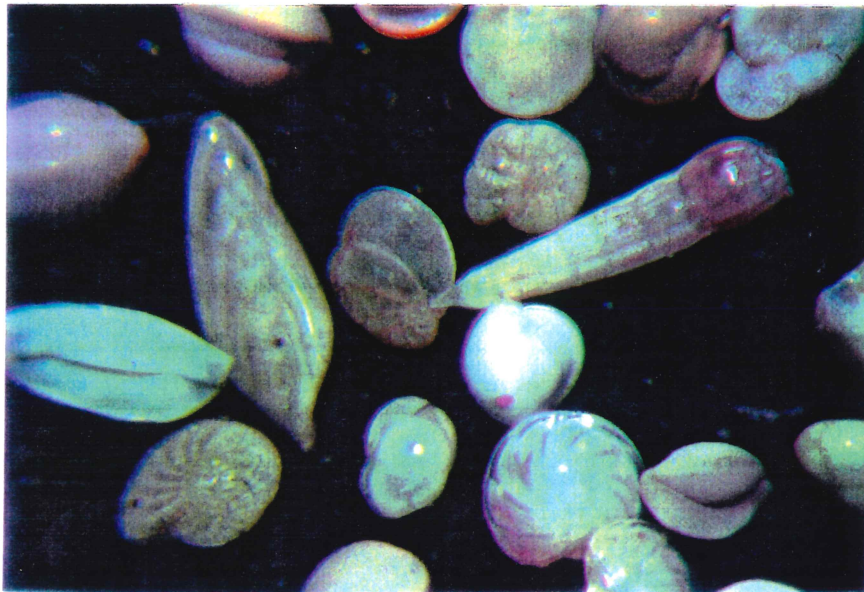


Fig. 9. Curva de rarefacción donde se relaciona el número de especies presentes en función del intervalo de tamaño de grano ( $\phi$ ) del sedimento. Nótese que la mayor diversidad se encuentra en las fracciones 2-3  $\phi$ .



**Fig. 10 Foraminíferos obtenidos por flotación (32x)**



**Fig. 11 Foraminíferos típicos de aguas marinas someras: *Elphidium sp.*, *Quinqueloculina sp.*, *Cassidulina californica*, *Cassidulina tortuosa*, *Cancris auriculus*, etc. (50x)**









de materia orgánica es prácticamente nulo. Uchio (1960) encontró que las poblaciones más pobres se localizan cercas a la costa, debido al predominio de los sedimentos gruesos en esa zona y a la escasa cantidad de materia orgánica. Otros investigadores como Parker (1954), Bandy (1953), Bandy y Arnal (1957) y Chierici *et al.* (1962), establecieron que el número de foraminíferos bentónicos cerca de las costas es relativamente pequeño, creciendo éste, conforme aumenta la profundidad y la distancia mar adentro. En el área de estudio se puede observar claramente esta correlación (Tabla III), donde a profundidades de 14 a 28 m, la fauna existente es mínima o nula.

Existen algunas especies cuyo porcentaje de abundancia es muy bajo, por lo que no se les considera en el análisis que se presenta a continuación en la Tabla V, que contiene sólo 29 especies de 21 géneros. Esta tabla se elaboró considerando sólo aquellas especies con una abundancia relativa mayor del 5 %. Este tipo de tablas resultan de gran utilidad para el análisis multivariado, ya que nos ayuda a definir los diferentes biotopos o biofacies del área. En la Tabla VI, se enumeran los organismos con mayor abundancia relativa en las muestras. Los géneros representativos son *Cassidulina spp.* y *Cibicides spp.*, dado que son los géneros más abundantes y mejor distribuidos debido a que las muestras son arenas medias de relativamente baja profundidad, condiciones que favorecen la sobrevivencia de estas especies (Zalesny, 1959).

La determinación de los biotopos se realizó mediante el análisis de grupos con el coeficiente de distancias euclidianas para 34 estaciones y 29 especies de 21 géneros (Fig. 12). Se identificaron tres biotopos restringidos batimétricamente y definidos como: (1) biotopo de la zona de turbulencia, con un intervalo de profundidad de 0-40m, (2) biotopo de la plataforma interna, entre profundidades de 40-90 m y (3) biotopo de la plataforma externa, con un rango de profundidad de 90-196m (los límites se definieron de acuerdo a Walton, 1955). Estos biotopos se encuentran bien definidos espacialmente en la Fig. 13, y se observan diferencias bien marcadas entre los primeros dos, ya que uno presenta fauna y en el otro ésta se encuentra ausente.

Las muestras 24, 26 y 28 en el dendrograma de la Figura 12, presentan una correlación anormal con respecto a su localización, debido posiblemente a que los organismos característicos de estas muestras fueron transportados, lo que se manifiesta en el fracturamiento y erosión observado en los caparzones de los organismos que las constituyen. Las estaciones 2 y 34 presentan mayor afinidad entre ellas por su contenido faunístico (un coeficiente de .44), razón por la cual se les ubicó en el mismo biotopo de plataforma externa, ya que presentan un contenido faunístico característico de aguas profundas.





Tabla VI.- Promedio del porcentaje de abundancia relativa de las especies más importantes.

ESPECIE	PORCIENTOS PROMEDIO
<i>Cassidulina tortuosa</i>	45.29 %
<i>Bulimina marginata</i>	25.06 %
<i>Triloculina inomata</i>	19.84 %
<i>Epistominella sandiegoensis</i>	18.80 %
<i>Cassidulina limbata</i>	18.16 %
<i>Cibicides mckannai</i>	16.83 %
<i>Cibicides fletcheri</i>	16.83 %
<i>Cassidulina californica</i>	16.25 %
<i>Trifarina angulosa</i>	15.93 %
<i>Trochaminna pacifica</i>	15.76 %
<i>Discorbis sp.</i>	12.90 %
<i>Globobulimina pacifica</i>	11.23 %
<i>Nonionella basispinata</i>	9.61 %
<i>Cancris auriculus</i>	9.53 %
<i>Elphidium transluncea</i>	5.93 %
<i>Hanzawaia nitidula</i>	5.92 %
<i>Quinqueloculina compta</i>	5.72 %

El análisis de grupos modo R de 29 especies de 21 géneros, también genera tres grupos principales. Estas biofacies corresponden a los biotopos definidos por el análisis modo Q, y se les nombra de acuerdo a las especies más abundantes dentro de cada una de las biofacies. Las especies que consideramos como características de una biofacies particular, deben de encontrarse en el máximo de abundancia. Sin embargo, existen algunas especies que se presentan en todas las biofacies, pero son raras y esporádicas, por lo que no las utilizamos.

Con los datos obtenidos de la Tabla V (especies presentes con un porcentaje mayor del 5%), se realizó un dendrograma modo R, con el coeficiente de distancias euclidianas (Fig. 14) y se establecieron las distintas biofacies. A partir de este dendrograma, se identificaron tres biofacies principales:

(1) La biofacies asociada a *Cassidulina tortuosa*, integrada por *C. tortuosa*, *C. limbata*, *C. californica* y *Cibicides mckannai* (Fig. 15). La característica principal de esta biofacies, es que la constituyen los organismos que se presentan con los mayores porcentajes de abundancia y con los patrones de distribución más coherentes espacialmente. Los rasgos morfológicos de estas especies, son: forma espiralada, caparazón grueso, ornamentación bien definida y gran tamaño (robustas). Este último, puede que les resulte de ayuda para soportar distintos gradientes de energía. Esta es una región caracterizada por patrones variables de corrientes, con inversiones de flujo orientadas principalmente a lo largo de la costa (Alvarez *et al.*, 1990). Estos procesos podrían ser los responsables de que la biofacies de *Trochammina pacifica* (adelante descrita) consista de una mezcla de organismos de las dos biofacies.

(2) La biofacies de *Trochammina pacifica* (Fig. 15), esta asociada a la región más dinámica (en relación a la variabilidad ambiental) del área estudiada. Esta biofacies coincide con la profundidad de su habitat, la cual está afectada por los fenómenos estacionales, cambios bruscos de la temperatura, y en algunos casos, se observan descensos en la salinidad. La penetración de la luz en esta zona, permite una actividad fotosintética importante. Además, hay que destacar que durante las tormentas fuertes se dan procesos de turbulencia. Sin lugar a dudas, estos factores son los que promueven la mayor diversidad de organismos observada. La característica peculiar para esta biofacies, es que por encontrarse en aguas más tranquilas que las descritas para la biofacies anterior, permite la presencia de especies aglutinadas que obtienen el material de construcción de sus caparazones del substrato; a diferencia de las especies calcáreas que lo obtienen por medio de procesos fisiológicos de biomineralización. Las especies características de esta biofacies, son: *Trochammina pacifica*, *Trochammina sp.*, *Alveolophragmium columbiensis*, *Triloculina inomata*, *Epistominella sandiegoensis*, *Quinqueloculina costata*, *Q. lamarckiana*, *Miliolinella oblonga* y *Nonionella stella*.

