

\*D-10936\*

T  
551.7  
4554  
e-2-

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

**"BIOESTRATIGRAFIA DE LOS SEDIMENTOS DE LA BAHIA  
ALMIRANTAZGO, ISLA REY JORGE, SHETLAND DEL SUR, TERRITORIO  
ANTARTICO - ECUADOR"**

Coordenadas:    Long.    W    58° 28'    Lat.    S.    62° 05' 40"  
                    Long.    W    58° 20'    Lat.    S.    62° 05' 40"  
                    Long.    W    58° 28'    Lat.    S.    62° 08' 3"  
                    Long.    W    58° 23'    Lat.    S.    62° 08' 3"

**TESIS DE GRADO**

**PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:**

**INGENIERA EN GEOLOGIA**

**PRESENTADA POR:**

**SONIA MARIVEL MERCHAN SAN MARTIN**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**1992**

## **DEDICATORIA**

A mi Patria

A mis Padres

A mis Hermanos

## AGRADECIMIENTO

Hago público mi agradecimiento al Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR). El que a través del Departamento de Ciencias del Mar, me brindó el apoyo para la realización del presente trabajo, en especial al TNN. Patricio Goyes, Jefe de la División de Geología Marina, y a todas las personas del Instituto que colaboraron de una u otra forma.

A Petroecuador, al laboratorio de LABOGEO por proporcionar la ayuda técnica necesaria en la identificación micropaleontológica y microscopia electrónica, agradeciendo la atención personal dada por parte de su calificado equipo humano y personal, técnico Geól. Walter Zumba, Ing. Guillermo Toala, Geól. Italo Zambrano, Ing. Nelson Jiménez y de manera especial a la Dra. Martha Ordoñez de Fiallos y al Ing. Stalin Benitez, quienes me brindaron siempre su apoyo técnico y humano.

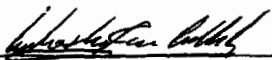
Al Ing. Fernando Repetto, quién a través de la UNESCO, hizo posible la realización de una beca de Micropalentología en Buenos Aires, Argentina, experiencia que fue válida para afinar el presente trabajo.

Al Ing. Edison Navarrate C. por la ayuda en la identificación de Radiolarios y acertada dirección en el desarrollo del presente estudio, además por el impulso y orientación en el

otorgamiento de la beca de Micropaleontología a la Argentina.

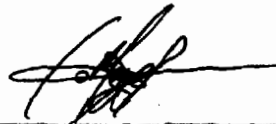
A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron al presente trabajo.





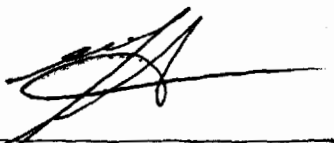
---

Ing. Jorge Calle  
Presidente del Tribunal



---

Ing. Edison Navarrete C.  
Director de Tesis



---

Ing. Enrique Luna  
Miembro del Tribunal

**DECLARACION EXPRESA**

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

..........

SONIA MARIVEL MERCHAN SAN MARTIN

## RESUMEN

Los sedimentos de 5 testigos de Bahía Almirantazgo, en las Shetland del Sur, territorio Antártico - Ecuatoriano, están constituídos en general por secuencias limo arenosas y limo arcillosas con fragmentos de rocas, depositadas durante el Pleistoceno y Holoceno.

El análisis de las asociaciones de micro - organismos de estos sedimentos indica abundante población de foraminíferos, de manera especial en los sedimentos Holocénicos, además radiolarios y diatomeas, otros microorganismos presentes son: Ostrácodos, Espículas y Bases de espículas de equínidos y Escleritos de holotúridos.

Entre los foraminíferos bentónicos presentes en los sedimentos de la bahía se destacan en abundancia las especies: *Cassidulinoides parkerianus*, *Epistominella exigua*, *Fursenkoina fusiformes*, *Globocassidulina biora*, *G. crassa*, *G. crassa rosensis*, *G. gemma*, *G. subglobosa*, *Nonionella bradii*, *Rosalina globularis*, *Miliammina arenácea* y *Trochammina cf. antarctica*. Mientras que entre los foraminíferos planctónicos se destacan *Globoquadrina pachyderma* en su forma típica y superficial, *Globigerina quinqueloba* y *Globigerinita úvula* entre las principales. La población de radiolarios está constituída principalmente de policistínidos espumelarios, cuyos géneros más comunes

---

en los sedimentos analizados son: *Lithelius nautiloides*, *Prunopyle* spp., *Spongotrochus glacialis*, *Spongodiscusa resurgens* y *Spongopyle* aff. *osculosa*.

Las diatomeas están representados por los géneros *Triceratium*, *Biddulphia* y *Anellus* (?) especialmente. Escasamente aparecen ciertos ostrácodos, de los cuales se han identificados tres géneros.

El análisis en conjunto de los foraminíferos y radiolarios, ubican a los sedimentos de los testigos de Bahía Almirantazgo dentro de la zona de *Globoquadrina pachyderma* de Berggren (1975).

El análisis simultáneo de los micro-organismos presentes en los testigos de B. Almirantazgo permite establecer modelos ecológicos y paleoecológicos. Obteniéndose que los micro-organismos están identificados en cuatro asociaciones ecológicas de los Océanos del Sur, las cuales son: *Miliammina* arenácea, *Cassidulina crassa*, *Trifarina angulosa* y *Globocassidulina subglobosa*.



## INDICE GENERAL

RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VIII
INDICE DE ABREVIATURAS	XII
INDICE DE FIGURAS	XIII
INDICE DE TABLAS	XIV
INTRODUCCION	18
AREA DE ESTUDIO	19
ANTECEDENTES	24
GEOLOGIA DEL AREA	25
OBJETIVOS DEL ESTUDIO	29
METODOLOGIA	29
I    SEDIMENTOLOGIA DE LOS DEPOSITOS	34
1.1    Morfología de la Bahía	34
1.1.1    Ensenada Martel	35
1.1.2    Ensenada Mackellar	36
1.1.3    Ensenada Ezcurra	36
1.1.4    Canal de bahía	37
1.2    Sedimentación del área	37
1.2.1    Características de la sedimentación Glacio-estuarina de Bahía Almirantazgo	37
1.2.2    Sedimentación Biogenética	38
1.3    Naturaleza y ubicación de las muestras	

	analizadas sedimentológicamente por	
	INOCAR.....	39
1.4	Descripción sedimentológica de los	
	testigos.....	41
1.4.1	Parámetros sedimentológicos	
	estudiados.....	41
1.4.2	Descripción de los testigos.....	46
II	LOS PROTISTAS Y SU UTILIZACION EN	
	ESTRATIGRAFIA.....	56
2.1	Generalidades sobre los protistas.....	56
2.2	Consideraciones morfológicas de algunos	
	grupos protistas.....	58
2.2.1	Foraminíferos.....	58
2.2.2	Radiolarios.....	63
2.2.3	Diatomeas.....	66
2.3	Utilización de los protistas en	
	determinaciones de edad de sedimentos.....	68
2.3.1	Foraminíferos.....	71
	2.3.1.1 Biozonación Cenozoica	
	en latitudes altas.....	74
2.3.2	Radiolarios.....	74
	2.3.2.1 Biozonación Cenozoica	
	en latitudes altas.....	75
2.3.3	Diatomeas.....	76
	2.3.3.1 Biozonación Cenozoica	
	en latitudes altas.....	78

2.4	Utilización de los protistas en determinaciones paleoecológicas.....	80
2.4.1	Foraminíferos.....	81
2.4.2	Radiolarios.....	93
2.4.3	Diatomeas.....	97
III	BIOESTRATIGRAFIA DE LOS SEDIMENTOS.....	103
3.1	Descripción de la población de microorganismos .....	103
3.1.1	Foraminíferos.....	103
3.1.2	Radiolarios.....	117
3.1.3	Diatomeas.....	121
3.1.4	Otros.....	125
3.2	Biozonación y datación de los sedimentos.....	126
3.2.1	Biozonación utilizada.....	126
	3.2.1.1 Foraminíferos.....	127
	3.2.1.2 Radiolarios.....	128
3.2.2	Datación.....	129
IV	CORRELACION BIOESTRATIGRAFICA.....	135
4.1	Correlación entre los testigos de Bahía Almirantazgo .....	135
4.2	Correlación con áreas adyacentes.....	136
V	ECOLOGIA Y PALEOECOLOGIA DE LA ZONA.....	142
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	150

ANEXOS	155
BIBLIOGRAFIA	189

## INDICE DE ABREVIATURAS

aff.	: afinidad con
B.	: bahía
cf.	: comparado con
cm.	: centímetro
f.	: forma
FRx.	: fragmentos de rocas
G.	: Globigerina
gr.	: gramos
Km.	: Kilómetros
m.	: metros
m.a	: millones de años
ml.	: mililitro
mm.	: milímetro
n.m	: nivel del mar
N,S,E,W	: puntos cardinales
Neogl.	: Neogloboquadrina
p.e	: por ejemplo
pp.	: páginas
P.C.C.	: Profundidad de Compensación de los Carbonatos
pulg.	: pulgada
sp.	: especie
spp.	: varias especies
u.m	: micra ( $1 \times 10^{-3}$ mm.)
vol.	: volúmen

## INDICE DE FIGURAS

No	PAG.
1. MAPA DE LOCALIZACIÓN Y SITUACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.-----	21
2. MAPA DE UBICACIÓN DE BAHÍA ALMIRANTAZGO, ISLA REY JORGE, ANTÁRTIDA.-----	22
3. MAPA ESTRUCTURAL DE LA ISLA REY JORGE.-----	30
4. POSICIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO PARA EL ESTUDIO DE MICRO - ORGANISMOS EN BAHÍA ALMIRANTAZGO.-----	40
5. PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS ANALIZADOS DEL TESTIGO A1.-----	47
6. PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS ANALIZADOS DEL TESTIGO A5.-----	49
7. PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS ANALIZADOS DEL TESTIGO A6.-----	51
8. PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS ANALIZADOS DEL TESTIGO A7.-----	53

XIV

9.	PARÁMETROS SEDIMENTOLÓGICOS ANALIZADOS DEL TESTIGO A9. -----	54
10.	CORRELACIÓN DE LAS ZONAS BIOESTRATIGRÁFICAS DEL PLIOCENO SUPERIOR AL RECIENTE UTILIZADO EN EL PRESENTE TRABAJO, EN BASE A FORAMINÍFEROS.-----	73
11.	CUADRO DE ZONACIONES EN BASE A RADIOLARIOS EFECTUADA EN LA REGIÓN ANTÁRTICA.-----	77
12.	ESQUEMA DE CORRELACIÓN DEL CUATERNARIO EN TESTIGOS DE BAHÍA ALMIRANTAZGO.----- :	137

INDICE DE TABLAS



Nº		
1.	NATURALEZA Y UBICACIÓN DE LAS MUESTRAS EN BAHÍA ALMIRANTAZGO - ANTÁRTIDA COLECTADAS DURANTE EL II CRUCERO ANTÁRTICO ECUATORIANO.....	42
2.	OCURRENCIA DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS DE LOS TESTIGOS A1, A5, A6, A7 Y A9 DE BAHÍA ALMIRANTAZGO - ANTÁRTIDA.....	104
3.	OCURRENCIA DE FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS PRESENTES EN MUESTRAS DEL CUATERNARIO DE LA BAHÍA ALMIRANTAZGO (SHETLAND DEL SUR) ANTÁRTIDA.....	105
4.	DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LOS FORAMINÍFEROS BENTONICOS CALCEREOS Y AGLUTINADOS PRESENTES EN EL TESTIGO A1 DE BAHIA ALMIRANTAZGO - ANTARTIDA.....	108
5.	DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LOS FORAMINÍFEROS BENTONICOS CALCEREOS Y AGLUTINADOS PRESENTES EN EL TESTIGO A5 DE BAHIA ALMIRANTAZGO - ANTARTIDA.....	110
6.	DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LOS FORAMINÍFEROS	



	BENTONICOS CALCAREOS Y AGLUTINADOS PRESENTES EN EL TESTIGO A6 DE BAHIA ALMIRANTAZGO - ANTARTIDA.....	113
7.	DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LOS FORAMINÍFEROS BENTONICOS CALCAREOS Y AGLUTINADOS PRESENTES EN EL TESTIGO A7 DE BAHIA ALMIRANTAZGO - ANTARTIDA.....	116
8.	DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LOS FORAMINÍFEROS BENTONICOS CALCAREOS Y AGLUTINADOS PRESENTES EN EL TESTIGO A9 DE BAHIA ALMIRANTAZGO - ANTARTIDA.....	118
9.	OCURRENCIA DE LOS RADIOLARIOS PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE BAHIA ALMIRANTAZGO.....	120
10.	OCURRENCIA DE DIATOMEAS PRESENTES EN LOS TESTIGOS DE BAHÍA ALMIRANTAZGO.....	124
11.	OCURRENCIA DE OTROS MICROORGANISMOS PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE BAHIA ALMIRANTAZGO.....	124
12.	RANGOS DE EDAD DE LOS FORAMINIFEROS PLANCTONICOS ENCONTRADOS EN LOS TESTIGOS DE BAHIA ALMIRANTAZGO - ANTARTIDA.....	131

13.	RANGOS DE EDAD DE LOS RADIOLARIOS ENCONTRADOS EN LOS TESTIGOS A1, A5, A6, A9.....	132
14.	RANGOS DE EDAD DE LOS RADIOLARIOS ENCONTRADO EN EL TESTIGO A7.....	133

## INTRODUCCION

### DATOS GENERALES

El continente Antártico presenta interés a la comunidad científica internacional, por constituirse en una de las últimas fronteras del planeta en ser explotadas y transformadas por el hombre y su tecnología. Además, también presenta interés mundial por la posible extracción de recursos naturales, sobre todo en lo referente a probables reservas de hidrocarburos, presentes en la plataforma continental y otros sitios.

En la Antártida el área cubierta por el hielo se expande aproximadamente desde  $3 \times 10^6$  Km<sup>2</sup> al final del verano (Febrero), hasta  $20 \times 10^6$  Km<sup>2</sup> en invierno (Septiembre-October) que representa aproximadamente el 10% de la superficie terrestre. Presenta cerca del 90% de su superficie continental cubierta por hielo perenne, con un espesor promedio de 1.5 Km. y máximo un poco más de 4 Km., cerca del Polo Sur.

Se encuentra situado en latitudes superiores a 60° Sur y según su fisiografía y geología se subdivide en dos regiones:

**Antártida Oriental:** constituida por el altiplano

central, formado por rocas antiguas de edades precámbricas que abarcan la mayor superficie y por ende presenta la mayor cobertura de hielo del continente.

**Antártida Occidental:** esta integrada por estrechas planicies costeras con relieves montañosos, intensamente modificada por fallas y pliegues, siendo cuna de grandes perturbaciones orogénicas post-cretácicas, contemporáneas a los eventos de formación de la Cordillera de los Andes.

Ambas regiones están separadas por la cordillera trans-antártica que se extiende de Norte a Sur, atravesando todo el continente Antártico.

## **AREA DE ESTUDIO**

### **Ubicación**

En el continente Antártico, entre el extremo Sur de Sudamérica y en la región Antártica Occidental se localiza la Península Antártica que se extiende en dirección Norte-Sur entre los  $60^{\circ}$  y  $70^{\circ}$  de latitud Sur. Paralela a esta, se sitúa el Archipiélago de las Shetland del Sur, localizado aproximadamente a 700 Km. al Sureste del Cabo de Hornos

(América del Sur) y cerca de 160 Km. al Noreste de la Península Antártica (Fig. 1, Fig. 2).

El miembro más importante del Archipiélago de las Shetland del Sur es la Isla Rey Jorge que, a lo largo de su eje mayor de dirección NE - SW, posee cerca de 80 Km. de largo, siendo su ancho máximo 30 Km.. En la Costa Sur de esta isla, se ubica el área del presente estudio, constituida por la Bahía Almirantazgo, que se orienta hacia el SE y se encuentra comunicada con el mar abierto por el Estrecho de Bransfield. El área aproximada de la Bahía es 120 Km<sup>2</sup> y se encuentra localizada geográficamente entre los 62°12'S - 58°26'W y 62°11'S - 58°18'W.

## FISIOGRAFIA

La Península Antártica fue envuelta, a partir del Cretácico por la acción de intensos procesos tectónicos y de actividades volcánicas, lo cual se refleja en la fisiografía montañosa, litoral extremadamente irregular, zonas costeras estrechas recortadas con numerosos fiordos y emplazamientos (36).

Producto de la misma actividad tectónica son las Islas Shetland del Sur y entre ellas la Isla Rey Jorge que presenta una topografía accidentada en la parte central (cinturón rocoso) y menos accidentada en las áreas costeras

---

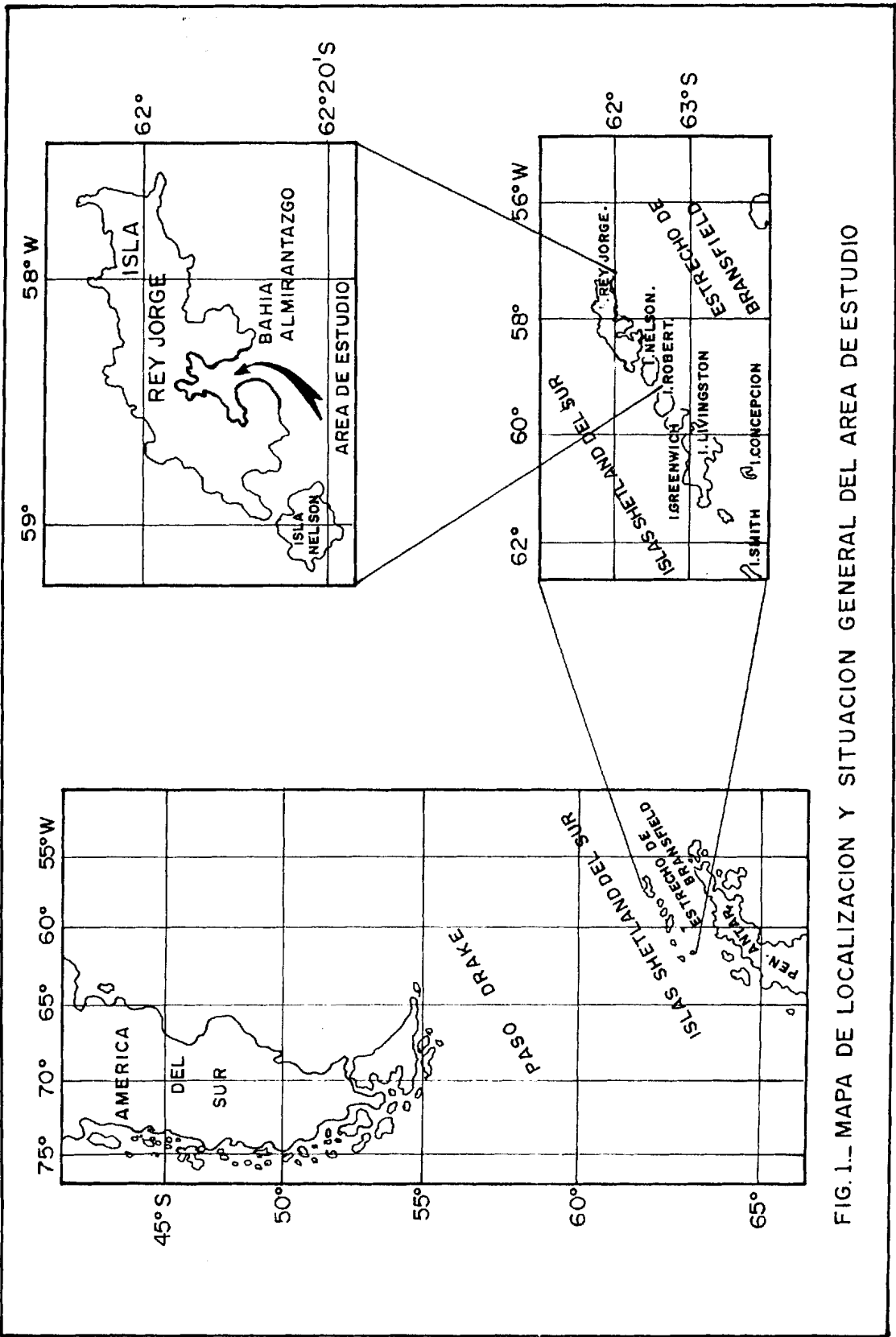
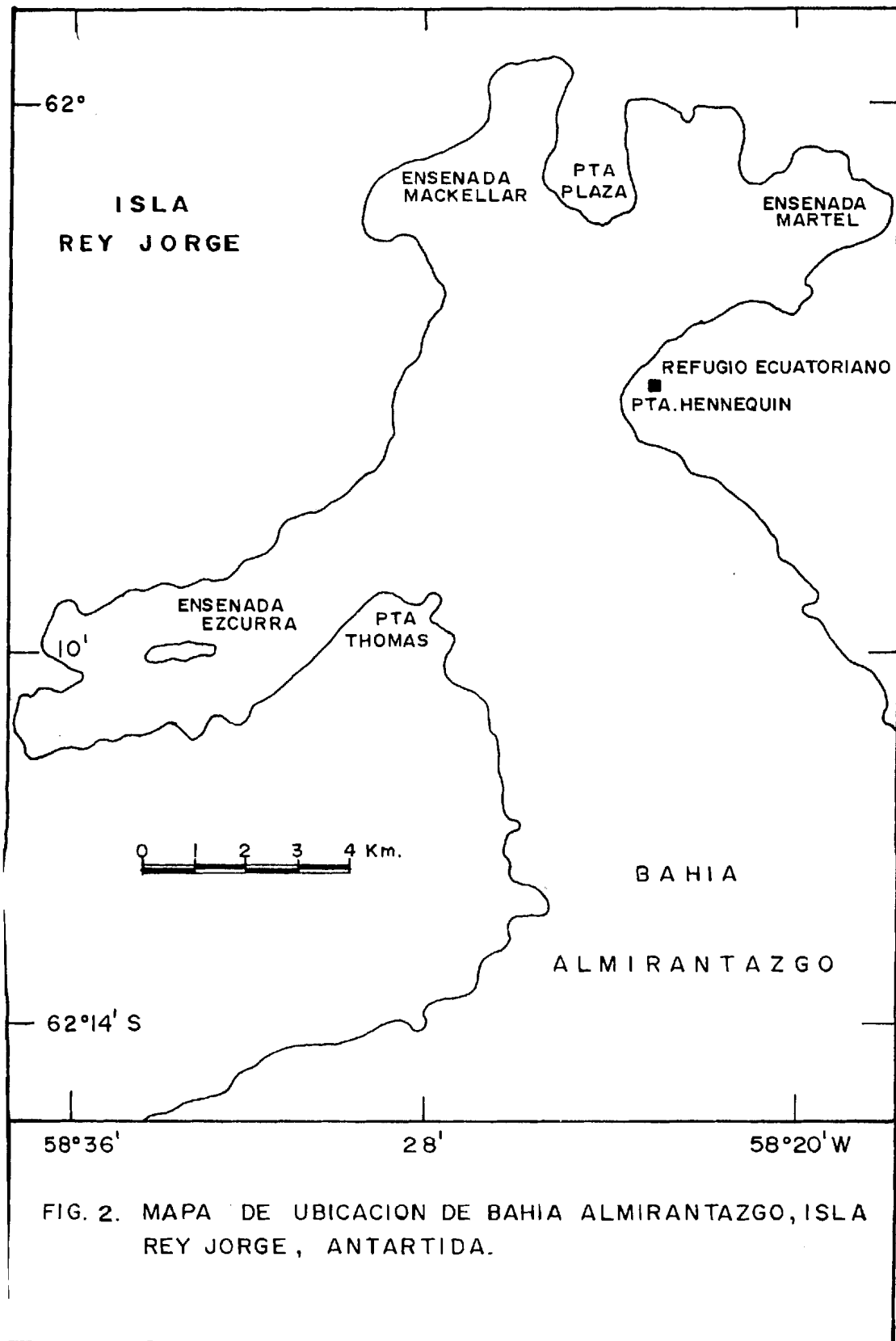


FIG. 1.- MAPA DE LOCALIZACION Y SITUACION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO



de la parte Sur.

