

15  
rej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**  
Departamento de Biología

**"INFLUENCIA DE LAS VENTILAS HIDROTERMALES SOBRE  
LOS FORAMINIFEROS BENTONICOS DE LA CUENCA DE  
GUAYMAS, MEXICO"**

**Tesis que presenta**

**ADRIANA LILIA AYALA LOPEZ**

*Biólogo*

Para optar por el título de Biólogo

México, D. F.

1987



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## C O N T E N I D O

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCION.....	1
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	3
MARCO AMBIENTAL.....	5
Clima.....	5
Oceanografía.....	7
Oxígeno disuelto en la subsuperficie.....	10
Condiciones hidrológicas a grandes profundidades.....	11
Características generales de los sedimentos del Golfo de California.....	12
Carácter general de los sedimentos de la Cuenca de Guaymas.....	14
CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES DE LAS VENTILAS HI- DROTERMALES.....	17
Naturaleza geológica de las ventilas hidrotermales.....	18
Depósitos minerales de las ventilas hidro- termales.....	19
Ecosistemas de las ventilas hidrotermales.....	20
Ventilas hidrotermales de la Cuenca de Guaymas...24	

<b>CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS FORAMINIFEROS.....</b>	<b>25</b>
Posición taxonómica.....	25
Diagnosís.....	26
Célula.....	26
Testa.....	28
Cámaras.....	30
Aberturas.....	32
Aspectos considerados para la clasificación de los foraminíferos.....	33
Habitat.....	35
Nutrición.....	36
Reproducción.....	37
Medio físico.....	39
Temperatura.....	39
Salinidad.....	40
Oxígeno.....	41
Sustrato.....	42
Carbonato de Calcio.....	43
Luz.....	44
Predación.....	44
Importancia.....	44
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>48</b>
Tratamiento de las muestras.....	48
Manejo de datos.....	53

RESULTADOS Y DISCUSION.....	55
CONCLUSIONES.....	72
RECOMENDACIONES.....	74
LITERATURA CITADA.....	75

FIGURAS:

1. Localización geográfica de la Cuenca de Guaymas en el Golfo de California y Diagrama de Rasgos Tectónicos.....	4
2. Variaciones en el patrón circulatorio superficial del Golfo de California.....	8
3. Distribución General de los sedimentos en el Golfo de California.....	13
4. Morfología externa e interna de los foraminíferos.....	27
5. Ciclo reproductor de un foraminífero.....	38
6. Localización de los núcleos utilizados en este trabajo.....	46
7. Mapa amplificado de la localización de los núcleos utilizados en el presente trabajo.....	56
8. Tasa: Porcentaje de foraminíferos teñidos sobre porcentaje de foraminíferos no teñidos en cada muestra.....	57
9. Histograma que muestra la "abundancia" de los Factores (Conjuntos) en cada muestra usando los datos de los foraminíferos teñidos.....	59
10. Histograma que muestra la "abundancia" de los Factores (Conjuntos) en cada muestra usando los datos de foraminíferos no teñidos.....	62
11. Diagrama de correlación entre el Factor 1 teñido y el Factor 1 no teñido.....	63
12. Diagrama de correlación entre el Factor 2 teñido y el Factor 2 no teñido.....	63

13. Histograma que muestra la "abundancia" de los Factores (Conjuntos) en cada muestra usando los datos de foraminiferos teñidos y no teñidos.....	65
14. Histograma que muestra la abundancia relativa de especies que presentan generalmente individuos pequeños.....	68
15. Distribución geográfica de los conjuntos de foraminiferos (Factores) en la región de las ventilas hidrotermales.....	70

**TABLAS:**

1. Localizaciones.....	47
2. Lista de especies que constituyen el Cuadro Taxonómico de Referencia.....	52

**APENDICES:**

1. Notas Taxonómicas.....	83
2. MATRIZ VARIMAX DE FACTORES.....	93

LAMINAS 1-4.....	98-101
------------------	--------

## B E S U M E N

Se hace una descripción de aspectos biológicos de los foraminíferos bentónicos y del ambiente oceanográfico de la Cuenca de Guaymas.

La comunidad de foraminíferos bentónicos de la Cuenca está influenciada por la actividad de las ventilas hidrotermales, lo que se refleja tanto en la composición de especies, como en la distribución geográfica y estratigráfica de los conjuntos de foraminíferos.

Utilizando el "Análisis de Factores" en su modo Q se definieron cuatro conjuntos de foraminíferos: uno distribuido principalmente cerca y alrededor de los montículos hidrotermales; otro desarrollado conspicuamente lejos de la influencia de las ventilas y otros dos que corresponden a estos conjuntos, pero alterados por disolución.

*Uvigerina peregrina curtica* (Cushman) y *Oridorsalis umbonatus* (Reuss) son componentes importantes del conjunto que habita cerca de las ventilas, mientras que *Globobulimina pacifica* Cushman y *Valvulineria araucana* (d'Orbigny) contribuyen densamente en la composición del conjunto encontrado lejos de la influencia de las ventilas.

El análisis bioestratigráfico de cinco núcleos colectados con el sumergible "Alvin", dentro de la región hidrotermal, permite suponer que los restos de los foraminíferos han sufrido un proceso de disolución "selectiva". Sólo especies que generalmente presentan individuos pequeños, como *Bulimina spinosa* (Heron-Allen y Earland), *Cibicides* sp. y *Bolivina* sp.2 han sido preservadas en los sedimentos del subsuelo marino influenciados por la actividad hidrotermal. La distribución geográfica y estratigráfica de esas especies, permite deducir algunos aspectos paleoceanográficos, como es el caso de cambios en la intensidad o en la extensión del área de influencia de la actividad hidrotermal.

## A B S T R A C T

A description of biological aspects of benthonic foraminifera and of the oceanographic environment found in the Guaymas Basin are made.

The benthonic foraminiferal communities of the Guaymas Basin are influenced by the activity of the hydrothermal vents. It is reflected by the specific composition and by the geographic and stratigraphic distribution of the foraminiferal assemblages.

Four assemblages of benthonic foraminifera and their distribution were defined employing the "Factor Analysis", in its 0 mode. One of the assemblages is mainly distributed near and around the hydrothermal monticules; another is conspicuously developed away from the vents and the other two correspond to the assemblages just described, but altered by dissolution.

*Uvigerina peregrina curticostrata* (Cushman) and *Oridorsalis umbonatus* (Reuss) make a significant contribution to the composition of the assemblage living near the vents and *Globobulimina pacifica* Cushman and *Valvulineria araucana* (d'Orbigny) heavily contribute to the composition of the foraminiferal assemblages living out of the influence of the vents.

Biostratigraphic analysis of five cores, collected using the submersible "Alvin", within the hydrothermal region, suggest that the foraminiferal shells have been affected by a "selective dissolution process". Only species generally represented by small specimens, such as *Bulimina spinosa* (Heron-Allen and Earland), *Cibicides* sp. and *Bolivina* sp. 2, have been preserved in the sediments of the sea floor affected by hydrothermal activity. The geographic and stratigraphic distribution of these species allows the deduction of some paleoceanographic aspects, such as changes in intensity or the extension in the area of influence of the hydrothermal activity.

## I N T R O D U C C I O N

Las ventilas hidrotermales fueron descubiertas por R. Ballard y colaboradores en 1977, como resultado de su interés por aumentar la comprensión de los procesos tectónicos responsables de la formación del nuevo piso oceánico, en la Cordillera Meso-Océanica del Pacífico Oriental, en una región próxima al Ecuador (Ballard, 1984). En esta expedición, por primera vez se observó una comunidad de organismos bentónicos de tamaños y abundancia insólitos, que viven alrededor de las ventilas hidrotermales. Tal hecho propició una búsqueda más intensa de localidades donde se presentase este fenómeno y así se descubrieron las de la Cuenca de Guaymas en 1980 (Lonsdale, 1980). Estas consecuentemente, han sido objeto de estudio para muchos investigadores. Recientemente, se realizó un taller para analizar los resultados de las investigaciones realizadas en 1985 (Ayala-Castañares y Grassle, Eds, 1987).

Los grupos de organismos que han sido reconocidos y estudiados en las ventilas son: bacterias, poganóforos, anélidos poliquetos, moluscos bivalvos y crustáceos

decápodos (Soto y Molina-Cruz, 1986). Sin embargo, no hay prácticamente estudios detallados de foraminíferos. Estos organismos son importantes, ya que sus testas preservadas en los sedimentos, permiten hacer interpretaciones tanto ecológicas como paleoceanográficas.

El objetivo principal de este estudio, es definir como las ventilas hidrotermales afectan la distribución y composición de los conjuntos de foraminíferos bentónicos que habitan la Cuenca de Guaymas. Tal objetivo se alcanza utilizando un Método Matemático, conocido como "Análisis de Factores" en su modo Q (Imbrie y van Andel, 1964; Klovan e Imbrie, 1971; Rummel, 1970; Kim, 1978).

Además, se deducen algunos aspectos de la evolución de la dinámica de las ventilas hidrotermales, conociendo cual es su influencia sobre los foraminíferos bentónicos.

### DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La Cuenca de Guaymas está situada en la porción central del Golfo de California (Fig 1), y por tener comunicación directa con el resto de las cuencas, muchas de sus condiciones ambientales son originadas fuera de ella. Por tal motivo, es pertinente hacer una descripción de las características oceanográficas del golfo en general.

El Golfo de California se localiza en el noroeste de México, entre los 23° y 32° de latitud norte y los 107° y 117° longitud oeste. Es un mar adyacente que está limitado al oeste por la Península de Baja California y al este por los estados de Sonora y Sinaloa . Tiene una longitud aproximada de 1,400 Km y una anchura promedio de 100-150 Km; cubriendo una área de cerca de 210,000 Km<sup>2</sup> .

El golfo se comunica en su porción sur con el Océano Pacífico y está constreñido en su porción norte por varias islas, entre las que destacan la de Tiburón y Angel de la Guarda.

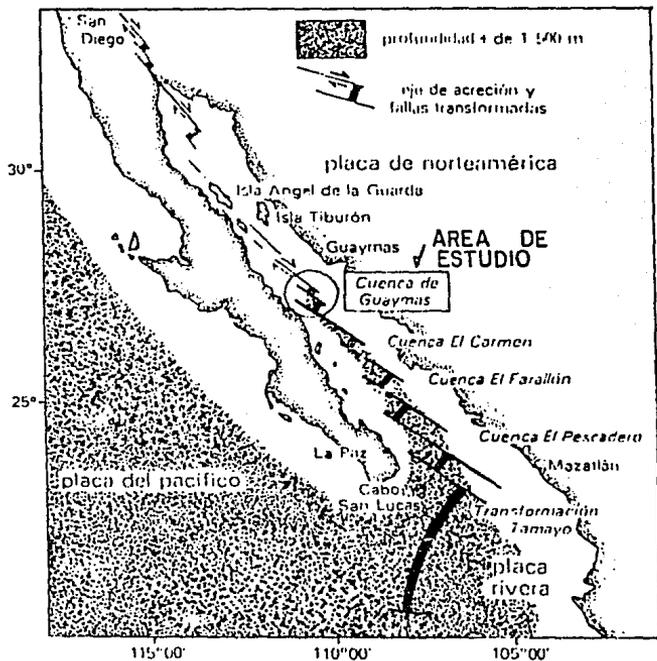


FIGURA 1. Localización geográfica de la Cuenca de Guaymas en el Golfo de California y Diagrama de Rasgos Tectónicos (Curry y otros miembros de la etapa 64 del "Deep Sea Drilling Project").

Generalizando la batimetría (Bischoff y Niemitz, 1980), el Golfo de California está dividido en una zona profunda en el sur, con taludes de fuertes pendientes, y en una zona poco profunda en el norte. Las áreas más profundas son una serie de cuencas cerradas, que de norte a sur son: Wagner, Delfín, Tiburón, Salsipuedes, San Pedro Martir, Guaymas, Carmen, Farallon, Pescadero y Mazatlán; variando las profundidades entre 180 y 3,600 m.

La Cuenca de Guaymas se localiza en la región central del Golfo de California, presenta una forma ovoide irregular y su profundidad máxima es de 2,000 m.

## MARCO AMBIENTAL

### Clima

El Golfo de California, a pesar de su continua comunicación con el Océano Pacífico, experimenta un clima de tipo continental. Esto es debido a su forma alargada y a que se encuentra situada entre 2 zonas áridas: Al este la porción continental y al oeste la Península de Baja California, en donde hay una cadena montañosa casi continua

que reduce el efecto termorregulador del Océano Pacífico sobre el golfo. Este tipo de clima se manifiesta presentando grandes rangos en los registros de temperatura del aire y en los marino-superficiales; tanto diurnos como anuales.

En invierno y principios de primavera, (entre noviembre y mayo), predominan los vientos del noroeste, la temperatura del aire desciende hacia el interior del golfo y las diferencias de temperatura entre la costa oeste y este de la Península de Baja California son pequeñas.

En verano y principios del otoño, predominan los vientos del sureste, se incrementa la temperatura del aire hacia el interior del golfo y las diferencias de temperatura entre la costa este y oeste de la Península de Baja California exceden los 10° C. Algunas veces se presentan ciclones durante los meses de julio a octubre.

La porción norte del Golfo de California presenta un clima seco desértico, con una precipitación anual menor de 10 cm por año. En la porción sureste, la precipitación se incrementa hasta cerca de 100 cm por año. La mayoría de las lluvias en el golfo caen entre los meses de junio y octubre, aunque en el tercio norte, se presentan lluvias

invernales. Respecto a las áreas de tierra adyacentes, la lluvia aumenta con la altitud, alcanzando en las montañas de Baja California un máximo de 25 a 75 cm por año (Roden, 1964).

Medidas directas de estaciones costeras, indican que el promedio de evaporación anual fluctúa entre 200 y 250 cm por año, ocurriendo la mínima en invierno y la máxima en verano.

#### Oceanografía

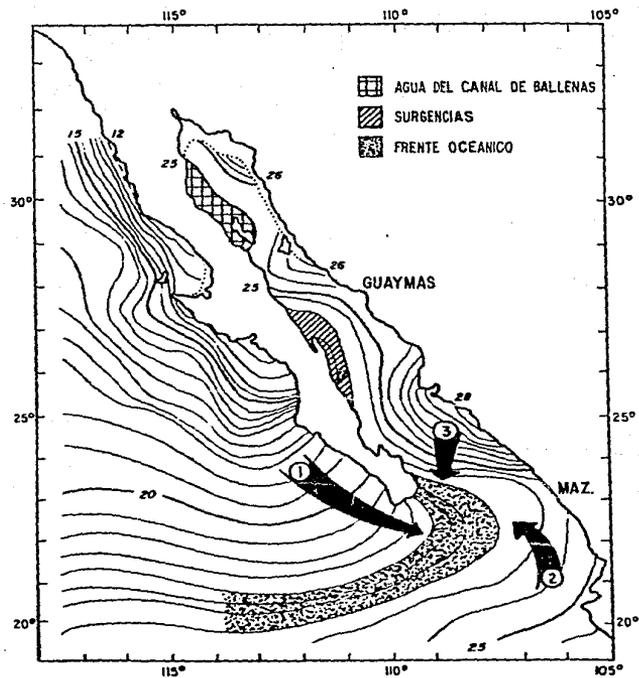
En el Golfo de California, el patrón circulatorio superficial está controlado básicamente por los vientos. En invierno los vientos soplan del noroeste y en verano del sureste; estos vientos y sus cambios de dirección producen surgencias en ambos lados del golfo y son responsables también del intercambio de agua hacia adentro y fuera del golfo. Así, bajo los vientos del noroeste, el flujo en la superficie es hacia afuera, mientras que en las profundidades hay un flujo hacia adentro del golfo.

Con los vientos del sureste, según Robinson (1973), hay un flujo hacia el interior del golfo en la superficie y uno hacia afuera en las profundidades (fig 2).

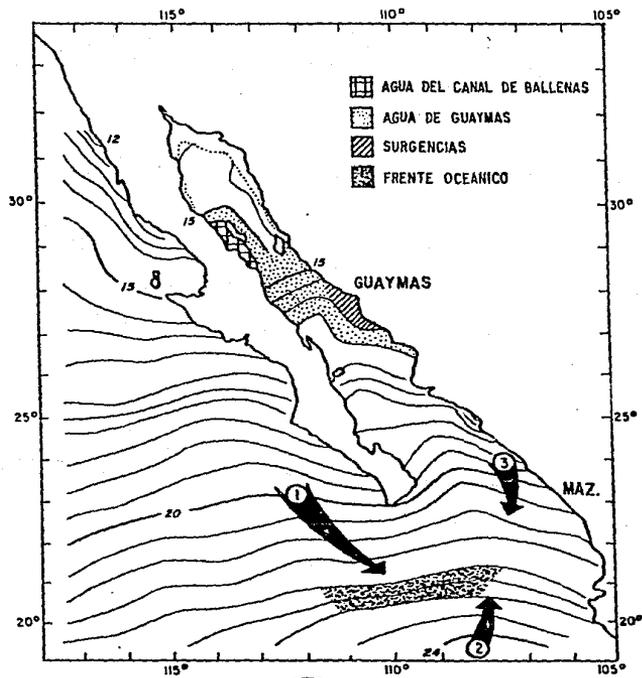
FIGURA 2. Variaciones en el patrón circulatorio superficial del Golfo de California. (Molina-Cruz, 1987; Robinson, 1973). A) Verano (julio); B) Invierno (febrero).

Significado de las flechas:

1. Corriente de California.
2. Agua del Pacífico Tropical Oriental.
3. Agua del Golfo.



(A)



(B)

Dir. F.A.V.L.

En la boca del golfo se definen tres masas de agua superficiales (Fig.2): 1) el agua fría ( $T \sim 18-20^{\circ} \text{C}$ ) y de baja salinidad ( $S < 34.6$  o/oo) de la corriente de California, 2) el agua cálida ( $T \sim 24-28^{\circ} \text{C}$ ) y medio salina ( $34.65 \text{ o/oo} < S < 34.9$  o/oo) del Pacífico tropical oriental en la porción sureste de la boca y 3) el agua cálida ( $T \sim 25-30^{\circ} \text{C}$ ) y altamente salina ( $S > 34.9$  o/oo) originada en el interior del golfo.

El encuentro en la boca del golfo de tres tipos de agua distintos, origina la formación de gradientes térmicos horizontales conocidos como "Frentes Oceánicos".