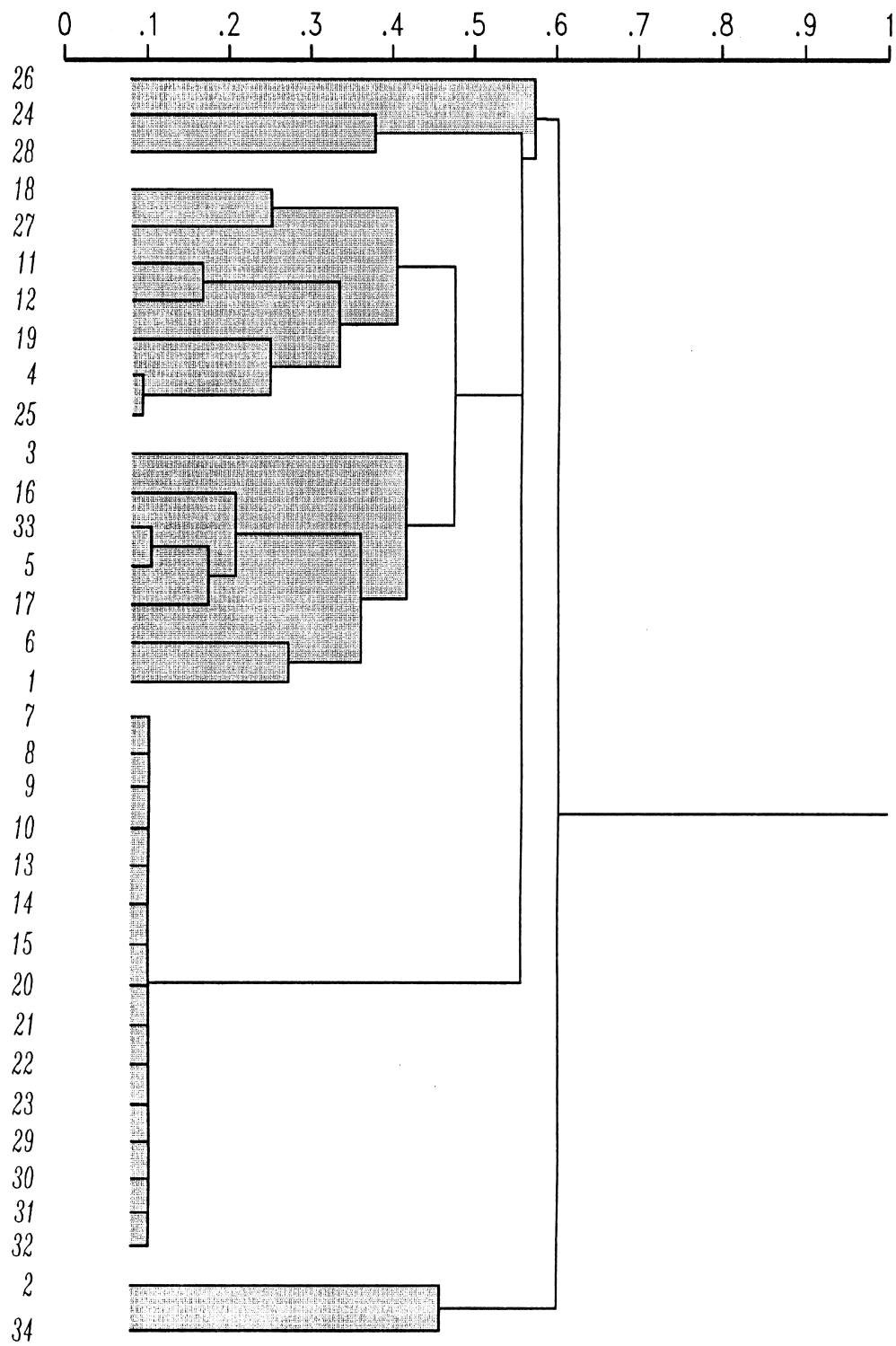


Fig. 12 Dendrograma modo Q para 34 muestras, 29 especies de 31 géneros.

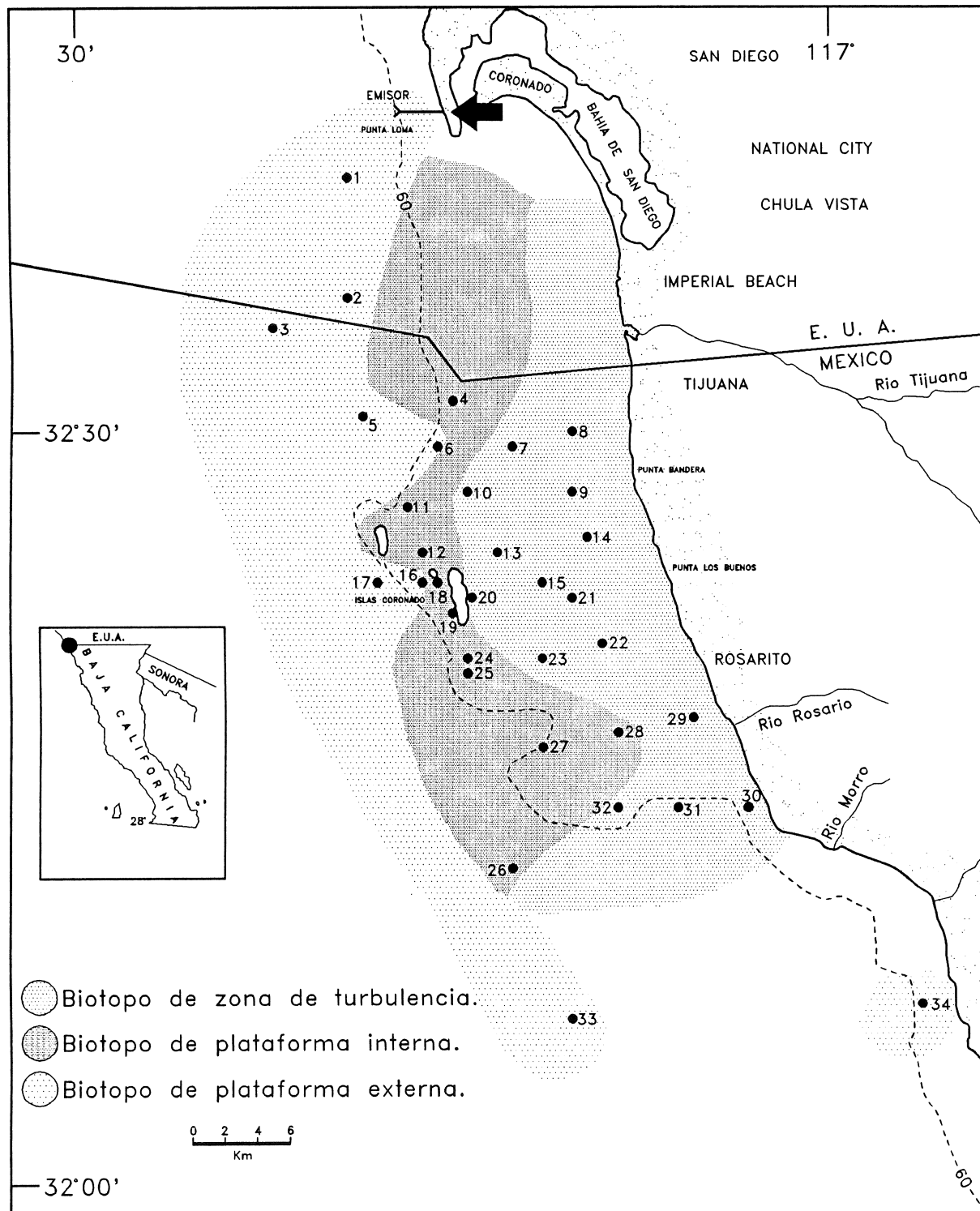


Fig. 13. Mapa que muestra la distribución de biotopos en base al dendrograma en modo Q, obtenido de la Fig. 12.

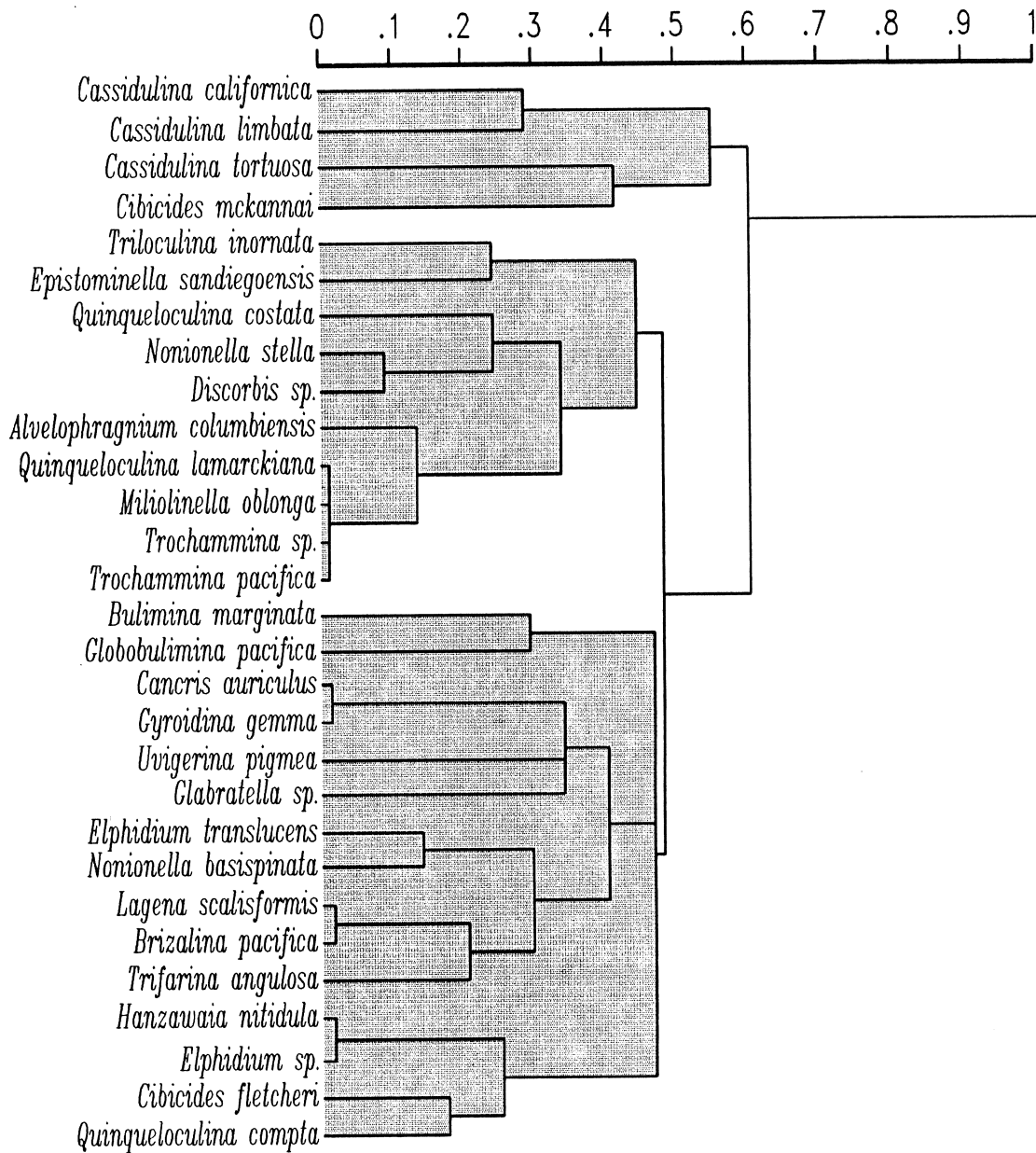


Fig. 14 Dendrograma modo R, usando el coeficiente de distancias euclidianas para 34 muestras, 29 especies de 31 géneros.