En estas islas debido a su orografía, el viento es menos intenso que en el mar, en verano hay mucha nubosidad, presentándose el clima bastante húmedo y relativamente templado. La niebla, las precipitaciones y la nieve arrastrada por los frecuentes temporales afectan la visibilidad. La temperatura en Invierno (Junio, Julio y Agosto) se mantiene entre los  $-5^{\circ}\text{C}$  y  $-15^{\circ}\text{C}$  y en Verano (Diciembre, Enero y Febrero) sube hasta  $0^{\circ}\text{C}$ . Siendo las temperaturas medias anuales entre  $-4^{\circ}\text{C}$  y  $4^{\circ}\text{C}$ . La Bahía Almirantazgo, al igual que el Estrecho Bransfield, durante el invierno, permanece totalmente cubierta de hielo, incluso en Septiembre y Octubre, en años en que el Invierno es muy riguroso, comenzando el deshielo al inicio del Verano.

En general, la península Antártica presenta fuertes gradientes climáticos, tanto en la precipitación como en la temperatura, lo cual influye en el clima de las Shetland del Sur, donde se encuentra el área de estudio.

A pesar de parecer un desierto glacial hay que resaltar la fauna y flora encontrada en el litoral Antártico y sitios adyacentes.

La accesibilidad al área de estudio se dificulta debido a



los hielos desprendidos de los glaciares que bordean casi todas sus costas interiores y por la profundidad de sus aguas hasta muy cerca de la costa, por lo que resulta difícil hallar lugares aptos para fondear.

Las facies fisiográficas más importantes de la costa Sur de la isla Rey Jorge son: Bahía Almirantazgo, Bahía Maxwell y Bahía Rey Jorge. La Bahía presenta tres ensenadas: Ensenada Ezcurra (W), E. Mckellar (N) y E. Martel (NE) con profundidades que raramente exceden los 100m.. En su centro, ligando las ensenadas se tiene una estructura morfológica llamada Canal de Bahía, de grandes profundidades que se extienden y aumentan a medida que se acerca a su desembocadura, con líneas de contorno máximas de 550 a 600m. de profundidad.

Siendo la isla Rey Jorge el miembro más importante de la costa Sur y debido a su excepcionales condiciones climáticas y fisiográficas han permitido el asentamiento de muchísimas estaciones, bases y refugios de países miembros del tratado Antártico, sobre su superficie insular.

#### **ANTECEDENTES**

La Antártida fue descubierta en 1774 por el inglés James Cook, fue objeto de grandes expediciones en el siglo XIX, como la de los pioneros Scott (inglés) y Amudsen (noruego)

y de frecuentes actividades balleneras.

No es sino a partir de la década de los sesenta que se han incrementado las investigaciones científicas en la Antártida, sobre todo en los campos de la Geología, Glaciología y Meteorología, siendo los estudios micropaleontológicos motivados especialmente por las notables prospecciones petrolíferas en la zona, y por las numerosas publicaciones de productividad y currentología del Mar Austral.

Son múltiples los estudios realizados en los campos de la micropaleontología y ecología en la Antártida y áreas adyacentes, cabe destacar entre ellos los de los siguientes investigadores: Boltovskoy (1966c, 1969, 1970, 1971, 1976, 1979); Mateu (1987, 1989); J. Morley y J. Stepien (1985); Finger K. L. y Lipps J. H. (1981). Así se tiene que Fillon(1974) y Keany (1979), sostienen que el actual ecosistema micropaleontológico de la Antártida es de origen pliocénico y más o menos relacionado con la época magnética Gauss (3 m.a.).

## **GEOLOGIA DEL AREA**

Desde el Paleozoico Superior hasta el Terciario, la región de la Península Antártica y del Archipiélago de las Shetland del Sur estuvo sometida a esfuerzos de compresión

---

que, según West (1974), dió origen a la formación de depósitos de frente de arco, con metasedimentos y rocas ígneas intrusivas, que constituyen el tipo litológico predominante en la región.

Posteriormente, la región se encontró sometida, a partir del Plioceno, a esfuerzos de distensión y volcanismo alcalino activo.

Los registros magmáticos de subducción (post - Paleozoica) relacionados a los sucesivos estragos de consumo de la costa del Océano Pacífico, se han atribuido a los dos períodos de mayor actividad geodinámica: Jurásico - Terciario y Terciario, respectivamente. Este proceso de subducción se aceleró probablemente en el período Cretácico terciario (Orogenia Andina) causando plegamiento, afloramiento y erosión en la región.

El complejo volcano - sedimentario de la Isla Rey Jorge presenta el típico registro volcánico alcalino de arco de islas, que es como se considera a todo el archipiélago en el marco tectónico regional. Este complejo se lo puede dividir en cuatro partes, de la más antigua a la más reciente:

El complejo Inferior que incluye a los Grupos Cardozo Cave y Ensenada Martel, está formada por rocas volcánicas e

intrusivas plutónicas del Jurásico - Cretácico que abarcan el más antiguo episodio volcánico que data del Jurásico Superior y está representado, más detalladamente, por espesas capas de basalto andesítico intercaladas con rocas volcánico - clásticas.

El complejo intermedio fue reconocido por Birkenmajer como Super Grupo Isla Rey Jorge, formado por rocas alcalinas volcánicas y sedimentos subordinados. Algunos investigadores encontraron dentro de una secuencia volcánica estratos finos con fósiles de plantas, lo cual permitió asignar una edad poco precisa, entre Eoceno y Mioceno Medio a este complejo.

El complejo Superior reconocido como Super Grupo Krakow Icefield con una edad de Plioceno a Pleistoceno Inferior, consiste principalmente de lavas y material piroclásticos con la presencia de una importante unidad de depósitos glacio-marinos y glaciales, rica en fósiles que le han permitido asignar una edad de Plioceno y se la distingue como la formación Polonez Cave.

Por último, el complejo actual denominado como Grupo Isla Pinguin de edad Pleistoceno Superior a Holoceno, está representada por volcanismo caracterizado por basaltos olivínicos, andesitas y andesitas augíticas.

El comportamiento estructural de la Isla Rey Jorge, está controlado por un sistema de fallas de rumbo (Birkenmajer, 1982). El sistema comprende:

- a) Un grupo ENE-WSE, que se corresponde con el alineamiento del Archipiélago de las Shetland del Sur y tiene una edad de por lo menos 77m.a a aproximadamente 23m.a.
- b) Un grupo NNW-SSE, casi perpendicular al sistema anterior y con una edad de alrededor de 20m.a a 4m.a (37).

También existe un grupo más joven de fallas, constituídas mayormente por fallas de buzamiento con una dirección que varía desde ENE hasta NW, conocido con el nombre de Falla Krakow y con una edad aproximada de 1,3 m.a al Reciente Fig,3)(37).

El sistema de fallas de rumbo es responsable de la formación del Horst de Barton que corresponde a la columna vertebral de la Isla Rey Jorge, estructura que tiene una orientación ENE-WSW, limitada hacia el Sur por la Falla Ezcurra y hacia el Norte por la Falla Collins. También la evolución estructural de la Bahía Almirantazgo se encuentra íntimamente ligada a este sistema de fallas, siendo cortada por la Falla Ezcurra que determina una de las direcciones

preferenciales de su comportamiento y también separa un dominio litológico Pre-terciario al Norte (Horst de Barton) y otro de edad terciaria al Sur (Fig.3).

#### **OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

- a) Determinar la edad relativa y establecer la biozonación de los sedimentos de Bahía Almirantazgo en base a foraminíferos y radiolarios.
- b) Realizar la correlación bioestratigráfica de los cinco testigos de Bahía Almirantazgo.
- c) Establecer la paleoecología del área en base a los microorganismos estudiados.

#### **METODOLOGIA**

Para el presente trabajo se realizó el análisis micropaleontológico de muestras de testigos (piston core) que comprendió varias fases de tratamiento en el laboratorio.

A continuación se describen las fases del tratamiento:

- 1) Tamizado por vía húmeda de cada muestra con un juego de tamices correspondiente a los números de malla 60,

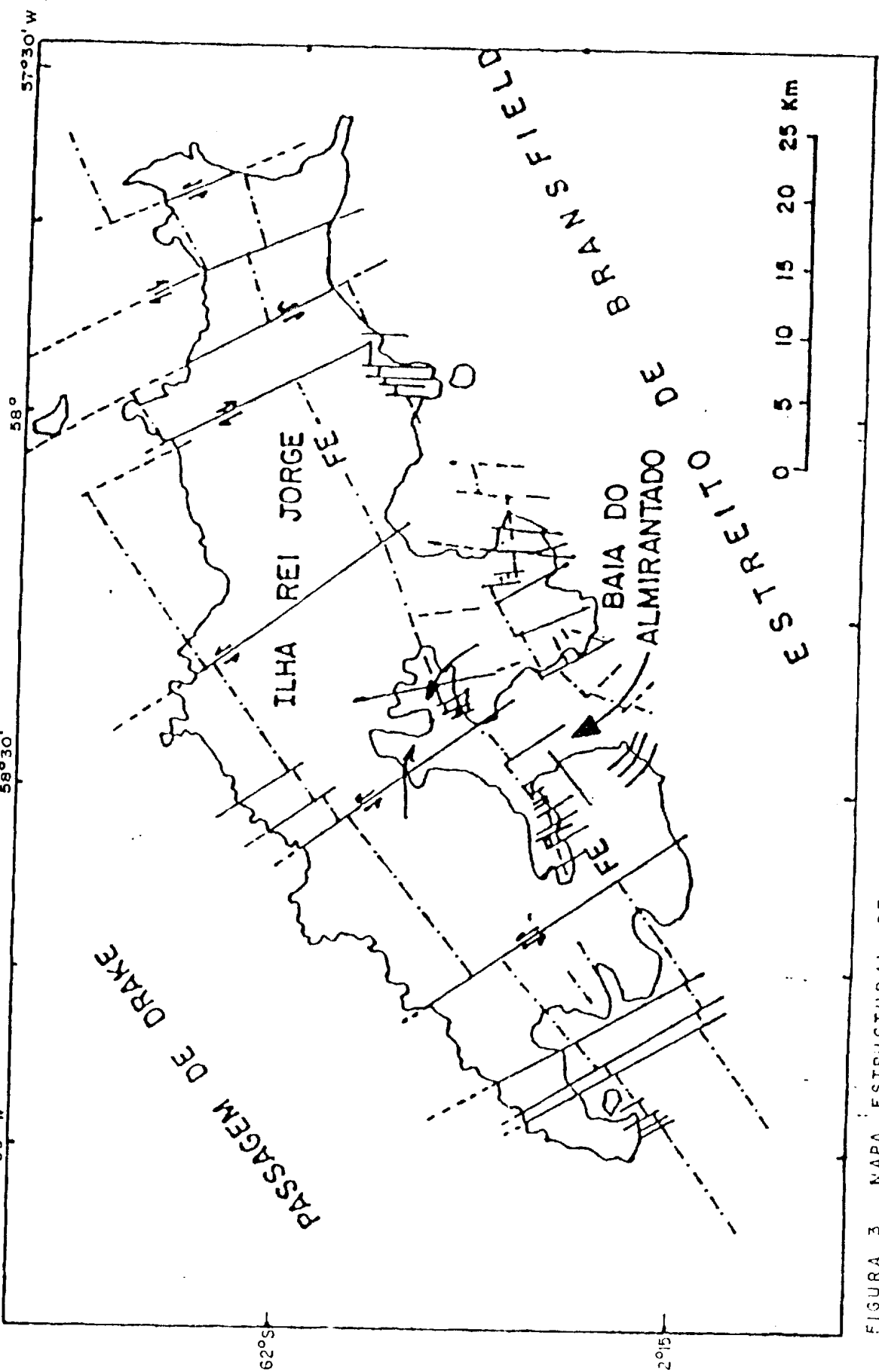


FIGURA. 3. --- MAPA ESTRUCTURAL DE LA ISLA REY JORGE ( TOMADO DE SAMBAQUI , 1989 )

80, 120, 170, 230 y fondo, obteniéndose de esta manera, después del secado, 6 fracciones para el análisis.

- 2) Separación de los microorganismos (picado o 'picking') de las diferentes fracciones de cada una de las muestras, los cuales se colocaron en placas porta-microfósiles.
  
- 3) Identificación de los foraminíferos, mediante un estereoscopio, utilizando la bibliografía disponible y ejemplares de colección.
  
- 4) Montaje de radiolarios y diatomeas en láminas delgadas, previa su identificación, siguiendo los pasos a continuación:
  - a.- Se preparó la placa de vidrio porta objeto, untando saliva, para la adherencia de los caparzones.
  
  - b.- Se ubicó los caparzones en orden horizontal en la placa de vidrio con la ayuda de un pincel humedecido.
  
  - c.- Se calentó la placa de vidrio con un horno de secado a aproximadamente 60°C durante cinco



minutos para que se evapore el agua y los caparazones queden totalmente secos.

d.- Se añadió 2 ó 3 gotas de Xileno para expelir el aire de los caparazones.

e.- Se agregó tres gotas de bálsamo de Canadá líquido y se colocó la lámina cubre-objetos.

f.- Se dejó secar la lámina durante tres días.

5) Identificación de los radiolarios por medio de un microscopio óptico, utilizando la bibliografía disponible.

6) Identificación de los ejemplares de diatomeas de mayor tamaño mediante estereoscopio y microscopio óptico, utilizando la escasa bibliografía disponible.

Una vez realizado el análisis micropaleontológico de las muestras, se procedió a la ilustración, mediante la toma de fotografías de los ejemplares más importantes de foraminíferos, radiolarios y diatomeas, utilizando los microscopios electrónicos de barrido:

- de Labogeo, Petroproducción filial de Petroecuador Guayaquil.

minutos para que se evapore el agua y los caparazones queden totalmente secos.

d.- Se añadió 2 ó 3 gotas de Xileno para expelir el aire de los caparazones.

e.- Se agregó tres gotas de bálsamo de Canadá líquido y se colocó la lámina cobre-objetos.

f.- Se dejó secar la lámina durante tres días.

5) Identificación de los radiolarios por medio de un microscopio óptico, utilizando la bibliografía disponible.

6) Identificación de los ejemplares de diatomeas de mayor tamaño mediante estereoscopio y microscopio óptico, utilizando la escasa bibliografía disponible.

Una vez realizado el análisis micropaleontológico de las muestras, se procedió a la ilustración, mediante la toma de fotografías de los ejemplares más importantes de foraminíferos, radiolarios y diatomeas, utilizando los microscopios electrónicos de barrido:

- de Labogeo, Petroproducción filial de Petroecuador Guayaquil.

- de la Fac. de Odontología (UBA) de Buenos Aires, Argentina.

y para radiolarios y diatomeas, también se utilizó el microscopio óptico.

Se debe anotar, que previa la observación y toma de fotografías con los microscopios electrónicos de barrido, se preparó el material de la siguiente manera:

- a.- Sobre un taco o una placa metálica ( $1 \times 1 \text{cm}^2$ ), se adhirió una cinta de doble lado y se colocaron en forma ordenada los ejemplares.
- b.- Se metalizó el taco o placa mediante un baño electrolítico, con una aleación de Oro-Paladio.
- c.- Se dejó pasar por lo menos un día entre cada paso.

## CAPITULO I

### SEDIMENTOLOGIA DE LOS DEPOSITOS

Este capítulo se incorporó en el presente estudio como una herramienta para la interpretación y establecimiento de la bioestratigrafía y la paleoecología. El objetivo del mismo es conocer, el origen y naturaleza de los sedimentos de la Bahía Almirantazgo, a través del análisis sedimentológico de muestras.

La información obtenida se tomó, de la tesis titulada "Contribuicao ao estudio da sedimentacao glacio-marina da Bahía do Almirantado, Ilha Rei Jorge, Antartica" (Sambaqui, 1989), y de los parámetros sedimentológicos analizados por el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), de las mismas muestras que sirvieron para el presente trabajo.

#### 1.1 MORFOLOGIA DE LA BAHIA ALMIRANTAZGO

La Bahía Almirantazgo dentro de la clasificación de costas dadas por Shepard (1963), corresponde a costas primarias del tipo "A", pudiendose encuadrar, dentro de las costas de erosión, de génesis condicionada a la acción de procesos no marinos, formadas por erosión subáerea y sumergidas por elevación post glacial del nivel del mar y por agua del deshielo de los glaciares

de valle costero.

Debido al fuerte control estructural y diversas etapas evolutivas de la Isla Rey Jorge, ésta presenta diversos complejos litológicos que conforman unidades morfológicas. Sambaqui (1989), sugiere cuatro unidades morfológicas: Ensenada Martel, Ensenadas Mackellar, Ensenada Ezcurra y Canal de bahía.

#### **1.1.1 ENSENADA MARTEL**

Está situada en el sector NNE de la bahía. Debido a ubicación dentro de los patrones estructurales y al estar atravesado por la Falla Ezcurra, presenta dos complejos litológicos distintos, caracterizado, uno de ellos, por rocas Jurásicas surgidas del sector central de la isla y que corresponde a la sección Norte de las Ensenadas Martel y Ezcurra, en contrapunto al complejo de rocas volcánicas Plio - pleistocénicas correspondiente a la porción Sur de la misma.

Este gran contraste litológico acelera los procesos de erosión diferencial observados, esculpiendo una fisiografía distinta en ambos márgenes lo cual se observa mayormente en las Ensenadas Ezcurra debido al alto grado de

perturbación tectónico - estructural de dicha ensenada, siendo menos notable en la Ensenada Martel.

En los sectores costeros y playas, el complejo volcánico más joven tiene normalmete un grado de perturbación mayor en su litología.

#### **1.1.2 ENSENADA MACKELLAR**

Está situada en la parte Norte de la bahía. Una característica que presenta esta ensenada es la gran galería de Piedemonte, la cual cubre el borde Oeste y constituye el principal agente dinámico de esta ensenada.

Los sedimentos aportados por estos procesos glaciales (avance y retroceso) se acumulan en el interior de la ensenada, cuyo fondo se presenta raso y plano.

#### **1.1.3 ENSENADA EZCURRA**

Está situada en el sector Occidental de la bahía. Como se mencionó anteriormente, debido a la tectónica de la Isla Rey Jorge, al estar atravesado por la falla del mismo nombre, esta

ensenada al igual que la Martel, se caracteriza por el alto grado de perturbación estructural, por las secuencias estratigráficas complejas y los dos tipos litológicos distintos en edad y naturaleza.

## **1.2 SEDIMENTACION DEL AREA**

Según la definición de Pritchard (1967): "Un estuario es un cuerpo de agua semiabrigado que posee conexión con el mar abierto, donde el agua de mar es diluída por agua dulce derivada del drenaje terrestre". Bahía Almirantazgo se clasifica según su origen, como un estuario de tipo fiordo de características microtidales ( 0 - 2m.), dentro de los patrones propuestos por Davies (1964) y Biggs (1982).

### **1.2.1 CARACTERISTICAS DE LA SEDIMENTACION GLACIO - ESTUARINA EN LA BAHIA ALMIRANTAZGO.**

Sambaqui (1989), adopta para la Bahía Almirantazgo, el modelo de sedimentación glacio estuarina en fiordo dominado por glaciales, propuesta por Drewry (1986), en base al conjunto de factores estructurales, glaciales, climatológicos e hidrodinámicos que caracterizan a esta bahía.

Los procesos de sedimentación actuantes en estuarios dominados por glaciales dependen de mecanismos de transporte y depositación, los cuales están controlados por el aporte de material detrítico y por el sistema de circulación hidrodinámico del fiordo.

### **1.2.2 SEDIMENTACION BIOGENETICA**

En los fiordos habitan abundantes y variadas comunidades de organismos marinos, los cuales una vez muertos, desempeñan un papel importante en la sedimentación del fiordo.