Debajo de estas masas de agua superficiales, se han identificado descendientemente en la columna hidrográfica las siguientes masas de agua: 1) el agua subtropical ( $T \sim 14-24^{\circ} \text{C}$  y  $S \sim 34.8$  o/oo); 2) el agua antártica intermedia ( $T \sim 5^{\circ} \text{C}$  y  $S \sim 34.5$  o/oo) y 3) el agua profunda del Pacífico ( $T \sim 2-3^{\circ} \text{C}$  y  $S \sim 34.68$  o/oo).

En el interior del Golfo de California se distinguen dos fenómenos circulatorios importantes: 1) procesos de mezcla intensos, causados por las fuertes corrientes de marea, particularmente en el Canal de Ballenas y 2) surgencias costeras intensas.

Las fuertes corrientes de marea en el Canal de Ballenas son originadas por el "estrangulamiento" de estas corrientes, lo que origina la mezcla con aguas relativamente más frías de la subsuperficie; por ello, en la región del Canal de Ballenas se observan temperaturas más frías que en las regiones circundantes. Las surgencias en la región oriental de la Cuenca de Guaymas y en las costas de Sonora y Sinaloa se llevan a cabo bajo la influencia de los vientos invernales y las surgencias de las costas de Baja California se presentan bajo la influencia de vientos de verano.

Las mezclas de agua que ocurren en el Golfo de California provocadas por la formación de Frentes Oceánicos, fenómenos de surgencias y fuertes corrientes de marea, inducen a una regeneración de nutrientes en la superficie, lo que conlleva a que la productividad primaria en el golfo sea muy abundante.

#### Oxígeno Disuelto en la Subsuperficie

La baja concentración de oxígeno disuelto es característica de las aguas subsuperficiales (400-1000 m) del Golfo de California y del Pacífico del sur de México.

En la parte central del golfo se registran capas de oxígeno mínimo con un contenido de menos de 0.2 ml/l entre los 400 y 800 m de profundidad; en la región sur, el oxígeno mínimo alcanza valores de menos de 0.1 ml/l entre los 200 y 600 m de profundidad.

#### Condiciones Hidrológicas a Grandes Profundidades

Por debajo de los 1000 m hay una temperatura menor a 4°C y una salinidad que fluctúa entre 34.57 y 34.63 o/oo. Entre los 2500 y 3000 m hay una temperatura menor de 1.8°C y de los 3000 m al fondo, la temperatura se incrementa de nuevo a una tasa de 0.1°C/1000m (Roden, 1964).

Respecto al contenido de oxígeno disuelto, se observa que las concentraciones se incrementan de cerca de 0.2 ml/l a los 1000 m, a cerca de 2.4ml/l a los 4000 m, en la parte norte. Sin embargo, en la parte central del golfo, las concentraciones de oxígeno en el fondo son mucho menores que en profundidades comparables (2000m) fuera (Roden, 1964).

### Características generales de los sedimentos del Golfo de California

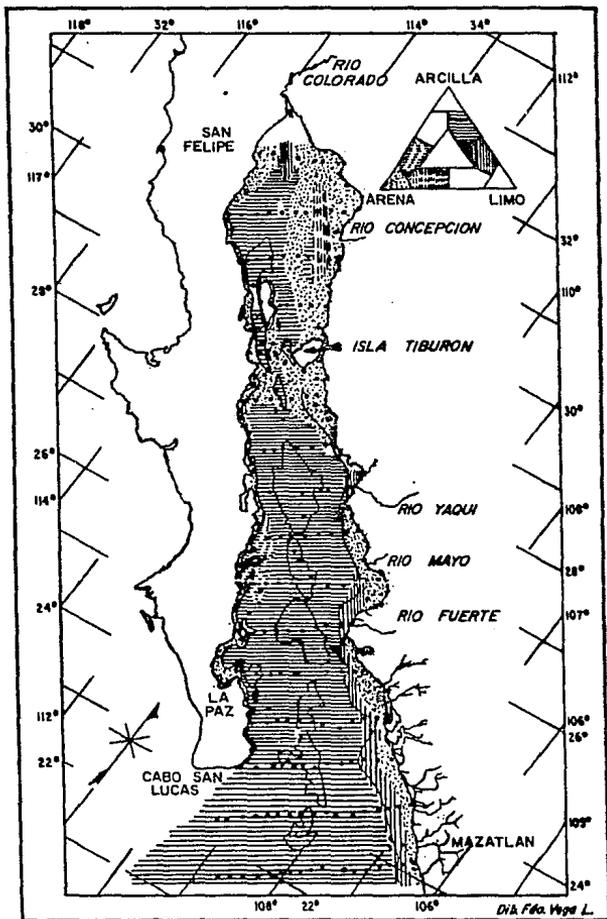
Los sedimentos del Golfo de California se caracterizan en general por la abundancia de arcillas limosas (van Andel, 1964), con cantidades variables de arenas de diferentes tamaños de clástico (fig 3).

Las partes profundas del golfo (> 400 m) están cubiertas con limos y arcillas, mientras que las partes someras (<200 m) están cubiertas por sedimentos arenosos. Esto último es obvio, por ejemplo, en la parte norte del golfo delimitada por las grandes islas: Angel de la Guarda y Tiburón.

En la parte central y sur del golfo, las arenas sólo se presentan en los márgenes. El cinturón de arena es estrecho y calcáreo en el lado oeste y más ancho y predominantemente terrígeno a lo largo del margen este.

En las cuencas y en el talud, ocasionalmente se presentan capas delgadas de arena intercaladas con arcillas limosas. Arenas-limo-arcillosas y arenas limosas cubren algunos bancos y montículos marinos.

**FIGURA 3. Distribución General de los sedimentos en el Golfo de California. (Van Andel, 1964).**



### Carácter de los Sedimentos en la Cuenca de Guaymas

En base al trabajo de Aguayo (1984) en la Cuenca de Guaymas, se pueden distinguir tres provincias mayores de sedimentación, considerando su carácter textural y su posición estructural:

a) Provincia de Valles Activos por Deriva que son centros de distensión de la cuenca, por donde es expulsado el magma que constituye el nuevo fondo. Por lo tanto, no es sorprendente encontrar flujos hidrotermales. Estos presentan una secuencia de fangos diatomeáceos intercalados con arenas limosas finas a muy finas, pobremente clasificadas y con tendencia hacia los tamaños finos.

b) Provincia de Fondo Océanico, se caracteriza por ser un lugar de alta sedimentación, en el que los sedimentos terrígenos se depositan con mayor frecuencia que en otro tipo de provincias.

c) Provincia de Talud. En esta provincia, la ocurrencia de una capa de oxígeno mínimo en la columna de agua, incidiendo sobre el piso marino, propicia la estructuración de laminaciones ("varves") en los sedimentos (Calvert, 1964). En estos existe una alternancia rítmica de fangos diatomeáceos, sin evidencias de bioturbación, y terrígenos con laminación gradual y cruzada.

Los sedimentos terrigenos son el producto del intemperismo y la erosión de las rocas que afloran tanto en el margen occidental del continente, en los estados de Sonora y Sinaloa como en el margen oriental de la Peninsula de Baja California; siendo la intensidad de erosión diferente en ambos lados.

Los sedimentos provenientes del continente, son transportados directamente hasta el fondo de la cuenca, debido a que el talud continental en ambos márgenes alcanza una pendiente de hasta 70 grados. Según Aguayo (1984), las fuentes de aporte son básicamente rocas ígneas extrusivas de composición básica e intermedia y en menor proporción rocas plutónicas y ácidas.

Los principales mecanismos de transporte y depósito, por medio de los cuales los sedimentos terrigenos alcanzan el fondo marino en la Cuenca de Guaymas, son tres:

- 1) Suspensión y deslizamiento de partículas individuales
- 2) Deslizamiento de masas de sedimento
- 3) Corrientes de turbidez

Los sedimentos terrigenos son el producto del intemperismo y la erosión de las rocas que afloran tanto en el margen occidental del continente, en los estados de Sonora y Sinaloa como en el margen oriental de la Peninsula de Baja California; siendo la intensidad de erosión diferente en ambos lados.

Los sedimentos provenientes del continente, son transportados directamente hasta el fondo de la cuenca, debido a que el talud continental en ambos márgenes alcanza una pendiente de hasta 70 grados. Según Aguayo (1984), las fuentes de aporte son básicamente rocas ígneas extrusivas de composición básica e intermedia y en menor proporción rocas plutónicas y ácidas.

Los principales mecanismos de transporte y depósito, por medio de los cuales los sedimentos terrigenos alcanzan el fondo marino en la Cuenca de Guaymas, son tres:

- 1) Suspensión y deslizamiento de partículas individuales
- 2) Deslizamiento de masas de sedimento
- 3) Corrientes de turbidez

En particular en la Cuenca de Guaymas, los sedimentos son transportados del continente hasta la zona litoral principalmente por el Rio Yaqui, el cual drena sus sedimentos con poca dispersión lateral en el fondo de esta cuenca.

En algunos lugares, los sedimentos se depositan transitoriamente en un complejo deltáico, formando dunas litorales. Después, los productos detríticos son acarreados dentro de las cuencas oceánicas por las corrientes de marea, por la acción del oleaje, por las corrientes litorales, por el viento y a veces por las tormentas.

Estratigráficamente hablando, en la parte sur de la Cuenca de Guaymas, se observa que la parte superior es litológicamente más uniforme que la inferior; consistiendo de fangos diatomeáceos muy bioturbados, con intercalaciones de turbiditas compuestas por limo grueso arcilloso y diatomeáceo, de limos arenosos y de arena muy fina-arcillosa. En la parte basal, hay dolerita sepultada por fangos de diatomeas finamente laminados y caliza limosa con intercalaciones de arena limosa de grano medio. También hay limo arcilloso diatomeáceo.

## CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS VENTILAS HIDROTERMALES

Las ventilas hidrotermales se manifiestan generalmente, como un flujo en forma de chorro, el que deposita a su alrededor principalmente, compuestos de sulfuros polimetálicos de fierro y manganeso que constituyen montículos de sedimentos. Dichos minerales se precipitan progresivamente, formando estructuras espirales parecidas a chimeneas y cuya altura fluctúa entre 1 y 5 m.

A partir de 1978, se han descubierto depósitos de sulfuros polimetálicos a lo largo de la cordillera meso-oceánica del Pacífico, a los 13° y a los 21° de latitud norte, en la Cuenca de Guaymas y en la Cordillera de Juan Fuca (frente a la costa sur-occidental de Canadá). En general, la composición mineralógica de los depósitos en cada localidad es parecida, aunque hay algunas diferencias en la concentración de ciertos metales como zinc, cobre, plata, etc.

### Naturaleza Geológica de las Ventilas Hidrotermales

Los estudios geológicos de las Cordilleras Meso-Oceánicas, han demostrado que en el seno de la mayoría de las fallas, fracturas o fisuras, existe una manifestación calorífica importante (Soto y Molina-Cruz, 1986).

El agua del fondo del mar que baña a las cordilleras Meso-Oceánicas presenta temperaturas que en raras ocasiones sobrepasan los 4 °C. Sin embargo, cuando esta agua se filtra en fisuras o fracturas, donde hay una gran concentración de energía calorífica, se calienta alcanzando temperaturas que a veces van más allá de los 250 °C.

Debido a esta condición, el agua disminuye su densidad y brota en forma de "chorro" desde el fondo del mar, alcanzando alturas hasta de 15 m. Puesto que la emanación al escapar del fondo del mar forma un rasgo morfológico parecido a una ventila o una chimenea, los científicos se refieren a este fenómeno como "ventilas" o "chimeneas hidrotermales".

### Depósitos Minerales en las Ventilias Hidrotermales

El agua de mar que se filtra en las fisuras del basamento no sólo alcanza una temperatura mayor, sino que disuelve algunas de las sales y minerales que constituyen el material ígneo; formando principalmente, sulfuros, hidróxidos y silicatos de hierro y manganeso.

De acuerdo a Bonatti (1983), los depósitos hidrotermales se clasifican en cuatro tipos: de predescarga, de desfogue, de posdescarga e intrasedimentarios.

Los de predescarga ocurren en las fisuras o fracturas, esto es, son depositados antes de que el agua hidrotermal escape de las fisuras. Los de desfogue se generan a la salida de las ventilas o chimeneas y son los que generalmente alcanzan mayores concentraciones, formando montículos. Esto es porque cuando la solución hidrotermal sale de la ventila, se mezcla de manera muy rápida con el agua de mar adyacente, acelerando la disminución de su temperatura y ocasionando la precipitación de los minerales que están disueltos en ella.

Los depósitos de posdescarga se constituyen porque no todos los minerales que salen de las chimeneas se precipitan inmediatamente, algunos son acarreados en suspensión por corrientes submarinas o mecanismos de difusión hacia otras regiones, donde luego se depositan.

Los depósitos intrasedimentarios son los formados por reacciones físico-químicas entre la solución hidrotermal y los sedimentos originados en otra fuente, por ejemplo, la descarga fluvial hacia el océano o una lluvia de restos de organismos desde la superficie del mar.

#### Ecosistemas de las Ventilias Hidrotermales

Los ecosistemas abisales se caracterizan por tener valores de densidad y biomasa bajos, pero con una gran diversidad específica (Grassle, 1985). Además, en ellos los procesos biológicos como tasa metabólica y crecimiento son lentos comparados con los de los ecosistemas de aguas someras. Por ello, la presencia de densas poblaciones de organismos bentónicos agrupados alrededor de las ventilias hidrotermales causó gran asombro a los exploradores submarinos, principalmente debido a que las condiciones ambientales en estos sitios son extremas: a) ausencia total

de luz; b) temperaturas inferiores a 4° C; c) presiones hidrostáticas mayores a 1000 bares y d) emanaciones del piso oceánico de fluidos "tóxicos", tal como ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S).

2

Por lo tanto, surgieron dos hipótesis que trataron de explicar el enigma: una de ellas establece que, como consecuencia del flujo térmico por las ventilas hidrotermales, se origina una corriente convectiva que concentra nutrientes dispersos en aguas adyacentes; y la segunda establece que la formación de compuestos orgánicos se deriva de la actividad quimiosintética de bacterias sulfurosas, capaces de obtener energía química de la oxidación del ácido sulfhídrico.

Este ácido, altamente tóxico para la mayoría de los sistemas vivos, puede alcanzar concentraciones de 350 a 650 micromoles/litro en las áreas directamente expuestas a las emanaciones hidrotermales (Soto y Molina-Cruz, 1986).

La energía liberada por la oxidación de los compuestos a base de sulfuros (H<sub>2</sub>S, S<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) es empleada por las bacterias para reducir el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a carbono orgánico (CH<sub>2</sub>O), a través de la vía enzimática del

2

Ciclo de Calvin (Somero, 1984; Jannasch, 1983).

Actualmente, gracias a los resultados de investigaciones bioquímicas y microbiológicas, se han podido aportar evidencias que apoyan la segunda hipótesis; la cual postula la función quimiosintética de bacterias libres y simbióticas como base de la cadena trófica en la comunidad hidrotermal.

Los sistemas de ventilas hidrotermales, a lo largo de la Cordillera Meso-Oceánica del Pacífico, presentan una alta afinidad faunística y comparten una serie de características:

- 1) Valores de biomasa (g/m<sup>2</sup>) significativamente mayores a los de aguas abisales adyacentes.
- 2) La presencia de estos sistemas está íntimamente relacionado con la ocurrencia de fenómenos hidrotermales y con las emisiones de fluidos sulfurosos.
- 3) Los organismos que integran la comunidad hidrotermal presentan un acentuado gigantismo que los distingue de sus congéneres más próximos.
- 4) La diversidad específica se estima pobre en relación con la que se podrá esperar en una comunidad de infauna abisal.

5) La composición faunística es esencialmente constante; como principales componentes están: el pogoñóforo *Riftia*, los anélidos poliquetos *Alvinella* y *Paralvinella*, los moluscos bivalvos *Calyptogena* y *Bathymodiolus* y los crustáceos decápodos *Munidopsis*, *Cynagrea* y *Bathygraea*.

Desde un punto de vista habitual, las condiciones que prevalecen en los sistemas de ventilas hidrotermales se consideran desfavorables para la proliferación de vida. Entonces, los organismos que habitan en estos sistemas son aquellos que presentan adaptaciones de tipo anatómico, trófico, fisiológico, bioquímico y conductuales propicias. Esto les ha permitido colonizar en forma exitosa las áreas en donde se presenta el fenómeno hidrotermal. Tal hecho es evidente, por ejemplo, en el pogoñóforo *Riftia pachyptila* (Jones, 1980) y en la almeja *Calyptogena magnifica*, en los que su supervivencia se debe entre otras cosas, al desarrollo de una relación simbiótica con bacterias sulfo-oxidativas alojadas en sus tejidos. Sin embargo, todavía se desconoce la forma de respuesta de muchos organismos que integran la comunidad de las ventilas hidrotermales, al efecto tóxico de los sulfuros presentes en la columna de agua inmediata, a las altas temperaturas, etc.

Tal es el caso de los foraminíferos bentónicos, los cuales no han sido estudiados detalladamente; por lo que este trabajo constituye un primer paso al respecto.

#### Ventilas Hidrotermales en la Cuenca de Guaymas

La Cuenca de Guaymas incluye dos pequeños segmentos del eje de dispersión que separa la placa de Norteamérica de la placa tectónica del Pacífico. (Fig. 1)

Los segmentos de este eje de dispersión están desalineados, uno respecto al otro, por una serie de fallas geológicas del tipo transformado, dispuestas escalonadamente (geológicamente "en echelon"). Como el eje de dispersión de la Cuenca de Guaymas es muy joven, éste se manifiesta por la presencia de ventilas hidrotermales intrasedimentarias. Así, la solución hidrotermal originada en el basamento igneo reacciona con los sedimentos acarreados desde los márgenes continentales y con precipitados provenientes desde la superficie del mar, formando depósitos minerales y condiciones que resultan propicias para el desarrollo de comunidades bentónicas.

## CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS FORAMINIFEROS

En virtud de que los foraminiferos son sujetos de estudio en este trabajo, se considera pertinente proporcionar información general sobre el grupo; ésta se basa en los estudios de: Boersma (1978), Boltovskoy (1965), Brasier (1980), Levine et al (1980), Loeblich y Tappan (1964), Phleger (1960) y Sen Gupta (1982).