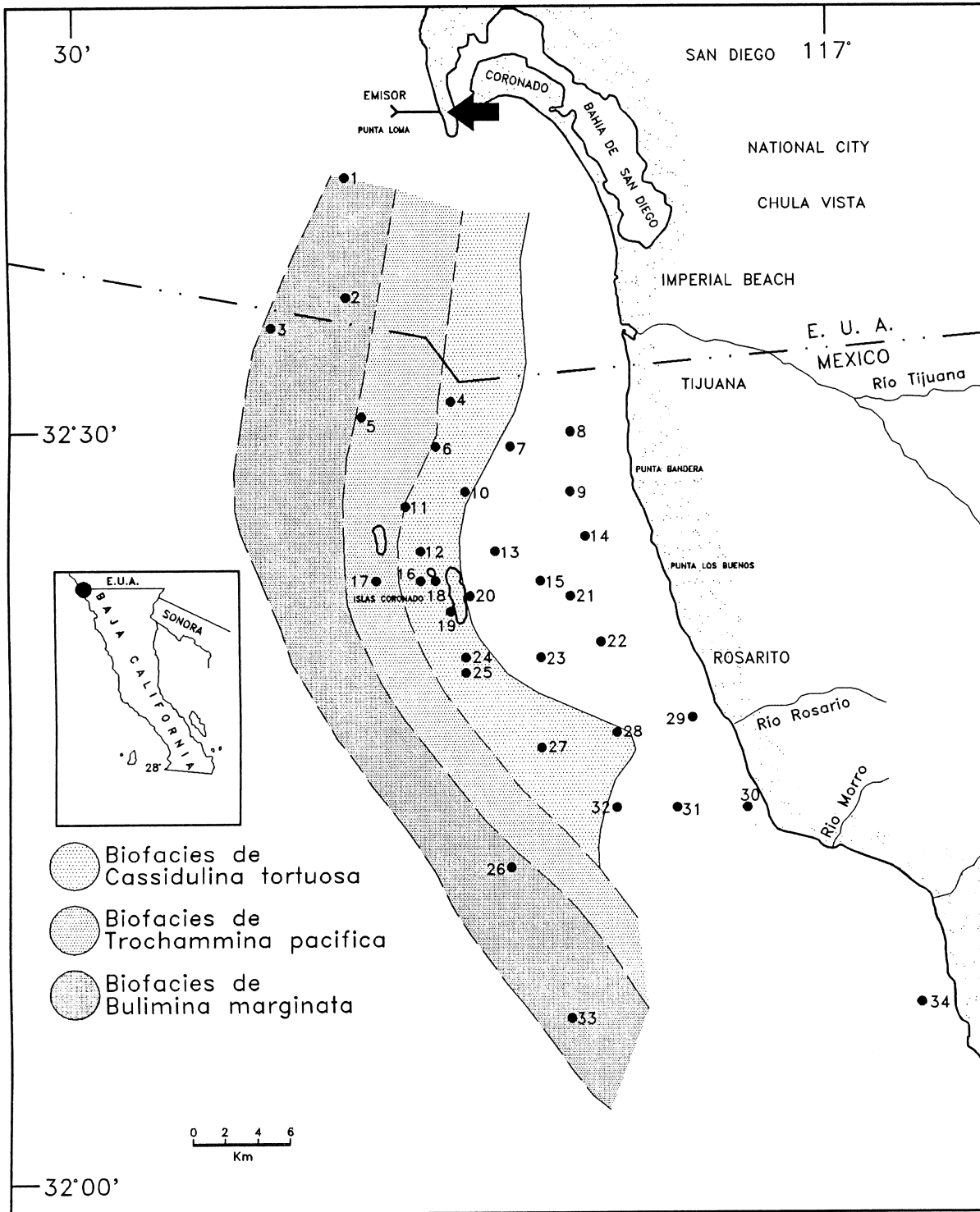


Fig. 15. Distribución espacial de las distintas biofacies que se presentan en el área de estudio.

(3) La biofacies *Bulimina marginata* ( Fig. 15), contiene esencialmente fauna de aguas profundas, dominada por *Bulimina marginata*, *Globobulimina pacifica*, *Uvigerina pigmea*, *Brizalina pacifica* y *Lagena scalisformis*. Las especies de esta biofacies son pequeñas, la textura de sus paredes es frágil y tienen preferencia por formas angostas. Sus ornamentaciones y suturas son muy claras, y prefieren vivir en fondos limosos y de arenas muy finas. La biofacies de *Bulimina marginata* se divide en dos subfacies (A y B), cuya distribución está controlada por efectos batimétricos. La subfacies B está formada por *Cibicides fletcheri*, *Hanzawaia nitidula*, *Quinqueloculina compta* y *Elphidium sp.*, las cuales tienen una mayor abundancia en estaciones con menor profundidad, que el resto de las especies comprendidas dentro de la subfacies A.

Los foraminíferos planctónicos no son parte de la definición de estas biofacies, pero sí es notable su presencia en las muestras de mayor profundidad; por lo tanto, podemos afirmar que guardan una relación directa con respecto a la profundidad (Lagoe, 1979). La ausencia de estos organismos en las muestras de aguas someras, se debe a la baja productividad orgánica y a la turbulencia de la zona (Bé, 1977).

Los cambios en la fauna de foraminíferos para las estaciones 1, 2, 3 y 5 se deben a que para esa área se presentan con porcentajes de abundancia muy similares la asociación de foraminíferos *Cassidulina californica*, *Cassidulina limbata*, *Cassidulina tortuosa*, *Cibicides mckannai* y *Globobulimina pacifica*. Además, la gran cantidad de materia orgánica se encuentra asociada a los foraminíferos más grandes y más abundantes; estos contenidos elevados de materia orgánica y número de bacterias vuelven a presentarse hasta las estaciones 13, 15, y 16 cercas del desagüe de Punta Banderas.

Estas observaciones reflejan el cambio introducido por el volumen de desechos industriales y urbanos de lugares con una alta densidad demográfica y desarrollo industrial.

#### **VI.4 Temperatura**

Este factor ecológico, indudablemente es de gran importancia para todos los organismos marinos. Algunos autores (Natland, 1933; Butcher, 1951; Crouch, 1952) identificaron en sus estudios que la temperatura es el factor principal que controla las diferentes asociaciones de foraminíferos. La influencia sobre el patrón de distribución de los foraminíferos se puede dividir en geográfica y batimétrica; esta última, es la más complicada de explicar, ya que una gran cantidad de parámetros varían en función de la profundidad.

Durante el crucero oceanográfico ECOBAC III, en el que se colectaron las muestras de sedimento, se midió la distribución espacial de las temperaturas de fondo, con la finalidad de determinar cómo la temperatura puede influir a las asociaciones faunísticas. Al graficar la distribución espacial de las isotermas de fondo (Fig. 16), se observa que existe un patrón de distribución paralelo a la línea de costa. Sin embargo, la Figura 17 muestra que mientras existe un gradiente muy marcado (de 1 °C cada 10 m) para las estaciones con profundidades menores de 50 m, para las estaciones mayores de 50 m el gradiente térmico es casi inexistente.

Comparando las figuras 16 y 17 se identifica la relación entre las biotopos y las condiciones térmicas, donde se puede inferir que la biofacies de *Cassidulina tortuosa* se presenta con una T promedio de 11.08 °C y con una  $\sigma$  de  $\pm 1.123$ ; la biofacies de *Trochammina pacifica* con una T promedio de 9.53 °C y con una  $\sigma$   $\pm .19$ ; y biofacies de *Bulimina marginata* con una T promedio de 6.36 °C y con una  $\sigma$  de  $\pm .22$ .

Los datos térmicos son adecuados para representar las condiciones imperantes en el día de muestreo, pero no son adecuados para describir las condiciones permanentes en el área de estudio. Aunque se muestra la relación entre los patrones de distribución de las biofacies con las isotermas, esto no es determinante para concluir que la temperatura es la responsable. Si la temperatura fuera el parámetro más importante en regular las asociaciones de foraminíferos en el área de estudio, deberían observarse sucesiones de biofacies más evidentes. Por otra parte, las biofacies de *Cassidulina tortuosa* se presenta tanto en ambientes con gradientes térmicos fuertes (zonas menores de 50 m) como en gradientes térmicos inexistentes (mayor de 50 m). En base a todo lo anterior, aparentemente, la temperatura *per se* no regula directamente las asociaciones de foraminíferos para el área de estudio; o bien, que hace falta más información térmica de carácter estacional para poder concluir la determinancia de este parámetro.

**VI.5 Relación existente entre todas las variables** (fauna, sedimento, profundidad, temperatura, contenido de materia orgánica y número de bacterias).

La interpretación del medio ambiente depositacional, se basa en un número de factores ecológicos, que influyen sobre la actividad vital de los organismos. Estos factores se distinguen por el grado de importancia para cada uno de los estudios, aunque algunos de éstos no pueden considerarse por separado, ya que en la realidad están estrechamente relacionados. Por ejemplo, la profundidad y la temperatura varían al mismo tiempo; la turbidez controla la cantidad de luz que penetra en el agua, etc. A continuación se presenta la Figura 18, en la que gráficamente se muestran las relaciones entre los parámetros que fue posible cuantificar en este trabajo.