La producción de sedimentos biogénicos en esta región está controlada por el suplemento de nutrientes que aporta el agua de deshielo de los glaciares, por la luz solar, la cual está influenciada por el hielo de Invierno, que la limita a aguas superficiales, época en la cual también se provoca mezcla verticales de masas de aguas que estimulan la producción del plancton. Los procesos de biorturbación también forman parte de la sedimentación biogénica, y consiste en la alternancia y mezcla de sedimentos, con la consiguiente destrucción efectuada por los organismos de las estructuras primarias, tales

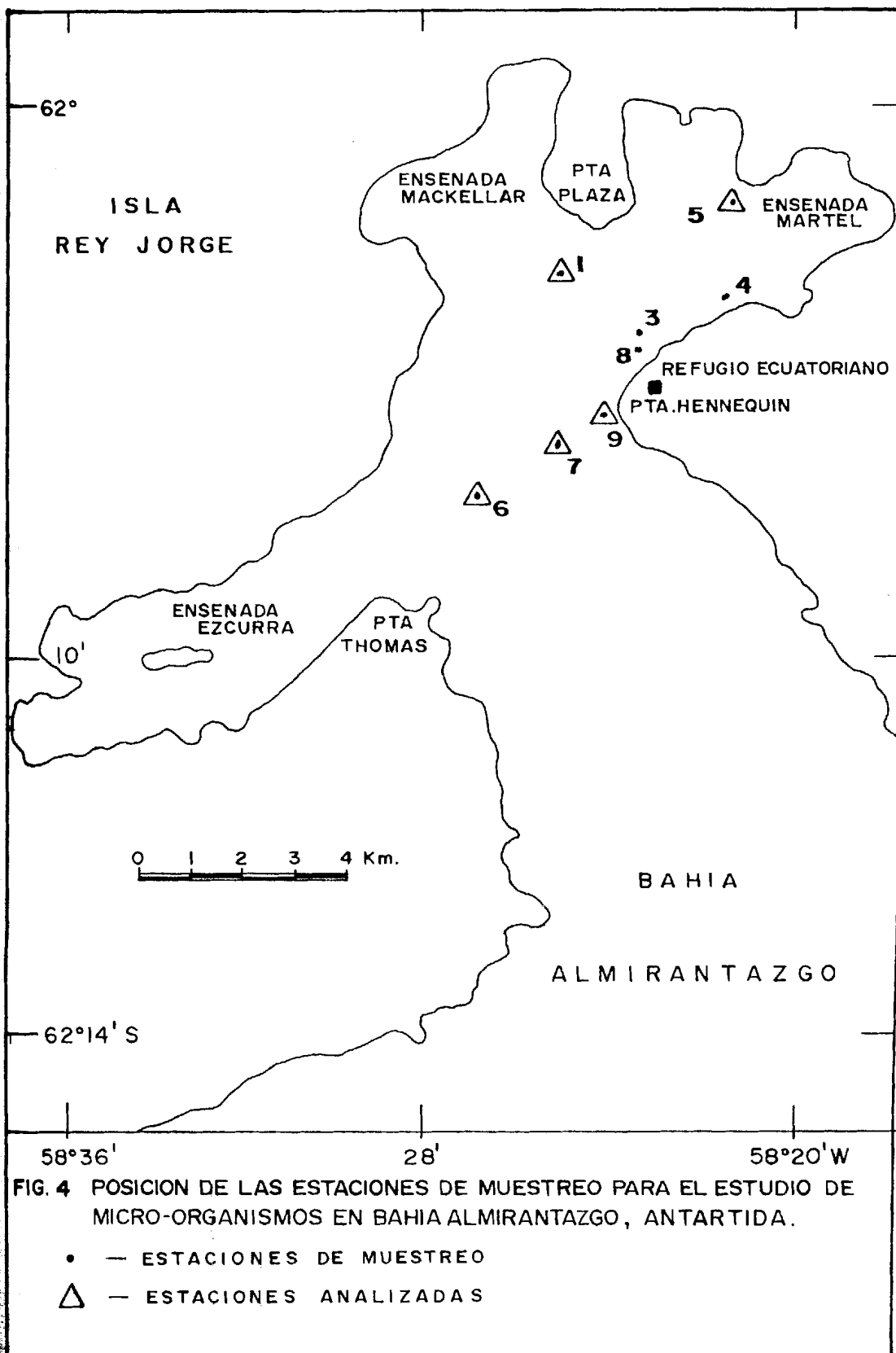


como laminaciones.

### 1.3 NATURALEZA Y UBICACION DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS SEDIMENTOLOGICAMENTE POR INOCAR

Las muestras para este análisis fueron colectadas a bordo del BAE "ORION" del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), en el segundo crucero Antártico - Ecuatoriano realizado en Enero de 1990. Las muestras se extrajeron mediante el lanzamiento de un muestreador ("Piston core"), marca Tsurami - Seiko de 4m. de largo y 2.5 pulg. de diámetro, habiéndose obtenido 8 testigos a profundidades que van desde 42 hasta 500m. y ubicados en general al NE de la bahía ( Fig.4).

De los ocho testigos colectados, debido al gran número de muestras y al poco tiempo disponible hasta la presentación del estudio bioestratigráfico, se analizaron solamente cinco de ellos, dichos testigos, fueron debidamente seleccionados de los demás, tomándose como base para su elección, la profundidad, litología, longitud y de manera especial la ubicación de los mismos dentro de la Bahía Almirantazgo, los tres testigos restantes serán estudiados posteriormente.



En la tabla 1, se presentan los cinco testigos tomados para el análisis con las coordenadas geográficas de ubicación de cada uno; además, también constan las muestras escogidas para el análisis de cada uno de los testigos, con su respectiva profundidad y litología. Como se puede observar las muestras analizadas son 31, repartidas de la siguiente manera.

- 5 muestras del testigo A1
- 10 muestras del testigo A5
- 6 muestras del testigo A6
- 6 muestras del testigo A7
- 5 muestras del testigo A9

#### **1.4 DESCRIPCION SEDIMENTOLOGICA DE LOS TESTIGOS**

##### **1.4.1 PARAMETROS SEDIMENTOLOGICOS ESTUDIADOS**

A continuación se detallan los parámetros sedimentológicos y los métodos utilizados para su determinación en cada uno de los testigos.

La **litología** en este caso corresponde a una determinación visual macroscópica del tipo de sedimento; se la realizó utilizando una aguja, la cual era puntualmente introducida a lo largo del testigo, lo que permitía detectar, cuando había

# de Tes-tigo.	COORDENADAS		POSICION Y PROFUNDIDAD DE LAS MUESTRAS	LITOLOGIAS
	Lat. Sur	Long. Oeste		
A1	62°05.89'	58°26'	A1-1 120m.- 3cm.	Limo - arcilloso
			A1-2 25cm.	Limo - arcilloso
			A1-3 53cm.	Limo - arcilloso
			A1-4 93cm.	Limo - arcilloso con FRx
			A1-5 121m. 20cm.	Limo - arcilloso
A5	62°08'	58°22.18'	A5-1 42m.- 2cm.	Limo - arcilloso
			A5-2 35cm.	Limo - arcilloso con FRx
			A5-3 40cm.	Limo - arcilloso
			A5-4 58cm.	Limo - arcilloso
			A5-5 72cm.	Limo - arcilloso con FRx
			A5-6 85cm.	Limo - arcilloso
			A5-7 43m.-38cm.	Limo - arcilloso con FRx
			A5-8 60cm.	Limo - arcilloso
			A5-9 95cm.	Limo - arcilloso con FRx
			A5-10 44m.-30cm.	Limo - arcilloso
A6	62°08'	58°28'	A6-1 250m.- 5cm.	Limo - arenoso
			A6-2 12cm.	Limo - arenoso con FRx
			A6-3 35cm.	Arena
			A6-4 58cm.	Arena
			A6-5 90cm.	Limo - arenoso con FRx
			A6-6 251m.- 5cm.	Arena gravosa
A7	62°07.41'	58°26.5'	A7-1 498m.- 3cm.	Limo - arcilloso
			A7-2 50cm.	Limo - arenoso
			A7-3 68cm.	Limo - arenoso con FRx
			A7-4 499m.- 8cm.	Limo - arcilloso
			A7-5 32cm.	Limo - arenoso con FRx
			A7-6 50cm.	Limo - arcilloso
A9	62°07.58'	58°25'	A9-1 405m.-12cm.	Limo - arcilloso
			A9-2 66cm.	Limo - arcilloso
			A9-3 406m.-10cm.	Limo - arcilloso
			A9-4 52cm.	Limo - arcilloso

TABLA 1.- Naturaleza y Ubicación de las muestras en Bahía Almirantazgo Antártida colectadas durante el II crucero Antártico - Ecuatoriano.

cambios litológicos de limo a arcilla, o si había fragmentos de rocas u otro material.

La **estructura** se la determinó también macroscópicamente de forma visual. Tomándose como base el tono del color de los testigos; si este conservaba el mismo tono se denominaba, estructura homogénea y si presentaba horizontes pequeños a manera de hilillos ennegrecidos, mal distribuidos, se le denominaba como estructura moteada.

La **textura**, que son las relaciones de interrelacion entre los componentes del sedimento, se la determinó a través del análisis granulométrico, obteniéndose el tamaño de los granos y su proporción en el sedimento.

El equipo utilizado para este análisis es el siguiente.

- Balanza de precisión sencible hasta 0.01 gr.
- Tamices serie ASTN desde el diámetro mayor (1/4 ó 1/2) hasta 0.063mm. (tamiz No 230)
- Tamizadora
- Cilindros de 1000ml. de capacidad
- Termómetro

- Agitador

El análisis granulométrico consta de las siguientes pasos.



- 1) Pesada de la muestra
- 2) Tamizaje húmedo
- 3) Tamizaje en seco
- 4) Análisis de pipeta

Una vez realizados los pasos 1, 2, 3, y 4, se efectúan los cálculos y se codifican por medio del programa "Análisis granulométrico" del centro de cómputo de INOCAR, obteniéndose de esta manera la textura y otros parámetros estadísticos de la muestra analizada.

La **densidad** (gravedad específica) del sedimento se la obtuvo mediante el método del picnómetro, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{densidad} = \frac{\text{H}_2\text{O destilada ( Ps - Pv )}}{\text{PH}_2\text{O} - \text{Pv} - \text{Pls} + \text{Ps}}$$



donde:

Ps = Peso del picnómetro + sólido

Pv = Peso del picnómetro vacío y húmedo

PH<sub>2</sub>O = Peso del picnómetro con agua

destilada

Pls = Peso del picnómetro lleno (  $H_2O$   
destilada + sólido )

S = densidad ( gr/cm. )

Generalmente se trabaja con sedimento muy fino (tamiz No 230) y se emplea aproximadamente 5 gr. de muestra. La relación  $Pls - Pv - PH_2O$  es el peso de la muestra.

La **materia orgánica**, que corresponde al porcentaje de contenido en el sedimento, se determinó mediante la oxidación del carbono de la muestra, con una solución ácida de dicromato de potasio (método descrito por Johnson, 1949).

El **diámetro medio** de las partículas se lo obtuvo a partir del análisis granulométrico, como parte de los parámetros estadísticos analizados en el programa de computación.

El **color** del sedimento se lo determinó al momento de la abertura de los testigos, utilizando los colores de la tabla ROCK COLOR CHART de Huyske - Enschede por comparación con el color del sedimento presente en los distintos niveles del

testigo.

Parámetro % > 0 4, se refiere al porcentaje de sedimento fino (limo - arcilla) presente en la muestra, el cual también constituye uno de los parámetros estadísticos determinados en el programa de computación.

#### 1.4.2 DESCRIPCION DE LOS TESTIGOS

##### TESTIGO A1

A lo largo del testigo se presenta una secuencia limo -arcillosa con fragmentos de roca. En el tope del testigo, la estructura es homogénea pero luego continúa moteada hasta la base del mismo. El porcentaje de arcilla, es más alto que los de limo, arena y grava. La densidad permanece casi constante entre 2 ó 3 gr./cm<sup>3</sup>, igualmente la materia orgánica se mantiene en 2.5. En tanto que el diámetro medio tiene un valor de 5.8 con excepción del tramo final donde aumenta a 7. El color del sedimento es 5y<sup>5/2</sup> en el tope del testigo, luego varía a 5y<sup>3/2</sup>. Los porcentajes de sedimentos finos en general son mayores a 76%, en todo el testigo (Fig. 5).





**TESTIGO A5**

El testigo presenta una secuencia limo-arcillosa con fragmentos de roca que llegan hasta casi la parte media del testigo, luego cambia brúscamente a grava arenosa, para luego continuar con limo-arcilloso en el resto del testigo. En la mayoría de los niveles la estructura es moteada, con excepción del tramo 60-85 cm. en el cual se presenta homogénea. La textura y por tanto el diámetro medio tienen gran variación a lo largo del testigo, siendo los porcentajes de limo y arcilla, superiores al de arena y grava y el diámetro medio entre 1 y 6. La densidad se mantiene en 1.6 excepto en la parte superior del testigo. La materia orgánica presenta en forma general un valor de 1. El color del sedimento sufre variaciones al igual que los porcentajes de finos, que caen notablemente en la parte central del testigo (Fig. 6).

**TESTIGO A6**

Presenta un contraste litológico diferente a los testigos anteriores, pasando de limo-arenoso con fragmento de rocas en el tope, a arena en la parte central, continuándose con limo-arenoso,

TESTIGO A 5

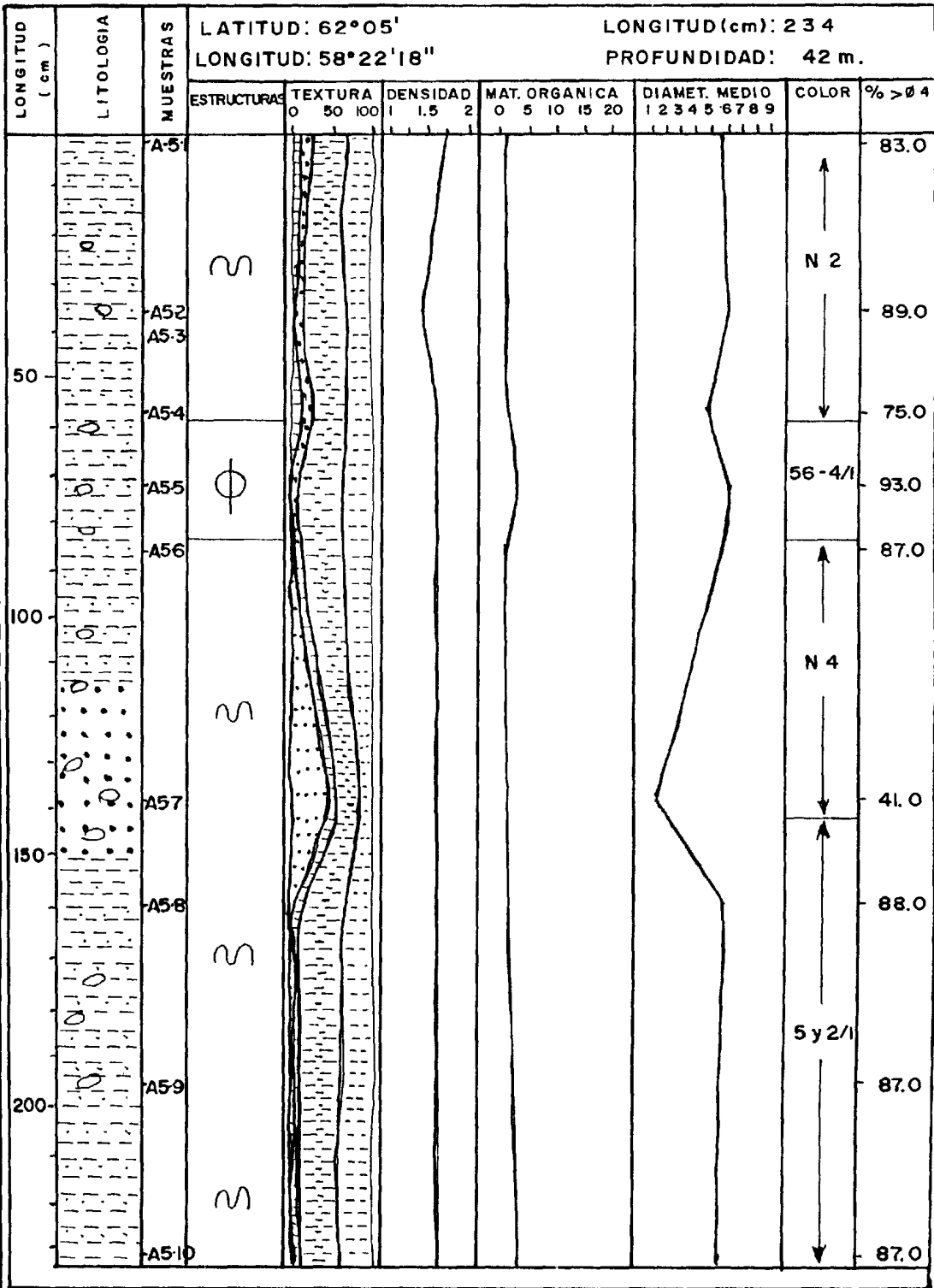


FIGURA . 6 . \_ PARAMETROS SEDIMENTOLOGICOS ANALIZADOS DEL TESTIGO A 5

grava arenosa y finalizando en la base del testigo con limo-arenoso. La estructura es homogénea en todo el testigo con excepción del tramo 30-55 cm. en el cual es moteada. La textura al igual que el diámetro medio de las partículas varían continuamente a lo largo del testigo con porcentajes altos de arena y diámetro medio entre 2 y 6. En tanto que la densidad se mantiene casi constante ( $2.5 \text{ gr./cm}^3$ ). La materia orgánica, varía levemente (1.8). De manera similar el color del sedimento se mantiene en  $5y^{3/2}$ , excepto en el tope del testigo con un color  $5y^{4/1}$ , el porcentaje de finos desciende bruscamente de 60% en el tope a 21% en el medio del testigo, para luego subir a 60% en la base del mismo (Fig. 7).

#### TESTIGO A7

Secuencia limo-arcillosa, cambiando a arena-limosa en el tramo 30-90 cm. y tomando nuevamente la secuencia limo-arcillosa hasta la base del testigo. En general, la estructura es homogénea, excepto en los primeros niveles del testigo. Los porcentajes de limo, arcilla y arena están en proporciones similares. En tanto que la densidad, se eleva a 3.8, para disminuir

## TESTIGO A 6

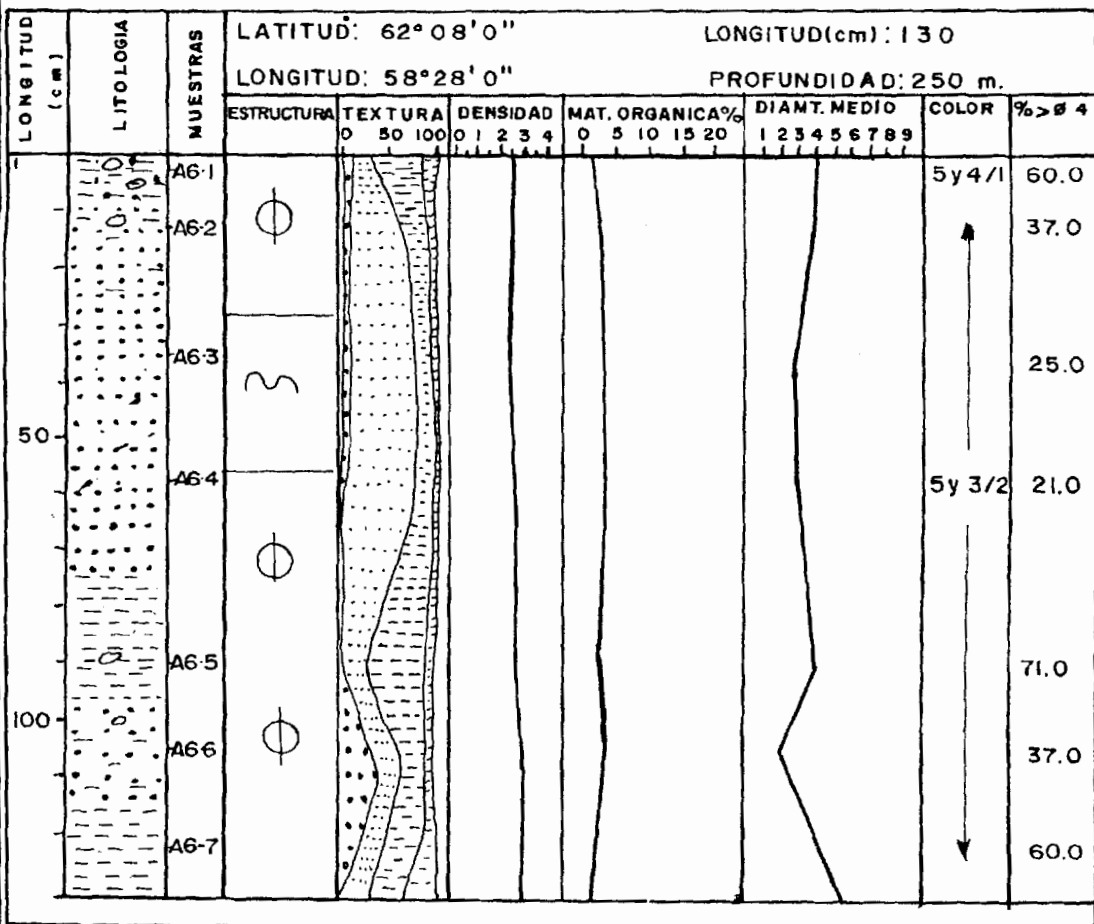


FIGURA 7. ... PARAMETROS SEDIMENTOLOGICOS ANALIZADOS DEL TESTIGO A6

paulatinamente a 2 en la parte central y luego mantenerse constante en el resto del testigo. La materia orgánica se mantiene en 2.2 aproximadamente en todo el testigo. En cuanto al diámetro medio, en la parte superior del testigo tiene un valor de 4.7 y en la parte inferior va incrementándose hasta llegar a 6.2. El color del sedimento en el testigo es  $5y^{4/1}$  excepto entre 35 y 45 cm.. El porcentaje de finos varía a lo largo del testigo con valores entre 47% y 84%, excepto en la base del testigo, donde desciende a 34% (Fig. 8).