### Posición Taxonómica

Los foraminiferos según Levine et al (1980), son organismos unicelulares, cuya posición taxonómica es la siguiente:

REINO Protista  
SUBREINO Protozoa  
PHYLUM Sarcomastigophora  
SUBPHYLUM Sarcodina  
SUPERCLASE Rhizopoda  
CLASE Granuloreticulosea  
ORDEN Foraminiferida  
SUBORDENES Allogromiina  
Textulariina  
Fusulinina  
Miliolina  
Rotaliina

### Diagnosís:

Los foraminíferos son protozoarios que viven en el plancton o en el piso marino. Están formados por una sola célula cuyo protoplasma está embebido en una testa o caparazón de composición variada: materia orgánica secretada (tectina), minerales secretados (calcita, aragonita o sílice) o de partículas aglutinadas. Esta testa consiste de una o varias cámaras que se interconectan por una abertura llamada foramen o muchas aberturas (foramina). El protoplasma se extiende hacia afuera de la testa a través de una abertura y rodea al caparazón en una masa de pseudópodos que se anastomosan y forman una red (Fig 4).

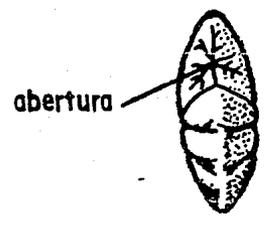
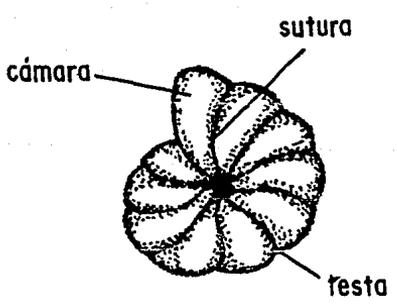
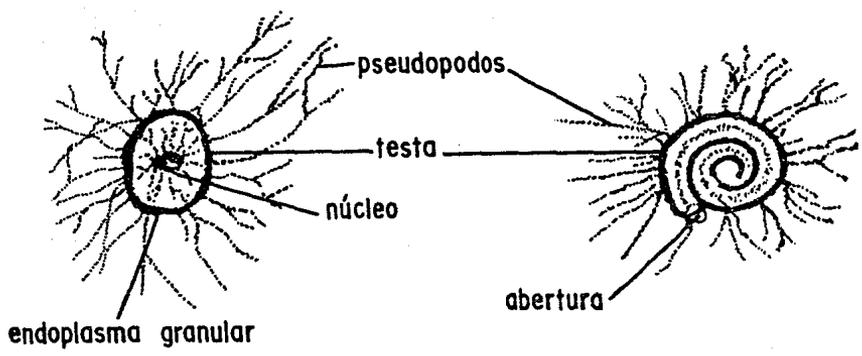
Su reproducción es por alternancia de generaciones sexual y asexual, de las cuales una puede estar secundariamente reprimida.

### Célula.

Los foraminíferos son organismos unicelulares, eucariontes, cuyo cuerpo blando está constituido por protoplasma y contiene uno o varios núcleos.

El protoplasma se divide en un citoplasma interno llamado endoplasma y un citoplasma externo llamado ectoplasma. El endoplasma, de color oscuro, se encuentra dentro del caparazón y contiene vacuolas digestivas, aparato de golgi, mitocondrias y núcleo(s). El ectoplasma está en contacto con el ambiente, es

FIGURA 4. Morfología Externa e Interna de los Foraminíferos  
(Basado en Brasier, 1980).



DIB. F.A.V.L.

el que segrega la testa y lleva a cabo los intercambios del microorganismo con el ambiente. Forma pseudópodos largos que se anastomosan y forman una red, estos pseudópodos captan el alimento, eliminan los desechos y también son utilizados para el movimiento y la fijación.

### Testa

La composición de la pared, así como la estructura (tamaño, arreglo, y forma de las cámaras, aberturas y ornamentación) de la testa, son rasgos morfológicos importantes para la clasificación del grupo.

Los foraminíferos pueden construir las paredes de sus testas cementando granos exógenos, segregando carbonatos o bien por la combinación de estos dos procesos. Este hecho permite separarlos en cuatro grupos:

#### a) Pared Orgánica.

Las testas de este tipo son muy delgadas, de un material protéico o pseudoquitinoso llamado Tectina. Los foraminíferos del suborden Allogromina presentan este tipo de pared. Un material parecido a la tectina, secretado también por el foraminífero, se presenta como forro delgado en las cámaras de la mayoría de los foraminíferos que poseen testas duras y sirve como patrón o base para la mineralización.

b) Pared Aglutinada.

Los foraminíferos que tienen este tipo de pared, cementan partículas por medio del protoplasma extralocular en una capa de tectina. Los granos que constituyen la pared pueden ser: partículas minerales como arenas, testas de otros microorganismos, microgránulos de calcita, sílice, o material ferroginoso.

Algunas especies seleccionan los granos de un tamaño y composición particular para formar su testa. La mayoría, no son selectivas y emplean cualquier partícula del sustrato. Los foraminíferos del suborden Textulariina presentan este tipo de pared.

c) Pared Microgranular.

Se caracteriza por presentar partículas microgranulares de calcita cementadas por material calcáreo, lo que le da apariencia azucarada. Los foraminíferos del suborden Fusulinina tienen este tipo de pared.

d) Pared Calcárea.

Presentan cantidades variables de Magnesio-calcita o aragonita. Se encuentran dos tipos: las hialinas y las porcelanáceas.

Las testas calcáreas hialinas se caracterizan por poseer

perforaciones minúsculas en la pared y su apariencia es cristalina, transparente. El suborden Rotaliina tiene caparazones con este tipo de pared.

Las paredes calcáreas tipo ~~porcelanáceas~~ tienen una apariencia brillante, lisa, y suave como resultado de la orientación de los cristales submicroscópicos de calcita. Estos cristales pueden disponerse al azar o bien ordenadamente; ambos patrones, sin embargo, dan a la testa una apariencia suave y opaca con luz polarizada. Tal pared se encuentra en los foraminíferos del suborden Miliolina.

La superficie externa de la testa, además puede tener diferentes ornamentaciones, como espinas, quillas, rugosidades, estrias, costillas, protuberancias, etc.

Respecto a la función de la testa, parece ser que ésta le da estabilidad al organismo, protección y resistencia.

### Las Cámaras

Las testas de los foraminíferos pueden consistir de una sola cámara (unilocular) o de 2 o más cámaras (multilocular). En las primeras, el crecimiento de la cámara se lleva a cabo junto con el crecimiento del protoplasma. En las formas multiloculares el crecimiento de la testa es peribídica, es decir, una cámara nueva

y más grande es adicionada a intervalos "regulares", una vez que el citoplasma ha salido a través de la abertura.

La cámara inicial o proloculum es, la mayoría de las veces, esférica u ovalada con una abertura. El resto de las cámaras tienen formas muy variadas: pueden ser tubulares, esféricas, angulares, ovaladas, cónicas, biconvexas, etc., pero cada cámara se interconecta con la otra por medio de una o varias aberturas. Estas cámaras se disponen en una gran variedad de patrones con respecto a la primera, y es lo que se conoce como arreglo o distribución de las cámaras; siendo las más comunes: uniserial (arreglo en una sola hilera), biserial (con dos cámaras por hilera), planispiral (enrollada en un sólo plano), trocospiral (arreglo helicoidal), etc.

El lugar donde una cámara se une con otra es el área de sutura y representa una línea de unión proyectada hacia la superficie de la testa. Estas suturas pueden ser simples líneas al ras de la superficie o bien estar ornamentadas, indentadas, levantadas y hasta reforzadas con calcita (limbadas).

La forma de las cámaras individuales, su arreglo y orientación determinan el aspecto final de la testa del foraminífero.

### Aberturas.

La abertura principal se encuentra en la pared de la última cámara y sirve para conectar a los pseudópodos con el endoplasma, permitiendo así el paso de comida, el de vacuolas contráctiles, núcleo(s) y la liberación de las células hijas.

Las aberturas varían en tamaño y forma, esta última en general está en función de la morfología de la cámara en la cual se localiza. Las aberturas pueden ser únicas o múltiples en número y terminales, aéreas, basales, umbilicales, extraumbilicales o suturales en cuanto a su posición. Su forma puede ser muy variable: redondeada, radiada, con cuello de botella, cribada, cruciforme, etc. Estas aberturas también pueden estar modificadas por la presencia de un labio, diente, placa, etc. Cuando además de la abertura principal se presentan una o más aberturas en una cámara, se dice que son aberturas suplementarias.

Algunas especies presentan poros redondos, alargados o irregulares. Estos perforan las testas y varían en tamaño, forma y distribución.

### Aspectos Considerados para la Clasificación de los Foraminíferos

Las clasificaciones antiguas sólo se basaban en características morfológicas de la testa; sin embargo, las clasificaciones más recientes intentan ser más "naturales", por lo que incluyen un mayor número de criterios. Entre ellos los siguientes en orden jerárquico:

- 1.- Composición mineralógica o química de la pared y su microestructura
- 2.- Arreglo de las cámaras y estructura septal
- 3.- Características aperturales y modificaciones
- 4.- Forma de las cámaras
- 5.- Hábitos de vida y habitats
- 6.- Características protoplásmicas
- 7.- Cambios ontogenéticos y morfogenéticos
- 8.- Procesos reproductivos
- 9.- Distribución estratigráfica

El orden Foraminiferida comprende 5 subórdenes, según Loeblich y Tappan (1964):

#### . Suborden Allogromina

Testa membranosa o de tectina, con material ferroginoso, o raramente con pequeñas cantidades de material aglutinado.

Presentan una s3la c3mara.

Con una superfamilia: Lagynacea. Ej: *Allogromia*

. Suborden Fusulinina

Testa primitivamente de calcita microgranular.

En las formas m3s avanzadas, dos o m3s capas diferenciadas en la pared de la testa.

Con 3 superfamilias: Parathuramminacea, Endothyracea y Fusulinacea. Ej: *Fusulina* y *Endothyra*.

. Suborden Miliolina

Testa porcelan3cea, perforada o no, con una capa interna de tectina.

Tiene una superfamilia: Miliolacea. Ej: *Triloculina*, *Quinqueloculina*, *Pyrgo*, etc.

. Suborden Rotaliina

Testa calc3rea hialina, perforada.

Con 12 superfamilias: 1) *Spirillinacea*; 2) *Nodosariacea*; 3) *Buliminacea*; 4) *Duostominacea*; 5) *Robertinacea*; 6) *Discorbacea*; 7) *Globigerinacea*; 8) *Rotaliacea*; 9) *Orbitoidacea*; 10) *Cassidulinacea*; 11) *Nonionacea*; 12) *Carterinacea*.

Ej: *Uvigerina*, *Bolivina*, *Cassidulina*, *Globigerina*, etc.

.Suborden Textulariina

Testa aglutinada con material extraño sostenido por varios tipos de cemento.

Con 2 superfamilias: Ammodiscacea y Lituolacea. Ej: Ammodiscus, Textularia, etc.

Habitat

Existen foraminiferos planctónicos y bentónicos.

Los foraminiferos planctónicos son organismos que habitan en aguas marinas y no toleran aguas dulces ni aguas sobresaturadas de sales.

Los foraminiferos bentónicos viven en el suelo marino. Están distribuidos en todas las profundidades de los océanos del mundo, inclusive en zonas muy someras sometidas únicamente a inundaciones periódicas. Presentan más especies que los planctónicos. En aguas salobres, sólo se encuentran foraminiferos bentónicos eurihalinos, es decir que soportan variaciones de salinidad a veces muy grandes, sin experimentar daño alguno (Boltovskoy, 1965).

A los foraminiferos bentónicos se les divide en dos grupos, los que se mueven libremente y aquellos que están adheridos al sustrato. La variabilidad de condiciones ambientales en el fondo da lugar a una gran diversidad de foraminiferos bentónicos, pudiendo ser desde cosmopolitas hasta endémicos.

Los foraminíferos bentónicos habitan principalmente en la parte superficial del fondo marino y pueden penetrar en los sedimentos sólo hasta una profundidad relativamente insignificante: unos 5 cm; aunque se ha demostrado que pueden vivir hasta profundidades de 16 cm dentro del sedimento (Boltovskoy, 1966; Schafer, 1971; Buzas, 1974).

#### Nutrición

Los foraminíferos se alimentan atrapando pequeños organismos y partículas con sus pegajosos pseudópodos (cuyo movimiento es debido al flujo del citoplasma). Las partículas de alimento son digeridas fuera de la testa en una vacuola digestiva. Los productos de la digestión y las vacuolas digestivas pasan luego al endoplasma por medio de los pseudópodos a través de la abertura de la testa. De igual manera, el material que se excreta se aglomera en pequeñas partículas que son extraídas del endoplasma por medio de los pseudópodos y liberadas en el agua o sustrato.

Varias especies de foraminíferos planctónicos y bentónicos se asocian con algas simbióticas, las cuales proveen de nutrientes a los foraminíferos por medio de la fotosíntesis.

Los requerimientos alimenticios varían entre las especies, pero en general incluyen: bacterias, diatomeas, algas, otros protozoarios, pequeños crustáceos, moluscos, nemátodos y otros invertebrados.

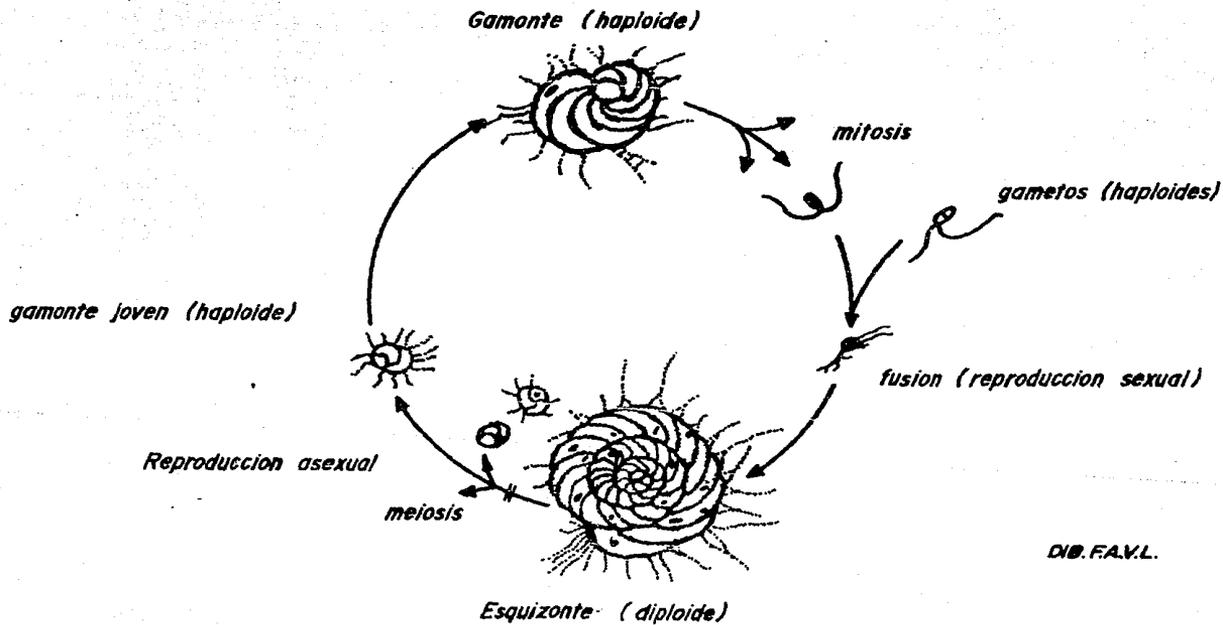
### Reproducción

La reproducción entre los foraminíferos es muy variable. Algunas especies se reproducen sólo asexualmente, mientras que otras presentan una alternancia de generaciones. Las dos generaciones que se presentan son: una gamonte, haploide, que se reproduce sexualmente -mediante gametogamia, gamontogamia o autogamia- con la formación de gametos (fase sexual) y una generación esquizonte, diploide, que se reproduce asexualmente, en general mediante fisión múltiple (fase asexual) (Fig.5).

La mayoría de los foraminíferos son dimórficos, como resultado de esta alternancia de generaciones. Los individuos de la generación gamonte son más comunes y generalmente más pequeños, tienen un sólo núcleo y la cámara inicial (proloculum) es relativamente grande, por lo que se le llama forma Megalosférica.

Los de la generación esquizonte son más grandes, tienen varios núcleos y el proloculum muy pequeño, por lo que se ha

FIGURA 5. Ciclo reproductor de un Foraminífero, que muestra la alternancia de generaciones sexual (gamonte) y asexual (esquizonte). (Brasier, 1980).



DIB. FAVL.

denominado forma Microsférica.

Las parejas dimórficas se encuentran en las formas pequeñas de foraminíferos bentónicos y no se han identificado en los foraminíferos planctónicos.

La reproducción asexual es la forma dominante de incrementar la población cuando las condiciones ambientales son favorables (Buzas y Sen Gupta, 1982); usualmente asociadas con un incremento en el suministro de nutrientes.

#### Medio Físico

Los estudios sobre ecología de foraminíferos han realizado su valor como indicadores paleoambientales; por lo tanto, es importante definir que factores ambientales pueden tener influencia directa o indirecta sobre ellos.

Algunos factores reconocidos que afectan la distribución de los foraminíferos son: temperatura, salinidad, oxígeno, características del sustrato, nutrientes, luz, relaciones alimenticias, etc.

#### Temperatura

La temperatura es uno de los factores físicos más importantes que influyen en la distribución de las especies de

foraminíferos. En general, puede afirmarse que la temperatura es un factor que controla las actividades vitales de los foraminíferos y que condiciona su distribución geográfica y en sentido vertical en la columna de agua. Además, puede influir en los cambios de tamaños y ser causa de otras modificaciones morfológicas.

Los foraminíferos son poiquilotermos, es decir, la temperatura de su cuerpo es similar a la del agua circundante.

El rango de temperatura en el océano abarca generalmente de  $-2$  a  $30^{\circ}\text{C}$ , mientras que en las aguas costeras (incluyendo salobres) es de  $-2$  a  $43^{\circ}\text{C}$ . Las especies de foraminíferos bentónicos están presentes en todos los regímenes de temperatura dentro de estos rangos, pero su tolerancia es muy variable.

La distribución geográfica a gran escala, de los conjuntos de foraminíferos bentónicos, se relaciona claramente con la temperatura, particularmente durante sus épocas de reproducción (Boltovskoy, 1965; Brasier, 1980; Sen Gupta, 1982).

### Salinidad

La mayoría de los foraminíferos están adaptados a una salinidad marina promedio, de cerca de 35 o/oo. Es en estas condiciones en donde se encuentran los conjuntos de foraminíferos

con más alta diversidad; sin embargo, hay especies eurihalinas que se ajustan a cambios de salinidad desde 2 o/oo hasta 70 o/oo (Boltovskoy, 1965).