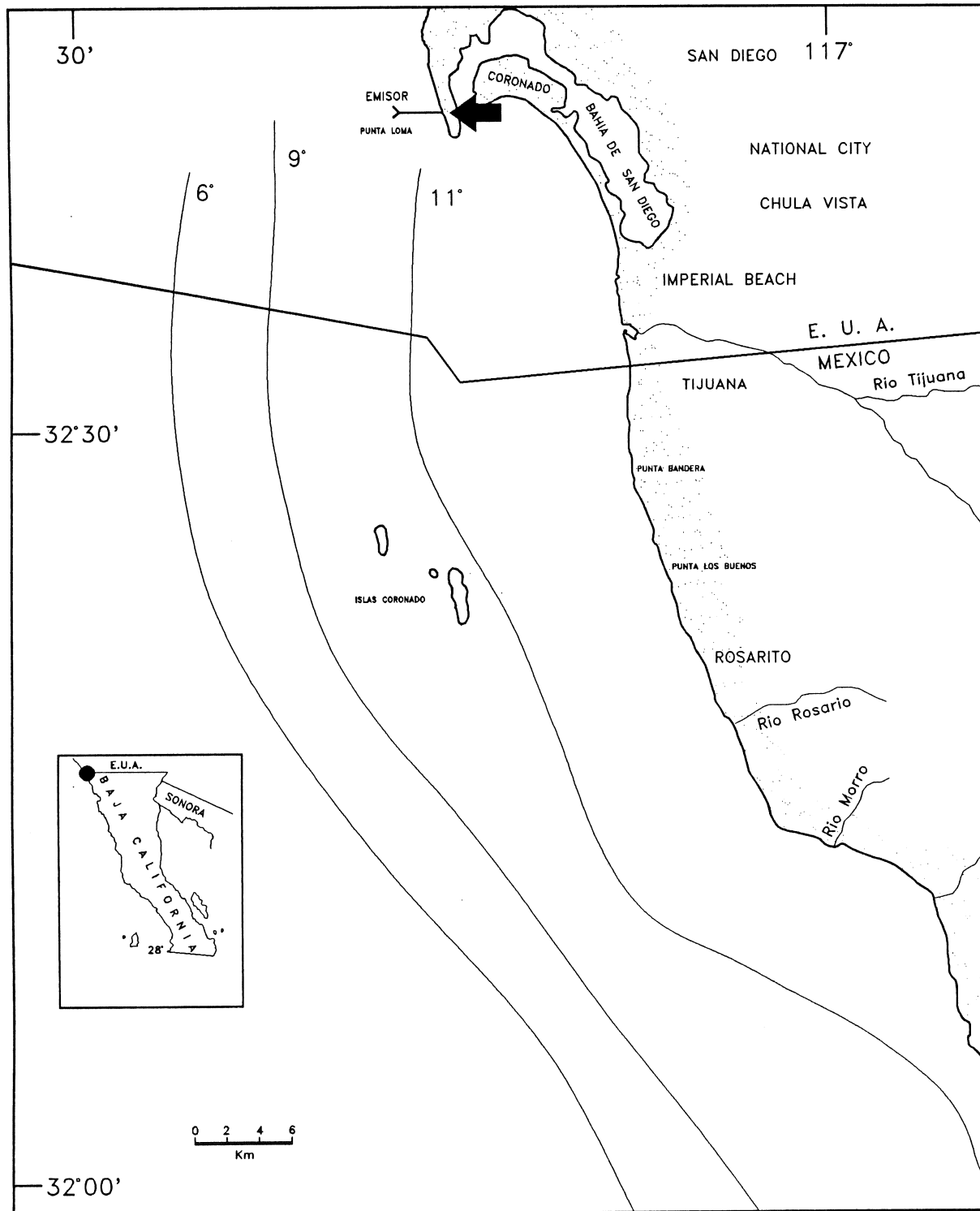


Fig. 16. Distribución espacial de las isotermas de fondo, determinadas en el mismo crucero en el que se colectaron las muestras.

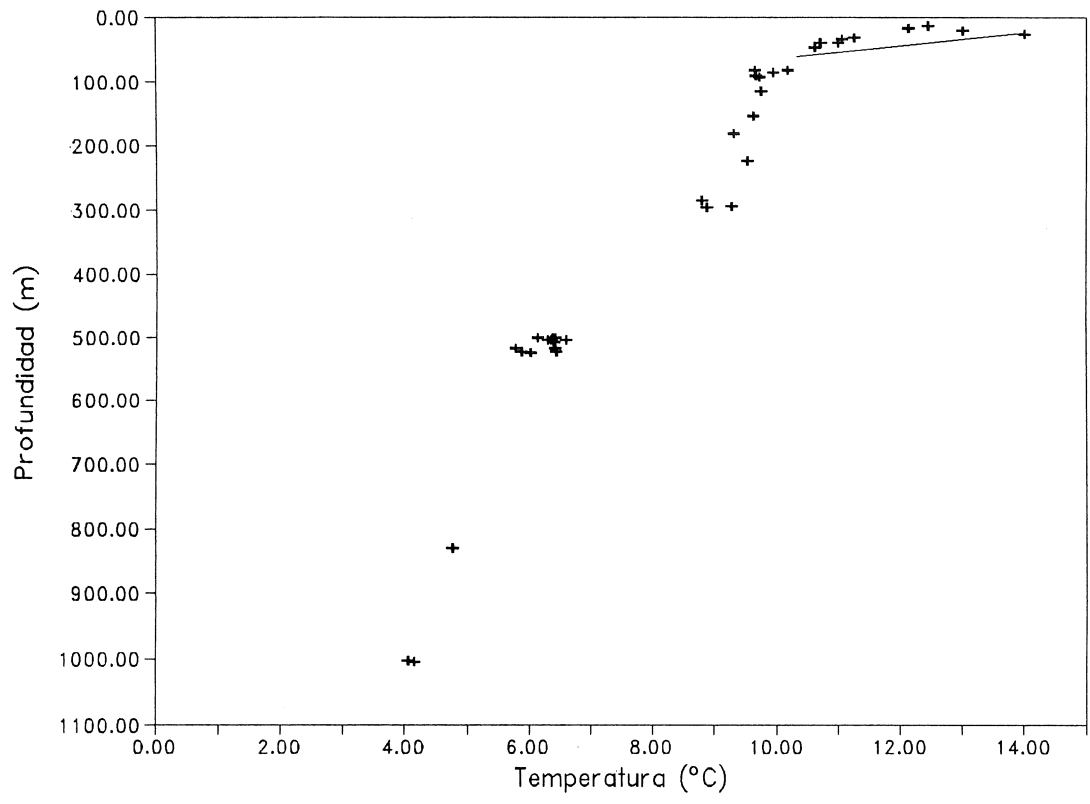
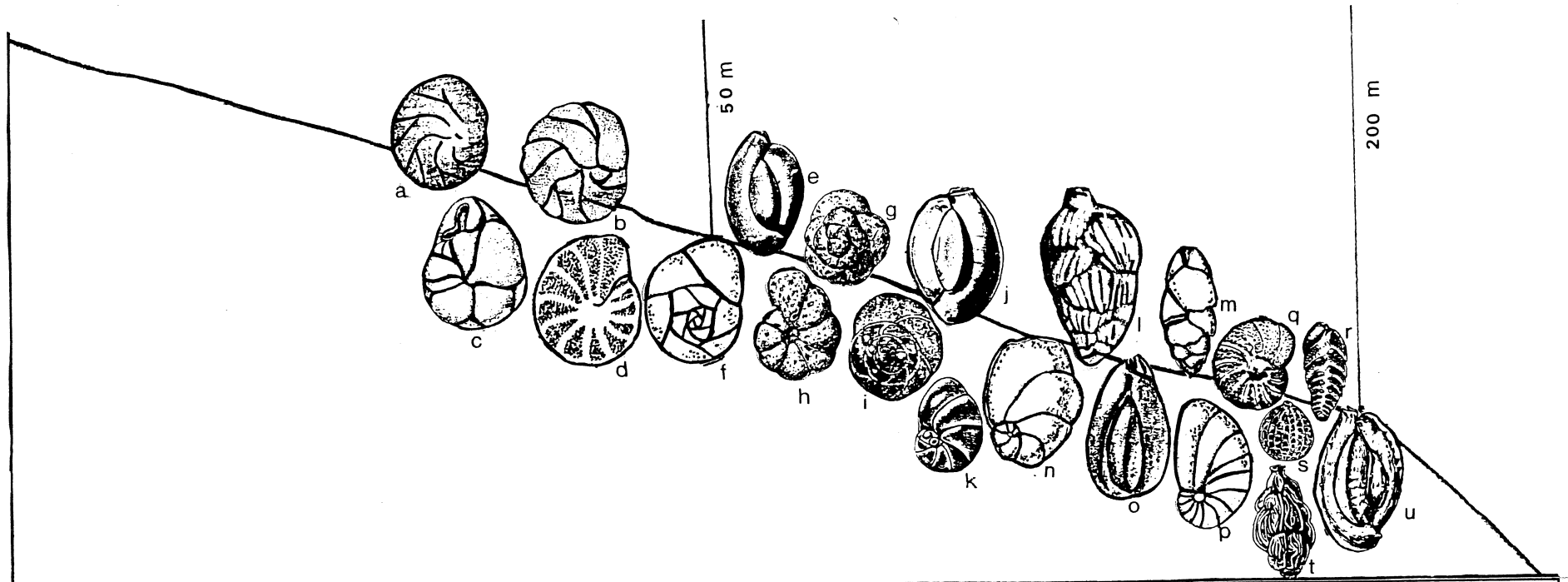


Fig. 17. Relación existente entre la profundidad del biotopo y la temperatura del agua. Obsérvese el fuerte gradiente térmico en los biotopos menores a 50 m, y un gradiente inexistente en los biotopos más profundos.



**Zona de Turbulencia:** zona donde tienen lugar todos los movimientos de agua causados por tormentas y mareas. Fauna muy escasa o ausente.

**Biofacies de *Cassidulina tortuosa*.**  
 Rasgos morfológicos: forma espiralada, caparazón grueso, ornamentación bien definida y gran tamaño (robustas).  
 Especies características:  
 a) *Cassidulina tortuosa*.  
 b) *Cassidulina limbata*.  
 c) *Cassidulina californica*.  
 d) *Cibicides mackannai*.

**Biofacies de *Trochammina pacifica*.**  
 La característica peculiar para esta biofacies es la presencia de especies aglutinadas que obtienen material de construcción para sus tecas del substrato.  
 Las especies características son:  
 e) *Triloculina inornata*.  
 f) *Epistominella sandiegoensis*.  
 g) *Trochammina pacifica*.  
 h) *Alveolophragnum columbiensis*.  
 i) *Discorbis* sp.  
 j) *Quinqueloculina costata*.  
 k) *Nonionella stella*.

**Biofacies de *Bulimina marginata*.**  
 Rasgos morfológicos: especies pequeñas, la textura de sus paredes es débil y tiene preferencia por formas angostas.  
 Especies características:  
 l) *Uvigerina* sp.  
 m) *Bulimina marginata*.  
 n) *Cancris auriculus*.  
 o) *Globobulimina pacifica*.  
 p) *Nonionella basispinata*.  
 q) *Cibicides fletcheri*.  
 r) *Brizalina pacifica*.  
 s) *Lagena* sp.  
 t) *Trifarina angulosa*.  
 u) *Quinqueloculina compta*.

SEDIMENTO	Arena gruesa-Arena Fina	Arena muy fina-Limos		Sedimento limo-arcilloso
% MAT. ORGANICA	0 a 0.1	a 0.9		a 3.642
No. DE BACTERIAS	0	18	18	20 - 92000
TEMPERATURA	T = 14°C	T̄ = 11.1°C		T̄ = 9.5°C
PLANCTONICOS	pocos ejemplares.			gran cantidad de planctónicos.

Fig. 18. Distribución generalizada de foraminíferos bentónicos a lo largo de un perfil de plataforma continental y generalidades sobre los parámetros más importantes que controlan la distribución de las distintas biofacies (nota: existen cambios de escala en la profundidad).