#### TESTIGO A9

A lo largo del testigo se encuentra una secuencia limo-arcillosa, con estructura moteada. Los porcentajes de limo y arcilla son altos y se encuentran en proporciones similares. La densidad se mantiene en 1.5 con excepción del tope del testigo donde es algo mayor, llegando a  $1.8 \text{ gr./cm}^3$  incluso. Igual ocurre con la materia orgánica, se mantiene en general en 4%. El diámetro medio tiene un valor alto, lo cual, según la clase de tamaño de Wentworth, corresponde a un limo mediano. En cuanto al color este se mantiene en  $5y^{3/2}$  hasta el nivel

## TESTIGO A7

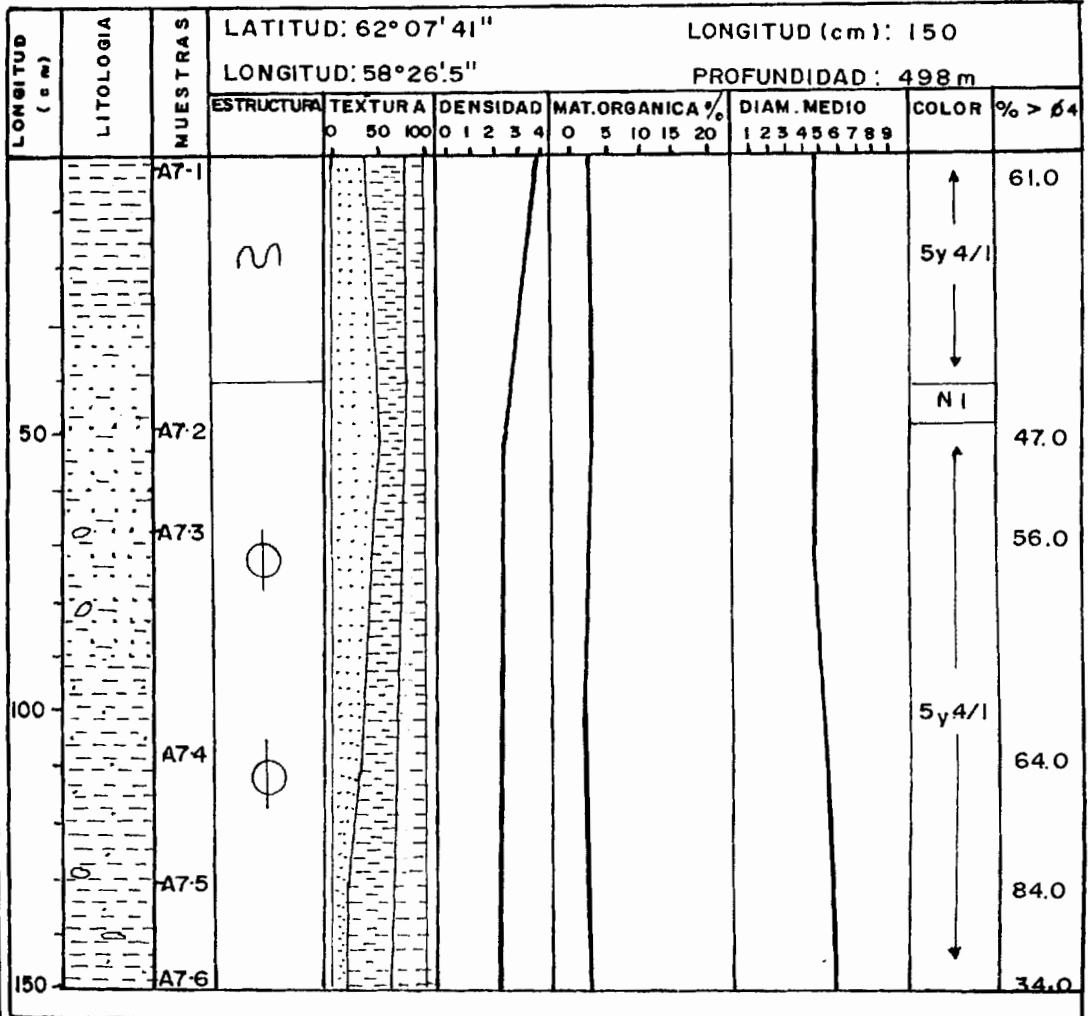


FIGURA. 8. ...PARAMETROS SEDIMENTOLOGICOS ANALIZADOS DEL TESTIGO A 7

## TESTIGO A-9

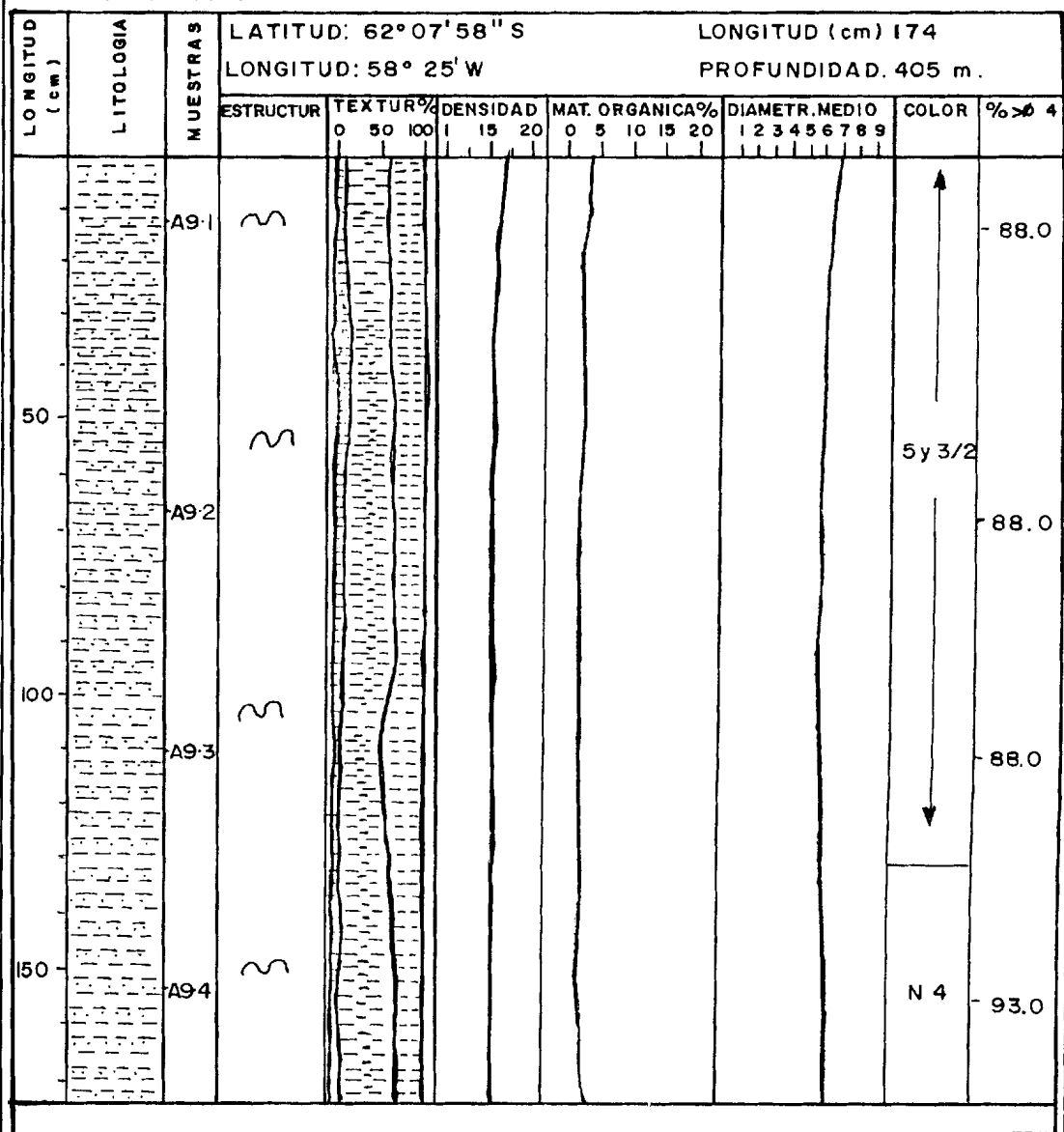


FIGURA. 9.— PARAMETROS SEDIMENTOLOGICOS ANALIZADOS DEL TESTIGO A 9



130 cm., luego es N4 hasta la base del testigo  
(Fig.9).

## CAPITULO II

### LOS PROTISTAS Y SU UTILIZACION EN ESTRATIGRAFIA

#### 2.1 GENERALIDADES SOBRE LOS PROTISTAS

La palabra protista proviene del griego protistón que significa neutro y del superlativo prótos que significa primero. Biológicamente se define como "antiguo reino de la naturaleza que comprende todos los organismos unicelulares". Este reino establece por así decirlo, un puente entre el reino animal y el vegetal; ya que los organismos presentan características comunes a los vegetales y animales. La mayoría de los protistas son seres microscópicos que generan esqueletos que debido a la naturaleza de los mismos y bajo ciertas condiciones del medio, pueden fosilizar y constituir microfósiles. Los microfósiles son considerados importantes en varios campos de la historia geológica, debido a que son de tamaño pequeño, ocurrencia abundante y amplia distribución geográfica en sedimentos de todas las edades y en casi todos los ambientes; lo cual hace que sean utilizados para interpretaciones bioestratigráficas y paleoecológicas.

El primer grupo de microfósiles en ser considerados importantes en el estudio estratigráfico, fueron los

foraminíferos. Esto se debió a las razones anotadas en el párrafo anterior. Alcides d'Orbigni (1802-1875), fue el primero que utilizó el nombre de foraminífero para designar a este grupo y el primero que los utilizó en estudios bioestratigráficos. Después de la primera guerra mundial, ante la necesidad de la búsqueda de petróleo, se intensificaron nuevamente los estudios de foraminíferos, utilizándolos como instrumentos de correlación. Más específicamente en la década de los 30 el estudio se concentra en bioestratigrafía, mientras que posteriormente, en la década de los 50 el interés se tornó hacia la Paleobatimetría y Paleocología. En la actualidad este orden de protistas está muy bien conocido, y se lo utiliza a escala mundial en estudios bioestratigráficos y paleocológicos, teniendo además una sistemática bien establecida.

Los radiolarios son otro grupo de microfósiles, que a través de los años y sobre todo a partir de la década de los 70, se han tornado importante en bioestratigrafía. La primera descripción de ellos la realizó Meyen en el año 1834. En el siglo pasado los estudios más importantes sobre radiolarios, los realizó Ernst Haeckel (1862-1887), quien fue el primero en dar una clasificación a este grupo. Contemporáneos

a Haeckel, también realizaron estudios importantes Ehrenberg, Muller y Herttwin. En la actualidad existen muchos estudios biológicos y una biozonación Cenozoica bien establecida aunque la sistemática del grupo es todavía problemática, sobre todo con los radiolarios pre-cenozoico.

Otros grupos de microfósiles utilizados en bioestratigrafía y/o paleoecología son diatomeas, ostrácodos, polen y esporas, cocolitos, etc.

## **2.2 CONSIDERACIONES MORFOLOGICAS DE ALGUNOS GRUPOS PROTISTAS**

En esta parte del capítulo, no se incluyen consideraciones biológicas de ninguno de los grupos que se describen a continuación los cuales pueden ser consultadas en libros y publicaciones especializadas.

### **2.2.1 FORAMINIFEROS**

La palabra foraminífero proviene etimológicamente de dos voces latinas:

Foramen : agujero

Ferre : llevar

Debido a que el organismo está provisto de un

caparazón o teca, constituido por lo general por una o varias cámaras sucesivas comunicadas entre sí por un orificio.

### **Caparazón**

Se lo llama también conchilla, cónchula, concha o teca. Está compuesto por una o más cámaras, en este último caso la primera cámara es la más pequeña y se llama cámara primaria, cámara primordial o prolóculo. Cuando hay más de una cámara, una pared separa una cámara de la siguiente, esta división se llama **septo**, que en el exterior del caparazón determinan trazas denominadas **suturas**.

El tamaño del caparazón varía de 0.1 a 1 mm., pero puede llegar a 0.01 mm. o alcanzar gran tamaño (p.e los Nummulites), hasta 19 cm. de diámetro.

De acuerdo a la composición y microestructura de la pared, los foraminíferos se dividen en: aglutinados, calcáreos (porcelanáceos y hialinos) y microgranulares.

Los foraminíferos aglutinados (o arenáceos) están

compuestos de un material o aglutinado, proveniente del medio, soldado por una sustancia aglutinante o cemento, generado por el organismo, el cual puede ser de tipo orgánico o calcáreo. El aglutinado es de naturaleza variable los granos de arena constituyen el material más común, aunque también se emplean partículas de arcilla, espículas de esponjas, diatomeas, fragmentos de moluscos, conchillas de otros foraminíferos más pequeños, etc.

Los calcáreos son los más abundantes, se dividen en porcelanáceos y hialinos.

Los porcelanáceos segregan enteramente el caparazón, el cual está formado por cristales de calcita de forma irregular y con tamaños que varían entre 0.1 y 2u.m. Su denominación proviene del aspecto claro y brillante (como porcelana) de la pared, al observarse en el estereomicroscopio, debido a que la luz que incide se refleja totalmente, mientras que con la luz transmitida se observa opaco y negro.

Los hialinos también segregan su caparazón y lucen una pared transparente, siendo esta su principal característica. Por la microestructura de la pared se los divide en: granulares y

fibroradiales. A los caparazones hialinos por estar atravezados por poros se los llama habitualmente hialinos y perforados.

Los microgranulares son un grupo de foraminíferos que no existen en la actualidad, todos son fósiles que provienen del Paleozoico y con una estructura de pared muy compleja.

Según su forma, las cámaras individualmente pueden ser : esféricas, hemiesférica, buteliforme, cilíndrica, bifurcada, estrellada, cónica, lenticular, sagitada, discoidal, subglobular, plano-convexa, fusiforme, etc. (Fig. 13).

Los caparazones que poseen una sola cámara se denominan monoloculares, mientras que aquellos que poseen más de una cámara se los designa como multiloculares. Estos últimos según la disposición de las cámaras pueden ser : seriales o enrollados, existiendo dentro de estas denominaciones tales como: uniserial, biserial, triserial, trocoespiral, planiespiral, etc..

Particularmente cuando existe enrollamiento este puede ser:

- dextrógiro o dextral.- enrollamiento hacia la derecha, en dirección de las manecillas del reloj.
- levógiro o sinestral.- enrollamiento hacia la izquierda, contrario a las manecillas del reloj.

La última cámara de los foraminíferos posee un orificio principal llamada **abertura**, la cual se diferencia por su número, forma y posición.

La abertura por su número y forma puede ser :

- Simple : en forma de ranura, radial, redonda o dendrítica.
- Simple : líneal (orificios pequeños dispuestos en filas) o en forma de criba (orificios pequeños sin orden).

Según la posición es : basal, terminal, sutural, periférica y mediana, ecuatorial, umbilical, espiral, extraumbilical o intermarginal, si es el caso de un caparazón trocoespiral.



Si junto a la abertura de la última cámara (abertura principal) subsisten aberturas extras, estas corresponden a las cámaras precedentes y se las denomina como aberturas secundarias y relictas.

La ornamentación consiste en todas las formaciones esculturales que tienen los caparazones y se observa generalmente en conchillas calcáreas. Comúnmente cuando están presentes se encuentran en la periferia del caparazón en forma de espinas y carenas; en la superficie, en forma de estrías, costillas, tubérculos y espinas; en las suturas en forma de limbos y en el ombligo en forma de uno o varios botones.

### **2.2.2 RADIOLARIOS**

El nombre de estos organismos proviene de la palabra radiolaria que hace referencia a la simetría radial del caparazón.

#### **Caparazón**

No todos los radiolarios poseen caparazón, pero cuando existe se encuentra encerrado en las

partes blandas. El tamaño medio del caparazón está entre 100 y 400 u.m, pudiendo alcanzar hasta 2 mm.. El mayor grupo de radiolarios fósiles son los policistínidos que tienen un caparazón de ópalo casi puro ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), el mismo que está formado por una red de elementos de dos tipos principales:

- barras : elementos alargados conectados en ambos extremos a otros elementos;
- espinas: elementos alargados fijos en un sólo extremo.

La estructura de la pared del caparazón puede ser de tres tipos:

- a) Pared reticulada; está constituida por barras que se unen formando poros regulares en cuanto a la uniformidad del tamaño, por lo general los poros son hexagonales, aunque la depositación de sílice los puede hacer aparecer redondeados.
- b) Pared esponjosa; los poros constituidos por las barras son muy irregulares, es decir no uniformes, lo que da una apariencia de

esponja.

- c) Pared de placa perforada; es muy especial, por lo general los cristales de sílice, no forman una red entretegida, sino una capa continua fina, sólida y uniforme atravezada por poros espaceados.

De acuerdo con la forma y simetría del caparazón, los policistínidos se dividen en dos grupos principales: Espumelarios y Naselarios.

Los Espumelarios poseen simetría homaxónica, es decir formas de esferas o modificaciones de esferas tales como el elipsoides, discos y lentejas, con un esqueleto compuesto por uno o varios caparazones concéntricos, conectados entre ellos por barras radiales. Para aquellos que poseen más de un caparazón, al principal de posición externa se lo denomina cortical y a los internos se los llama caparazones medulares. Generalmente los espumelarios poseen espinas en la superficie.

Los naselarios se caracterizan por tener una simetría monaxónica (axial), es decir que son simétricos con respecto a un eje; siendo el esqueleto el resultado de la modificación de una

espícula fundamental en forma de barra, terminada en sus extremos en conjunto de espinas. Esta espícula esta encerrada en el céfalo, el mismo que puede por sí solo constituir el caparazón o puede prolongarse en particiones uniseriales, denominadas tórax y abdomen (1 o varios), estas particiones pueden estar separadas o no por diafragmas (33).

### 2.2.3 DIATOMEAS

El caparazón de las diatomeas se llama frústula, ésta composición silicicia (ópalo -  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). Consta de dos partes o tecas, dispuestas a semejanza de una caja petri. La teca mayor se llama **epiteca** que rodea a la **hipoteca** de menor tamaño. En cada teca se distingue una parte plana o poco curvada, la **valva**, a menudo ornamentada con relieves diversos y una porción centiforme, la **pleura**, cerrada sobre sí misma, que rodea la correspondiente valva.

El tamaño promedio del caparazón es de 50 a 200 u.m, aunque pueden llegar a 2 mm..

Según la morfología de la frústula se dividen en: Centrales y Pennales. Las centrales tienen por

lo general, valvas con formas redondeadas, o de modificaciones de la esfera pudiendo ser circulares, triangulares, oblongas, hemicirculares o cuadrangulares. La disposición de los poros es de forma radial y concéntrica sobre la superficie de la valva. Son todas marinas, su modo de vida es planctónico y no poseen rafe (surco de alveolos en medio de la valva).

Las Pennales son alargadas y poseen una disposición de los poros con simetría bilateral. Son formas bentónicas principalmente de agua dulce y existen grupos que poseen rafe y otros que no lo poseen.

Hendey en el año 1964, clasificó las diatomeas en 7 grupos, de acuerdo a la variedad de formas, características y estructuras superficiales. Según la forma estos grupos se ubican en dos grandes categorías:

- 1) Valvas con rafe o pseudorafe donde se encuentran las diatomeas lineales, cuneatas, cimbitiformes y las carinoides.
- 2) Valvas sin rafe o pseudorafe donde se

encuentran las diatomeas discoidales, gonoidal y solenoidal.

### 2.3 UTILIZACION DE LOS PROTISTAS EN DETERMINACIONES DE EDAD DE SEDIMENTOS

#### GENERALIDADES

La bioestratigrafía comprende un aspecto de la estratigrafía, la cual implica la observación directa de eventos paleontológicos en susperposición. De los principios estratigráficos el más utilizado es la 'Ley de Superposición', que afirma que en cualquier secuencia sedimentaria no alterada, la capa más antigua está en la base y la más moderna en el techo.

Una unidad bioestratigráfica se define como un estrato o conjunto de estratos, (o conjunto de litologías), caracterizado por su contenido fosilífero o su carácter paleontológico y que a la vez lo diferencia del resto de los estratos adyacentes. La biozona es la unidad bioestratigráfica.

Los criterios más utilizados para establecer las biozonas son: asociación de formas presentes, abundancia de ciertas formas, existencia total de un taxón, o imbricación de taxones en parte de su

existencia. Según esto las principales biozonas son:

1) **CENOZONA** ('Assemblage zone')

'Es el conjunto de estratos caracterizados por la asociación de fósiles que contienen y que los distingue de los estratos adyacentes. Esta biozona se utiliza mucho en la caracterización de ambientes.' Sus límites están marcados por los puntos más externos en los que aparece la asociación definitoria. Las cenozonas se denominan por dos o más taxones característicos de la asociación.

2) **ACROZONA** ('Range zone')

'Es el conjunto de estratos caracterizados por la existencia total de un determinado taxón, tanto lateral (espacio), como vertical (tiempo). La acrozona se denomina por el nombre del taxón que sirve de base para la definición.

3) **ACROZONA CONCURRENTENTE** ('Concurrent range zone')

Ocurre cuando hay imbricación de dos o más taxones, sus límites están dados por el área de yuxtaposición de los taxones; por tanto será más

precisa cuanto más taxones estén presentes. El nombre de la acrozona concurrente se define por los dos taxones que caracterizan el biozona.

4) **ZONA CULMINANTE** ('acne zone o Peak zone')

'Es el estrato o conjunto de estratos caracterizados por la máxima abundancia de un taxón determinado. El tratamiento estadístico de los ejemplares es el que marca los límites de la biozona.

Haciendo referencia al presente trabajo, se debe anotar que la mayoría de las zonaciones bioestratigráficas de microfósiles polares han sido establecidas, según los criterios de Cenozona, Acrozona y Acrozona Concurrente, además, las zonaciones cenozoicas de la cuenca polar Sur se dificultan debido a que la fauna y la flora son diacrónicas, lo cual es resultado de las fluctuaciones del clima marino cenozoico, esto se observa principalmente en sucesiones glacio marinas. Por tanto, las zonaciones del Polo Sur tienen poca utilidad fuera de localidades adyacentes.