Las variaciones de salinidad producen diferentes tipos de respuestas en estos organismos, pero afectan de manera general, las actividades vitales, la distribución geográfica y producen algunas modificaciones morfológicas. Los foraminíferos bentónicos, en particular, están protegidos en grado variable de cambios drásticos en la salinidad del agua, debido a la influencia del sustrato.

#### Oxígeno

Una alta productividad orgánica implica un alto consumo del oxígeno disuelto en el agua, dando lugar como consecuencia, al florecimiento de bacterias anaerobias en el fondo marino y a la producción de H<sub>2</sub>S.

Al parecer, un bajo contenido de oxígeno (menor de 2 ml/l), no afecta de manera grave a los foraminíferos, pero si se manifiesta en una reducción en la diversidad y en alteraciones en la morfología de algunas especies (Boltovskoy, 1965; Sen Gupta, 1982).

La incidencia de capas de agua conteniendo una baja concentración de oxígeno sobre el margen continental, produce

cambios bruscos en la diversidad y composición de grupos de foraminíferos bentónicos (Bolik y Phleger, 1977; Ingle, Keller y Kolpack, 1980).

Algunas especies tolerantes a condiciones de oxígeno mínimo pertenecen a los géneros *Bolivina*, *Bulimina* y *Suggrunda* y se presentan en formas pequeñas, con testas delgadas poco ornamentadas.

#### Sustrato

Como los foraminíferos bentónicos se presentan tanto en la epifauna como en la infauna, hasta aprox. los 16 cm de profundidad en el subsuelo (Boltovskoy, 1966; Schafer, 1971; Buzas, 1974), las características del sustrato ejercen una importante influencia en la distribución de algunas especies.

Las propiedades importantes del sustrato para el desarrollo de los foraminíferos son: la química del agua intersticial (incluyendo disponibilidad de oxígeno), el tamaño y densidad de los espacios o poros, y la cantidad y naturaleza de la materia orgánica (disponibilidad de nutrientes).

Los sustratos fangosos y limosos son generalmente ricos en desechos orgánicos y sus pequeños poros contienen gran cantidad de bacterias. Estos sustratos son muy atractivos para los

foraminíferos y sirven de soporte para grandes poblaciones. Las arenas y gravas, con grandes espacios, contienen pocos nutrientes y por lo tanto se presentan en ellas poblaciones poco densas (Brasier, 1980).

### Carbonato de Calcio

La solubilidad del carbonato de calcio es menor en aguas cálidas que en aguas frías, incrementándose con la presión (profundidad). Esto conduce a un decremento en el pH con la profundidad (Brasier, 1980).

El nivel en el cual la disolución del  $\text{CaCO}_3$  se iguala al suministro del mismo es llamado Profundidad de Compensación del Carbonato de Calcio (Brasier, 1980). Abajo de esta, se registra un descenso en el número de organismos calcáreos, pues ello afecta la formación de sus testas.

La profundidad de compensación del carbonato de calcio se presenta en promedio a 3500 m, por ello los foraminíferos aglutinados dominan las poblaciones abisales.

La resistencia a la disolución del carbonato de calcio en los foraminíferos varía de acuerdo a las especies, por la composición química y estructuración de las paredes de su testa.

### Luz

La intensidad luminosa no es un factor que controle la distribución de los foraminíferos de manera directa, pero si lo hace de manera indirecta, ya que algunos foraminíferos viven junto con algas simbióticas, las cuales requieren de luz para llevar a cabo la fotosíntesis.

### Predación

Los foraminíferos bentónicos sufren un alto riesgo de ser ingeridos por criaturas como gusanos, crustáceos, gasterópodos, equinodermos y peces, que se alimentan de los sedimentos y de organismos que están en la superficie del fondo marino, por lo que afectan su distribución (Brand y Lipps, 1982; Lipps y Valentine, 1970; y Brasier, 1980).

### Importancia

Los foraminíferos son utilizados principalmente para definiciones estratigráficas y biogeográficas a través de especies índices. Esto es debido a su tamaño, abundancia, amplia distribución, gran diversidad, y porque la mayoría de las especies son fósiles.

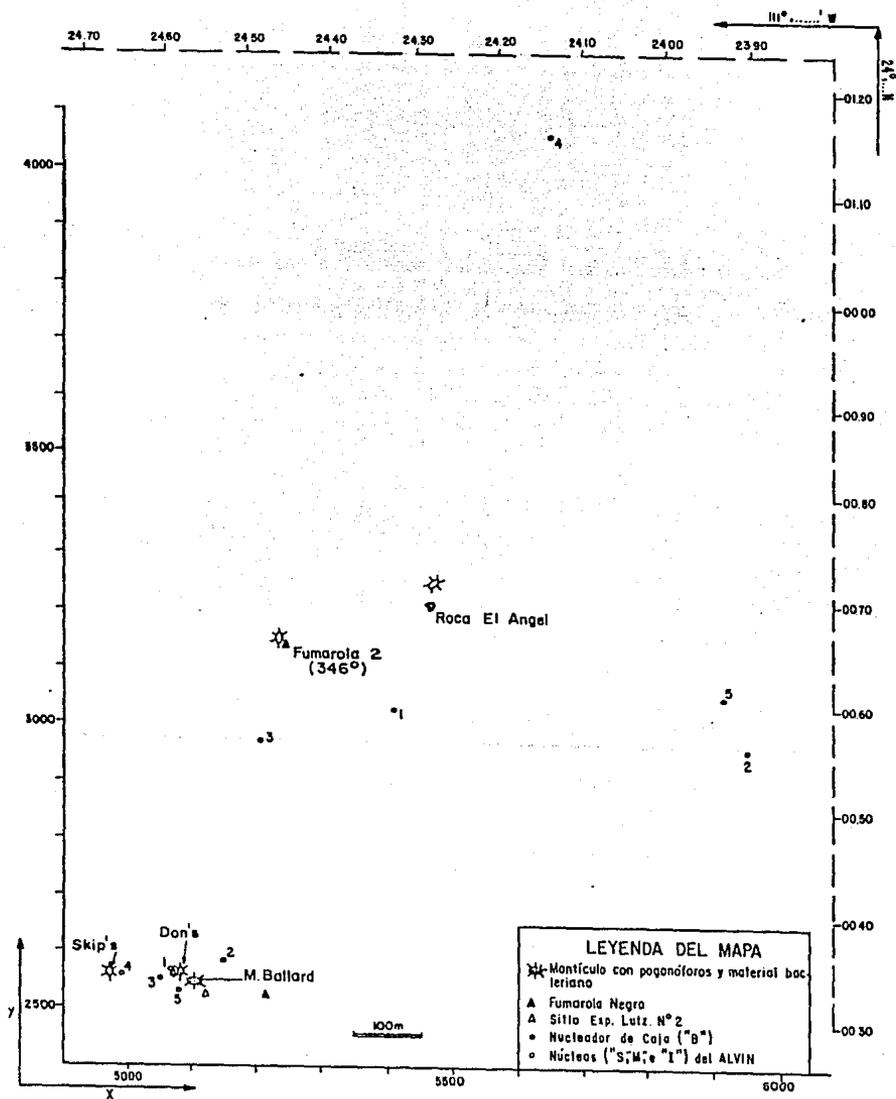
Los foraminíferos planctónicos proveen las bases para importantes esquemas de correlación intercontinentales. Los foraminíferos bentónicos, por su parte, aunque tienen una

distribución más restringida, son de gran utilidad para correlaciones locales y a veces para correlaciones intercontinentales. La Industria petrolera los ha estudiado ampliamente.

La afinidad de los foraminíferos a determinadas condiciones de sedimentación o de masas de agua, permite hacer interpretaciones ecológicas, oceanográficas, paleoecológicas y paleoceanográficas.

Los foraminíferos pueden también, aportar información respecto a cambios evolutivos, contaminación ambiental, condiciones en las que se puede disolver el carbonato de calcio en el mar profundo, etc.

FIGURA 6. Localización de los núcleos utilizados en este trabajo. Los márgenes superior y derecho indican coordenadas geográficas; mientras que los márgenes inferior e izquierdo indican las coordenadas X-Y, referidas a un sistema trisponder usado para controlar la navegación del sumergible "ALVIN".



AL NAV, COORDENADAS x-y

TABLA 1

## LOCALIZACIONES

LOCALIDAD	COORDENADAS GEOGRAFICAS		SISTEMA X-Y (trispander)		PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE MUESTREO
	Latitud	Longitud				
I (niveles S,M e I)	24°00.35'N	111°24.58'W	50.72.3	2561.2	2000	Inmersión del "ALVIN"
2 (niveles S,M e I)	24°00.36'N	111°24.53'W	5150	2580	2001	Inmersión del "ALVIN"
3 (niveles S,M e I)	24°00.34'N	111°24.60'W	4989	2557	2041	Inmersión del "ALVIN"
4 (niveles S,M e I)	24°00.35'N	111°24.65'W	4989	2557	2041	Inmersión del "ALVIN"
5 (niveles S,M e I)	24°00.33'N	111°24.58'W	5080	2530	2000	Inmersión del "ALVIN"
B1	27°00.60'N	111°24.32'W	5409	3023	2000	Nucleador de Caja Reineck
B2	27°00.56'N	111°24.90'W	5950	2950	2028	Nucleador de Caja Reineck
B3	27°00.57'N	111°24.48'W	5208	2968	2000	Nucleador de Caja Reineck
B4	27°01.16'N	111°24.14'W	5645	4058	2015	Nucleador de Caja Reineck
B5	27°00.61'N	111°23.93'W	5925	3043	2020	Nucleador de Caja Reineck

## METODOLOGIA

Las muestras de sedimento fueron colectadas por el Dr. Adolfo Molina Cruz, director de esta tesis, durante la exploración submarina de los Sistemas de Ventiladas Hidrotermales de la Cuenca de Guaymas (Fig. 1), utilizando el B/O "Atlantis II" y el sumergible ALVIN, del Instituto Oceanográfico Woods Hole. Esta campaña se realizó durante los meses de julio y agosto de 1985, con la participación de investigadores del Instituto Oceanográfico Woods Hole y del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la U.N.A.M.

Se obtuvieron 5 núcleos de sedimentos con los brazos del "Alvin" alrededor de la zona de chimeneas hidrotermales y otras 5 muestras en una zona fuera de la influencia hidrotermal con un nucleador de caja tipo "Reineck", como punto de comparación (Fig. 6; Tabla 1). Las muestras fueron preservadas a bordo con formol al 4 %.

### Tratamiento de las Muestras.

Los núcleos tomados con el sumergible "Alvin" fueron llevados al laboratorio y se submuestrearon (40 cm) a lo largo, en tres

niveles: Superficial (S), Medio (M), e Inferior (I); cuya posición se da en la siguiente tabla:

Núcleo	*	Nivel Superficial (S) (cm)	Nivel Medio (M) (cm)	Nivel Inferior (I) (cm)	Longitud del Núcleo (cm)
N-1	1599	0-5 (S-1)	5-10 (M-1)	16.7-21.7 (I-1)	21.7
N-2	1600	0-5 (S-2)	5-10 (M-2)	18.5-23.5 (I-2)	23.5
N-3	1593	0-5 (S-3)	5-10 (M-3)	14.0-19.0 (I-3)	19.0
N-4	1602	0-5 (S-4)	5-10 (M-4)	14.5-19.5 (I-4)	19.5
N-5	1593	0-5 (S-5)	5-10 (M-5)	16.5-21.5 (I-5)	21.5

\* inmersión del Alvin No:

Las muestras provenientes del nucleador tipo Reineck (denotadas por una "B") pertenecen a la superficie y fueron submuestreadas (40cm<sup>2</sup>) y preservadas directamente a bordo.

En el laboratorio, todas las muestras se lavaron con agua corriente en un tamiz, cuya abertura de malla fué de 62 micras (0.0625 mm), con el propósito de eliminar el formol, así como limos y arcillas. Posteriormente, se vaciaron en una cápsula de porcelana y se dejaron secar en un horno, a una temperatura aproximada de 60 ° C.

Con el fin de determinar si los foraminíferos bentónicos habitan cerca de las ventilas hidrotermales, algunas de las muestras fueron tratadas con un colorante con el fin de tefir el protoplasma de los ejemplares que estaban vivos al momento de la colecta. Las muestras Superficiales ("S" y "B") e Inferiores ("I") se tifieron, mientras que las muestras del nivel Medio ("M") no fueron sujetas al proceso de tefido. Tal acción tuvo el propósito de observar si algunos ejemplares aparecían como tefidos, aún cuando no se les aplicó ningún colorante.

Siguiendo el criterio de Walker (1974), el colorante empleado fue Negro Sudán, el cual se preparó en una solución saturada con alcohol etílico al 70% y fue previamente calentado a 40 C, durante 5 minutos. Se aplicó a las muestras cubriéndolas, para después meterlas a baño maría a 40° C, durante 30 minutos. Posteriormente, fueron lavadas en un tamiz de 62 micras de abertura de malla, con una solución de alcohol etílico al 70% , para eliminar el exceso de colorante. Se dejaron secar al medio ambiente. Una vez secas, se vaciaron en frascos previamente etiquetados para su posterior estudio.

Para facilitar la separación de los foraminíferos de otras partículas sedimentarias y concentrarlos, las muestras se tamizaron a través de diferentes aberturas de

malla: 0.84 (No. 20), 0.42 (No.40), 0.25 (No.60), 0.17 (No. 80) y 0.149 (No.100). La mayoría de los individuos aparecieron en los tamices de 0.17 a 0.149 mm.

Se procedió después a separar los ejemplares de foraminíferos bentónicos en portaobjetos micropaleontológicos y a analizar el contenido de géneros y especies, utilizando un cuadro taxonómico de referencia (Tabla 2), que incluye 32 especies identificadas. Con base a él, se llevó a cabo un conteo y cálculo de los porcentajes correspondientes para cada especie. A los ejemplares no identificados se les consideró en un sólo grupo.

En cada caso se analizó el contenido de individuos teñidos y no teñidos.

TABLA 2.

## LISTA DE ESPECIES QUE CONSTITUYEN EL CUADRO TAXONOMICO DE REFERENCIA

ESPECIE	Página de Referencia	Lámina	Figura
1. <u>Bolivina seminuda</u> Cushman	2		
2. <u>Bolivina subadvena</u> Cushman	2		
3. <u>Bolivina</u> sp <sub>1</sub>	2		
4. <u>Bolivina</u> sp <sub>2</sub>	2	2	D
5. <u>Bolivina translucens</u> Phleger y Parker	2	3	A
6. <u>Bulimina mexicana</u> Cushman	3	3	B
7. <u>Bulimina spinosa</u> (heron Allen y Earland)	3	2	B
8. <u>Buliminella tenuata</u> Cushman	2		
9. <u>Cassidulina subcarinata</u> Uchio	4	3	C
10. <u>Chilostomella ovidea</u> Reuss	4		
11. <u>Cibicides</u> sp	4	2	C
12. <u>Epistominella smithi</u> (Stewart y Stewart)	3		
13. <u>Fissurina</u> sp	2	3	D
14. <u>Fursenkoina cornuta</u> (Cushman)	4		
15. <u>Fursenkoina rotundata</u> (Parr)	4		
16. <u>Globobulimina affinis</u> (d'Orbigny)	3	4	A
17. <u>Globobulimina pacifica</u> (Cushman)	3		
18. <u>Islandiella cushmani</u> (Stewart y Stewart)	2	4	B
19. <u>Oridorsalis umbonatus</u> (Reuss)	5	1	D
20. <u>Oridorsalis</u> sp	5		
21. <u>Pseudoparrela</u> sp <sub>1</sub>	3		
22. <u>Pseudoparrela</u> sp <sub>2</sub>	3		
23. <u>Quinqueloculina</u> sp	1	4	C
24. <u>Recurvoides</u> sp	1	4	D
25. <u>Reophax dentaliniformis</u> Brady	4		
26. <u>Suggrunda eckisi</u> Natland	4		
27. <u>Uvigerina peregrina</u> d'Orbigny	3	1	C
28. <u>Vulvulineria araucana</u> d'Orbigny	4	2	A
29. Forma "A"	5		
30. Forma "B"	5		
31. Forma "D"	5		
32. Forma "E"	5		
33. <u>Arenáceos</u> spp	5		

### Manejo de Datos

Excluyendo a las muestras del nivel medio (M), porque en ellas no es posible discriminar formas tejidas y no tejidas, los datos de porcentajes obtenidos para cada especie, en relación a una muestra poblacional (en general de 200 individuos), se manejaron matemáticamente por medio del "Análisis de Factores", en su modo Q (Imbrie y van Andel, 1964; Klován y Imbrie, 1971; Rummel, 1970). El modo Q implica que cada muestra está representada por una serie de vectores que están referidos a su vez a "Vectores Indices de Referencia". Estos vectores de referencia algunas veces son constituidos hipotéticamente; por tal motivo, son denominados Factores.

Los vectores de referencia o Factores son vectores resultantes, estructurados mediante muchos vectores componentes; los que a su vez, representan variables utilizadas en el estudio. En este caso la variable es la abundancia relativa de cada una de las especies consideradas.

Por lo tanto, el Análisis de Factores consiste en reducir la información compleja, expresada en Tablas de variables, a patrones simples (vectores) y más objetivos. Ello permite

establecer, por consiguiente, relaciones entre muestras que representan localidades geográficas o estratigráficas.