Desde los primeros estudios de foraminíferos marinos, se observó que la mayoría de las especies muestran una cierta preferencia hacia determinadas profundidades. Conforme se ha avanzado en el estudio de estos organismos, se han establecido diferentes zonaciones batimétricas. Existen diferentes generalizaciones de las zonaciones batimétricas para los foraminíferos, establecidas por distintos autores. Phleger (1960) empleando sus datos, y los de otros autores propuso una zonación batimétrica de foraminíferos para la parte norte del Golfo de México. Boltovskoy (1962b) hizo algo similar para la plataforma continental del Brasil, encontrando cierta similitud en cuanto a géneros, y sólo algunas especies en común. Es de esperar que los perfiles generalizados propuestos por Phleger (1960b) y Boltovskoy (1962b), presenten algunas semejanzas, y quizás más diferencias, al ser aplicados a otros lugares del mundo. En la Figura 18, se muestran los factores que controlan la distribución de las diferentes especies de foraminíferos bentónicos. No se pretende que el perfil de estudio se generalice para las costas de California, ya que otros factores locales influyen en la distribución de los organismos (islas, emisores, desagües, corrientes y surgencias). Por otro lado, debido a que las muestras estudiadas en este trabajo, representan un área pequeña y una profundidad máxima de 196 m, no se pueden comparar los resultados obtenidos con las generalizaciones establecidas para todo el perfil batimétrico, aunque sí para el intervalo de profundidad muestreado.

El que no se encuentren distribuidos gráficamente algunos organismos que sí se localizan a lo largo del perfil batimétrico, no quiere decir que no existan, ya que algunos tienen una distribución muy amplia, siendo característicos de alguna zona en particular de la plataforma. Existen también especies muy raras y esporádicas, que no pueden ser características de estas biofacies. De las relaciones observadas se puede afirmar que hay dos parámetros que juegan un rol dominante en el control de las biofacies, estos son la profundidad y el tipo de substrato. Aunque no podemos dejar de tomar en cuenta la acción del oleaje ya que aparentemente parece estar relacionada con la distribución de la fauna (Lankford y Phleger, 1973), en este estudio existe un incremento en el número de géneros y especies de aguas someras a aguas profundas, ya que para las estaciones que forman la biofacies de *Bulimina marginata* se presenta la mayor diversidad. Esto podría ser una explicación de la ausencia de foraminíferos para las estaciones de aguas someras debido a que la influencia del oleaje es muy grande.

En la Figura 18, se observan las tres diferentes biofacies cada una con sus ejemplares característicos, rasgos morfológicos, tipo de sedimento, contenido de materia orgánica y número de bacterias en el sedimento. En esta figura los parámetros de mayor influencia son la profundidad y el tipo de substrato, ya que son los que más alta relación muestran con cada una de las biofacies. La acción del oleaje también juega un papel

importante, pero este factor se encuentra implícito, ya que sólo se sabe hasta donde alcanza su influencia. Esto se puede evidenciar observando la forma de los caparazones: los foraminíferos de aguas someras tienen una forma espiralada y caparazon grueso (para soportar los altos niveles de energía); mientras que los de aguas profundas se caracterizan por formas angostas y pequeñas (donde la acción del oleaje es mínima). Se observa también en esta figura, como aumenta tanto el número de bacterias como el contenido de materia orgánica conforme aumenta la profundidad y el tamaño medio de grano del substrato se hace más fino.

## VII. CONCLUSIONES

(1) En el presente estudio se lograron identificar 50 especies de 34 géneros de foraminíferos bentónicos, sobresaliendo los géneros: *Cassidulina spp.* y *Cibicides spp.*, los cuales estuvieron mejor representados en toda el área de muestreo.

(2) Se identificaron tres biofacies: (1) *Cassidulina tortusa* caracterizada por organismos de bajas profundidades (30-55 m), robustos, espiralados y de gran tamaño; (2) *Trochammina pacifica* donde los organismos pertenecen a una zona de transición, ya que existen tanto de aguas someras como de aguas profundas (entre 55 y 90 m) y (3) *Bulimina marginata* la cual se caracteriza por organismos de aguas profundas (90 - 196 m), con forma pequeña, angosta y alargada, con paredes frágiles.

(3) Existe una gran influencia de las descargas de aguas residuales del Emisor de Punta Loma y el desagüe de Punta Banderas, incrementando el porcentaje de materia orgánica en los sedimentos circundantes y aumentando el porcentaje de foraminíferos aglutinados; además, propiciando la formación de glauconita que provoca la sustitución en algunos foraminíferos. Asociado a la ocurrencia de pellets fecales y a las zonas de formación de glauconita, se ha interpretado como que es una área restringida de plataforma continental, aguas cálidas (por efecto del emisor submarino), baja tasa de sedimentación detrítica y condiciones reductoras ligeras.

(4) De la interpretación de los diferentes dendrogramas obtenidos por análisis de grupos en modo Q y R, deducimos que la distribución de los organismos está controlada por la profundidad, tipo de sedimento y los desagües urbanos, estos últimos ejercen una gran influencia en las asociaciones faunísticas para algunas zonas restringidas del área estudiada.

(5) Otro factor importante que controla la distribución es la acción del oleaje, ya que decrece de forma abrupta aproximadamente a los 12 m, no habiendo influencia en el fondo hasta los 31 m (Lankford y Phleger, 1973), debido a lo cual existen un gran número de muestras que contienen muy pocos organismos o ningún organismo.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- Alvarez, L.G., Godines, V.M. y Lavín, M.F., 1990, Dispersión en la franja costera de Tijuana, Baja California . Ciencias Marinas, vol. 16, no.4, pp. 87-109.
- American Public Health Association, American Water Work. Association and Water Pollution Control Federation, 1985, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16th ed., Washington, D.C., pp. 1268.
- Bakum, A. y Nelson C.S., 1977, Climatology of upwelling related processes off Baja California.CALCOFI, Rep., XIX:107-127.
- Bandy, O.L.,1953, Ecology and paleoecology of some California Foraminifera. Pt. 1. The frequency distribution of Recent Foraminifera off California Jour. Paleontology, vol. 27, pp. 161-182, pls. 21-25.
- Bandy, O.L., y Arnal,R.E., 1957, Distribution of Recent Foraminifera off west coast of Central America; Am. Assoc. Petroleum Geologist, Bull., vol. 41. pp. 2037-2053.
- Bandy,O.L., 1961, Distribution of foraminifera, radiolaria, and diatoms in sediments of the Gulf of California: Micropalontology, V.7, no. 1, p. 1-26.
- Bé, A.W.H.,1977, An ecological zoogeographic and taxonomic review of Recent planctonic foraminifera. En: Ramsay, A.T.S.(ed)., Oceanic micropalontology. Academic Press: I:1-100.
- Boltovskoy, E. 1962a, Planctonic foraminifera as indicators of different water masses in the south Atlantic, Micropalontology, vol. 8, no. 3.
- Boltovskoy, E. 1962b, Foraminíferos de la plataforma continental entre el cabo Santo Tomé y la desembocadura del Río de la Plata", Mus. Arg. Cienc. Nat.,Rev., Zool., vol. 6, no. 6.
- Boltovskoy, E., 1965, Los foraminíferos recientes. EUDEBA, Argentina, pp. 510 .
- Bowen, R.N.C, 1957, Aperture in Foraminifera. Cushman Found. For. Res., Contr., vol.8, no. 2.
- Bradshaw, J.S., 1959, Ecology of living planctonic foraminifera in the north and ecuatorial Pacific. Cushman Found. Foram. Res., Contr., vol. 10, pt. 2, pp. 25-64, pls. 6-8.
- Brusca, R.C. y Brusca, G.J., 1990, Invertebrates. Sinaver Associates, Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts, pp. 922.

- Butcher, W.S., 1951, Foraminifera, Coronado Bank and vicinity, California: Calif. Univ., Scripps Inst. Oceanog. Submarine Geol. rept. no. 19, pp. 1-9.
- Chierici, M.A., Busi, M.T. y Cita M.B., 1962, Contribution a un étude écologique des Foraminifères dans le mer Adriatique, Rev. Micropaléon., vol.5, no.2.
- Cupul, M.A., Pérez, H.R., y Cheé, B.A., 1987, Utilización de los minerales pesados como indicadores de transporte en los sedimentos entre Punta los Buenos y Playas de Rosarito, B.C., México. Ciencias Marinas. vol.13 no.4,pp 97-109.
- Crouch, R. W., 1952, Significance of temperature on Foraminifera from deep basins off southern California. Am. Assoc. Petroleum Geologists, Bull., vol. 36, pp. 807-843, pls. 1-7.
- Cushman, J., 1948, Foraminifera, their classification and economic use and illustrated key to the genera. Mem. 46 pp. 1-88.
- Dorman, C.E. y Palmer, D.P., 1981, Southern California. Summer coastal upwelling. En: F.A. Richards (ed.) Coastal upwelling, American Geophysical Union, Washington, D.C. pp. 529.
- Galloway, J.J. y Wissler, S.C., 1927, Pleistocene Foraminifera from the Lomita Quarry. Palos Verdes Hills, California. Jour. Paleontology, vol. 1, pp. 35-87.
- Galehouse, J.S., 1971, Sedimentation analysis. En: Carver R.E.. Procedures In Sedimentary Petrology, (ed.) University of Georgia. pp. 69-95.
- Gómez-Valdez J., 1983, Estructura hidrográfica promedio frente a Baja California. Ciencias Marinas. vol. 19 no.2, pp 75-86.
- Haq, B. y Boersma, A., 1981, Introduction To Marine Micropaleontology, Edit. Elsevier, New York, pp. 376.
- Ingram, R.L., 1971, Size analysis. En: Carver R.E. Procedures In Sedimentary Petrology, (ed.) University of Georgia. pp. 49-68.
- Jackson, M.L., 1958, Soil Chemical Analysis, Prentice Hall Pub. Co., Englewood Cliffs, N.J., pp. 498.
- Kafescioglu, I.A., 1975, Quantitative distribution of foraminifera on the continental shelf and uppermost slope off Massachusetts. Micropaleontology, vol.21, no. 3, pp. 261-305.

- Kuper, H.T. y Hart M.W., 1978, Natural History Of Coronado Islands, Baja California, Mexico. San Diego Association of Geologists. pp. 53.
- Lagoe, M.B., 1979, Recent benthonic foraminiferal biofacies in the Artic Ocean. *Micropaleontology*, vol. 25, pp. 214-224.
- Lankford, R.R., 1962, Recent Foraminifera from the nearshore turbulent zone, Western United States and Northwest Mexico. Tesis para obtener el grado de Doctor de Filosofía en Oceanografía. Universidad de California, San Diego.
- Lankford, R.R. y Phleger, F.B., 1973, Foraminifera from the nearshore turbulent zone, Western North America. *Journal of Foraminiferal Research*, vol. 3, no. 3, pp. 101-132.
- McGlasson, R.H., 1959, Foraminiferal biofacies around Santa Catalina Island, California: *Micropaleontology*, vol. 5, no. 2, pp. 217-240.
- Moore, B.H., 1939, Pellets in relation to marine deposits, En: Parker D. Trask, (Ed) *Recent Marine Sediments, a Symposium*. pp. 736.
- Natland, M.L., 1933, The temperature and depth distribution of some Recent and fossil Foraminifera in the southern California region. *Scripps Inst. Oceanography, Bull., Tech. Ser.*, vol. 3, no. 10, pp 225-230.
- Parker, F.L., 1954, Distribution of the foraminifera in the northeast Gulf of Mexico. *Harvard University, Museum Comparative Zoology Bulletin* ?, p. 453-588.
- Parker, F.L., 1962, Planctonic foraminiferal species in Pacific sediments. *Micropaleontology*, vol. 8, no.2, pp. 219-254, pls. 1-10.
- Patterson, R.T. y Fishbein E., 1989, Re-examination of the statistical methods used to determine the number of point counts needed for micropaleontological quantitative research. *Journal of paleontology*, vol. 63, no. 2, pp 245-248.
- Peterson, J.H., Jhan A.E., Lavenberg R.J., McGowen G.E. y Grove R.S., 1986, Physical chemical characteristics and zooplankton biomas on the continental shelf off Southern California. *CALCOFI Rep*; 27, pp. 36-50.
- Pettijohn, F.J., 1975, *Sedimentary rocks. Third Edition*, (ed.) Harper y Row, New York, pp. 628.