A continuación, se hace referencia a una serie de criterios que han servido para establecer, en forma



general, las biozonaciones cenozoicas de foraminíferos, radiolarios y diatomeas, particularizándose las biozonaciones de latitudes altas.

### 2.3.1 FORAMINIFEROS

Los foraminíferos planctónicos cenozoicos de latitudes bajas poseen mucha variabilidad y han sido estudiados exhaustivamente, lo que ha permitido establecer muy bien biozonaciones de utilidad mundial (Bolli & Silva, 1973; Blow, 1969; Parker, 1973; Berggren, 1973; Cita, 1972; Poore y Berggren, 1975; Kennett, 1970; Keany y Kennett, 1972; etc.). Por el contrario los foraminíferos planctónicos de latitudes altas, debido principalmente a su escasa variabilidad, no han servido para establecer biozonaciones de uso mundial, más bien las que se han podido hacer, sólo sirven localmente. En cuanto a los foraminíferos bentónicos de estas latitudes, se puede decir que son útiles, pero no para niveles altos de resolución bioestratigráfica. Es más cuando la zonación de foraminíferos bentónicos se desarrolla en la plataforma interna (inner continental shelf) no tienen aplicación bioestratigráfica para otras cuencas debido a que

ha sido influenciada por el clima local y eventos 'in situ' de dicha cuenca en particular (Leckie & Webb, 1988) (Fig.10).

Como ya se mencionó las zonaciones de latitudes altas son aplicables localmente y no es posible correlacionarlas con aquellas de latitudes bajas. El querer hacerlo ha traído como consecuencia grandes confusiones. Así p.e, el Oligoceno de latitudes altas puede ser definido como Eoceno para latitudes bajas, esta dificultad surge con el diacronismo de eventos faunales. Las faunas que caracterizan a las latitudes altas son los Goligerínidos y Neoglobobadrínidos, a la vez que Globigerina pachyderma caracteriza las latitudes altas del planeta. La transición al Holoceno, está localizada por Globorotalia fimbriata para algunos autores; otros utilizan como criterio para detallar las subdivisiones del Pleistoceno, el sentido o dirección del enrollamiento de algunos foraminíferos planctónicos. Así tenemos que Bandy (1960, 1967a) al estudiar los sedimentos en California del Sur, limita el Plioceno - Pleistoceno por el cambio de la dirección del enrollamiento de G. pachyderma, pasando de dextrógira a levógira. Según el mismo autor (1971), el enfriamiento del Cuaternario se

Tiempo en millones de años	EPOCAS		LATITUDES ALTAS		ANTARTICA SUBANTARTICA	ATLANTICO TEMPLADO	NORTH ATLANTICO				
			REGIONES TROPICALES		KENNETT (1.970) KEANY AND KENNETT (1.972)	POORE AND BERGGREN (1.975)	BERGGREN (1.971)				
	SERIES		(1)	(2)							
0.14	HOLOCENO			GLOBOROTALIA FIMBRIATA	GLOBOROTALIA TRUNCATULINOIDES						
0.5	PLEISTOCENO	SUPERIOR	N 23	GLOBIGERINA BERMUDEZI	GLOBOROTALIA INFLATA	NEOGLOBOQUADRINA	GLOBOROTALIA INFLATA	PACHYDERMA (S)	GLOBIGERINA BULLOIDES		
1.0		INFERIOR		N 22	GLOBIGERINA CALIDA-CALIDA					GLOBOROTALIA	PACHYDERMA
1.5		GLOBOROTALIA CRASSIF. HESSI	PUNCTILOCULATA								
2.0		GLOBOROTALIA CRASSIF. VIOLA									
2.5	PLIOCENO	SUPERIOR	N 21	GLOBOROTALIA INFLATA	GLOBOROTALIA INFLATA	GLOBOROTALIA INFLATA	GLOBOROTALIA INFLATA	GLOBIGERINA PACHYDERMA (D)	GLOBIGERINA BULLOIDES		
				GLOBOROTALIA MIOCENICA						?	INFLATA
				GLOBOROTALIA EXILIS							
				GLOBOQUADRINA ALTISPIRA-GI-MUTICA MERATA 1-2							

FIG. 10.- CORRELACION DE LAS ZONAS BIOESTRATIGRAFICAS DEL PLIOCENO SUPERIOR AL RECIENTE.

(1) BLOW (1.969); (2) BOLLI, 1957 a, b. 1970; BOLLI Y BERMUDEZ, 1965; BOLLI Y SILVA, 1.973; BOLLI Y SAUNDERS

manifiesta en las áreas templadas por la considerable abundancia de *G. pachyderma* (sin). El límite Pleistoceno - Holoceno según Bandy (1971), está dado por el cambio de la población sinistral de *G. pachyderma* por una población dextral de la misma especie. Es decir se tiene dextral para el Plioceno, sinistral para el Pleistoceno y dextral para el Holoceno.

#### **2.3.1.1 BIOZONACION CENOZOICA EN LATITUDES ALTAS**

En el año de 1988, Webb, presenta una biozonación aplicables a latitudes altas donde se dan 8 zonas, desde el Oligoceno Tardío (<30m.a) hasta el Reciente en la cuenca de Ross Sea, con una aproximación estimada de 3.5 a 4m.a /zona.

#### **2.3.2 RADIOLARIOS**

La determinación de edades en base a radiolarios cenozoicos ha sido posible mediante estudios de muestras de sedimentos del fondo marino, en los cuales había también ocurrencia de microfósiles calcáreos (foraminíferos, nanoplancton calcáreo),

lo cual facilitó la biozonación cenozoica de radiolarios. Esta biozonación de dificultó inicialmente, debido a que muchas especies de radiolarios tenían rangos estratigráficos muy grandes.

Existen abundantes biozonaciones cenozoicas, pero la mayoría corresponden a regiones tropicales. Por ejemplo, las de Riedel y Sanfilippo (1978); Theyer y Hammond (1974a,b); Nigrini (1971), entre otros.

#### **2.3.2.1 BIOZONACION CENOZOICA**

Hays (1965), propuso una zonación para la Antártida basado en el estudio de sedimentos de mar profundo (deep - sea) de edad Pliocénica, dividida de la siguiente manera: una zona para el Plioceno Superior y tres zonas para el Pleistoceno. Posteriormente con la ayuda de Opdyke (1967), definió dos zonas para el Plioceno. Estas zonas están definidas por letras griegas (18). Chen (1974), basándose en las zonas propuestas por Hays y Opdyke (1967), estableció para la Antártida,

zonas para el Neógeno usando el criterio de extinción de especies (18).

Petrushevskaya (1975) y Krany (1979), también establecieron zonas desde el Mioceno al Reciente en la región Antártida (Fig.11).

### 2.3.3 DIATOMEAS

La aplicación bioestratigráfica del grupo de las diatomeas debe tomar en cuenta factores como: datos cuantitativos de población y cambios del tamaño de los ejemplares. Las diatomeas son importantes en bioestratigrafía, principalmente en latitudes altas donde abundan y tienen gran variabilidad, mientras que los microfósiles calcáreos (foraminíferos, nanoplancton calcáreo) son escasos y con poca variabilidad. Cabe resaltar especialmente, al igual que los foraminíferos planctónicos, las diatomeas planctónicas son más útiles que las diatomeas bentónicas.

Entre los primeros trabajos que dieron relevancia a este grupo como herramienta bioestratigráfica,

MILLONES DE AÑOS	EDAD	ESTRATIGRAFIA PALEOMAGNETICA OPDYKE-1972 y NABELYVALENCIO - 1981 -	HAYS (1965) y HAYS y OPDYKE (1967)	CHEN (1974)	PETRUSH-ENSKAYA (1975)	KEANY (1979)
1,0	PLEISTOCENO	BRUNNES		<i>Antarctissa denticulata</i>	A	
				<i>Stylotractus univertus</i>		
2,0	PLEISTOCENO	MATUYAMA		<i>Saturnalia circularis</i>	B	
				<i>Eucyrtidium calvertense</i>		
3,0	PLIOCENO	GAUSS		<i>Helotholus</i>	V	<i>Helotholus VEMA</i>
				<i>Helotholus verma</i>		<i>Antarctissa longa</i>
4,0	PLIOCENO	GILBERT				<i>Lychnocanium GRANDE RUGOSUM</i>
						<i>T. PACIFICA</i>
5,0	MIOCENO	EPOCA 5			G	<i>A. EHRENBERGI</i>

FIG. II . CUADRO DE ZONACIONES EN BASE A RADIOLARIOS EFECTUADA EN LA REGION ANTARTICA.

se pueden contar los estudios de Schrader (1973a) y Koizumi (1973), de las diatomeas del Cenozoico Tardío del Pacífico Norte.

Por último, se debe destacar que la similitud de las diatomeas de latitudes templadas con aquellas de latitudes altas, permiten su aplicación para correlación polar y subpolar y aún más, para estudios paleoceanográficos y biogeográficos (39).

#### **2.3.3.1 BIOZONACION CENOZOICO EN LATITUDES ALTAS**

Harwood (1986a,b), demostró que una bioestratigrafía de diatomeas Cenozoicas es posible para latitudes mayores a 70°C usando una combinación de floras subántarticas endémicas.

La zonación de diatomeas para los océanos sureños (subantárticos), propuesta por Weaver y Gombos (1981), dividió al Neógeno en 16 zonas (24 m.a), con una resolución de 1,5m.a/zona, es decir con el mismo nivel de resolución prevista para



nanoplancton calcáreo y foraminíferos en latitudes tropicales y templadas (39).

Las diatomeas pleistocénicas de la Antártida, han sido estudiadas por algunos investigadores (Jousé y otros, 1963; Kozlova, 1964; Donahue, 1970; Burcke, 1972; entre otros), Jousé y otros (1963) definieron numerosas zonas basadas en la alternancia en abundancia de las formas antárticas y subantárticas.

Las áreas tropicales de los océanos estuvieron deshabitadas por las diatomeas durante todo el Pleistoceno. Por otra parte, hubo extinción de ciertas especies, en las altas latitudes de ambos hemisferios, lo cual permitió distinguir tres zonas de diatomeas. Los límites superiores de las más importantes zonaciones del Pleistoceno son marcadas por la extinción de ciertas especies. Para el Pacífico Norte Jousé (1963, 1971), definió zonas para el Pleistoceno

Medio y Tardío, dado por la *Rhizosolenia curvirastris*, *Actinocyclus ochotensis* y *A. oculatus* (36). Mientras que en la región Antártida las especies indicadoras del Pleistoceno y únicas utilizadas para biozonación son : las 6 últimas especies del género *Nitzchia* de las cuales *N. kerguelensis* (O'Meara) Hasle es la más abundante, otros géneros son : *Eucampia balcuestium castracane*, *Coscinodiscus lentiginosis* Janish, *C. margaritae* Frenguelli y *Thalassiosira gracilis* (Karsten) Hustedt (20).



BIBLIOTECA

#### 2.4 UTILIZACION DE LOS PROTISTAS EN DETERMINACIONES PALEOECOLOGIAS

La paleoecología trata de reconstruir el ambiente en el cual vivieron los organismos actualmente fósiles, basándose en los estudios de los estratos que los contienen y en las condiciones de vida. Las determinaciones paleoecológicas utilizan el principio de Uniformismo, tomando como base sucesos actuales y correlacionándolos con organismos vivos, se considera o se toma como cierto que estos fenómenos actuales que afectan el medio se sucedieron en el pasado.

### 2.4.1 FORAMINIFEROS

Los foraminíferos de acuerdo a su 'habitat' se distinguen en dos grupos: Planctónicos y Bentónicos. Los bentónicos viven en o cerca del fondo marino y pueden ser sésiles y móviles, siendo un grupo que se constituye en buen indicador de paleoambientes, debido a que inclusive los móviles tienen poco desplazamiento (velocidad 1cm./h). Los planctónicos viven flotando en la masa de agua de los océanos.

La mayoría de los foraminíferos son marinos y bentónicos, existiendo pocos géneros planctónicos y muy pocos de agua dulce.

La distribución de los foraminíferos bentónicos está controlada por una combinación de variables físicas, químicas y biológicas (20):

- Variables físicas: temperatura, profundidad (presión hidrostática), cantidad de luz, turbulencia y turbidez de las aguas.
- Variables químicas: salinidad del agua, elementos nutrientes y de traza, Ph y Eh.

- Variables biológicas: tipo de movimiento del organismo, abastecimiento de alimentos y relaciones simbióticas y antagónicas con otras especies.

La distribución de los foraminíferos planctónicos también está influenciada por las mismas variables químicas y biológicas, mientras que entre las físicas se toma especialmente en cuenta, la temperatura, turbidez y turbulencia.

A continuación, se tratarán las principales variables ecológicas y su influencia en los foraminíferos. Estas variables están íntimamente relacionadas y dependen unas de otras.

### **TEMPERATURA**

Es una de las variables más importantes y se ha determinado fácilmente su influencia en los bentónicos. En general se reconocen tres capas batimétricas de agua en los océanos 1) capa superficial o estacional de temperatura muy variable, 2) capa termoclina con cambio gradual de temperatura y 3) capa profunda de agua. Los foraminíferos bentónicos de aguas someras y los planctónicos que viven en la primera capa son los

más afectados por las variaciones de la temperatura.

Para determinar paleotemperaturas existen varios métodos y entre ellos los más usados se tiene: el método del Isótopo de Oxígeno ( $O^{16}/O^{18}$ ) y el método del Factor Analítico.

El método del isótopo de oxígeno consiste en determinar la concentración de los isótopos  $O^{18}$  y  $O^{16}$  en los caparazones calcáreos de los foraminíferos (especialmente planctónicos), asumiéndose que muchos foraminíferos incorporaron muchos isótopos a sus caparazones en la misma proporción en que se encontraban en el agua de mar. Mayor concentración de  $O^{16}$  con respecto a  $O^{18}$  indica temperatura alta y viceversa.

El método del Factor Analítico asume que: 1) las asociaciones de foraminíferos planctónicos, caracterizan una masa de agua, y si la temperatura o circulación de la masa cambia, entonces la asociación cambia, 2) las relaciones entre las asociaciones de foraminíferos planctónicos y las variables del medio ambiente (temperatura, salinidad, incorporación de isótopos de oxígeno) fueron las mismas en el

más afectados por las variaciones de la temperatura.

Para determinar paleotemperaturas existen varios métodos y entre ellos los más usados se tiene: el método del Isótopo de Oxígeno ( $O^{16}/O^{18}$ ) y el método del Factor Analítico.

El método del isótopo de oxígeno consiste en determinar la concentración de los isótopos  $O^{18}$  y  $O^{16}$  en los caparazones calcáreos de los foraminíferos (especialmente planctónicos), asumiéndose que muchos foraminíferos incorporaron muchos isótopos a sus caparazones en la misma proporción en que se encontraban en el agua de mar. Mayor concentración de  $O^{16}$  con respecto a  $O^{18}$  indica temperatura alta y viceversa.

El método del Factor Analítico asume que: 1) las asociaciones de foraminíferos planctónicos, caracterizan una masa de agua, y si la temperatura o circulación de la masa cambia, entonces la asociación cambia, 2) las relaciones entre las asociaciones de foraminíferos planctónicos y las variables del medio ambiente (temperatura, salinidad, incorporación de isótopos de oxígeno) fueron las mismas en el

pasado y 3) el tope de los testigos del fondo marino, los cuales contienen sedimentos de edad menor a 1000 años, son el reflejo de la química del agua y patrones de circulación actuales.

Otros métodos menos utilizados toman en cuenta:

- porcentajes de determinadas especies indicadoras de temperatura fría o cálida. Por ejemplo, *Globigerina pachyderma* que es indicadora de clima frío y la *G. menardii* indicadora de aguas cálidas, determinan que un sedimento con alto porcentaje de la primera especie sobre la segunda proviene de clima frío;
  
- sentido de enrollamiento de ciertas especies, así, se asume que un mayor porcentaje de individuos de *Globorotalia truncatulinoides* con enrollamiento hacia la izquierda sobre los de enrollamiento hacia la derecha, encontrados en un sedimento, indican que provienen de agua cálida.

Desde el punto de vista ecológico la temperatura condiciona la distribución de los foraminíferos y tiene cierta influencia sobre la morfología del

caparazón.

### **PROFUNDIDAD**

Su importancia radica en los cambios de presión que soportan los organismos. La paleoprofundidad se la determina en base a los foraminíferos bentónicos, usando como criterio la fauna reciente aplicada a los fósiles. Este criterio puede modificarse si consideramos las migraciones de faunas pendiente arriba o abajo, durante la época de cambios ambientales y la adaptación a ciertos foraminíferos bentónicos a condiciones ambientales diferentes. Para determinaciones de paleo - profundidad tanto en el Pleistoceno como en el Terciario las nuevas investigaciones aplican el Análisis de Factor de faunas bentónicas, el cual consiste en la abundancia relativa de los taxones bentónicos que se encuentran en determinado sitio o nivel de un núcleo de fondo marino. En este método los factores analizados se correlacionan estadísticamente para algunos parámetros medibles (temperatura, salinidad, contenido de oxígeno, etc.). En el caso de fauna pleistocénica y reciente, los parámetros pueden ser medidos directamente (20).



Algunas observaciones de asociaciones de foraminíferos dan como resultado varios hechos. En depósitos de poca profundidad son abundantes el género *Cibicides* y las familias *Cassidulinidae*, *Discorbidae*, *Polymorphinidae*, y *Textulariidae*. También en depósitos someros pero clásticos son dominantes los *Discorbidae*, *Elphidiidae*, *Nonionidae*, *Textulariidae* y *Rotaliidae*. Por último en facies someras agitadas y de baja energía, donde la sedimentación es lenta, abundan algunas formas porcelanáceas (*Miliolidae* y *Peneroplidae*) (33).

A una menor escala y considerando individualmente los géneros se tiene las siguientes relaciones:

- *Elphidium*, ha vivido siempre en todas las latitudes y en zonas costaneras.
- *Bolivina*, es propia de aguas algo más profundas.
- *Bathysiphon*, *Reophax*, *Rhabdammina* y *Cribrostomoides*, se hallan a diferentes profundidades.

La morfología de los caparazones de foraminíferos

se ve también influenciada por la profundidad y por ejemplo: Pullenia de la plataforma tiene un caparazón comprimido; pero si la profundidad aumenta el género se hace más esférico; el género Cibicides de plataforma tiene un caparazón más achatado y con suturas más prominentes siendo el caso de las especies C. Aknerianus y C. pseudoungerianus; los géneros Bulimina, Bolivina y Uvigerina aumentan su tamaño y ornamentación a medida que aumenta la profundidad (6).

#### **PALEOQUIMICA DEL AGUA DE MAR**

La '**salinidad**' se define como la cantidad de sales disueltas en un volumen dado de agua. Se mide como gramos de disolvente sólido por 1000 gr. de agua y se lee 'partes por mil'.

La mayoría de los foraminíferos son marinos y habitan en medios con salinidades entre 35°/oo y 45°/oo. En medios con salinidades más bajas, generalmente presentan baja diversidad de faunas. Bradshaw (1955) al experimentar con el género Ammonia y diferentes salinidades, descubrió una relación directa entre la salinidad y el tamaño, las muy bajas salinidades las relacionó con tamaños pequeños de las tecas, con secreciones de

---

carbonato de calcio reducido y paredes delgadas (20).

La '**alcalinidad**' es una expresión de la capacidad del agua de mar para disolver carbonato de calcio ml./gr.. Como una función de la concentración de  $\text{CO}_2$  en el agua, la alcalinidad está influenciada químicamente por temperatura, presión y respiración biológica. Se debe anotar que la disolución de carbonatos, altera la información que contienen las asociaciones de caparzones de foraminíferos muertos. Un medio saturado con respecto al carbonato de calcio refleja alta alcalinidad, la cual significa que  $\text{Ca}$  y  $\text{CO}_3^{-2}$  están disponibles y pueden ser fácilmente precipitados, esta situación ocurre generalmente dentro de los primeros 500 m. de profundidad de agua del mar. Debajo de los 500 m. el medio se considera subsaturado y así los carbonatos pueden empezar a entrar en solución. Ya que en general la alcalinidad disminuye con respecto al incremento de profundidad, existe un límite debajo de la cual poco carbonato puede quedar sin disolverse (20).

Cuando se habla de disolución y precipitación de carbonato de foraminíferos se usa la sigla '**PCC**'

que significa profundidad de compensación de carbonato. La PCC es la profundidad de disolución efectiva de sedimentos de carbonato de calcio en la masa de agua. Con respecto a esto la disolución de los caparazones planctónicos ocurre en profundidades más someras que los bentónicos, dependiendo también de las especies de foraminíferos. Debajo de la PCC solamente se preservan caparazones aglutinados no calcáreos.

W. Bergen (1971), desarrolló varios experimentos que lo indujo a encontrar que hay un nivel en cada océano, la lisoclina de los foraminíferos, bajo el cual hay una significativa disolución del carbonato del caparazón de los foraminíferos y que este nivel es mucho más superficial que el PCC y varía de un océano a otro (20). Se ha observado que cercano al nivel PCC actual, ocurre una disolución selectiva con una fragmentación asociada de los caparazones de foraminíferos planctónicos, en especial de aquellos de paredes finas y porosas, mientras que los foraminíferos bentónicos permanecen inalterados. Este efecto fue demostrado por Cita (1970), que observó que las formas finas y espinosas, como la *Morozavella* y *Hantkenina*, son las primeras en disolverse y las formas macizas tales como: *Globigerinita*,

Orbulinoides y Globigerinatheca son más resistentes a la disolución (33).

Las zonas de actividad volcánica están asociadas con la abundancia de sílice disuelta, la cual influye directamente en la mayor concentración de especies silíceas (Radiolarios y Diatomeas) sobre las calcáreas (foraminíferos); debido a la turbidez ocasionada por la caída de cenizas, las asociaciones bentónicas quedarían restringidas, mientras que las asociaciones planctónicas, dependerán de los factores químicos. La abundancia de sílice; podría provocar silicificación de los caparzones originalmente calcáreos de los foraminíferos (33).