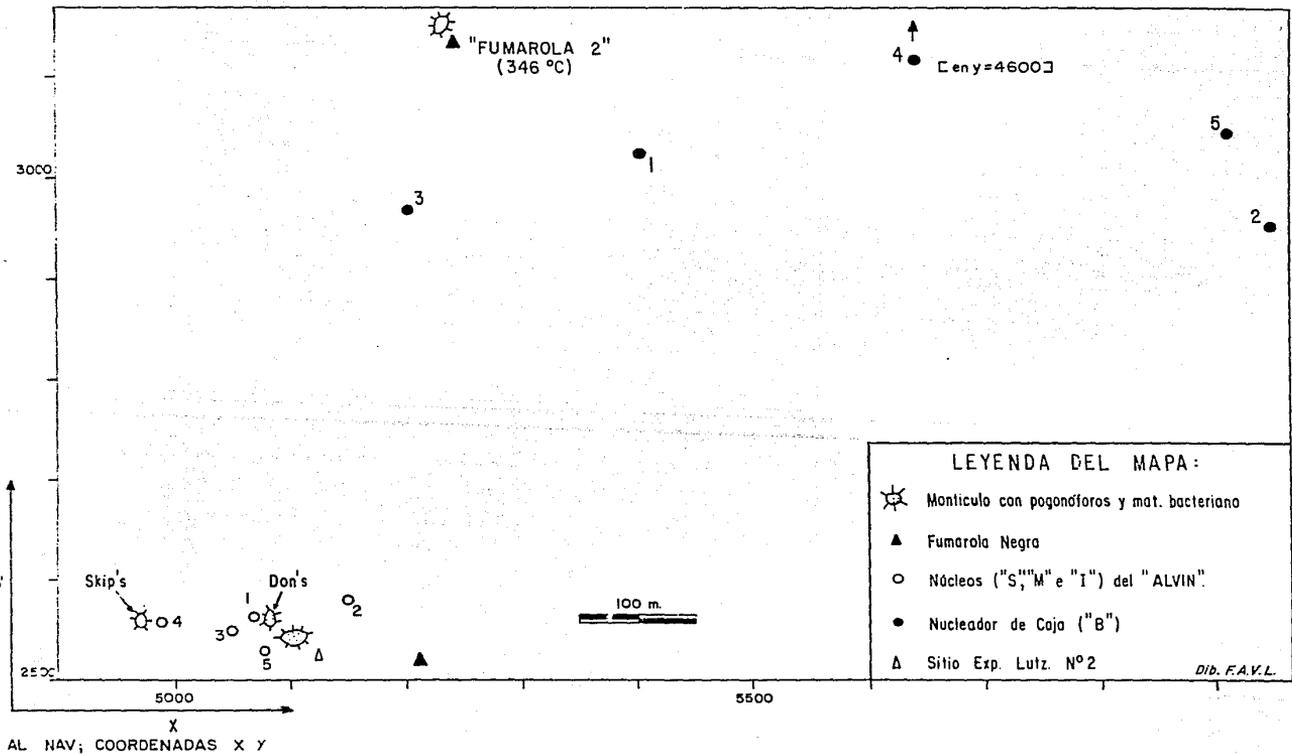
En este trabajo, el Análisis de Factores, en su modo Q, fue realizado utilizando el programa computacional elaborado por Kim (1978); y así, fue posible establecer afinidad entre localidades-muestras (Figs en el apéndice 2) y consecuentemente, describir áreas geográficas y estratigráficas con características "supuestamente-ambientales" similares. Dicha descripción se expresa mediante histogramas (Figs 9,10,13 y 14) y mapas (Fig.15).

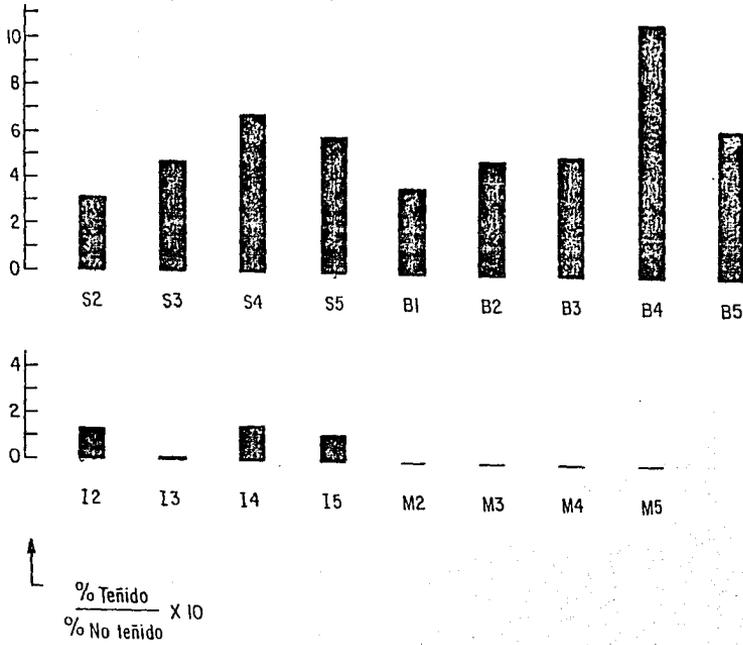
## RESULTADOS Y DISCUSION

La tinción de las muestras sedimentarias permitió hacer las siguientes observaciones:

- 1) Las muestras del núcleo 1 ("S", "M" e "I") del Montículo Dons (Fig.7) no contienen foraminíferos, ni restos de ellos.
- 2) En el nivel intermedio ("M"), ningún organismo aparece como teñido.
- 3) Cuando se usó el Negro Sudán para teñir, algunos especímenes de foraminíferos se tifieron, no importando el nivel a lo largo del núcleo de la muestra (Recuerdese que los foraminíferos bentónicos no habitan a profundidades mayores de 10 cm en el subsuelo). No obstante, al hacer un análisis de la tasa de especímenes teñidos respecto a los no teñidos en cada muestra, se observó que los valores de dichas tasas son mucho mayores en las muestras superficiales (piso marino: "S" y "B") que en las muestras del subsuelo ("I") (Fig. 8). Esto permite deducir que hay más "material vivo" en las muestras del piso marino que en las del subsuelo y por lo tanto asumir que las muestras del piso marino incluyen, además de bacterias teñidas, protoplasma teñido de foraminíferos.

FIGURA 7. Mapa amplificado de la localización de los núcleos utilizados en el presente trabajo.





Dib. F.A.V.L.

FIGURA 8. Tasa: Porcentaje de foraminíferos teñidos sobre porcentaje de foraminíferos no teñidos en cada muestra.

Núcleos de la región hidrotermal:

S=Superficial

Niveles H=Medio

l=Inferior

Muestras alejadas de la influencia hidrotermal:

B = Nivel superficial

Al analizar a los foraminíferos por medio del Microscopio Electrónico de Barrido, se pudo observar que los especímenes teñidos están en general mejor preservados que los no teñidos. En los individuos teñidos, las ornamentaciones, suturas, aberturas, etc. son más fáciles de distinguir y casi nunca muestran signos de destrucción (Lam 1, Figs A y B).

De acuerdo con lo anterior y considerando que algunos foraminíferos han recolonizado trampas localizadas en regiones donde hay ventilas hidrotermales (F.J.Grassle; comunicación personal), se puede deducir que los foraminíferos bentónicos son capaces de vivir cerca de las ventilas hidrotermales.

El empleo del Análisis de Factores (en su modo Q), para definir la influencia de las ventilas hidrotermales sobre la "estructura" y "distribución" de grupos de foraminíferos bentónicos incluyó varias modalidades:

A) Primera Modalidad.

Esta modalidad (Fig.9) consistió en utilizar únicamente los datos de los foraminíferos teñidos y se observó lo siguiente:

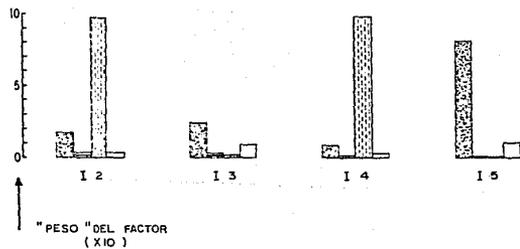
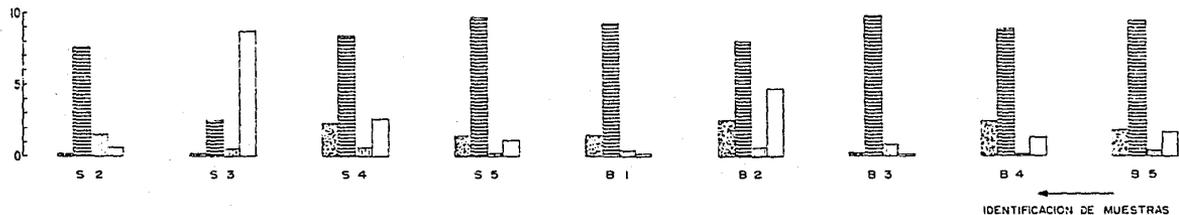
FIGURA 9. Histograma que muestra la "abundancia" de los Factores (conjuntos) en cada muestra, producidos a través de un "Análisis de Factores" en su modo Q, usando solamente los datos de los Foraminíferos Teñidos.

Núcleos de la Región Hidrotermal:

Niveles    S=Superficial  
           I=Inferior

Muestras alejadas de la influencia hidrotermal:

B = Nivel superficial



#### ANALISIS DE FACTORES MODO Q

36 Variables (TERIDOS)

13 Muestras

4 Factores (Var. 86%)

-  FAC. 1 ("Cuenca de Guaymas alt")
-  FAC. 2 ("Cuenca de Guaymas")
-  FAC. 3 ("Ventilas Hidrotermales alt")
-  FAC. 4 ("Ventilas Hidrotermales")

1) Cuatro factores (conjuntos) representan satisfactoriamente a la comunidad de foraminíferos bentónicos de la región; ya que alcanzan más del 80% de la variancia.

2) En el nivel del piso oceánico, en las localidades cercanas a las ventilas (indicado por una "S"), predominantemente ocurre el Factor 4, al que se le ha denominado por consiguiente: conjunto "Ventilas Hidrotermales".

3) Al comparar la composición grupal de las muestras del piso oceánico ("S" y "B" juntas) con las del subsuelo ("I"), se observa una clara diferencia entre ambos. Así mismo, al considerar sólo las muestras del nivel inferior ("I"), se puede observar que las muestras I-3 e I-5, cercanas a las ventilas activas en el presente, son diferentes de aquellas más distantes (muestras I-2 e I-4). Por lo tanto, esto parece ser una primera evidencia de que las ventilas hidrotermales ejercen una influencia sobre la composición y distribución de la comunidad de foraminíferos bentónicos.

#### B) Segunda Modalidad.

En esta modalidad se emplearon sólo los datos de los foraminíferos no teñidos y se observó que el "marco ecológico"

descrito a través del "Análisis de Factores", es similar al descrito anteriormente con los datos de foraminíferos teñidos (comparar Figs. 9 y 10). Dicha similitud, es apoyada matemáticamente mediante correlaciones gráficas (Figs 11 y 12). Consecuentemente, se apoya que el utilizar las Tafonocenos (conjunto de restos de organismos resultante del transporte, enterramiento y eliminación de formas) de foraminíferos en esta región, es útil para hacer inferencias Paleoecológicas.

#### C) Tercera Modalidad.

En esta modalidad del Análisis de Factores se unieron los datos de especímenes teñidos y no teñidos (Fig.13) y se hicieron observaciones en sentido paleoceanográfico:

1) En la composición del conjunto de foraminíferos bentónicos que está directamente influenciado por las ventilas hidrotermales (Factor 4: "Ventilas Hidrotermales") las especies más importantes son: *Uvigerina peregrina curtica* (Cushman) y *Oridorsalis umbonatus* (Reuss) (Lam. 2, Fig A; Lam. 1, Fig D); mientras que en la composición del conjunto que habita lejos de esta influencia (Factor 2: "Cuenca de Guaymas") las especies

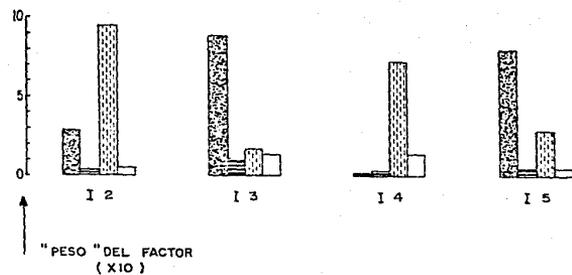
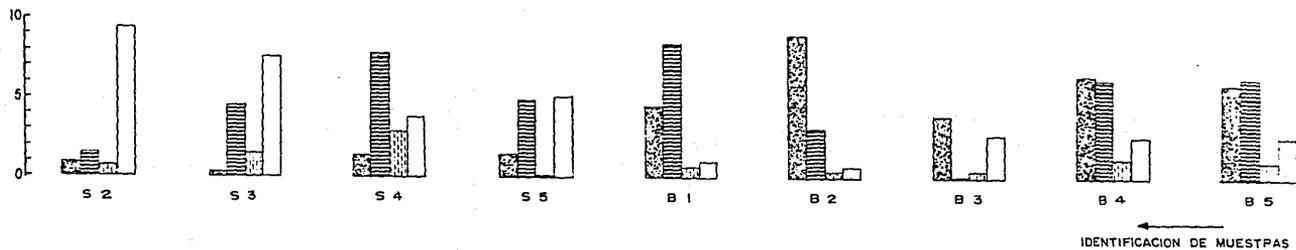
FIGURA 10. Histograma que muestra la "abundancia" de los Factores (conjuntos) en cada muestra, producidos a través de un "Análisis de Factores" en su modo Q, usando los datos de los Foraminíferos No Teñidos.

Núcleos de la región hidrotermal:

Niveles      S=Superior  
              I=Inferior

Muestras alejadas de la influencia hidrotermal:

B = Nivel superficial



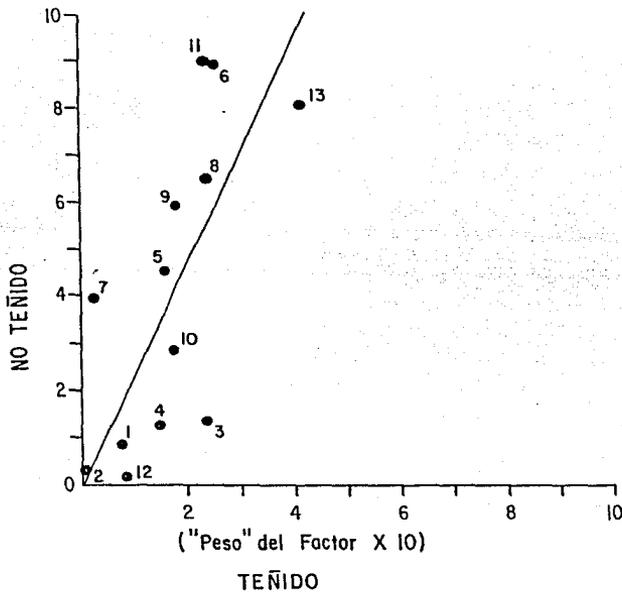
### ANALISIS DE FACTORES MODO Q

36 Variables (NO TENIDOS)

13 Muestras

4 Factores (Var. 84%)

-  FAC. 1 ("Cuenca de Guaymas alt.")
-  FAC. 2 ("Cuenca de Guaymas")
-  FAC. 3 ("Ventilas Hidrotermales alt.")
-  FAC. 4 ("Ventilas Hidrotermales")



Dib. FAVL.

FIGURA 11. Diagrama de correlación entre el Factor 1 Teñido y el Factor 1 No Teñido. Identificación de las muestras:

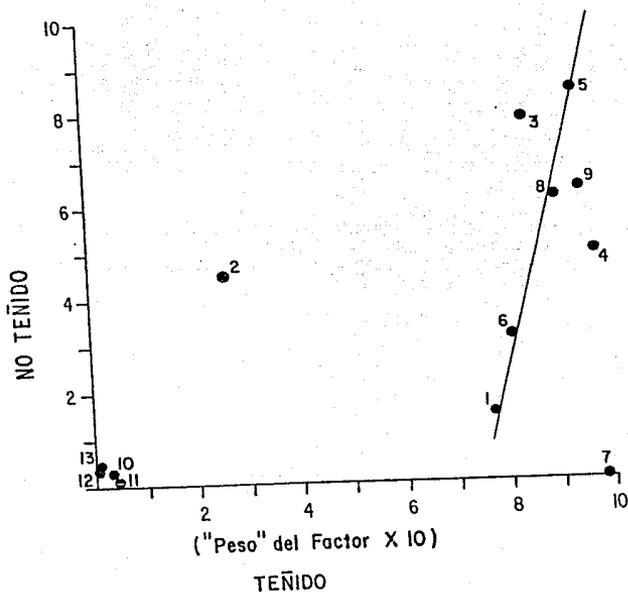
1=S-2; 2=S-3; 3=S-4; 4=S-5; 5=B-1; 6=B-2; 7=B-3;  
8=B-4; 9=B-5; 10=l-2; 11=l-3; 12=l-4; 13=l-5.

Núcleos de la región hidrotermal

Niveles S=Superficial  
l=Inferior

Muestras alejadas de la influencia hidrotermal

B = Nivel Superficial



Dib. F.A.V.L.

FIGURA 12. Diagrama de correlación entre el Factor 2 Teñido y el Factor 2 No Teñido. Identificación de las muestras:

1=S-2; 2=S-3; 3=S-4; 4=S-5; 5=B-2; 7=B-3; 8=B-4;  
9=B-5; 10=I-2; 11=I-3; 12=I-4; 13=I-5.

Núcleos de la región hidrotérmal:

Niveles S=Superior  
I=Inferior

Muestras alejadas de la influencia hidrotérmal:

B = Nivel Superior

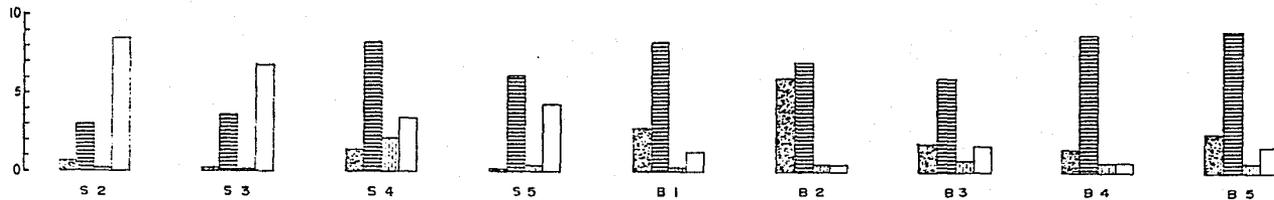
FIGURA 13. Histograma que muestra la "abundancia" de los Factores (conjuntos) en cada muestra, producidos a través de un "Análisis de Factores" en su modo Q, usando juntos los datos de foraminíferos teñidos y no teñidos.

Núcleos de la región hidrotermal:

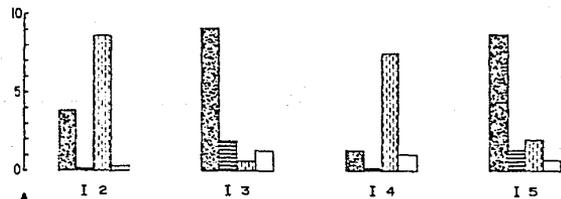
Niveles S=Superficial  
I=Inferior

Núcleos alejados de la influencia hidrotermal:

B = Nivel Superior



← IDENTIFICACION DE MUESTRAS



↑ " PESO " DEL FACTOR  
( X 10 )

### ANALISIS DE FACTORES MODO Q

72 Variables (TEÑIDOS + NO TEÑIDOS)

13 Muestras

4 Factores (Var. 83%)

-  FAC. 1 ("Cuenca de Guaymas alt.")
-  FAC. 2 ("Cuenca de Guaymas")
-  FAC. 3 ("Ventilas Hidrotermales alt.")
-  FAC. 4 ("Ventilas Hidrotermales")

importantes son: *Globobulimina pacifica* Cushman y *Valvulineria araucana* (d'Orbigny) (Lam. 2, Fig A).