- Phleger F.B., 1951, Displaced Foraminifera faunas. Soc. Economic Paleontologist and Mineralogists. Spec. Publ. 2, pp. 66-75.
- Phleger F.J., 1960, Ecology and distribution of Recent foraminifera: Johns Hopkins Press, Baltimore, pp. 297.
- Phleger F.J., 1964, Patterns of living benthonic foraminifera, Gulf of California A.A.P.G., pp. 377-394.
- Phleger F.J., 1965, Depth patterns of benthonic foraminifera in the eastern pacific. SCRIPPS, Contribution, no. 45, Marine Foraminifera Laboratory. pp.
- Porrenga, D.H., 1967, Glauconite and chamosite as depth indicators in the marine environment: Mar. Geol., vol. 5, pp. 495-501.
- Romesburg, H.C., 1984, Cluster analysis for Research. Life time Learning Publications, Belmont Calif. pp. 334.
- Torres-Moye, G. y Acosta-Ruiz M.G., 1986, Algunas propiedades químicas indicadoras de eventos de surgencias costeras y de la contracorriente subsuperficial en una área cerca a Punta Colonet, Baja Calif. Ciencias Marinas. vol 12, no.3, pp.10-25.
- Uchio, T., 1960, Ecology of living benthonic foraminifera from the San Diego, California, Area. Cushman Foundation foraminiferal Research, Special publication. no.5. pp.72.
- Walker, R.G., 1984, Shelf and shallow marine sands. En: Walker, R.G. (Editor), Facies Models, 2 nd. Edition, Geoscience Canada, pp. 141-170.a
- Walkley, A. y Black I.A., 1934, An examination of the Degthareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method: Soil Science, vol. 27, pp. 29-38.
- Walton, W.R., 1952, Techniques for the recognition of living Foraminifera. Contr. Cushman Found Foraminif. Research, vol. 3, pp. 56-60.
- Walton, W.R., 1955, Ecology of living benthonic Foraminifera, Todos Santos Bay, Baja California, Mexico. Jour. Paleontology, vol. 29, pp. 952-1018, pls. 99-104.
- Watkins, J.G., 1961, Foraminiferal Ecology around the Orange County, California ocean sewer outfall. Micropaleontology. vol.7, no.2, pp. 199-206.

Wentworth, C.K., 1922, A scale of grade and class terms for clastic sediments, *Journal of Geology*, vol. 30, pp. 377-392.

Zalesny E., 1959, Foraminiferal ecology of Santa Monica Bay, California. *Micropaleontology*, vol. 5, no. 1, pp. 101-126, pl.1, 21 text figs.

## **APENDICE A**

### **X.1 Apendice taxonómico con ilustraciones.**

## **X.1 Apéndice taxonómico con ilustraciones.**

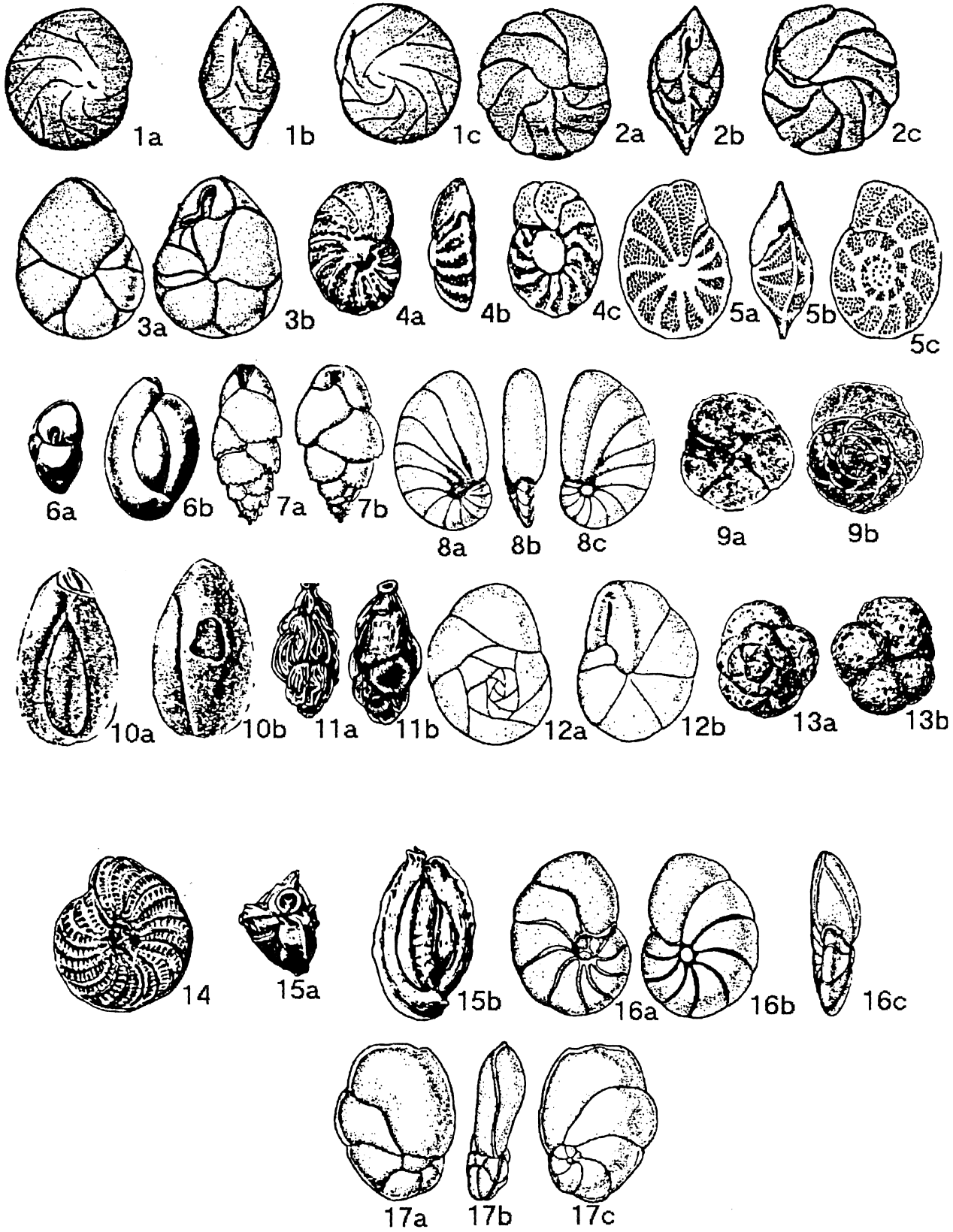
El objetivo de esta sección es describir la distribución espacial de cada uno de los organismos encontrados con un porcentaje mayor del 5%, con la finalidad de proporcionar información más detallada a las personas interesadas en los estudios de foraminíferos. Además, cada uno de estos foraminíferos puede ser encontrado en la colección de referencia, depositada en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (Lámina 1).

Los esquemas de los foraminíferos fueron tomados de las publicaciones que se utilizaron en la identificación de cada uno de éstos (Lankford y Phleger, 1973; Bandy, 1953; Bandy, 1961; Walton, 1955). Existe un fichero de referencia con las descripciones de cada uno de los foraminíferos y sus diferentes sinonimias. A continuación se presentan sólo los de mayor abundancia relativa.

## Explicación de la lámina 1

- 1 *Cassidulina tortuosa* Cushman and Hughes; a vista dorsal; b vista de lado; c vista ventral. Estación 4, placa No. 1, tomada de Bandy, 1953.
- 2 *Cassidulina limbata* Cushman and Hughes; a vista dorsal; b vista de lado; c vista ventral. Estación 16, placa No. 2, tomada de Bandy, 1953.
- 3 *Cassidulina californica* Cushman and Hughes; a vista dorsal; b vista ventral. Estación 5, placa No. 3, tomada de Bandy, 1961.
- 4 *Cibicides fletcheri* Galloway and Wissler; a vista dorsal; b vista de lado; c vista ventral. Estación 24, placa No. 4, tomada de Lankford y Phleger, 1973.
- 5 *Cibicides mckannai* Galloway and Wissler; a vista dorsal; b vista de lado; c vista ventral. Estación 25, placa No. 5, tomada de Bandy, 1961.
- 6 *Triloculina inomata* d'Orbigny; a vista de la abertura; b vista de lado. Estación 27, placa No. 6, tomada de Lankford y Phleger, 1973
- 7 *Bulimina marginata* d'Orbigny; a,b vistas de la abertura. Estación 6, placa No. 7, tomada de Bandy, 1961.
- 8 *Nonionella basispinata* Cushman and Moyer; a vista dorsal; b vista de lado; c vista ventral. Estación 26, placa No. 8, tomada de Bandy, 1961.
- 9 *Discorbis* sp., a vista ventral; b vista dorsal. Estación 34, placa No. 9, tomada de Walton, 1955.
- 10 *Globobulimina pacifica* Cushman; a vista ventral; b vista dorsal. Estación 1, placa No. 10, tomada de Bandy, 1953.
- 11 *Trifarina angulosa* (Williamson); vista de lado de una forma angulosa; b vista de lado de una forma suave inflada. Estación 6, placa No. 11, tomada de Lankford y Phleger, 1973.
- 12 *Epistominella sandiegoensis* Uchio; a vista dorsal; b vista ventral. Estación 27, placa No. 12, tomada de Bandy, 1961.
- 13 *Trochammina pacifica* Cushman; a vista dorsal; b vista ventral. Estación 34, placa No. 13, tomada de Lankford y Phleger, 1973.
- 14 *Elphidium translunces* Natland; vista dorsal. Estación 26, placa No. 14, tomada de Lankford y Phleger, 1973.
- 15 *Quinqueloculina compta* Cushman; a vista de la abertura; b vista de lado. Estación 24, placa No. 15, tomada de Lankford y Phleger, 1973.
- 16 *Hanzawaia nitidula* (Bandy); a vista ventral; b vista dorsal; c vista de lado. Estación 28, placa No. 16, tomada de Bandy, 1961.
- 17 *Cancris auriculus* Fitchel and Moll; a vista ventral; b vista de lado; c vista dorsal. Estación 3, placa 17, tomada de Bandy, 1961.