Otro factor que influye en el tamaño y disminución de las especies es el 'oxígeno', la limitación del mismo hace que la población se reduzca y los especímenes sean pequeños.

En cuanto a los nutrientes y elementos traza se conoce poco acerca de los requerimientos que tienen los foraminíferos con respecto a ellos. Se sabe que algunos géneros como la Bulimina y Bolivina ocurren en áreas de alta concentración de nutrientes y que aparentemente los

foraminíferos utilizan los elementos Ca, Fe, Si, Mg, Sr, y Ti en sus tecas.

### **PALEOCORRIENTES**

Se trata de corrientes marinas que en el pasado han influenciado en la distribución de poblaciones de foraminíferos. Estas han afectado principalmente a los foraminíferos planctónicos, transportándolos a lugares diferentes de su 'habitat' natural. En tanto que los foraminíferos bentónicos han sido afectados ocasionalmente por las corrientes de fondo.

### **PALEOCLIMA**

Una vez tratados estas variables ecológicas es necesario decir que las mismas a través de las asociaciones de foraminíferos, pasadas, han servido para hacer reconstrucciones paleoclimáticas y por ende paleolatitudinales. Se sabe en general que desde el Jurásico, hasta el presente las asociaciones de foraminíferos han estado distribuídas siguiendo mas o menos la latitudes actuales. Por lo tanto las siguientes observaciones sirven en forma general:

- Se ha establecido que los caparazones muy espinosos, son característicos de climas tropicales o de mares afectados por tormentas esporádicas.
  
- En el Paleoceno y Eoceno Inferior hubo una zonación climática incrementante , acompañada de una gradación térmica en las aguas oceánicas , desde los polos hasta el Ecuador.

Actualmente, la zonación climática es extrema, reflejándose en la diferenciación latitudinal, principalmente de las asociaciones planctónicas.

A continuación se va a exponer un aspecto importante en paleoecología, que relaciona a la forma del caparazón de los foraminíferos con su habitat:

- Los caparazones discoidales o trocoespirales muy aplanados pueden tener espinas en un solo plano, son característicos de fondos lodosos firmes.
  
- Los caparazones lenticulares ocurren en fondos de lodo pesado y en zonas de

acumulaciones de algas.

- Los caparazones aglutinados simples ocurren en bahías y lagoons, en tanto, los aglutinados de interiores laberínticos ocurren en la plataforma media y externa y en zonas batiales.
- Los caparazones porcelanáceos son abundantes en las bahías y en la plataforma interna, en tanto que los porcelánaceos biloculares grandes son de zonas batiales.
- Los caparazones con ornamentación gruesa y tamaños grandes, son típicos de aguas profundas.
- Los caparazones de mayor tamaño se encuentran en aguas tropicales y subtropicales (33).

#### **2.4.2 RADIOLARIOS**

Los radiolarios son exclusivamente marinos y se hallan en todos los océanos. Se conocen que en su mayoría son planctónicos pero existen algunas evidencias de especies que se adhieren a objetos.



Además se sabe que su ocurrencia declina marcadamente en aguas cercanas a la playa (costa).

Más detalladamente se describe a continuación las variables ecológicas principales, que afectan las asociaciones de radiolarios.

### **PALEOPROFUNDIDAD**

Los radiolarios aparentemente viven en todas las profundidades de los océanos. Pero los datos de Petrushevskaya, 1971c indican que a medida que la profundidad se incrementa declina su abundancia (20). Sin embargo se han encontrado actualmente que cerca del 60% o más de los sedimentos que contienen radiolarios ocurren entre los 3000 y 4000m., lo cual no quiere decir que deba interpretarse las grandes acumulaciones de radiolarios fósiles como asociaciones de agua profunda (33).

Comúnmente los sedimentos ricos en radiolarios dependen de procesos complejos relacionados a la productividad en el agua (p.e la cantidad de sílice disuelta, alimentación disponible, etc.), las corrientes marinas, la preservación y

disolución de los caparazones en los sedimentos, etc.

Es difícil distinguir las diferencias entre asociaciones de radiolarios de aguas profundas y someras debido a la similitud de géneros y especies de aguas profundas y someras. Para obtener datos fiables sobre la profundidad del ambiente donde se han depositado asociaciones se debe estudiar: a) el origen de los sedimentos acompañantes, b) las estructuras sedimentarias formadas y c) las faunas y floras asociadas.

#### **PALEOQUIMICA DEL AGUA**

Los ambientes ricos en nutrientes, especialmente en sílice, están directamente relacionados con el incremento de la producción de organismos silíceos. Las zonas de actividad volcánica son ricas en sílice por lo tanto, ciertas ocurrencias abundantes de radiolarios de sedimentos antiguos pueden ser interpretadas, como asociadas a volcanismo activo, aún más, este enriquecimiento de sílice ayuda también a preservar los esqueletos (20).

Otras áreas ricas en radiolarios son las regiones

---

biológicamente productivas que constituyen las latitudes altas que pasan los 40°N y S. En muchas de estas regiones los radiolarios están acompañados por diatomeas.

Las disoluciones frecuentes de esqueletos de radiolarios se producen en sedimentos superficiales pero los factores que controlan este proceso son poco conocidos.

Generalmente los radiolarios son raros o están ausentes de la plataforma continental debido a que han sido diluídos por influjo del material terrígeno.

#### **PALEOTEMPERATURA**

Los radiolarios son muy útiles para determinar paleotemperaturas, principalmente, cuando no existen fósiles calcáreos. Se ha desarrollado bastante esta rama, especialmente en pisos oceánicos pobres en carbonatos. Así, p.e en el Norte del Pacífico y en la Antártida.

Nigrini (1970), derivó un índice que relaciona la temperatura y la composición de los radiolarios. Este índice se conoce como 'Índice de Nigrini'.

Así, los cambios de composición de las asociaciones de radiolarios se pueden interpretar como fluctuaciones relativas de temperatura. Varios investigadores utilizando el índice de Nigrini, han determinado del Pleistoceno del Pacífico Ecuatorial, Pacífico Norte y zonas Subantárticas del Pacífico.

#### 2.4.3 DIATOMEAS

Las diatomeas pueden vivir en ambientes marinos y de agua dulce. De acuerdo con su habitat las diatomeas pueden ser planctónicas y bentónicas.

Las diatomeas bentónicas viven en ambientes litorales y pueden ser : sésiles y móviles, las primeras se encuentran adheridas, mientras las segundas son capaces de desplazarse sobre el fondo marino. Estas diatomeas son muy importantes, ya que constituyen el alimento principal de muchos organismos de aguas someras.

Las diatomeas planctónicas están consideradas como parte del plancton oceánico o nerítico, las diatomeas neríticas tal como el plancton nerítico, según Hendey (1964), pueden ser divididas en los siguientes tipos:

- Holoplanctónicas, se aplica más correctamente a las formas oceánicas, pero se las nombra aquí porque tienen una representación en el ambiente nerítico externo y medio.
- Meroplanctónicas, a las especies que viven dentro de la línea de costa en el plancton, pero que gran parte de su existencia permanecieron en el fondo de sedimentos.
- Tychopelágicas, son aquellas especies que pasan generalmente en el fondo.

La distribución de las diatomeas marinas, está controlada por factores que varían con su habitat, entre los cuales los principales son: temperatura, salinidad y nutrientes.

#### **PALEOTEMPERATURA**

Uno de los parámetros ecológicos fácilmente medibles es la temperatura, existen algunos métodos para su determinación, entre ellos los más utilizados está : 1) El método de cálculo de **Td**, que consiste en la relación de asociaciones de aguas cálidas con respecto a las de aguas

frías, se expresa en porcentaje y se calcula mediante la siguiente fórmula :

$$Td = \frac{Xw * 100}{Xc + Xw}$$

donde :

Xw = número de diatomeas de aguas cálidas

Xc = número de diatomeas de aguas frías

2) El método del Modelo de Respuesta Biológica, el cual se está incrementando en uso rápidamente, consiste en el empleo del Análisis de Factor para agrupar especies, en relación a algunos parámetros ecológicos, entre ellos principalmente la temperatura, aunque también se ha utilizado para la salinidad.

Por último, entre los métodos menos utilizados se puede nombrar, uno que considera la aparición de diatomeas salobres que cuando están presentes pueden ayudar a determinar cambios significativos en la temperatura o química del agua y aún más permite reconstruir cambios del nivel del mar.

#### **PALEOQUIMICA DEL AGUA**

En los océanos abiertos las diatomeas tienen

similar distribución geográfica que los radiolarios, al igual que ellos, los elementos nutrientes necesarios para el desarrollo y reproducción de las diatomeas son las sílices, los fosfatos y nitratos. De manera similar que en los radiolarios, las áreas ricas en diatomeas, son aquellas biológicamente productivas, constituídas por las latitudes altas. Kalbe (1954), en estudios del Pacífico Ecuatorial, demostró buena correlación entre valores máximos de diámetros de diatomeas y los períodos glaciales. Se conoce que en los períodos fríos se incrementa la circulación de masas de aguas, con lo cual también se incrementan los nutrientes y la productividad, haciendo que el tamaño de las diatomeas aumente.

### **PALEOCORRIENTES**

La acción de las corrientes marinas en el pasado ha influenciado notablemente en la distribución de las diatomeas así tenemos :

- Las asociaciones encontradas lejos de la línea de costa, presentan formas bentónicas y planctónicas debido al efecto de las corrientes de fondo y las tormentas, las

cuales desalojan las formas de aguas someras, transportándolas lejos de su habitat.

- Las diatomeas planctónicas, por encontrarse en suspensión están propensas a ser fácilmente transportadas lateralmente por las corrientes superficiales y de fondo. Así, pueden encontrarse abundantes formas planctónicas en un sitio en el que nunca existió una biocenosis planctónica.

- Burckle y Biscaye (1971), encontraron que en la Antártida las diatomeas neríticas y oceánicas eran transportadas hacia el Norte por aguas antárticas de fondo en dirección de las regiones ecuatoriales.

- Las asociaciones bentónicas marinas y salobres pueden ser también utilizadas en la reconstrucción paleoecológica, sin embargo, se debe tener en cuenta las influencias de las corrientes de fondo, las cuales desplazan a las diatomeas fuera de su lugar de origen. Una herramienta para detectar este particular es el estado de conservación de la valva, si está rota o



parcialmente disuelta podría interpretarse como que ha sufrido transporte.

## CAPITULO III

### BIOESTRATIGRAFIA DE LOS SEDIMENTOS

#### 3.1 DESCRIPCION DE LA POBLACION DE MICRO-ORGANISMOS

En general, en los sedimentos de Bahía Almirantazgo se encontró una abundante microfauna de foraminíferos bentónicos, escasos foraminíferos planctónicos, numerosos radiolarios y diatomeas, ciertos ostrácodos, fragmentos de briozoos, escleritos de holotúridos y espinas de equínidos.

A continuación se describe separadamente la fauna más abundante que comprende, foraminíferos, radiolarios y diatomeas, mientras que el resto se describe en conjunto.

##### 3.1.1 FORAMINIFEROS

Este grupo está representado en su mayoría por los foraminíferos bentónicos. Las tablas 2 y 3 sintetizan la ocurrencia de los foraminíferos bentónicos y planctónicos de los testigos muestreados. Mientras que las características principales de la población de foraminíferos y distribución vertical se describe por cada

# Testigo		A-1			A-5			A-6			A-7			A-9		
Profundidad		120m.			42m.			250m.			498m.			405m.		
N	Muestra #	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0	Foraminiferos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-	Bentonicos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	<i>Astrononion echolsi</i> KENNETT N.SP															
2	<i>Baggina</i> sp.															
3	<i>Bolivina</i> aff. <i>striatula</i> CUSHMAN															
4	<i>Bucella</i> <i>peruviana</i>															
5	<i>Cassidulins</i> <i>minuta</i> CUSHMAN															
6	<i>Cassidulina</i> sp.															
7	<i>Cassidulinoides</i> <i>parkerianus</i>															
8	<i>Cassidulinoides</i> sp.															
9	<i>Cibicides</i> <i>refulgens</i> DE MONTFORT															
10	<i>Cibicides</i> cf. <i>disparis</i>															
11	<i>Cibicides</i> sp.															
12	<i>Cornuspira</i> <i>planorbis</i> (SCHULTZE)															
13	<i>Discorbis</i> sp.															
14	<i>Elphidium</i> sp.															
15	<i>Epistominella</i> <i>exigua</i> (BRADY)															
16	<i>Fissurina</i> <i>nudiformis</i> n. sp.															
17	<i>Fissurina</i> sp.															
18	<i>Fursenkoina</i> <i>fusiformes</i> WILLIAMSON															
19	<i>Fursenkoina</i> sp.															
20	<i>Globocassidulina</i> <i>biora</i>															
21	<i>Globocassidulina</i> <i>crassa</i>															
22	<i>Globocassidulina</i> <i>crassa</i> <i>rosensis</i>															
23	<i>Globocassidulina</i> <i>gemma</i>															
24	<i>Globocassidulina</i> <i>globosa</i>															
25	<i>Globocassidulina</i> <i>subglobosa</i>															
26	<i>Gyroidina</i> cf. <i>quinqueloba</i>															
27	<i>Hanzawaia</i> sp.															
28	<i>Lagena</i> <i>gracilis</i>															
29	<i>Melonis</i> <i>affinis</i> (REUSS)															
30	<i>Nonion</i> sp.															
31	<i>Nonionella</i> <i>bradleyi</i>															
32	<i>Oolina</i> sp.															
33	<i>Pullenia</i> <i>subcarinata</i> <i>subcarinata</i>															
34	<i>Pullenia</i> <i>quinqueloba</i>															
35	<i>Pullenia</i> sp.															
36	<i>Pyrgo</i> <i>ringens</i>															
37	<i>Quinqueloculina</i> <i>akneriana</i>															
38	<i>Rosalina</i> <i>globularis</i>															
39	<i>Angulogerina</i> <i>angulosa</i> <i>angulosa</i>															
40	<i>Angulogerina</i> sp.															
41	<i>Uvigerina</i> <i>basensis</i>															
42	<i>Adercotryma</i> <i>glomerata</i>															
43	<i>Cribrostomoides</i> <i>jeffreysii</i>															
44	<i>Miliammina</i> <i>arenacea</i>															
45	<i>Reophax</i> <i>fusiformes</i>															
46	<i>Sacamina</i> <i>diplugiformis</i>															
47	<i>Spiroplectamina</i> <i>biformis</i>															
48	<i>Textularia</i> cf. <i>earlandi</i>															
49	<i>Trochammina</i> cf. <i>antarctica</i>															
50	<i>Paratrochammina</i> <i>bowlesensis</i>															

Tabla 2.- Ocurrencia de foraminiferos bentónicos de los testigos A1, A5, A6, A7 y A9 de Bahía Almirantazgo - Antártida.

Nº DE TESTIGO		A1					A5										A6					A7						A9							
PROFUNDIDAD		120 m.					42 m										250 m					498 m						405 m							
Nº	Nº DE MUESTRA	LONGUITUD (cm)																																	
		A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A5-1	A5-2	A5-3	A5-4	A5-5	A5-6	A5-7	A5-8	A5-9	A5-10	A6-1	A6-2	A6-3	A6-4	A6-5	A6-6	A7-1	A7-2	A7-3	A7-4	A7-5	A7-6	A9-1	A9-2	A9-3	A9-4			
FORAMINIFEROS PLANCTONICOS		0-5	28	57	95	122-125	0-5	36	45	60	75	88	140	160	195	230	0-5	12	35	60	90	105	0-5	50	68	110	132	150	10-15	65	110	150-155			
1	GLOBIGERINA cf. ANGUSTIUMBILICATA																																		
2	GLOBIGERINA BULLOIDES(SINISTRAL)																																		
3	GLOBIGERINA DIGIDATA (?)																																		
4	GLOBIGERINA QUINQUELOBA																●																		
5	GLOBIGERINITA GLUTINATA																																		
6	GLOBIGERINITA ÚVULA																	▲																	
7	GLOBOROTALIA sp.																																		
8	GLOBOQ. PACHYDERMA (f. SUPERFICIAR)	●	-	●			-	●	-				▲	-			■	●																	
9	GLOBOQ. PACHYDERMA (f. TIPICA.)																										●								
10	NEOGLOBOQUADRINA du/pa																										●								
11	GLOBIGERINA sp.																																		

TABLA. 3. — OCURRENCIA DE LOS FORAMINIFEROS PLANCTONICOS PRESENTES EN MUESTRAS DEL CUATERNARIO DE LA BAHIA ALMIRANTAZGO (SHETLAND OF SOUTH) ANTARTIDA.

— RARO ; ● POCO ; ▲ COMÚN ; ■ ABUNDANTE

testigo a continuación.

### TESTIGO A1

Los foraminíferos bentónicos son abundantes siendo notable a lo largo de todo el testigo, la presencia de foraminíferos calcáreos, pertenecientes a las familias Cassidulinidae y Caucasinidae, esta última representada por *Fursenkoina fusiformes*. La familia Discorbidae le sigue en abundancia, siendo la especie *Epistominella exigua*, la más observada, especialmente en los primeros tramos del testigo, otra especie presente es *Rosalina globularis*. Algunas especies pertenecientes a otras familias están presentes en los últimos tramos del testigo y son : *Elphidium* sp., *Pyrgo ringens*, *Oolina* sp., *Pullenia quinqueloba* y *Fissurina nudiformis*.

Las formas aglutinadas están representadas especialmente por las familias Trochamminidae (*Paratrochammina*, *Trochammina*), Szehakinidae (*Miliammina*), y Lituolidae (*Adercotryma glomerata*, *Cribrostomoide jeffreysii*), en la parte central del testigo y Textularidae (*Spiroplectammina*) en el tope del testigo.

Los foraminíferos planctónicos y solamente están representados en los primeros tramos del testigo por la especie *Globoquadrina pachyderma* (f. *superficiaria*) (Ver la tabla 4 ).

#### TESTIGO A5

Presenta foraminíferos bentónicos calcáreos abundantes similares al testigo anterior, con predominio de la familia *Cassidulinidae* (*Cassidulina* y *Globocassidulina*) a lo largo del testigo. *Caucasinidae* (*Fursenkoina fusiformis*) está presente desde los 34cm. superiores hasta la base del testigo, algo similar ocurre con *Discorbidae* (*Epistominella exigua*), notándose su ausencia únicamente en el tope y base del testigo.

Otros géneros pertenecientes a diversas familias como *Fissurina*, *Bolivina*, *Pullenia*, *Lagena*, *Melonis*, *Nonionella*, *Rosalina*, *Cibicides*, etc., aparecen esporádicamente en los diferentes niveles del testigo.

Las formas calcáreas porcelanáceas sólo están representadas por la especie *Pyrgo ringens* que es abundante en uno de los niveles inferiores, a

120 m.					PROFUNDIDAD	F. BENTONICOS CALCARIOS	ABUNDAN.	COMUN	POCO	RARO	TESTIGO A1
118-125 cm.	93-95	54-57	25-28	0-5 cm.							
						GLOBOCASSIDULINA SUBGLOBOSA					
						EPISTOMINELLA EXIGUA					
						CIBICIDES REFULGENS					
						GLOBOCASSIDULINA BIORA					
						FURSENKOINA FUSIFORMES					
						GLOBOCASSIDULINA cf. SUBGLOBOSA					
						NONIONELLA BRADII					
						CASSIDULINOIDES PARKERIANUS					
						CASSIDULINOIDES sp.					
						MELONIS AFFINIS					
						GLOBOCASSIDULINA GLOBOSA					
						GLOBOCASSIDULINA CRASSA ROSENSIS					
						CASSIDULINA MINUTA					
						GLOBOCASSIDULINA CRASSA					
						BOLIVINA sp.					
						GLOBOCASSIDULINA GEMMA					
						ROSALINA GLOBULARIS					
						CIBICIDES sp.					
						ELPHIDIUM sp.					
						PYRGO RINGENS					
						OOLINA sp.					
						PULLENIA QUINQUELOBA					
						FISSURINA NUDIFORMIS					

					FORAMINIFEROS AGLUTINADOS	
						SPIROPECTAMMINA BIFORMIS
						MILIAMMINA ARENACEA
						PARATROCHAMMINA BOWLESENSIS
						ADERCOTRYMA GLOMERATA
						CRIBROSTOMOIDES JEFFREYSI
						TROCHAMMINA cf. ANTARCTICA

TABLA. 4. DISTRIBUCION VERTICAL DE LOS FORAMINIFEROS BENTONICOS CALCAREOS Y AGLUTINADOS PRESENTES EN EL TESTIGO A1. DE BAHIA ALMIRANTAZGO - ANTARTIDA.

1,60m. del tope del testigo.

Las formas aglutinadas no son continuas a lo largo del testigo y pertenecen a las familias Szehakinidae, Trochamminidae y Textulariidae.

Los foraminíferos planctónicos son comparativamente escasos presentándose *Globoquadrina pachyderma* (f. *superficiaria*), en varios niveles el testigo, especialmente a 1,60m. del tope del testigo, donde aumenta en población, para luego disminuir y desaparecer en el último nivel. Otras formas que se presentan aisladamente son : *Globorotalia* sp. y *Globigerina* sp. (Ver tabla 5).