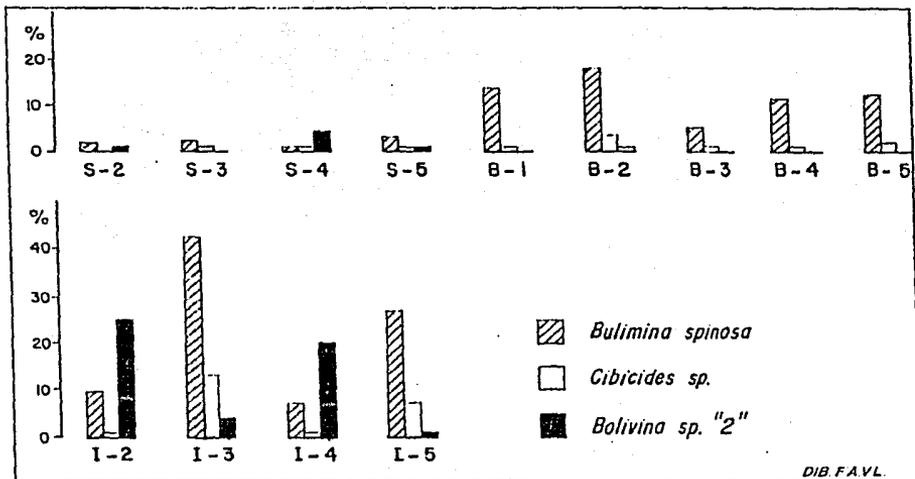
2) La diferencia observada en la composición grupal, entre las muestras del piso marino ("S" y "B" juntas) y las muestras del subsuelo ("I") es debida, en primer lugar a procesos de preservación, más que a factores ecológicos: las muestras del subsuelo ("I") contienen una Tafocenosis de Foraminíferos en la cual sólo han sido preservados los individuos "pequeños" (<30 micras); los individuos "grandes" y "delicados" (así como los aglutinados) no están presentes en las muestras del subsuelo ("I").

Surge entonces una pregunta: ¿Es la Tafocenosis de los Foraminíferos en el subsuelo, de la región de las Ventilias Hidrotermales, resultado de una disolución selectiva? Con los elementos existentes en este trabajo, es difícil responder a esta pregunta. Sin embargo, tal parece que efectivamente esto es lo que sucede, ya que en regiones cercanas dentro de la Cuenca de Guaymas, sin la influencia de las ventilas, los individuos grandes y frágiles están presentes también en los niveles del subsuelo (Schrader et al, 1983; Hernández-Flores, 1980).

3) En el nivel del subsuelo, los Factores 1 ("Cuenca de Guaymas alterado") y 3 ("Ventilas Hidrotermales alterado") son los más conspicuos. En el Factor 1 las especies más importantes son *Bulimina spinosa* (Heron-Allen y Earland) y *Cibicides* sp (Lam.2,Figs B y C) mientras que en el Factor 3 es la especie *Bolivina* sp<sub>2</sub> (Lam. 2, Fig D).

En base a que la composición de los grupos de foraminíferos bentónicos de las muestras del subsuelo no es estructurada solamente por factores ecológicos sino también por "disolución", se sugiere, observando el comportamiento de especies que presentan generalmente individuos pequeños (Fig. 14), que el Factor 3 ("Ventilas Hidrotermales alterado") es derivado del Factor 4 ("Ventilas Hidrotermales") al quitar a los individuos grandes y frágiles. De la misma manera, se deduce que el Factor 1 ("Cuenca de Guaymas alterado") es derivado del Factor 2 ("Cuenca de Guaymas").

Notese que en el nivel del piso marino, la especie importante en el factor 3 (Conjunto de las Ventilas Hidrotermales alterado): *Bolivina* sp<sub>2</sub>, está presente sólo cerca de las ventilas hidrotermales (muestras denotadas por "S"); en donde el Factor 4 (Conjunto de las Ventilas Hidrotermales) (Fig. 13) es



DIB. F.A.V.L.

FIGURA 14. Histograma que muestra la abundancia relativa (%) de especies que presentan generalmente individuos pequeños (< 30 $\mu$ m).

conspicuo.

Así mismo, en este nivel, las especies importantes en el Factor 1 (Conjunto de la Cuenca de Guaymas alterado): *Bulimina spinosa* (Heron-Allen y Earland) y *Cibicides* sp<sub>2</sub> están presentes principalmente donde el Factor 2 (Conjunto de la Cuenca de Guaymas) es importante (muestras denotadas por una "B"); (Fig. 13).

Con los argumentos antes expuestos, es posible sugerir una interpretación paleoceanográfica en la región de las ventilas hidrotermales:

En el presente, las ventilas hidrotermales influyen de manera directa en las localidades S-2 y S-3 (Figs 13 y 15A). Dicha situación sugiere que las corrientes del fondo están acarreado el material descargado por las ventilas hidrotermales hacia el noreste, ya que la localidad S-2 recibe una mayor influencia que la localidad S-5.

La localidad S-4, aún cuando está situada cerca y hacia el este del montículo: Skip (Fig.15), no muestra una dominancia del conjunto de las ventilas hidrotermales, debido probablemente a

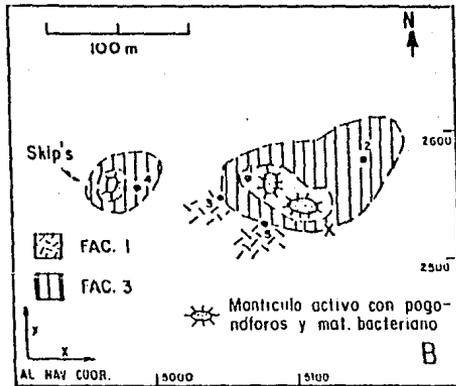
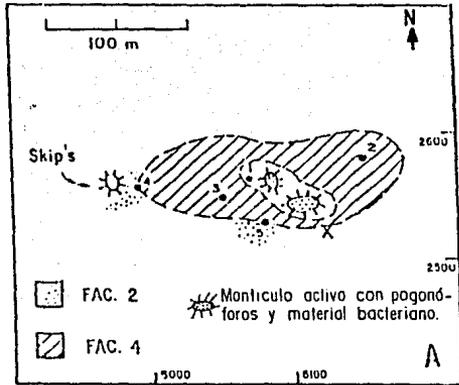


FIGURA 15. Distribución geográfica de los conjuntos de Foraminíferos (Factores) en la región de las ventillas hidrotermales: A) En el presente; B) hace aproximadamente 45 años.

que el montículo no está activo en el presente. Algo que confirma esto, es el hecho de que la Macrofauna de las ventilas hidrotermales (Pj: Riftia spp, etc) se encuentra muerta en este sitio (Grassle, 1985; A. Molina-Cruz, comunicación personal).

En el pasado, hace aproximadamente 45 años (si se asume una tasa de sedimentación de 460 cm/1000 años para la región; Spikev and Simoneit, 1979), considerando que el Factor 1 es derivado del Factor 2 y el Factor 3 del Factor 4, se puede deducir que el flujo hacia el noreste de las corrientes del fondo era tan conspicuo como lo es actualmente: de este modo, la muestra I-2 estuvo bajo la influencia de las ventilas como en el presente (S-2), pero las muestras I-3 e I-5 no lo estuvieron (figs 13 y 15).

Por otra parte, la composición grupal de la localidad I-4 sugiere que el montículo Skip (Fig 15) fue activo hidrotermalmente durante ese tiempo.

## C O N C L U S I O N E S

Este trabajo constituye un primer esfuerzo para el conocimiento del efecto de los procesos hidrotermales en las comunidades de foraminíferos bentónicos. El grupo no había sido estudiado en detalle con anterioridad, por lo cual esta tesis es una primera aportación al respecto.

Algunas especies de foraminíferos bentónicos habitan en la región de las ventilas hidrotermales, aún cuando son afectadas por la actividad de éstas. Sin embargo, aún se desconoce el tipo de adaptaciones que presenten. La composición de especies de los conjuntos de foraminíferos, así como la distribución geográfica y estratigráfica de los mismos reflejan el efecto de la actividad hidrotermal.

Puesto que hay una clara diferencia ambiental entre la región afectada por las ventilas hidrotermales y las que no lo están, se encuentran diferentes especies en cada uno de los conjuntos definidos a través del "Análisis de Factores" en su modo Q. Así, las especies *Uvigerina peregrina curtica* Cushman y *Oridorsalis umbonatus* (Reuss) contribuyen significa-

tivamente en el conjunto que se distribuye cerca y alrededor de los montículos hidrotermales. Mientras que las especies *Globobulimina pacifica* Cushman y *Valvulineria araucana* (d'Orbigny) contribuyen en la composición del conjunto que desarrolla fuera de la influencia de las ventilas.

Al parecer, las testas de los foraminíferos bentónicos muertos son afectados por el ambiente hidrotermal a través de procesos de disolución selectiva; por lo que da lugar a una clara diferencia entre las Tafocenosis del piso marino y la del subsuelo. En general, sólo individuos pequeños de *Bulimina spinosa* (Heron-Allen y Earland), *Cibicides* sp y *Bolivina* sp<sub>2</sub> se han preservado en los sedimentos del subsuelo, que han sido influenciados por la actividad hidrotermal.

Las corrientes del fondo de la Cuenca de Guaymas acarrearán el material proveniente de las ventilas hidrotermales hacia el noreste.

El análisis de la distribución geográfica y estratigráfica de las especies que presentan generalmente individuos pequeños (< 30 micras), permite deducir aspectos paleoceanográficos de los ambientes hidrotermales; por ejemplo: el montículo Skip fue

activo hace aproximadamente 45 años, aunque éste no lo es en el presente.

### RECOMENDACIONES

1. Que se realice un muestreo más denso, que permita obtener mayor información respecto a: a) la estructura de las ventilas hidrotermales, b) la influencia que éstas ejercen sobre los foraminíferos bentónicos y c) aspectos paleoceanográficos del lugar.

2. Llevar a cabo experimentos encaminados a conocer los procesos de disolución selectiva que sufren las testas de foraminíferos. Esto permitirá conocer mejor la estructuración de la Tafocenosis de foraminíferos de los ambientes hidrotermales; y por lo tanto hacer interpretaciones paleoceanográficas más avanzadas.

3. Diseñar estudios tendientes a conocer las respuestas y adaptaciones de los foraminíferos bentónicos a los procesos hidrotermales y su valor como indicadores paleoecológicos y paleoceanográficos.

LITERATURA CITADA

- AGUAYO, E., 1984. Estudio de los Sedimentos Terrigenos de la Cuenca de Guaymas, Golfo de California, Noroeste de México. Rev. Inst. Mexicano. Petrol., 16 (4): 5-35.
- AYALA-CASTAÑARES, A. and J.F. GRASSLE, 1987. Summary of the Mexico-USA Workshop on Guaymas Basin Hydrothermal Systems. CONACYT, N.S.F. Mazatlán, Sinaloa, México (inédito).
- BALLARD, R. D., 1984. The Exploits of the "Alvin" and "Angus": Exploiring the East Pacific Rise. Oceanus, 23 (3):7-14.
- BISCHOFF, J. and J. NIEMNITZ, 1980. Bathymetric Maps of the Gulf of California. U.S. Geol. Surv. (Ge 80041).
- BOERSMA, A., 1978. Foraminifera In: Hag, B.W. and A. Boersma (Eds.). Introduction to Marine Micropaleontology. Elsevier Publ. Co., p. 19-77.
- BOLTOVSKOY, E., 1965. Los Foraminíferos Recientes, Ed. Univ. Buenos Aires, 510. p.
- \_\_\_\_\_, 1966. Depth at which foraminifera can survive in sediments. Contr. Cushman Found. Foram Res., 17 :43-35.

- BONATTI, E. 1983. Hydrothermal metal Deposits from the Oceanic Rifts: A Classification. NATO Conference, Ser. IV, Marine Sciences, Plenum Press.
- BRAND, T.E., and J.H. LIPPS., 1982. Foraminifera in the Trophic Structure of Shallow-Water Antarctic Marine Communities. Jour. Foram. Res., 12:96-104.
- BRASIER, M.D., 1980. Microfossils. Cap. XIII: Phylum Sarcodina, Allen and UNWIN (Eds.), London, p. 90-121.
- BUZAS, M.A., 1974. Vertical Distribution of Ammobaculites in the Rhode River, Maryland. Jour. Foram. Res., 4:144-147
- CALVERT, S.E., 1964. Factors Affecting Distribution of Laminated Diatomaceous Sediments in the Gulf of California. In: van Andel, H. Tj. and G. G. Shor (Eds.). Marine Geology of the Gulf of California. American Assoc. Petrol. Geol., Mem. 3: 311-330.
- CURRAY, J.R., et al, 1979. 64th Leg of the Deep Sea Drilling Project. In: Blakeslee, J. et al (Eds.). Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, v.64, pt. 2, p. .
- GOLIK, A., and F. B Phleger, 1977. Benthonic Foraminifera from the Gulf of Panama. Jour. Foram. Res., 7:83-99.

- GRASSLE, F.J., 1984. Animals in the Soft Sediments near the Hydrothermal Vents. Oceanus, 23 :63-66.
- \_\_\_\_\_ 1985. Cruise Report, R.V. "Atlantis II" DSRV "Alvin" Voyages Nos. 112-27 and 112-28, July-August, 1985. Woods Hole Oceanographic Institution.
- IMBRIE, J. and T.J. H. VAN ANDEL, 1964. Vector Analysis in heavy Mineral Data. Geol. Soc. America, Bull. 75:1131-1156.
- INGLE, J. C., G. KELLER and T. L. KOLPACK, 1980. Benthic Foraminiferal Biofacies, Eastern Pacific Ocean. Micropaleontology, 26: 113-150.
- JANNASH, H. W., 1983. Microbial Processes at Deep Sea Hydrothermal Vents. In:P.A. Rona et al (Eds.) Hydrothermal Processes at Sea Floor Spreading Center. Marine Sciences, 12: 677-709.
- KIM, J. O., 1978. Factor Analysis. In: Nie, N. et al (Eds.), Statistical Package for the Social Science, p. 468-514.
- KLOVAN, J. E. and J. IMBRIE, 1971. Algorithm and Fortran-R-Program from Large Q Mode Factor Analysis and Calculation of Factor Scores. Mathematical Geol. 3 (1): 61-77.

LEVINE, N. D. et al, 1980. A Newly Revised Classification of the Protozoa. Jour. Protozool., 27: 37-58.

LIPPS, J. H. 1982. Biology/ Paleobiology of Foraminifera. In: Broadhead, T. W. Foraminifera. Notes for a Short Course. Univ. Tennessee, Stud. Geol., 6:1-21

LOEBLICH, A.R., Jr., and H. TAPPAN, 1964. Sarcodina, Chiefly Thecamoebians and Foraminiferida. In: Moore, R.C. (Ed.) Treatise of Invertebrate Paleontology. Protista 2, Part C (1): 1-510.

\_\_\_\_\_ 1964. Sarcodina, Chiefly Thecamoebians and Foraminiferida. In: Moore, R.C. (Ed.) Treatise of Invertebrate Paleontology Protista 2, Part C (2): 511-900

LONGSDALE, P., J. L., BISCHOFF, V.M. BURNS, M. KASTNER and R. E. SWEENEY, 1980. A high temperature hydrothermal deposits on the seabed at a Gulf of California Spreading Center. Earth Planet Sci. Letters, 49:8-20.

MATOBA, Y. and A. YAMAGUCHI, 1979. Late Pliocene to Holocene Benthic Foraminifera of the Guaymas Basin, Gulf of California: Sites 477 through 481 In: Blakeslee, J. et al (Eds.). Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Leg. 64: 1027-1056.

MOLINA CRUZ, A., 1987. Oceanography of the Mouth of the Gulf of California, during late Quaternary. Paleoceanography (en prensa).

PHLEGER, F. B 1960. Ecology and Distribution of Recent Foraminifera. Johns Hopkins Press, Baltimore, 297 p.

----- 1964. Patterns of Living Benthic Foraminifera, Gulf of California. In: van Andel, Tj, H. and G. G. Shor (Eds.) Marine Geology of the Gulf of California. a Symposium. American Assoc. Petrol. Geol., Mem. 3: 377-394.

PHLEGER, F. B , and F. L. PARKER, 1952. Foraminifera Species. Part II. Ecology of Foraminifera, Northwest Gulf of Mexico. Geol. Soc. America, Mem. 46:1-59.

ROBINSON, M. 1973. Atlas of Monthly Mean Sea Surface and Subsurface Temperatures in the Gulf of California, Mexico. San Diego Soc. Nat. Hist., Mem. 5:1- 97

RODEN, G.I. 1964. Oceanographic Aspects of the Gulf of California. In van Andel, Tj. H. and G. G. Shor, (Eds.). Marine Geology of the Gulf of California. American Assoc. Petrol. Geol., Mem 3:50-58.

PUMMEL R. J. 1970. Applied Factor Analysis. Evanston Northwestern Univ. Press, 200 p.

MOLINA CRUZ, A., 1987. Oceanography of the Mouth of the Gulf of California, during late Quaternary. Paleoceanography (en prensa).

PHLEGER, F. B 1960. Ecology and Distribution of Recent Foraminifera. Johns Hopkins Press, Baltimore, 297 p.

\_\_\_\_\_ 1964. Patterns of Living Benthic Foraminifera, Gulf of California. In: van Andel, Tj, H. and G. G. Shor (Eds.) Marine Geology of the Gulf of California. a Symposium. American Assoc. Petrol. Geol., Mem. 3: 377-394.

PHLEGER, F. B , and F. L. PARKER, 1952. Foraminifera Species. Part II. Ecology of Foraminifera, Northwest Gulf of Mexico. Geol. Soc. America. Mem. 46:1-59.

ROBINSON, M. 1973. Atlas of Monthly Mean Sea Surface and Subsurface Temperatures in the Gulf of California, Mexico. San Diego Soc. Nat. Hist., Mem. 5:1- 97

RODEN, G.I. 1964. Oceanographic Aspects of the Gulf of California. In van Andel, Tj. H. and G. G. Shor, (Eds.). Marine Geology of the Gulf of California. American Assoc. Petrol. Geol., Mem 3:50-58.