Lamina I



## **APENDICE B**

**X.2 Descripción detallada de cada uno de los especímenes que se presentaron con porcentajes relativos mayores del 5% de abundancia; así como, su distribución espacial a lo largo de toda el área de estudio.**

## X.2 Descripción de distribución para cada organismo.

### ***Alveolophragmium columbiensis*** (Cushman)

*Haplophragmoides columbiensis* Cushman, 1925, Contr. Cushman Lab. Foram. Research, vol. 1, p. 39, pl. 6, fig. 2.

Esta especie se localizó sólo en dos estaciones de las 34 estudiadas. En la núm. 2 con un 9.52% de abundancia relativa y en la núm. 34 con 15.76% , en un tipo de sedimento limo-arcilloso y a una profundidad de 44 y 104 m, respectivamente (Tabla V).

### ***Trifarina angulosa*** (Williamson)

*Uvigerina angulosa* Williamson, 1858, Rec. Foram. Great Britain, p. 67, pl. 5, fig. 140.

Especies de este género están pobremente distribuidas y sólo se encontraron en las muestras 6 y 26 con porcentajes entre 14.63 y 17.24, respectivamente.

### ***Brizalina pacifica*** (Cushman y McCulloch)

*Bolivina acerosa* Cushman var. *pacifica* Cushman and McCulloch, 1942, Allan Hancock Pacific Exped., vol. 6, no. 4, p. 185, pl. 21, figs. 2, 3.

Ejemplares de esta especie sólo están presentes en la estación 26, representando un 8.18% de abundancia relativa; tiene una profundidad de 39.6m y un sedimento limoso con un 0.849% de materia orgánica.

### ***Bulimina marginata*** d'Orbigny

*Bulimina marginata* d'Orbigny, 1826, Ann. Sci. Nat., sér. 1, tome 7, p. 269, pl. 12, figs. 10-12.

Presente en sólo dos estaciones con altos porcentajes de abundancia. En la estación 6 con un 25.6% y en la estación 1 con un 24.53%; un tipo de sedimento limo-arcilloso. Lankford 1962 cita que estos especímenes se presentan en fondos limo-arenosos y a profundidades mayores de 30 m.

### ***Cancris auriculus*** (Fitchel y Moll)

*Nautilus auriculus* Fitchel y Moll, 1803, Testacea Micr., p. 110, pl. 20, figs. d-f. var. a, lam. 108, lam. 20, figs. 2a-c, var. b, p. 110, lam. 20, figs. 2d.

Muy pocos ejemplares de esta especie fueron encontrados en éste estudio. Sólo se encontró en la estación 3 con un porcentaje de abundancia relativa del 9.53, a una profundidad de 196 m, siendo esta la única estación de las 34 estudiadas. El sedimento es limo-arcilloso con un 1.4% de materia orgánica. Los especímenes son grandes y bien preservados.

Lankford (1962) menciona que estos organismos en su área de estudio son raros, pero que han sido localizados a profundidades mayores de 30 m en fondos limo-arenosos al sur de California y norte de Baja California, México.

***Cassidulina californica*** Cushman y Hughes

*Cassidulina californica* Cushman y Hughes, 1925, Contr. Cushman Lab. Foram. Res., vol. 1, pt. 1, p. 12, pl. 2, fig. 1 a-c.

Esta especie se encuentra ampliamente distribuida en el área de estudio. Se localiza en 11 estaciones con porcentajes variados de abundancia relativa (Tabla V). Estos organismos presentaron una característica peculiar de glauconitización.

***Cassidulina limbata*** Cushman y Hughes

*Cassidulina limbata* Cushman y Hughes, 1925, Contr. Cushman Lab. Foram. Res., vol. 1, pl. 1, p. 12. pl. 2, figs. 2a-c.

Especie distribuida ampliamente en 12 estaciones. Se caracteriza por presentarse a profundidades mayores de 39.6 m, encontrándose los porcentajes mayores de abundancia relativa generalmente en aquellas muestras tomadas a una profundidad de 196 m. El sedimento varía desde arenas finas hasta limos y arcillas.

Las estaciones 5, 3 y 17 presentaron organismos glauconitizados. Otra característica común para estas muestras, es que se presentan a las máximas profundidades, muy cercas al Emisor de Punta Loma (San Diego, Calif. U.S.A.). Además, presentan el contenido más alto de materia orgánica (Tabla II).

Otros estudios (Lankford, 1962; Uchio, 1960) mencionan que esta especie está presente principalmente desde el sur de Punta Concepción hasta Punta Banda, México, y sólo en forma esporádica en otros sitios.

***Cassidulina tortuosa*** Cushman y Hughes

*Cassidulina tortuosa* Cushman y Hughes, 1925, Contr. Cushman Lab. Foram. Research, vol. 1, p. 14, pl. 2, fig. 4 a-c.

Es la especie que se encuentra mejor representada en el área de estudio, encontrándose en 17 estaciones de las 34 estudiadas. En algunas de éstas, su abundancia relativa llega a representar hasta un 95%. Algunos ejemplares, principalmente los de las estaciones 3 y 5 se encuentran sustituidos por glauconita (Fig. 6), con presencia de pellets fecales para la estación 1 y 3 (Fig. 7). El tipo de sedimento varía desde arenas gruesas hasta limos y arcillas. Los porcentajes más altos de abundancia relativa se localizan en sedimento de arenas gruesas a arenas finas (Tabla II).

***Cibicides fletcheri*** Galloway y Wissler

*Cibicides fletcheri* Galloway y Wissler, 1927, Jour. Paleontology, vol. 1, p. 64, pl. 10, figs. 8,9.

Especie distribuida en 9 estaciones del área de estudio, principalmente en las localizadas hacia el sur de las islas. Los especímenes encontrados son grandes y un buen número de ellos se encuentran fracturados, sobre todo los de las estaciones cercanas a las Islas Coronado. Su porcentaje relativo de abundancia va desde 6.62 a 48.35% (Tabla V).

***Cibicides mckannai*** Galloway y Wissler

*Cibicides mckannai* Galloway y Wissler, 1927, Jour. Paleontology, vol. 1, p. 65, 10, figs. 5,6.

Especimen encontrado en 9 muestras con un porcentaje de abundancia muy variado, desde 6.17 a 29.19% (Tabla V). Su principal distribución es hacia el sur de las Islas Coronado.

***Discorbis sp.***

Los ejemplares encontrados están irregularmente distribuidos. Se presentaron en las estaciones 2 y 28 con un porcentaje de 19.04 y 5.46%, respectivamente (Tabla V).

***Globobulimina pacifica*** Cushman

*Globobulimina pacifica* Cushman, 1927, Contrib. Cushman Lab. Res. vol. 3, p. 67, lam. 14, fig. 12.

Especie pobremente distribuida. Se localiza principalmente en las estaciones 1, 2 y 3 con un porcentaje de abundancia relativa de 18.4, 7.61, y 7.69, respectivamente. Presentan una estrecha relación con la profundidad: a mayor profundidad mayor porcentaje. El sedimento donde se encuentran es limo-arcilloso para las tres estaciones.

***Nonionella basispinata*** (Cushman y Moyer)

*Nonion pizarrense* Berry var. *basispinata* Cushman y Moyer, 1930, Contr. Cushman Lab. Res., vol. 6, p. 54, lam. 7, figs. 18 a-b.

Distribuida sólo en las estaciones 24, 26 y 34 con porcentajes de abundancia relativa altos (Tabla V). Se caracterizan por estar muy cerca entre sí, a una profundidad muy similar (39.6 y 44 m) y en sedimento limo-arcilloso.

***Triloculina inornata*** d' Orbigny

*Triloculina inornata* d' Orbigny, 1846, Foram. Foss. Bass. Tert. Vienne, p. 279, pl. 17, figs. 16-18.

Los ejemplares de esta especie se localizan sólo en tres estaciones, con un porcentaje de abundancia relativo alto y a una profundidad de aproximadamente 45m, aunque muy distantes una de otra.

## **APENDICE C**

- X.3 a) Lista de referencia de descripciones originales del total de la fauna de foraminíferos bentónicos.**
- b) Comentario.**
- c) Lista de referencia para control de los cambios en la nomenclatura.**

**a) Lista de referencia de descripciones originales del total de la fauna de foraminíferos bentónicos.**

***Alveolophragmium columbiensis*** (Cushman).

= *Haplophragmoides columbiense* Cushman, 1925, Cushman Lab. Foram. Research, Contr., v. 1, p. 39, pl. 6, fig. 2.

***Ammonia beccarii*** (Linné) variants

= *Nautilus beccarii* Linné, 1758, Syst. Nat., ed. 10, p. 710.

***Bolivina spissa*** Cushman

= *Bolivina subadvena* Cushman var. *spissa* Cushman, 1926, Cushman Lab. Foram. Research, Contr., v. 2, pt. 2, p. 45, pl.6, fig.8.

***Brizalina pacifica*** Cushman and McCulloch

= *Bolivina pacifica* Cushman and McCulloch, 1942, Allan Hancock Pacific Expeds., v. 6, no. 4, p. 185, pl. 21, figs. 2-3.

***Bulimina marginata*** d'Orbigny, 1826, Ann. Sci. Nat., Foraminifères, ser. 1, v. 7, p. 269, no. 4, pl. 12, figs. 10-12.

***Cancris auriculus*** (Fitchel and Moll)

= *Nautilus auriculus* Fitchel and Moll, 1798, Test Micr., var.  $\alpha$  p. 108, pl. 20, figs. a-c; var.  $\beta$ , p. 110, pl. 20, figs. d-f.

***Cassidulina californica*** Cushman and Hughes, Contrib. Cushman Lab. Foram. Res., vol. I, pt. I, 1925, p. 12, pl. 2, fig. I.

***Cassidulina limbata*** Cushman and Hughes, 1925, Cushman Lab. Foram. Res., Contr., vol. I, no. 5, p. 12, pl. 2, fig. 2.

***Cassidulina tortuosa*** Cushman and Hughes, 1925, Cushman Lab. Foram. Res., Contr., vol. I, no. 5, p. 14, pl. 2 fig. 4.