#### TESTIGO A6

Los foraminíferos bentónicos calcáreos presentes son menos abundantes en relación a los dos testigos anteriores. En su mayoría pertenecen a la familia Cassidulinidae, siendo los más frecuentes *Globocassidulina bitorata* y *G. subglobosa*, y menos frecuentes *G. crassa rosensis* y *Cassidulinoides parkerianus*. Algunos géneros pertenecientes a otras familias están solamente en el tope del testigo y son : *Cibicides*,



42 m.						PROFUNDIDAD	FORAMINIFEROS BENTONICOS CALCAREOS	ABUNDAN. COMUN POCO RARO	TESTIGO A 5
228 - 235 cm.	190 - 195	155 - 160	135 - 140	84 - 88	70 - 75				
									CASSIDULINA MINUTA
									GLOBOCASSIDULINA BIORA
									GLOBOCASSIDULINA SUBGLOBOSA
									CASSIDULINOIDES PARKERIANUS
									GLOBOCASSIDULINA GEMMA
									FURSENKOINA FUSIFORMES
									GLOBOCASSIDULINA CRASSA
									GLOBOCASSIDULINA CRASSA ROSENSIS
									LAGENA GRACIALIS
									EPISTOMINELLA EXIGUA
									CIBICIDES cf. DISPARS
									GLOBOCASSIDULINA GLOBOSA
									FISSURINA NUDIFORMIS s.l
									BOLIVINA sp.
									PULLENIA sp.
									MELONIS AFFINIS
									PULLENIA SUBCARINATA
									PULLENIA QUINQUELOBA
									NONIONELLA BRADII
									ROSALINA GLOBULARIS
									PYRGO RINGENS
									HANZAWAIA sp.
									ANGULGERINA ANGULOSA ANGULOSA
									ASTRONONION ECHOLSI
									FURSENKOINA sp.
									DISCORBIS sp.
									NONION sp.
									CORNUSPIRA PLANORBIS
									CIBICIDES sp.
									FISSURINA sp.
									GYROIDINA cf. QUINQUELOBA
									ANGULGERINA sp.

TABLA. 5. — DISTRIBUCION VERTICAL DE LOS FORAMINIFEROS BENTONICOS CALCAREOS PRESENTES EN EL TESTIGO A 5 DE BAHIA ALMIRANTAZGO — ANTARTIDA.



Bolivina, Melonis, Gyroidina y Baggina. Además, representantes de Miliolidae (Quinqueloculina) y Uvigerinidae (Uvigerina), ocurren aisladamente en ciertos tramos del testigo.

Las formas aglutinadas exclusivamente están presentes en el primero y segundo nivel, el resto del testigo carece de ellas.

Los foraminíferos planctónicos son abundantes en las muestras, se encuentran comparativamente una población más diversa y en mayor número que en los testigos anteriores, siendo Globoquadrina pachyderma (f. superficialia) y Globigerinita úvula las especies más abundantes, especialmente en los niveles superiores del testigo. Globigerina bulloides, G. megastona, G. cf. angustiumbilicata y Globoquadrina pachyderma (f. típica), están presentes en escaso número y sólo en determinados niveles. Globigerina quinqueloba es frecuente en los primeros niveles y luego desaparece (Ver tabla 6).

#### TESTIGO A7

Los foraminíferos bentónicos calcáreos están representados especialmente por las familias

250 m.					PROFUNDIDAD	FORAMINIFEROS BENTONICOS CALCAREOS	ABUNDAN.	COMUN	POCO	RARO	TESTIGOS
100-105 cm.	85-90	55-60	30-35	10-12							
						CIBILICIDES DISPARS					
						BOLIVINA aff. STRIATULA					
						CASSIDULINA sp.					
						MELONIS AFFINIS					
						GYNOIDINA cf. QUINQUELOBA					
						BAGGINA sp.					
						GLOBOCASSIDULINA CRASSA ROSENSIS					
						NONIONELLA BRADII					
						GLOBOCASSIDULINA BIORA					
						GLOBOCASSIDULINA SUBGLOBOSA					
						GLOBOCASSIDULINA GEMMA					
						EPISTOMINELLA EXIGUA					
						CASSIDULINOIDES PARKERIANOS					
						FURSENKOINA FUSIFORMES					
						FISSURINA NUDIFORMIS					
						CASSIDULINA MINUTA					
						QUINQUELOCULINA cf. AKNERIANA					
						GLOBOCASSIDULINA CRASSA					
						CIBICIDES REFULGENS					
						UVIGERINA BASSENSIS					
						NONION sp.					

					PROFUNDIDAD	FORAMINIFEROS AGLUTINADOS
100-105 cm.	85-90	55-60	30-35	10-12		
						MILIAMMINA ARENACEA
						ADERCOTRYMA GLOMERATA
						CRIBROSTOMOIDES JEFFREYSII
						SPIROPLECTAMMINA BIFORMIS
						TROCHAMMINA cf. ANTARCTICA
						PARATROCHAMMINA BOWLESENSIS

TABLA. 6. — DISTRIBUCION VERTICAL DE LOS FORAMINIFEROS BENTONICOS CALCAREOS Y AGLUTINADOS PRESENTES EN EL TESTIGO A 6 DE BAHIA ALMIRANTAZGO — ANTARTIDA.

Caucasinidae (Fursenkoina fusiformes),  
Discorbidae (Epistominella exigua),  
Cassidulinidae (Cassidulinoides parkerianus) y  
Nonionidae (Nonionella bradii), en la mayoría de  
los niveles del testigo. Aísladamente se  
encuentran en ciertas muestras géneros  
pertenecientes a diversas familias como : Nonion,  
Bolivina, Pullenia, Cibicides, Trifarina y  
Lagena.

Los foraminíferos aglutinados se presentan  
numerosos, las familias Szehakinidae (Miliammina  
arenácea) y Trochamminidae (Trochammina cf.  
antártica) son las más abundantes en el tope, el  
primer nivel nivel se caracteriza por la  
presencia de las especies: Cribrostomoides  
jeffreysii, Reophax fusiformes y Sacamina  
diffugiformes.

Aísladamente, se observa en determinados niveles  
la aparición de la Adercotryma glomerata y  
Spiroplectammina biformis.

En cuanto a las formas planctónicas, se presenta  
una situación similar al testigo anterior. Los  
ejemplares planctónicos más abundantes son:  
Globoquadrina pachyderma (f. típica y f.

superficialia), escasamente aparecen *Globigerinita glutinata* y *Globorotalia* sp. Es de resaltar que el tope del testigo es estéril en foraminíferos planctónicos (Ver tabla 7).

#### TESTIGO A9

Los foraminíferos bentónicos calcáreos son escasos, solo la familia Cassidulinidae (*Globocassidulina subglobosa* y *G. gemma*), presente a lo largo del testigo, el resto de la población está constituida por escasos ejemplares perteneciente a géneros de varias familias: *Bolivina*, *Bucella*, *Cassidulinoides*, *Cibicides*, *Nonionella*, *Melonis*, *Fursenkoina* y *Epistominella*. Al igual que los calcáreos, las formas aglutinadas también son escasas, observandose algunos ejemplares de las familias Szehakinidae (*Miliammina arenácea*), Trochamminidae (*Trochammina* cf. *antarctica*, *Paratrochammina bowlosensis*) y Lituolidae (*Cribrostomoiedes jeffresii*), esporádicamente a lo largo del testigo.

Los foraminíferos planctónicos se presentan aisladamente en algunas de las secciones, entre ellos tenemos: *Globigerina* cf. *angustiumbilicata*,

498 m.					PROFUNDIDAD	FORAMINIFEROS BENTONICOS CALCAREOS	ABUNDAN.	COMUN	POCO	RARO	TESTIGO A 7
147-150 cm.	128-132	106-110	63-68	0-5 cm							
						GLOBOCASSIDULINA BIORA					
						GLOBOCASSIDULINA GEMMA					
						ROSALINA GLOBULARIS					
						CASSIDULINA MINUTA					
						GLOBOCASSIDULINA GLOBOSA					
						ASTRONONION ECHOLSI					
						CASSIDULINOIDES PARKERIANUS					
						FURSENKOINA FUSIFORMES					
						NONIONELLA BRADII					
						GLOBOCASSIDULINA SUBGLOBOSA					
						MELONIS AFFINIS					
						EPISTOMINELLA EXIGUA					
						CIBICIDES REFULGENS					
						NONION sp.					
						CASSIDULINA sp.					
						BOLIVINA sp.					
						PULLENIA SUBCARINATA SUBCARINATA					
						PULLENIA QUINQUELOBA					
						GLOBOCASSIDULINA CRASSA ROSENSIS					
						CIBICIDES cf. DISPARS					
						ANGULOGERINA ANGULOSA ANGULOSA					
						LAGENA GRACILIS					

					PROFUNDIDAD	FORAMINIFEROS AGLUTINADOS	ABUNDAN.	COMUN	POCO	RARO	TESTIGO A 7
147-150 cm.	128-132	106-110	63-68	0-5 cm							
						TROCHAMMINA cf. ANTARCTICA					
						MILIANMINA ARENACEA					
						CRIBROSTOMOIDES JEFFREYSI					
						REOPHAX FUSIFORMES					
						SACAMMINA DIFFLUGIFORMES					
						ADERCOTRYMA GLOMERATA					
						SPIROPLECTAMMINA BIFORMIS					
						PARATROCHAMMINA BOWLESENSIS					

TABLA. 7. — DISTRIBUCION VERTICAL DE LOS FORAMINIFEROS BENTONICOS CALCAREOS Y AGLUTINADOS PRESENTES EN EL TESTIGO A 7 DE BAHIA ALMIRANTAZGO - ANTARTIDA.

*G. quinqueloba*, *Globoquadrina pachyderma* (f. *superficiaria*) y *G. pachyderma* (f. *típica*) (Tabla 8).

### 3.1.2 RADIOLARIOS

La población de radiolarios se presenta en general bien preservada y los ejemplares son de tamaños grandes. Consiste principalmente de Policistínidos del tipo Espumelario y un sólo ejemplar de Phaeodario del género Challegeron. La tabla 9 muestra la ocurrencia de radiolarios en cada uno de los testigos, que separadamente se describen a continuación.

#### TESTIGO A1

El conjunto de radiolarios no es abundante y está constituido por espumelarios, observándose la presencia de ellos sólo en los niveles superiores. Las especies más numerosas son: *Spongodiscus* cf. *resurgens*, *Spongotrochus* sp. y *Lithelius nautiloides*. En menor número se observa *Spongopyle* sp., *Spongurus* sp. y *Trochodiscus* sp.

#### TESTIGO A5



405 m.				PROFUNDIDAD	FORAMINIFEROS BENTONICOS CALCAREOS	RARO POCO COMUN ABUNDAN.	TESTIGO A 9
150-155 cm.	110	65	10-15 cm.				
					BOLIVINA sp.		
					BUCELLA PERUVIANA s.l		
					CASSIDULINA sp.		
					CASSIDULINOIDES PARKERIANUS		
					CIBICIDES REFULGENS		
					NONIONELLA BRADII		
					GLOBOCASSIDULINA SUBGLOBOSA		
					GLOBOCASSIDULINA GEMMA		
					CIBICIDES aff. DISPARS		
					GLOBOCASSIDULINA CRASSA		
					GLOBOCASSIDULINA BIORA		
					MELONIS AFFINIS		
					FURSENKOINA FUSIFORMES		
					EPISTOMINELLA EXIGUA		

				FORAMINIFEROS AGLUTINADOS	
					MILIAMMINA ARENACEA
					TROCHAMMINA cf. ANTARCTICA
					PARATROCHAMMINA BOWLESENSIS
					CRIBROSTOMOIDES JEFFREYSI

TABLA 8. — DISTRIBUCION VERTICAL DE LOS FORAMINIFEROS BENTONICOS CALCAREOS Y AGLUTINADOS PRESENTES EN EL TESTIGO A 9 DE BAHIA ALMIRANTAZGO - ANTARTIDA.

Los radiolarios espumelarios son los únicos que aparecen y son escasos en número y en variedad. Aisladamente se encontraron las especies *Spongodiscus* cf. *resurgens*, *Spongotrochus* sp. y *Spongotrochus* *glacialis*.

#### TESTIGO A6

La población de radiolarios es tan escasa como en el testigo anterior y sólo se presentan ejemplares aislados en la mitad inferior, las pocas especies presentes son: *Lithelius* *nautiloides*, *Porodiscus* (*Trematodiscus*)sp., *Spongotrochus* sp. y *Spongodiscus* cf. *resurgens*.

#### TESTIGO A7

A diferencia de los otros testigos éste se caracteriza por poseer una abundante población de radiolarios espumelarios e inclusive se observa la presencia de un ejemplar de *Phaeodario*. La población crece a medida que avanzamos hacia los niveles inferiores destacándose principalmente la especie *Spongodiscus* cf. *resurgens*, y le siguen en abundancia: *Lithelius* *nautiloides*, *Lithelius* sp., *Prunopyle* spp. y *Spongotrochus* *glacialis*, en



forma escasa, se observa en el último nivel (base) del testigo la presencia de : *Druppocarpus* (?) sp., *Porodiscus* (*trematodiscus*) sp., *Spongopyle* sp., *Stylodictia* sp., *Thecosphaera* sp. y de la especie de *Phaeodario*, *Challegeron* sp.; por último, se hallaron en forma aislada *Spongopyle* aff. *osculosa*, *Haliomma* sp., *Echinomma* cf. *delicatum*, *Spongotrochus* sp. y *Cenosphaera* cf. *hirsuta*.

#### TESTIGO A9

Los radiolarios son poco abundantes, pero de gran diversidad, especialmente hacia los niveles inferiores. Se distinguen principalmente la presencia de *Prunopyle* spp., *Spongodiscus* cf. *resurgens*, *Spongopyle* aff. *osculosa* y *Spongotrochus* sp. También se nota la presencia de un sólo ejemplar de las siguientes especies : *Cenosphaera* cf. *hirsuta*, *Stylactractus* sp., *Spongurus* sp., *Spongurus* aff. *pylomaticus*, *Spongopyle* sp., *Paradiscus* (*Trematodiscus*)sp. y *Lithelius* *nautiloides*.

#### 3.1.3 DIATOMEAS

La mayoría de los testigos en diversas de sus

muestras presentaron abundantes diatomeas, distinguiéndose el testigo A5 en los primeros niveles, cuyas fracciones finas constituyen verdaderas tierras de diatomeas; mientras, el testigo A9 es estéril, con excepción de las muestras de la base.

La tabla 10 recopila la ocurrencia de diatomeas en cada uno de los testigos, cuyas características se describen a continuación.

#### **TESTIGO A1**

Las diatomeas se presentan sólo en la base y el tope del testigo, el resto es estéril. En el nivel del tope se hallaron las especies *Triceratium* sp. y *Anellus* sp., mientras que en el nivel basal se encuentran en mayor número *Anellus* sp., *Porosira glacialis* y *Triceratium* sp., además de un ejemplar de *Coscinodiscus* sp.

#### **TESTIGO A5**

Las diatomeas son abundantes en la mitad superior del testigo. En los sedimentos finos se distingue *Anellus* sp., mientras que en los menos finos abundan ejemplares del género *Triceratium*,

cuyos tamaños pueden alcanzar aproximadamente 0.5 mm.. Los niveles inferiores son totalmente estériles.

#### **TESTIGO A6**

Las diatomeas se presentan en forma aislada sólo en los niveles superiores, resultando el resto del testigo, estéril. Los ejemplares comunes son *Anellus* sp. (?), *Bidduphia* (*Isthmia*) sp.2 y *coscinodiscus* sp.

#### **TESTIGO A7**

En general presenta gran abundancia de diatomeas, pero poca diversidad, se distingue especialmente el género *Triceratium* en casi todo el testigo. En algunas secciones se nota la concentración de una gran población de las especies *Biddulphia* (*Isthmia*) sp.2 y *porosira* glaciales, especialmente hacia la base del testigo.

#### **TESTIGO A9**

A excepción de la muestra del nivel basal del testigo, donde se hallaron 2 ejemplares de *Coscinodiscus* sp., se puede decir que el testigo



es totalmente estéril.

#### 3.1.4 OTROS

Como ya se anotó el resto de la fauna presente en las muestras comprenden: Espículas de espongiarios, espículas y bases púa de equínidos, escleritos de holotúridos y ostrácodos. La tabla 11 presenta la ocurrencia de esta fauna en cada uno de los testigos observándose lo siguiente.

- en forma aislada el testigo A1 presenta base púas (bases de espinas) y espículas de equínido y además escleritos de holotúridos;
- a lo largo del testigo A5 se presenta comúnmente ostrácodos y en ciertas muestras se encuentra espículas de equínidos y espongiarios;
- en un nivel intermedio del testigo A6 se presenta abundantes escleritos de holotúridos, siendo escasos o ausentes en el resto del testigo;
- en los dos niveles inferiores del testigo A7 se presenta ostrácodos, entre los cuales se



distinguen tres géneros: *Lexoreticulatum*, mientras que en las muestras superiores y cercanas a ellas existe la presencia de Espículas de equínidos y espongiarios;

- por último, no se observaron ninguno de estos elementos orgánicos en el testigo A9.

### **3.2 BIOZONACION Y DATAACION DE LOS SEDIMENTOS**

#### **3.2.1 BIOZONACION UTILIZADA**

En general, debido a las características de la población de micro-organismos presentes en los diversos testigos tomados, se consideró para los foraminíferos, la zonación de planctónicos dada por Poore y Bergren (1975), para zonas templadas y para los radiolarios la zonación de Chen (1874).

En las figs. 10 y 11 del capítulo II se presentan las biozonaciones de foraminíferos y radiolarios utilizadas en este trabajo respectivamente, además de otras zonaciones comunes.

A continuación se exponen los criterios de selección de las zonaciones empleadas.

### 3.2.1.1 FORAMINIFEROS

La correlación entre la población de foraminíferos de los testigos de Bahía Almirantazgo con las zonaciones desarrolladas para la Antártida y Subantártida se tornó difícil debido a las siguientes razones:

- 1) Ausencia de taxones claves que separen Holoceno de Pleistoceno y dividan a este último
- 2) Diacronismo faunal.
- 3) Zonaciones particulares, válidas sólo para cuencas específicas.
- 4) Baja diversidad de foraminíferos planctónicos.

Más particularmente se debe considerar que, tratándose de un área de bahía, la cantidad de foraminíferos planctónicos se limita para la zona de la desembocadura de la bahía siendo escasos en el interior cercano a la

costa.

La posibilidad de utilización de zonaciones plio-cuaternarias en base a foraminíferos bentónicos que son abundantes en la mayoría de los testigos, se descartó debido a que no existen, ya que en latitudes altas la evolución de la fauna es muy lenta y por lo tanto sus rangos estratigráficos muy amplios.

Por lo expuesto anteriormente y por la similitud de la fauna encontrada, se utiliza aquí, la zonación dada por Poore y Berggren (1975).

#### **3.2.1.2 RADIOLARIOS**

Las restricciones aplicadas a la utilización de las biozonaciones de foraminíferos planctónicos antárticos y subantárticos no se aplican para los radiolarios debido a su propia naturaleza. Por esta razón se ha escogido la biozonación de radiolarios de Chen (1974), que es la que

mayormente se utiliza en trabajos relacionados al continente Antártico.

### 3.2.2 DATAACION

La población de foraminíferos en los cinco testigos de este trabajo, colocan a los sedimentos de Bahía Almirantazgo en la zona de Neogloboquadrina pachyderma de edad Pleistoceno - Holoceno (Fig.10).

La separación de los sedimentos Pleistocénicos de los Holocénicos se hace en base a la abundancia de ejemplares recientes de la forma superficial de Globoquadrina pachyderma (Globigerina pachyderma) y en base a la abundancia y diversidad de las formas bentónicas presentes.

La separación del Pleistoceno en Superior e Inferior, se hace tomando en cuenta la abundancia relativa de la forma típica de Globoquadrina pachyderma sobre la forma superficial, de acuerdo a los criterios del trabajo titulado 'Holocene to Pleistocene Planktonic Foraminifera Site 147', donde ubican a la forma superficial dentro de la subzona de Globorotalia bermudezi, correspondiente al Pleistoceno Superior y a la

forma típica dentro de la subzona de *Globorotalia crassiformis hessi* correspondiente al Pleistoceno Inferior (Tabla 12 y 13).

En cuanto a la población de radiolarios los ejemplares de las especies presentes confirman que los sedimentos de los testigos no son más antiguos que el Plioceno, pero en general no sirven para establecer una división entre Plioceno - Pleistoceno y Holoceno debido a los rangos amplios que poseen. Salvo el caso de las especies *Spongotrochus glacialis*, *Spongurus* aff. *pilomaticus* y *Spongopyle* aff. *osculosa* que clásicamente se han considerado pertenecientes al Neógeno, pero según algunos trabajos, entre ellos: DSPD, Leg 35 de F. Weaver (1976) y 'Radiolarios de un Testigo Antártico (Mioceno - Reciente) de B. Coco (1982), sus rangos han sido extendidos en el primer caso hasta el Pleistoceno y en el segundo, hasta el Reciente.

De acuerdo a los criterios expuestos se establece para cada testigo y en relación a la profundidad las siguientes edades:

---

**TESTIGO A1**

MILLONES DE AÑOS		23	16,2	11	5,3	3,3	1,6	0,7	0,01	
PERIODOS		NEOGENO					CUATERNARIO			
EPOCA		MIOCENO			PLIOCENO		PLEISTOCENO		HOLOCENO	
		INFERI	MEDIO	SUPERI	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR		
TESTIG	FORAMINIFEROS	RANGO ESTRATIGRAFICO								
A1	GLOBOQ. PACHYDERMA (F. SUPERFICIARIA)									
	GLOBOROTALIA sp.									
A5	GLOBOQ. PACHYDERMA (F. SUPERFICIARIA)									
	GLOBEGERINA sp.									
A6	GLOBIGERINA cf. ANGUSTIUMBILICATA									
	GLOBIGERINA BULLOIDES									
	GLOBIGERINA MEGASTOMA									
	GLOBIGERINA QUINQUELOBA									
	GLOBIGERINITA UVULA									
	GLOBOROTALIA sp.									
	GLOBOQ. PACHYDERMA (F. SUPERFICIARIA)									
	GLOBOQ. PACHYDERMA (F. TIPICA)									
A7	GLOBIGERINITA GLUTINATA									
	GLOBOROTALIA sp.									
	GLOBOQ. PACHYDERMA (SUPERFICIARIA)									
	GLOBOQ. PACHYDERMA (F. TIPICA)									
	NEOGLOBOQUADRINA DU/PA									
A9	GLOBIGERINA cf. ANGUSTIUMBILICATA									
	GLOBIGERINA QUINQUELOBA									
	GLOBOQ. PACHYDERMA (F. SUPERFICIARIA)									
	GLOBOQ. PACHYDERMA (F. TIPICA)									

TABLA. 12.— RANGO DE LA EDAD DE LOS FORAMIFEROS ENCONTRADOS EN LOS TESTIGOS DE BAHIA ALMIRANTAZGO ANTARTICA.