RUMMEL R. J. 1970. Applied Factor Analysis. Evanston Northwestern Univ. Press, 200 p.

SCHAFER, C. T., 1971. Sampling and Spatial Distribution of Benthonic Foraminifera. Limnology and Oceanography, 16: 944-951.

SCHRADER, HJ., et al, 1983. Preservation and Dissolution of Foraminiferal Carbonate in an Anoxic Environment, Southwest Gulf of California. In: Meulenkamp, J.E. (Ed.). Reconstruction of Marine Paleoenvironments. Utrecht, p. 205-226.

SEN GUPTA, B.W. 1982. Ecology of Benthic Foraminifera. In: Broadhead, T. W. (Ed.) Foraminifera. Notes for a Short Course. Univ. Tennessee, Stud. Geol., 6 p. 37-50.

SOMERO G.N. 1984. Physiology and Biochemistry of Hydrothermal Vent Animals. Oceanus, 23:67-72

SOTO, L. y A. MOLINA CRUZ, 1986. Exploración submarina de Ventilales Hidrotermales en la Cuenca de Guaymas. Ciencia Y Desarrollo. CONACYT (67):17-26.

SPIKEV. E., and B. R. SIMONEIT, 1979. Radiocarbon Dating of Recent Sediments from Leg 64, Gulf of California. In: Blakeslee, J. et al (Eds.). Initial Reports of Deep Sea Drilling Project, Leg. 64 (2): 757-758.

VAN ANDEL, Tj., H. 1964. Recent Marine Sediments of the Gulf of California. In: Van Anandel, Tj. H. and G. G. Shor (Eds.).

Marine Geology of the Gulf of California. a Symposium.  
American Assoc. Petrol. Geol., Mem. 3:216-310.

WALKER, D.A. et al, 1974. Sudan Black B: A Superior Stain to  
Rose Bengal for Distinguishing Living from non-Living  
Foraminifera. Jour. Foram. Res., 4 (4):205-215.

APENDICE 1

NOTAS TAXONOMICAS

A continuación se enlistan las especies que ocurren más frecuentemente en el área de estudio, su posición taxonómica (según Loeblich y Tappan, 1964) y las referencias consultadas. En el caso de las formas no identificadas se hace una breve descripción del organismo:

REINO: Protista

SUBREINO: Protozoa

PHYLUM: Sarcomastigophora Honiberg Balamuth, 1963.

SUBPHYLUM: Sarcodina Schmarda, 1871.

SUPERCLASE: Rhizopoda von Siebold, 1845.

CLASE: Granuloreticulosea De Saedeleer, 1934.

ORDEN: Foraminiferida d'Orbigny, 1826.

SUBORDEN TEXTULARIINA Delage & Herouard, 1896.

Superfamilia: Lituolacea de Blainville, 1825.

Familia Hormosinidae Haeckel, 1894.

Subfamilia Hormosininae Haeckel, 1894.

. Gen. Reophax Montfort, 1808.

. Reophax dentaliniformis Brady

Phleger, 1964. pl. 1, fig. 1

Familia Lituolidae de Blainville, 1825.

Subfamilia Haplophragmoidinae. Maynac, 1952.

. Gen. Recurvoides Earland, 1934.

. Recurvoides sp

Testa subglobular, con enrollamiento estreptospiral con pocas cámaras en cada vuelta; últimas cámaras en diferentes planos. Pared aglutinada. Abertura pequeña aérea de forma ovalada con un labio bordeando. Tamaño aprox: 75/ $\mu$ m (x=3)

SUBORDEN MILLIOLINA Delage & Herouard, 1896.

Superfamilia: Miliolacea Ehrenberg, 1839.

Familia: Miliolidae Ehrenberg, 1839.

. Gen Quinqueloculina d'Orbigny

. Quinqueloculina sp

Testa espiral, enrollada con cámaras del tamaño de media vuelta y alternándose en 5 planos de enrollamiento es decir, con cámaras sucesivas en planos de  $144^\circ$ , de tal modo que 3 cámaras son visibles al exterior en un lado de la testa y 4 en el lado opuesto. Pared calcárea porcelanácea, imperforada con abertura terminal con diente simple. Tamaño aprox: 116/ $\mu$ m (x=3).

SUBORDEN ROTALINA Delage & Herouard, 1896.

Superfamilia Nodosariacea Ehrenberg, 1858.

Familia Glandulinidae Reuss, 1860.

Subfamilia Oolininae Loeblich & Tappan, 1961.

. Gen. Fissurina Reuss, 1850.

. Fissurina sp

Testa redondeada, quillada de superficie suave, con abertura co  
mo rajada en el centro de una cavidad parecida a fisura en la  
terminación de la testa. Biconvexa. Pared calcárea hialina.

Tamaño aprox: 28  $\mu$ m (x=2).

Superfamilia Buliminacea Jones, 1875.

Familia Turrilinidae Cushman, 1927.

Subfamilia Turrilininae Cushman, 1927.

. Gen. Buliminella Cushman, 1911.

. Buliminella tenuata Cushman

Matoba y Yamaguchi, 1979. pl 1, figs 4a-5

Familia Bolivinitidae Cushman, 1927.

.Gen. Bolivina d'Orbigny, 1839.

.Bolivina seminuda Cushman

Matoba y Yamaguchi, 1979. pl. 1, figs 15-17.

.Bolivina sp<sub>1</sub>

Testa cónica, alargada con cámaras anchas arregladas biserialmente a todo lo largo. Pared calcárea, hialina, perforada, radial en estructura. Abertura basal (interomarginal). Tamaño aprox: 22  $\mu$ m (x=4).

.Bolivina sp<sub>2</sub>

Testa alargada, algo comprimida, con cámaras muy perforadas, excepto en las suturas, arregladas biserialmente; pared calcárea hialina, radial en estructura. Abertura basal (interomarginal) de forma alargada. Tamaño aprox: 28  $\mu$ m (x=3).

.Bolivina translucens Phleger y Parker

Phleger y Parker, 1951. pl. 7, figs 13-14a

Familia Islandiellidae Loeblich & Tappan, 1964.

.Gen. Islandiella Norvang, 1958.

.Islandiella cushmani (Stewart y Stewart)

Matoba y Yamaguchi, 1979. pl.2, fig 1 a-b

Familia Buliminidae Jones, 1875

Subfamilia Bulinininae Jones, 1875

.Gen Bulimina d'Orbigny.

.Bulimina mexicana Cushman

Matoba y Yamaguchi, 1979. pl. 2, fig. 2.

. Bulimina spinosa (Heron-Allen y Earland)

Matoba y Yamaguchi, 1979. pl. 2, fig. 4.

.Gen Globobulimina Cushman, 1927

.Globobulimina affinis (d'Orbigny)

Matoba y Yamaguchi, 1979. pl2, figs 5-7.

.Globobulimina pacifica Cushman

Matoba y Yamaguchi, 1979. pl.2, fig. 8.

Familia Uvigerinidae Haeckel, 1894

.Gen Uvigerina d'Orbigny

.Uvigerina peregrina curticosta (Cushman)

Matoba y Yamaguchi, 1979. pl.2, figs 10-12.

Superfamilia Discorbacea Ehrenberg, 1838

Familia Discorbidae Ehrenberg, 1838

Subfamilia Discorbinae Ehrenberg, 1838

.Gen Epistominella Husezima & Maruhasi, 1944

.Epistominella smithi (Stewart y Stewart)

Matoba y Yamaguchi, 1979. pl. 3, figs 1a-c

.Gen Pseudoparrella Cushman & Ten Dam, 1948

.Pseudoparrella sp<sub>1</sub>

Testa trocospiral, con todas las cámaras visibles en el lado espi  
ral, sólo la última vuelta visible en el lado umbilical. Primera  
cámara grande. Suturas curvadas en el lado espiral, radiales  
en el umbilical. Pared calcárea, perforada. Tamaño aprox: 13  $\mu$ m  
(x=2). Especie poco abundante.

.Pseudoparrella sp<sub>2</sub>

Testa trocospiral, todas las cámaras visibles en el lado espiral,  
sólo la última vuelta visible en el lado umbilical. Suturas obli-  
cuas en el lado espiral y radiales en el umbilical. Pared calcárea  
perforada. Tamaño aprox: 11  $\mu$ m (x=2) Especie poco abundante.

Subfamilia Bagginiinae Cushman, 1927

.Gen Valvulineria Cushman, 1926

.Valvulineria araucana d'Orbigny

Matoba y Yamaguchi, 1979. pl. 2, figs 13a-c

Superfamilia Orbitoidacea Schwager, 1976

Familia Cibicididae Cushman, 1927

Subfamilia Cibicidinae Cushman, 1927

.Gen Cibicides de Montfort, 1808

.Cibicides sp

Testa de pared calcárea, hialina, de forma trocospiral. El lado espiral es evolutivo, mientras que el lado umbilical es involutivo. Pared muy perforada del lado espiral y finamente perforada del lado umbilical. Abertura grande interomarginal con un angosto labio que se extiende a lo largo de la sutura en el lado espiral. Tamaño aprox:  $21\frac{1}{m}$  ( $x=2$ ).

Superfamilia Cassidulinacea d'Orbigny, 1839

Familia Caucasinidae K. Bykova, 1959

Subfamilia Fursenkoininae Loeblich & Tappan, 1961

.Gen Fursenkoina Loeblich & Tappan, 1961

.Fursenkoina cornuta (Cushman)

Matoba y Yamaguchi, 1979. pl. 3, figs 8a-b.

.Fursenkoina rotundata (Parr)

Matoba y Yamaguchi, 1979. pl. 3, fig 9a-b

.Gen Suggrunda. Hoffmeister & Berry, 1937

.Suggrunda eckisi Natland

Matoba y Yamaguchi, 1979. pl. 3, fig. 10a - b

Familia Cassidulinidae d'Orbigny, 1839

.Gen Cassidulina subcarinata Uchio

Matoba y Yamaguchi, 1979. pl. 3, fig. 11a-b

Familia Nonionidae Schultze, 1854

Subfamilia Chilostomellinae Brady, 1881

.Gen Chilostomella Reuss en Czjzek, 1849

.Chilostomella ovidea Reuss

Matoba y Yamaguchi, 1979. pl. 4, fig 1

Familia Alabaminidae Hofker, 1951

.Gen Oridorsalis Andersen, 1961

.Oridorsalis umbonatus (Reuss)

Matoba y Yamaguchi, 1979. pl.4, fig 11a-c

.Oridorsalis sp

Testa con cámaras arregladas en vueltas un poco trocospirales, cámaras anchas, todas visibles en el lado espiral, pero sólo la última vuelta visible en el lado opuesto. Suturas radiales pero algo curvadas en el lado espiral. Pared calcárea muy finamente

perforada. Abertura interomarginal en forma de ojal. Tamaño aprox: 51  $\mu$  (x=3).

Las siguientes especies son poco abundantes en las muestras y pertenecen al SUBORDEN ROTALINA, como no se logró ubicar su posición taxonómica, a continuación se da una breve descripción de cada una de ellas:

#### Forma "A"

Individuos que presentan testas con pared calárea, perforada. Cámaras arregladas de manera trocospiral, con todas las cámaras visibles en el lado espiral y sólo la última vuelta en el lado umbilical. Suturas oblicuas en el lado espiral y radiales en el umbilical. Tamaño aproximado: 10  $\mu$ m (x=2).

#### FORMA "B"

Individuos con testa alargada un poco espiral, con pared calcárea perforada. Cámaras grandes con suturas espirales claras. Presentan 4 o 5 cámaras en cada vuelta. Abertura basal, alargada, con forma de presilla. Tamaño aproximado: 34  $\mu$ m (x=3).

Forma "D"

Individuos con testa alargada, comprimida, con cámaras arregladas biserialmente con suturas horizontales. Abertura basal. Pared calcárea perforada con apariencia algo granular. Tamaño aproximado:  $46 \mu m (x=2)$ .

Forma "E"

Individuos con testa con pared calcárea hialina, perforada. Arreglo de las cámaras triserial, con abertura interomarginal de forma ovalada. Cámaras un poco globosas sin espinas. Tamaño aproximado:  $46 \mu m (x=2)$ .

Además de estas especies, a todas las formas arenáceas se les agrupa dentro de una sola categoría (F.l= "Arenáceos spp"), con excepción de Reophax dentaliniformis y Recurvoides sp que se contaron de manera independiente.

APENDICE 2

MATRIZ "VARIMAX" (moda rotacional) DE FACTORES

a) Utilizando únicamente los datos de los foraminíferos teñidos:

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4
52	0.74831	0.15277	0.05209	-0.07548
53	0.25807	-0.05023	0.87979	-0.00257
54	0.54448	-0.05744	0.25977	-0.23212
55	0.97483	-0.02103	0.11807	-0.14624
61	0.73742	-0.04319	0.09507	0.15620
62	0.80777	-0.06117	0.47239	0.25093
63	0.98033	-0.07904	0.01794	0.02494
64	0.09250	0.01782	0.13259	0.24175
65	0.00994	-0.04557	0.17793	0.10152
12	-0.12998	0.07357	-0.05020	0.17333
13	0.00745	0.01333	0.06645	-0.14226
14	0.00767	0.09077	-0.00112	0.08517
15	-0.00751	-0.01325	-0.10017	0.11116

b) Utilizando los datos de los foraminíferos no teñidos:

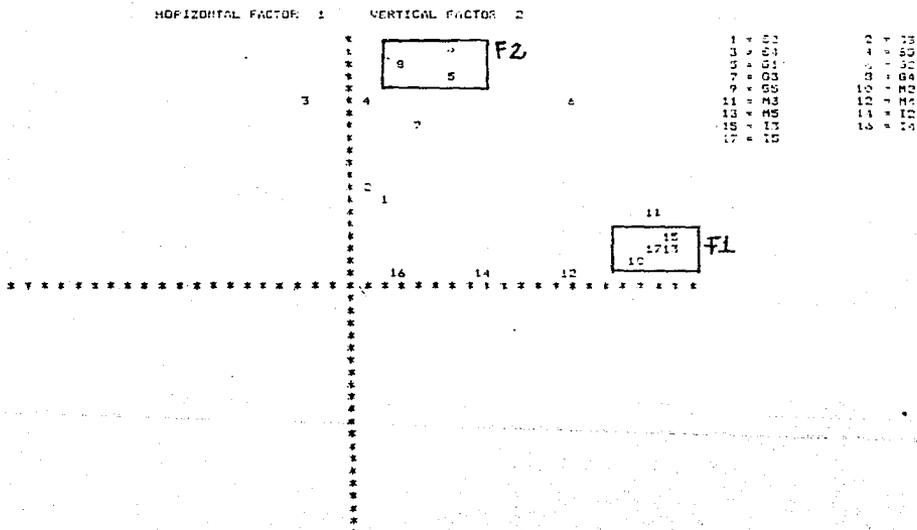
	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4
52	0.03406	0.14693	0.04314	-0.07053
53	0.02709	0.45119	0.76590	-0.13405
54	-0.14242	0.70895	0.39754	0.28305
55	0.12529	0.49791	0.51211	-0.01119
61	0.45635	0.84852	0.10235	-0.06551
62	0.69281	0.21660	0.07219	-0.01786
63	0.39541	-0.00054	0.27733	0.04120
64	0.64986	0.62104	0.26520	-0.12117
65	0.59522	0.63224	0.27758	-0.11167
12	0.20469	-0.03279	0.05307	0.55384
13	0.05793	0.09791	-0.13858	0.12274
14	0.01672	0.03426	-0.13902	0.72300
15	0.00207	0.04924	0.04784	0.29725

c) Utilizando los datos de foraminíferos teñidos y no teñidos:

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4
52	0.06647	0.50742	0.01271	0.05435
53	0.02206	0.12830	-0.08900	0.02147
54	-0.14790	0.72799	0.21975	0.00795
55	0.01163	0.71779	0.04035	0.43404
61	0.00524	0.03550	-0.02204	0.13705
62	0.00621	0.70020	-0.05229	0.04523
63	0.10000	0.09747	0.07505	0.17211
64	0.12568	0.05099	-0.05002	0.07307
65	0.11268	0.71259	-0.05074	0.16718
12	0.11103	0.02370	0.05094	0.17201
13	0.01109	0.12680	0.00010	0.05756
14	0.00109	0.04711	0.04020	0.18650
15	0.00107	0.12606	0.21022	0.09929
17	0.02102	0.01107	0.04102	0.07114
18	0.01033	0.10077	0.06616	-0.12165
19	0.12107	0.00011	0.00004	-0.10153
20	0.07828	0.17690	0.00004	0.00786

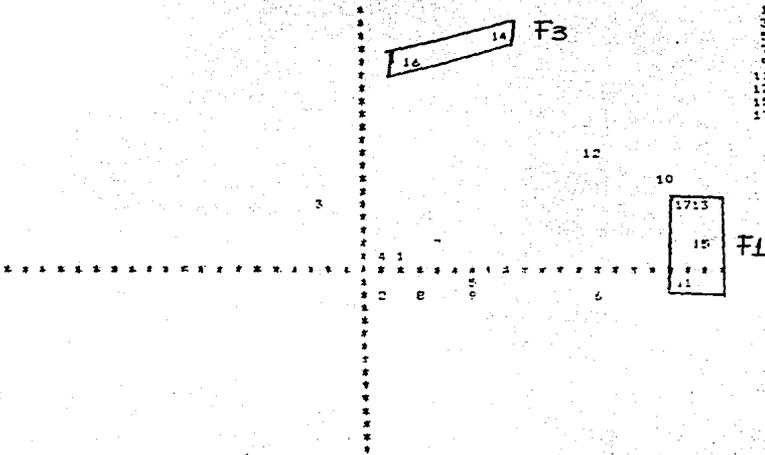
REPRESENTACION GRAFICA DE LOS FACTORES

c) Utilizando los datos de foraminiferos teñidos y no teñidos.