***Cibicides fletcheri*** Galloway and Wissler, 1927, Jour. Pal., vol. 1, no. I, p. 64, pl. 10, figs. 8-9.

***Cibicides mckannai*** Galloway and Wissler, 1927, Jour. Paleontology, v. 1, no. 1, p. 65, pl. 10, figs. 5,6.

***Elphidium translucens*** Natland, 1938, Scipps Inst. Oceanography, Bull., tech. ser., v. 4, no. 5, p. 144, pl. 5, figs. 3-4.

***Epistominella*** cf. *E. sandiegoensis* Uchio, 1960, Cushman Found. Foram. Research, Spec. Pub. 5, p. 68, pl. 9, figs. 6,7.

***Fissurina*** cf. *F. lucida* (Williamson)

=*Entosolenia marginata* (Montagu) var. *lucida* Williamson, 1848, p. 17, pl. 2, fig. 17.

=*Entoselenia lucida* (Williamson). Cushman and Gray, 1946, p. 30, pl. 5, figs. 16-18.

***Globobulimina pacifica*** Cushman, 1927, Cushman Lab. Foram. Research, Contr., v. 3, p. 67, pl. 14, fig. 12.

***Gyroidina gemma*** Bandy, 1953, Jour. Pal., vol. 27, no. 2, p. 179, pl. 23, fig. 4.

***Hanzawaia nitidula*** (Bandy)

=*Cibicidina basiloba* (Cushman) var. *nitidula* Bandy, 1953, Jour. Paleontology, v. 27, no. 2, p. 178, pl. 22, fig. 3.

***Lagena hispidula*** Cushman, 1913, U.S. Nat. Mus., Bull. no. 71, pt. 3, p. 14, pl. 5, figs. 1-2.

***Lagena striata*** (d'Orbigny): Todd and Low, 1967: A25, pl.3: fig.20.

***Lagena sulcata*** (Walker and Jacob)

= *Lagena spicata* Cushman and McCulloch, 1950, Allan Hancock Pacific. Exped., vol. 6, no. 6, p. 360, pl. 48, figs. 3-7.

***Miliolinella oblonga*** (Montagu)

=*Vermiculum oblongum* Montagu, 1803, p. 522, pl. 14, fig. 9.

***Nonionella basispinata*** (Cushman and Moyer)

=*Nonion pizarrensis* Berry var. *basispinata* Cushman and Moyer, 1930, Cushman Lab. Foram. Research, Contr., v. 6, p. 54, pl. 7, fig. 18.

***Nonionella stella*** Cushman and Moyer

=*Nonionella miocenica* Cushman var. *stella* Cushman and Moyer, 1930, Cushman Lab. Foram. Research, Contr., v. 6, p. 56, pl. 7, fig.17.

***Oolina costata*** (Williamson)

=*Entosolenia costata* Williamson, 1858, p. 9, pl. 1, fig. 18.

***Pateoris suborbicularis*** (d'Orbigny)

=*Triloculina suborbicularis* D'ORBIGNY (1826) (nom. nud.), p. 300, no. 12.

=*Triloculina suborbicularis* D'ORBIGNY, 1839, p. 177, pl. 10, figs. 9-11.

=*Triloculina suborbicularis* d'Orbigny. CUSHMAN and VALENTINE, 1930, p. 16, pl. 3, fig. 2.

***Pullenia quinqueloba*** (Reuss)

=*Nonionina quinqueloba* Reuss, 1851, Zeitschrift deut. Geol. Ges., v. 3, p. 71, pl. 5, fig. 31.

***Quinqueloculina angulostriata*** Cushman and Valentine

=*Quinqueloculina angulo-striata* CUSHMAN and VALENTINE, p. 12, pl. 2, fig. 5.

***Quinqueloculina compta*** Cushman, 1947, Cushman Lab. Foram. Research, Contr., v. 23, pt. 4, p. 87, pl. 19, fig. 2.

***Quinqueloculina costata*** Terquem (1826) (nom. nud.), Tabl. Méth., p. 135 (301), no. 3, planches inédites, pl. 1, figs 11-13. Terquem, 1878, Soc. Géol. France, Mém., Sér. 3, tome 1, no. 3, p. 63, pl. 6, figs. 3-5.

***Quinqueloculina lamarckiana*** d'Orbigny, 1839, in De la Sagra, Hist. Phys. Pol. Nat. Cuba, Foraminifères, p. 189, pl. 11, figs. 14, 15.

***Quinqueloculina vulgaris*** d'Orbigny

***Quinqueloculina vulgaris*** D'ORBIGNY, 1826, p. 302, no. 33.

***Quinqueloculina vulgaris*** d'Orbigny. PARKER, JONES, and BRADY, 1871, pl. 8.

***Textularia schencki*** Cushman and Valentine group, 1930, Dept. Geol. Stanford Univ., Contr., v. 1, no. 1, p. 8, pl. 1, fig. 3.

***Trifarina angulosa*** (Williamson)

=*Uvigerina angulosa* Williamson, 1858, p. 67, pl. 5, fig. 140.

***Triloculina inornata*** d'Orbigny, 1846, p. 279, pl. 17, figs. 16-18.

***Trochammina pacifica*** Cushman, 1925, Cushman Lab. Foram. Research, Contr., v. 1, pt. 2, p. 39, pl. 6, fig. 3.

***Uvigerina pigmea*** d'Orbigny var. *curticosta*, Cushman 1927 SCRIIPS Inst. Oceanography, Bull., Tech. Ser., Vol 1, no.10, p. 157, pl. 4, fig. 1.

## **b) Comentario sobre los foraminíferos planctónicos encontrados:**

Dentro de los objetivos del presente trabajo no se contempló el estudio de los foraminíferos planctónicos, debido a que la manera de coleccionar las muestras se realiza con una técnica completamente diferente a la empleada para los foraminíferos bentónicos. Analizando cada una de las estaciones e identificando según Parker (1962), se observó la presencia de algunas especies características en las muestras de mayor profundidad, como son:

***Globigerina bulloides*** d'Orbigny

***Globigerina quinqueloba*** Natland

***Globigerinoides ruber*** d'Orbigny

***Orbulina universa*** d'Orbigny

***Hastigerina pelagica*** d'Orbigny

***Globorotalia truncatulinoides*** d'Orbigny

La asociación de estas especies, según Bradshaw (1959) dan como resultado una zona de transición (Fig. 19), aunque en algunas muestras se observa la presencia de foraminíferos de aguas frías, debido tal vez a la facilidad del transporte de éstos por las corrientes y a su capacidad de adaptación.

Además de las especies de foraminíferos ya descritas, se observaron pellets fecales en las estaciones 1 y 3, conteniendo gran cantidad de éstos. Según Moore (1939) estos pellets fecales los podemos clasificar como de tipo ovoide (Fig. 7).

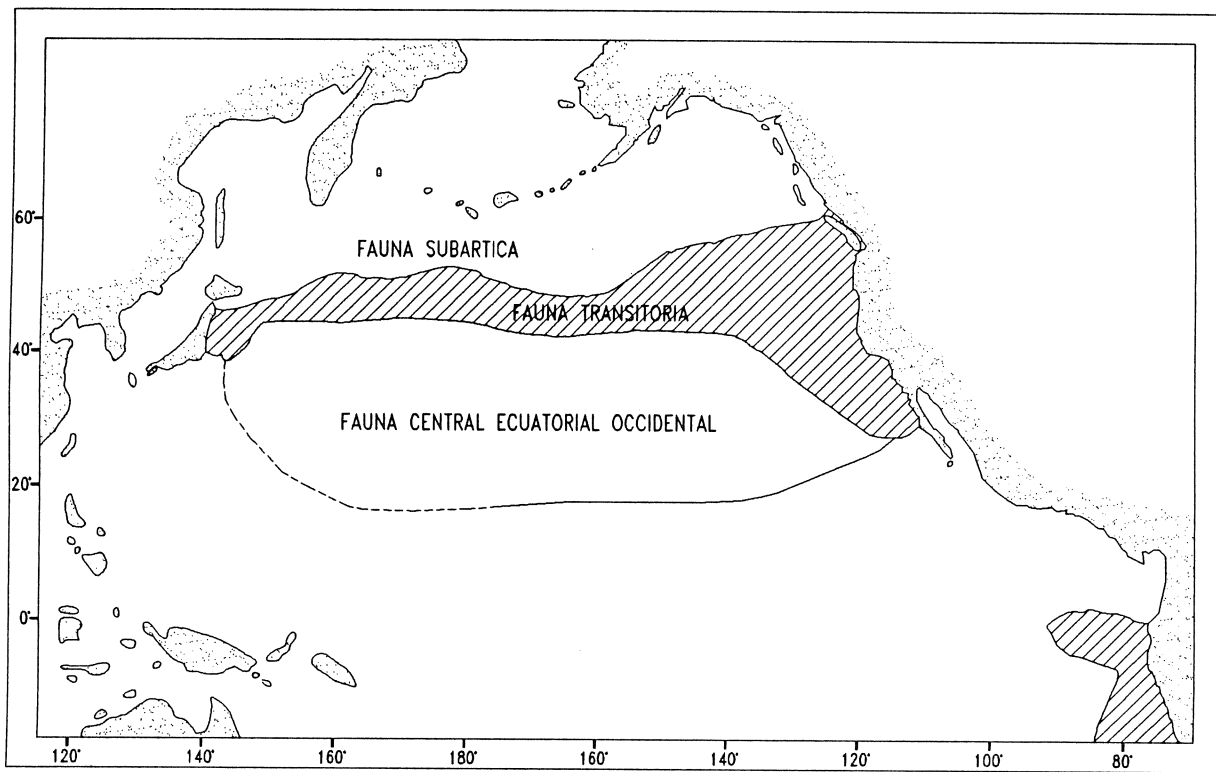


Fig. 19. Distribución generalizada de los foraminíferos planctónicos en el Pacífico Norte basada en muestras planctónicas (según Bradshaw, 1959; tomada de Boltovskoy, 1965).

Lista que muestra los cambios de nomenclatura original de las diferentes estaciones por números (como se muestra en la Figura 1).

Nueva nomenclatura (usada en este estudio)	Nomenclatura anterior (usada por Química-I.I.O.)
1	D
2	C
3	B
4	C
5	A
6	D
7	B
8	A
9	H
10	G
11	F
12	K
13	J
14	I
15	26
16	27
17	28
18	L
19	M
20	N
21	O
22	P
23	Q
24	R
25	S
26	T
27	U
28	V
29	W
30	X
31	Y
32	Z
33	8
34	11

nota: los números 1, 2, 3, 5, 16, 17, 33 y 34 (en la columna izquierda) son estaciones que pertenecen al crucero ECOBAC-III y el resto al ECOBAC-I.