HORIZONTAL FACTOR 1

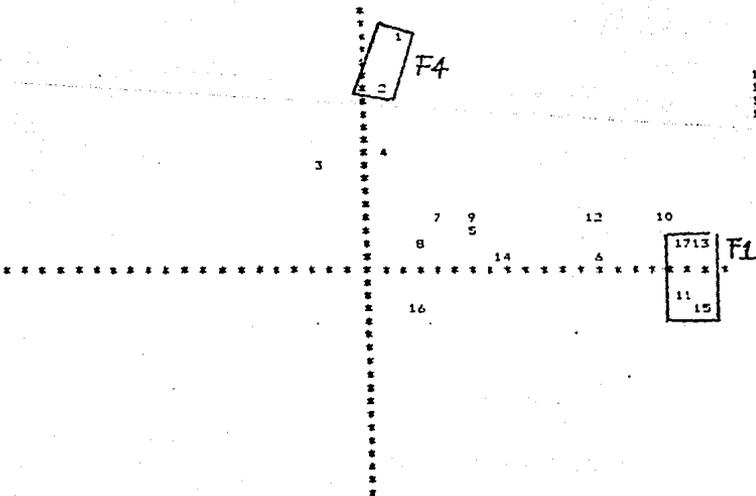
VERTICAL FACTOR 3



- |         |         |
|---------|---------|
| 1 = S2  | 2 = S3  |
| 3 = S4  | 4 = S5  |
| 5 = O1  | 6 = O2  |
| 7 = O3  | 8 = O4  |
| 9 = O5  | 10 = M2 |
| 11 = M3 | 12 = M4 |
| 13 = M5 | 14 = I2 |
| 15 = I3 | 16 = I4 |
| 17 = I5 |         |

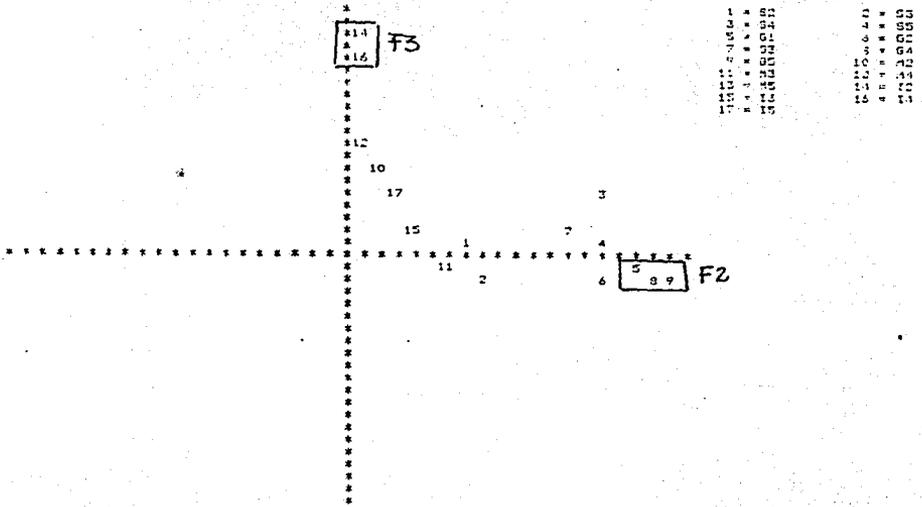
HORIZONTAL FACTOR 1

VERTICAL FACTOR 4

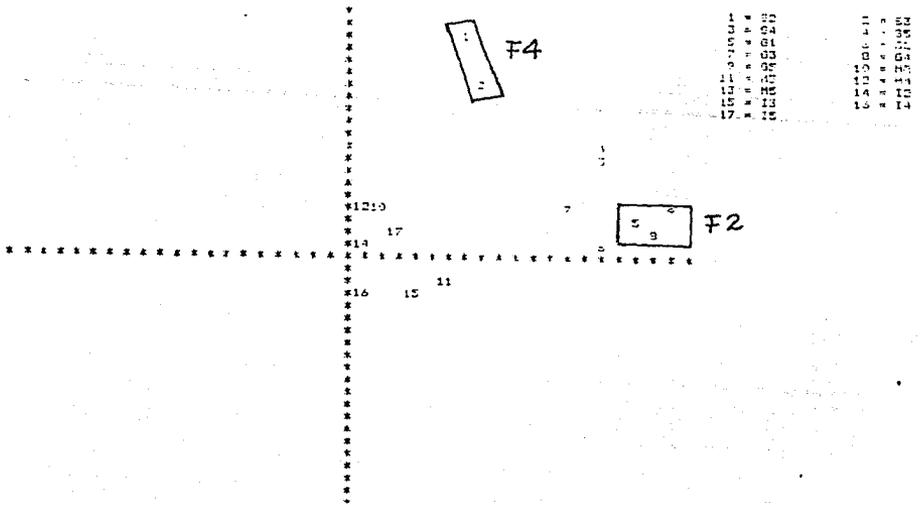


- |         |         |
|---------|---------|
| 1 = S2  | 2 = S3  |
| 3 = S1  | 4 = S5  |
| 5 = O1  | 6 = O2  |
| 7 = O3  | 8 = O4  |
| 9 = O5  | 10 = M2 |
| 11 = M3 | 12 = M4 |
| 13 = M5 | 14 = I2 |
| 15 = I3 | 16 = I4 |
| 17 = I5 |         |

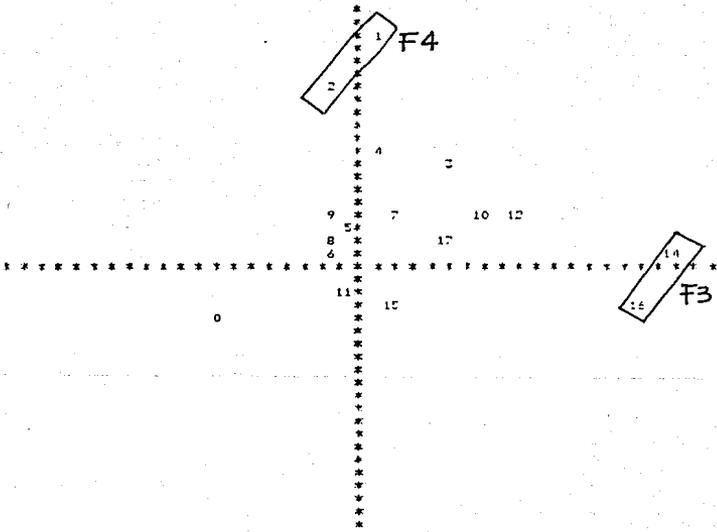
HORIZONTAL FACTOR 2      VERTICAL FACTOR 3



HORIZONTAL FACTOR 2      VERTICAL FACTOR 3



HORIZONTAL FACTOR 3      VERTICAL FACTOR 4



1	F	G2	2	F	G3
3	F	G4	4	F	G4
5	F	G1	5	F	G2
7	F	G3	6	F	G1
9	F	G5	7	F	G5
11	F	G3	8	F	G3
13	F	G2	9	F	G2
15	F	G1	10	F	G1
17	F	G3	11	F	G3
18	F	G2	12	F	G2
19	F	G1	13	F	G1
20	F	G2	14	F	G2

LAMINA 1

- FIGURA A. Islandiella cushmani (Stewart y Stewart).  
Ejemplar teñido, acercamiento de su pared.  
Aprox. x 810
- FIGURA B. Islandiella cushmani (Stewart y Stewart).  
Ejemplar no teñido, acercamiento de su pared.  
Aprox. x 810
- FIGURA C. Urigerina peregrina curtica (Cushman).  
Ejemplar teñido. Vista dorsal. Aprox. x 117
- FIGURA D. Ortidorsalis umbonatus (Reuss). Ejemplar no  
teñido. Vista dorsal. Aprox. x 107

LAMINA 2

- FIGURA A. Valvulineria araucana d'Orbigny. Ejemplar no teñido. Vista dorsal. Aprox. x 100
- FIGURA B. Bulimina spinosa (Heron-Allen y Earland). Ejemplar no teñido. Vista apertural. Aprox. x 344
- FIGURA C. Cibicides sp. Ejemplar no teñido. Vista dorsal. Aprox. x 384
- FIGURA D. Bolivina sp<sub>2</sub>. Ejemplar no teñido. Vista dorsal. Aprox. x 146

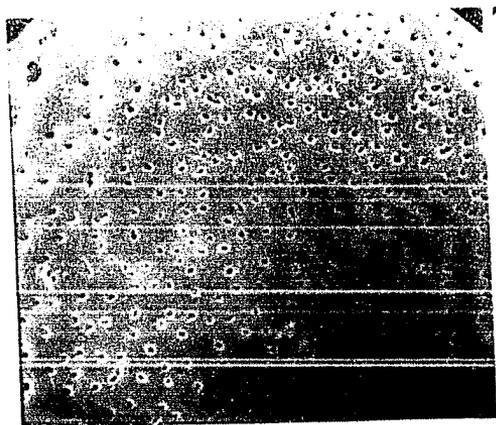
LAMINA 3

- FIGURA A. Bolivina translucens Phleger y Parker.  
Ejemplar no teñido. Vista ventral. Aprox.  
x 213
- FIGURA B. Bulimina mexicana Cushman. Ejemplar teñido.  
Vista lateral. Aprox. x 184
- FIGURA C. Cassidulina subcarinata Uchio. Ejemplar no  
teñido. Vista ventral. Aprox. x 317
- FIGURA D. Fissurina sp. Ejemplar no teñido. Vista ventral.  
Aprox. x 261

LAMINA 4

- FIGURA 4. Globobulimina affinis (d'Orbigny). Ejemplar no teñido. Vista apertural. Aprox. x 64
- FIGURA B. Islandiella cushmani (Stewart y Stewart). Ejemplar teñido. Vista dorsal. Aprox. x 143
- FIGURA C. Quinqueloculina sp. Ejemplar no teñido. Vista dorsal. Aprox. x 92
- FIGURA D. Recurvoides sp. Ejemplar no teñido. Vista dorsal. Aprox. x 106

L.1



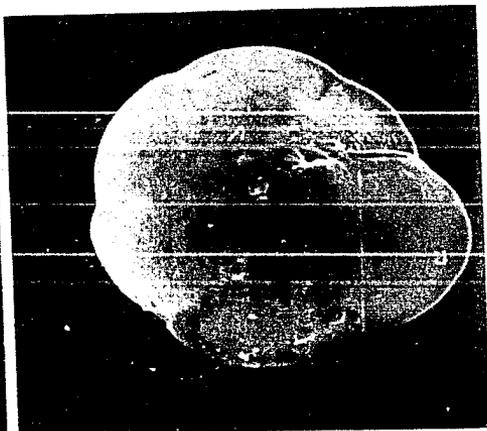
A



B

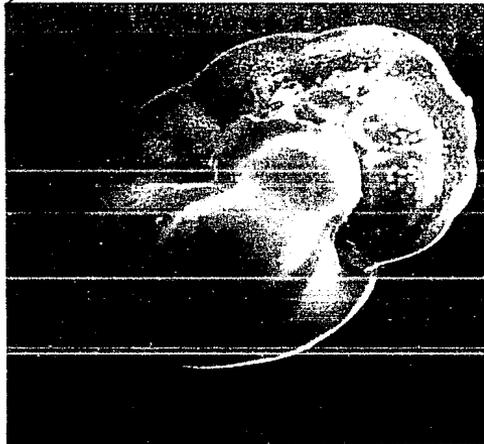


C

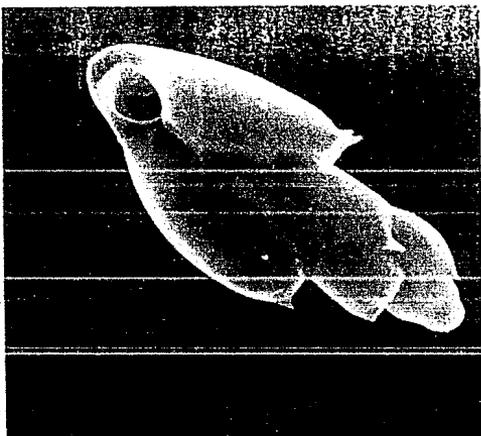


D

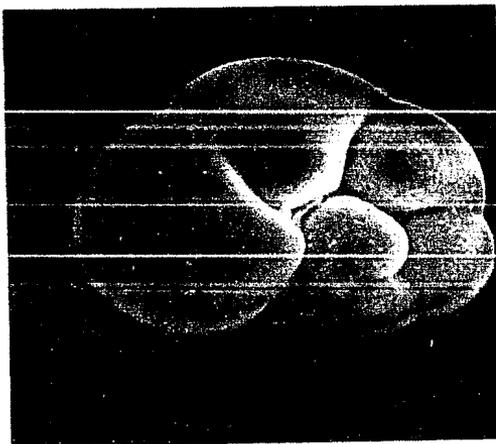
L. 2



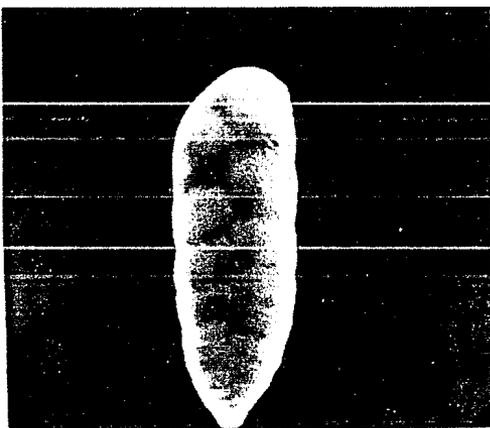
A



B

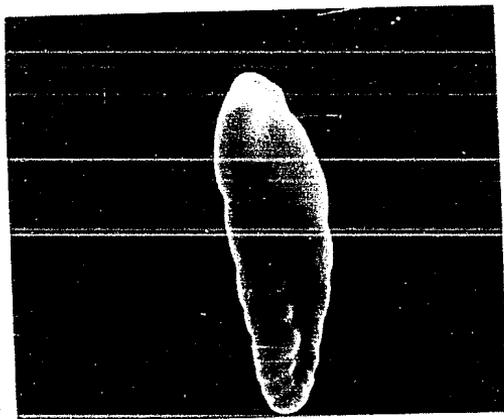


C

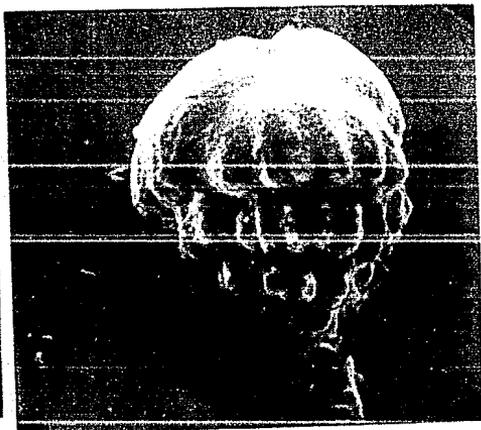


D

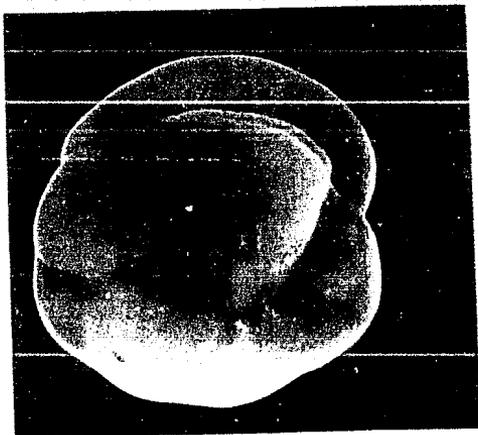
L. 3



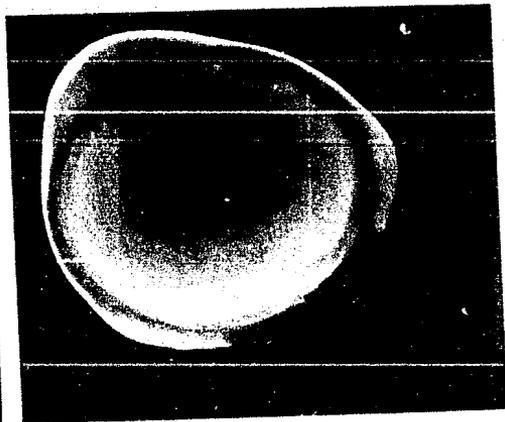
A



B

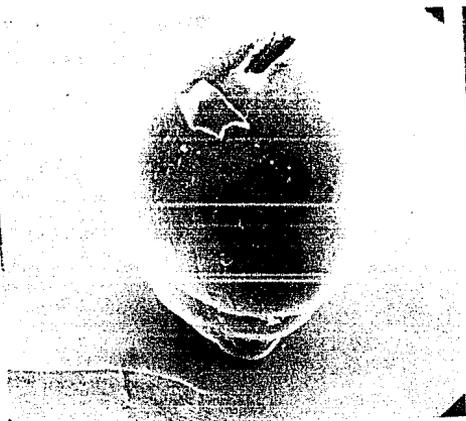


C

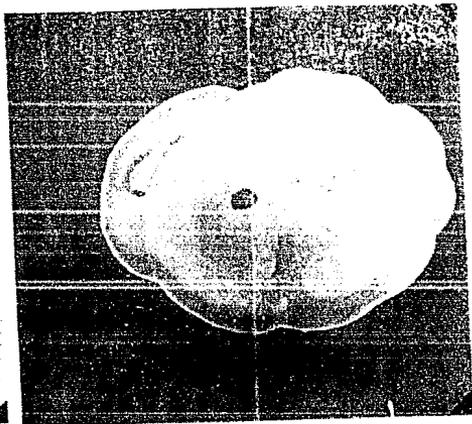


D

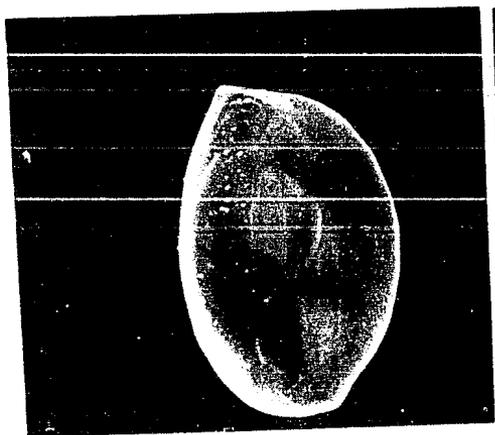
L.4



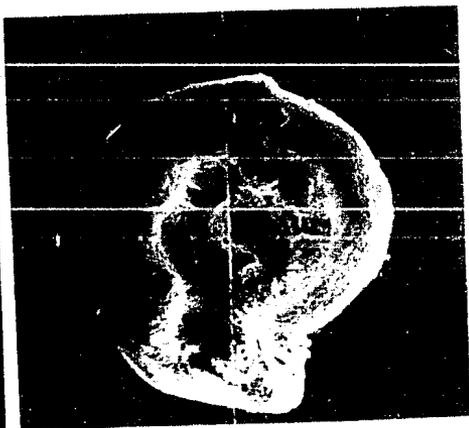
A



B



C



D