MILLONES DE AÑOS		23	16,2	11	5,3	3,3	1,6	0,7	0,01	
PERIODOS		NEOGENO					CUATERNARIO			
TESTIGO	EPOCA	MIOCENO			PLIOCENO		PLEISTOCENO		HOLOCENO	
		INF.	MED.	SUP.	INF.	SUP.	INFERIOR	SUPERIOR		
RADIOLARIOS		RANGO ESTRATIGRAFICO								
A1	LITHELIUS NAUTILOIDES	-----								
	SPONGODISCUS cf. RESURGENS	-----								
	SPONGOPYLE sp.	←-----								
	SPONGURUS sp.	←-----								
	SPONGOTROCHUS sp.	-----								
	TROCODISCUS sp.	-----								
A5	SPONGODISCUS cf. RESURGENS	-----								
	SPONGOTROCHUS GLACIALIS	-----								
	SPONGOTROCHUS sp.	-----								
A6	LITHELIUS NAUTILOIDES	-----								
	PERIPHAENA sp.	←-----								
	SPONGODISCUS cf. RESURGENS	-----								
A9	SPONGOTROCHUS sp.	-----								
	CENOSPHAERA cf. HIRSUTA	-----								
	LITHELIUS NAUTILOIDES	-----								
	PORODISCUS (TREMATODISCUS) sp.	←-----								
	PRUNOPYLE spp.	←-----								
	SPONGODISCUS cf. RESURGENS	-----								
	SPONGOPYLE aff. OSCULOSA	-----								
	SPONGOPYLE sp.	←-----								
	SPONGURUS aff. PYLOMATICUS	-----								
SPONGURUS sp.	←-----									
SPONGOTROCHUS sp.	-----									
STYLACTRACTUS sp.	-----									

TABLA. 13. — RANGOS DE EDAD DE LOS RADIOLARIOS ENCONTRADOS EN LOS TESTIGOS A1, A5, A6, A9.

MILLONES DE AÑOS		23	16,2	1	5,3	3,3	1,6	0,7	0,01	
PERIODOS		NEOGENO					CUATERNARIO			
TESTIGO	EPOCA	MIOCENO			PLIOCENO		PLEISTOCENO		HOLOCENO	
		INF.	MED.	SUP.	INF.	SUP.	INFERIOR	SUPERIOR		
RADIOLARIOS		RANGO ESTRATIGRAFICO								
A7	CHALLENGERON sp. (?)							-----	-----	
	CENOSPHAERA cf. HIRSUTA									
	DRUPPOCARPUS sp. (?)	←								
	ECHINOMMA cf. DELICATUM									
	HALIOMMA sp.	←			-----					
	LARGOPYLE sp.									
	LITHELIUS NAUTILOIDES									
	LITHELIUS sp.	←								
	PORODISCUS (TREMATODISCUS) sp.	←								
	PRUNOPYLE spp.	←								
	SPONGODISCUS cf. RESURGENS									
	SPONGOPYLE aff. OSCULOSA							-----		
	SPONGOPYLE sp.	←								
	SPONGOTROCHUS GLACIALIS							-----	-----	
	SPONGOTROCHUS sp.									
	STYLODICTIA sp.									
	THECOSPHAERA sp.	←								
	TROCODISCUS sp.	←								

TABLA. 14.— RANGOS DE EDAD DE LOS RADIOLARIOS ENCONTRADOS EN EL TESTIGO A7



0 - 100cm. : Holoceno  
100 - 130cm. : Holoceno (?)

**TESTIGO A5**

0 - 160cm. : Holoceno  
160 - 230cm. : Pleistoceno Superior

**TESTIGO A6**

0 - 10cm. : Holoceno  
10 - 90cm. : Pleistoceno Superior  
90 - 130cm. : Pleistoceno Inferior

**TESTIGO A7**

0 - 5cm. : Holoceno  
5 - 65cm. : Pleistoceno Superior  
65 - 150cm. : Pleistoceno Inferior

**TESTIGO A9**

0 - 15cm. : Holoceno  
15 - 100cm. : Pleistoceno Superior  
100 - 155cm. : Pleistoceno Inferior

## CAPITULO IV

### CORRELACION BIOESTRATIGRAFICA

#### 4.1 CORRELACION ENTRE LOS TESTIGOS

La Fig. 12 corresponde a la correlación de los cinco testigos de Bahía Almirantazgo. Como se puede observar los testigos A5 y A1 cercanos a la línea de costa, tienen un espesor bastante grande (entre 160 y 100cm.), de sedimentos Holocénicos, mientras que el espesor de los sedimentos del Pleistoceno Superior es mucho menor (entre 70 y 30cm.). Los tres testigos restantes A9, A7 y A6, localizados cerca de la desembocadura de la bahía, tienen un comportamiento diferente a los anteriores con un escaso espesor de sedimentos Holocénicos (entre 15 y 5cm.) y espesores comparativos de sedimentos mucho más potentes y divididos en Pleistoceno Superior (entre 85 y 60cm.) y Pleistoceno Inferior (entre 85 y 40cm.).

Este efecto es explicable debido a la posición geográfica de los testigos en el área de la bahía. Los testigos cercanos a la línea de costa tienen una acumulación mayor de material terrígeno reciente proveniente del aporte terminal de los glaciares, debido a la poca erosión del fondo por acción

hidrodinámica, que explica los grandes espesores Holocénicos. Mientras que en los testigos ubicados en el área de desembocadura, las condiciones de sedimentación reciente están gobernadas por la erosión del fondo causada por la acción hidrodinámica acentuada, que existe en este sector, dando como resultado espesores pequeños de sedimentos Holocénicos.

Por último se puede observar en la Fig. 12 que los testigos han tenido una sedimentación terrígena y biogénica típica de ambiente glacio - estuarino, tal como se lo reporta en el trabajo 'Contribución al Estudio de la Sedimentación Glacio - Estuarina de Bahía Almirantazgo, Isla Rey Jorge, Antártica' (Sambaqui, 1989) desde el Pleistoceno hasta el Reciente.

#### 4.2 CORRELACION CON OTRAS AREAS

A continuación se relaciona la distribución de foraminíferos de Bahía Almirantazgo con las asociaciones faunísticas de áreas cercanas a ella.

##### a) ESTRECHO BRANSFIELD (Mar de la Flota)

Está ubicado entre los 61° a 64°S y 55° a 63°W.

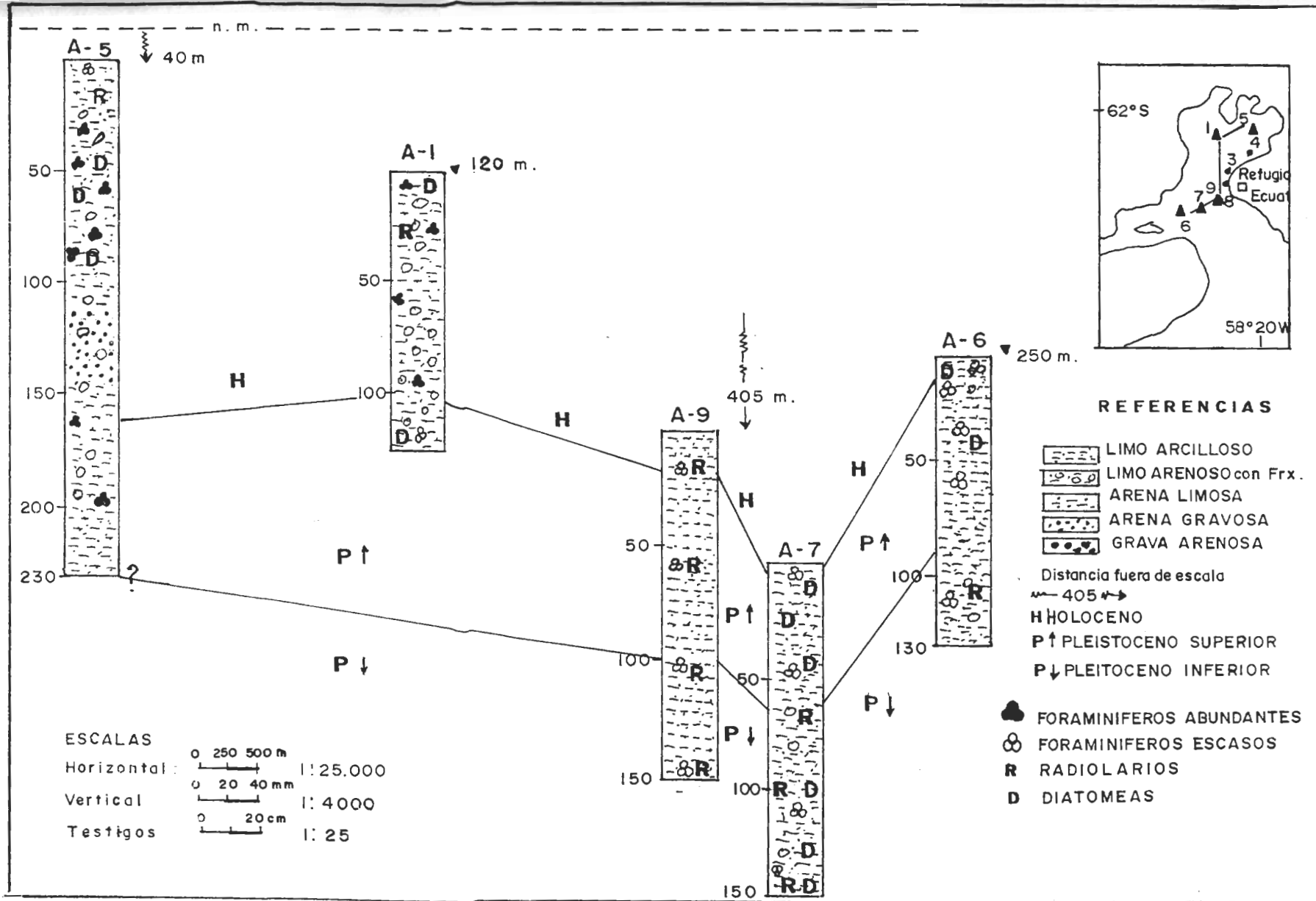


FIG.12 ESQUEMA DE CORRELACION DEL CUATERNARIO EN TESTIGOS DE LA BAHIA ALMIRANTAZGO. (MERCHAN, 1992)

Las muestras analizadas en este sector son de plancton superficial, fueron estudiadas por E. y D. Boltovskoy (1970).

Los foraminíferos planctónicos presentes en los testigos A6, A7 y A9, cercanos a la desembocadura de Bahía Almirantazgo, son bastante similares, a los encontrados por E. y D. Boltovskoy en el Estrecho Bransfield, sólomente varían dos especies, *Globigerina megastoma* y *G. cf. angustiumbilocata* las cuales están presentes en el área de estudio, de la primera especie nombrada sólomente se encontró un ejemplar y de la segunda, dos ejemplares, esta última podría tratarse de un ejemplar joven de *Globigerina quinqueloba*, por lo cual es dudosa su identificación.

Es lógica, la similitud faunal en estas zonas, por cuanto la Bahía Almirantazgo tiene su desembocadura hacia el Estrecho Bransfield, el cual ejerce fuerte influencia sobre ésta.

A continuación se menciona la fauna planctónica encontrada en ambas áreas, ordenada de acuerdo a su abundancia.

Estrecho Bransfield	Bahía Almirantazgo
Globigerina quinqueloba	Globigerina pachyderma
G. pachyderma	G. quinqueloba
G. bulloides	G.cf.angustiumbilicata
Globigerinita úvula	Globigerinita úvula
G. glutinata	Globigerina bulloides
G. megastoma	Neogloboquadrina du/pa

Los foraminíferos bentónicos presentan variaciones debido a la diferencia de profundidad y posición de las áreas. Las especies coincidentes en ambas zonas son : Cassidulina crassa, Cassidulinoides parkerianus, los géneros Trochammina y Cibicides, las cuales corresponden a la fauna antártica típica de estas latitudes.

b) **PASAJE DRAKE** ('Drake Passage')

Está situado entre el extremo Sur de América del Sur y el continente Antártico. Las formas planctónicas presentes en las muestras recolectadas del fondo marino del Pasaje Drake, según Blair (MS) son : Globigerina pachyderma, G. quinqueloba, G. bulloides, Globigerinita glutinata, G. úvula, Globorotalia inflata, G. truncatulinoides, G. scitula, G. crassiformis y

Orbulina universalis. Blair relacionó esta distribución faunal con la posición de la Convergencia Antártica.

Herb (1969), adicionó a la lista anterior Globigerina megastoma, y enfatizó también que la distribución de foraminíferos estaba condicionada a la Convergencia Antártica.

Boltovskoy (1971), presenta una lista similar a la de Blair (MS), con excepción de Globorotalia crassiformis y Orbulina universalis. En la microfauna de Bahía Almirantazgo sólo una parte de esta asociación estuvo presente.

Todas estas distribuciones presentan especies adicionales a las encontradas en el área de estudio, debido a que el Pasaje Drake cubre un área mayor y está influenciada por diversos factores externos de mar abierto.

c) **CALDERA DE LA ISLA DECEPCION ('Port Foster')**

La caldera de la isla Decepción, está situada a 62°57'S y 60°38'W y pertenece al igual que la Isla Rey Jorge al conjunto de islas que forman las Shetland del Sur. La fauna de foraminíferos

bentónicos de esta zona es muy similar a la que se encuentra en el área del presente estudio, con raras 'excepciones' como es el caso de la *Trochammina malovenssis* y *Rotaliammina ochracea* que están ausentes en los sedimentos de Bahía Almirantazgo, sin embargo, estas 'excepciones' dependen del criterio personal que pone cada autor en la identificación de las diversas especies.

A continuación se expone la fauna bentónica típica de Port Foster:

<i>Miliammina arenácea</i>	<i>Nonionella bradii</i>
<i>Fursenkoina fusiformes</i>	<i>Epistominella exigua</i>
<i>Trochammina malovenssis</i>	<i>Trifarina angulosa</i>
<i>Globocassidulina crassa</i>	<i>Cibicides lobatus</i>
<i>Globocassidulina biora</i>	
<i>Cribrostomoides jeffreysii</i>	
<i>Rotaliammina ochracea</i>	

---



## CAPITULO V

### ECOLOGIA Y PALEOECOLOGIA DE LA ZONA

El objetivo de este capítulo es llegar a establecer una interpretación ecológica y paleoecológica de los sedimentos de Bahía Almirantazgo. Es necesario anotar que para lograr tal cometido, se tomó en cuenta la población de foraminíferos bentónicos presentes en los testigos, que como se mencionó en el capítulo II , es la que mejor refleja las características del medio, y además, la población silícea, constituida por radiolarios y diatomeas.

En cuanto a los foraminíferos, de vital importancia para esta interpretación resultan los criterios vertidos en el libro 'Ecología y Paleoecología de los foraminíferos bentónicos' de Murray (1991), donde en uno de sus capítulos establece once asociaciones faunales principales, para los océanos del Sur, considerando en cada una de ellas los parámetros de salinidad, temperatura, substrato y profundidad bajo los cuales existen.

De las once asociaciones principales mencionadas por Murray, después del análisis de los testigos, sólo se han podido reconocer típicamente tres y una cuarta con ciertos variantes en las especies comunes adicionales, en los sedimentos de Bahía Almirantazgo. Estas asociaciones

son las siguientes :

1) **Asociación de Miliammina arenácea**

Epistominella exigua  
 Fursenkoina fusiformes  
 Nonionella bradii  
 Globocassidulina subglobosa  
 Trochammina antarctica  
 Adercotryma glomerata  
 Uvigerina basensis

Parámetros:

Salinidad : 34.35 - 35.39<sup>o</sup>/oo  
 Temperatura: -1.9 a 0.6<sup>o</sup>C  
 Substrato : arena fina  
 Profundidad: 0 - 2100m.

2) **Asociación de Cassidulina crassa**

Cibicides refulgens  
 Trochammina antarctica  
 Nonionella bradii  
 Cribrostomoides jeffreysii  
 Rosalina globularis  
 Epistominella exigua  
 Globocassidulina sp.

Parámetros:

Salinidad : 33.96 - 35.15<sup>o</sup>/oo

Temperatura: -1.9 a 0.6<sup>o</sup>C

Substrato : arena fina

Profundidad: 50 a 4008m.

3) **Asociacion de Trifarina angulosa**

Cassidulinoides parkerianus

Fursenkoina fusiformes

Globocassidulina subglobosa

Cassidulina crassa

Cibicides refulgens

Epistominella exigua

Trochammina antarctica

Parámetros:

Salinidad : 33.96 - 35.19<sup>o</sup>/oo

Temperatura: -1.9 a 0.6<sup>o</sup>C

Substrato : arena limosa

Profundidad: 110 - 1919m.

4) **Asociación de Globocassidulina subglobosa**

Globocassidulina biora

Cassidulinoides parkerianus

Nonionella bradii

Cibicides refulgens

**Parámetros:**

Salinidad : < 34.51<sup>o</sup>/oo

Temperatura: -1.9 a -1.5<sup>o</sup>C

Substrato : ?

Profundidad: 26 - 1971m.

La población silícea (radiolarios y diatomeas) se la toma como un complemento en la interpretación hecha en base a foraminíferos.

**INTERPRETACION****PLEISTOCENO**

La duración del Pleistoceno estimada en 1.8m.a para la mayoría de los investigadores no constituye un período de tiempo, suficiente para dar origen a cambios evolutivos de importancia en las asociaciones de foraminíferos bentónicos para el Atlántico Suboccidental, tal como lo dice Boltovskoy (1979), y como en efecto concuerdan con los resultados obtenidos en este trabajo, ya que las asociaciones pleistocénicas son similares a las actuales.

A continuación se presentan algunas características paleoecológicas, que puedan inferirse con los conjuntos faunísticos pleistocénicos hallados en los testigos de Bahía Almirantazgo:

- a) Las asociaciones de foraminíferos indican que los sedimentos fueron depositados en aguas con temperaturas más bajas que las actuales, ( $-1.9^{\circ}\text{C}$  a  $-1.5^{\circ}\text{C}$ ). Es decir que el clima era más frío, lo cual es confirmado por la abundancia de radiolarios con caparazones esponjosos, típicos de zonas muy frías.
- b) Las aguas también tuvieron en general salinidades más bajas que las actuales ( $33.96$  a  $34.51$  ‰), lo que se refleja en las asociaciones de bentónicos. Además los testigos cercanos a la costa de la bahía (A1, A5, A3), presentan asociaciones típicas de aguas salobres, lo cual indica mayor influencia del agua de los deshielos de glaciales en esta zona, tal efecto no es posible comprobarlo con el testigo A5 que aunque se encuentra cerca de la costa no sigue el mismo patrón.
- c) La escasez de los foraminíferos bentónicos y el relativo incremento de la población silíceas (radiolarios y diatomeas), puede deberse a las siguientes causas, las cuales pudieron haber actuado a través del Pleistoceno, aisladamente o en forma conjunta:
- El área estuvo por debajo del nivel de compensación de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , (PCC), lo cual ocasionó que las tecas de los foraminíferos se diluyeran,

quedando solamente aquellos foraminíferos resistentes a la disolución (p.e. *Globoquadrina pachyderma*) y los de constitución silícea.

- El área estuvo influenciada por volcanismo, el cual enriqueció el aporte de nutrientes silíceos. Ello se refleja en la baja diversidad de foraminíferos bentónicos caracterizada por : *Miliammina arenácea*, *Fursenkoina fusiformes*, *Nonionella bradii* y *Trochammina sp.*, especies típicas de períodos post-volcánicos y además también se refleja en la presencia de fauna silícea de gran tamaño.

d) Las asociaciones de la microfauna presente responde a un ambiente de plataforma con una facie silícea predominante.

#### **HOLOCENO**

A esta época se la considera de manera general, una duración de aproximadamente 11.000 años, tiempo durante el cual las asociaciones faunistíscas encontradas en los sedimentos de la bahía, permiten deducir las características ecológicas que a continuación se detallan.

a) La temperatura aumenta en forma general, en relación

a la época anterior y se mantiene en general uniforme con valores cuyos límites fluctúan entre  $-1.9$  a  $0.6^{\circ}\text{C}$ .

- b) La salinidad tiene valores más elevados, con respecto al Pleistoceno con límites entre  $33.96$  y  $35.19^{\circ}/\text{oo}$ . Sin embargo a través de esta época estos valores han variado ligeramente ( $34.51 - 35.19^{\circ}/\text{oo}$ ) indicando mayor influencia de aguas marinas.
- c) Existen indicios de volcanismo, especialmete en los sedimentos actuales, donde las especies típicas de aporte volcánico se hacen presentes. Esto es corroborado por la presencia de fauna silícea en los sedimentos y por trabajos similares realizados en áreas adyacentes tal como: 'Foraminiferal decimation and repopulation in active volcanic caldera, Deception Island, Antarctica' (Kenneth L. y Lipps J., 1981).
- d) De manera general las asociaciones de foraminíferos planctónicos y la fauna silícea presentes en los sedimentos reflejan la influencia de la PCC, a partir de los  $250\text{m}$ ., acentuándose la misma a los  $400\text{m}$ . de profundidad, como consecuencia de la escasez de foraminíferos calcáreos, la presencia de especies resistentes a la disolución y la conservación de especies silíceas. Este efecto ha sido observado por algunos investigadores, tal como R. Savani y V. Abreu

(1989), para áreas de la Península Antártica.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio realizado en Bahía Almirantazgo permite establecer las siguientes conclusiones:

1. La población de micro-organismos presentes en los sedimentos de los cinco testigos analizados de Bahía Almirantazgo, consta principalmente de Foraminíferos, Radiolarios y Diatomeas, además aparecen en menor proporción Ostrácodos, Espículas y Bases de espículas de equínidos y Escleritos de holotúridos.
2. La población de foraminíferos está constituida en su mayoría por foraminíferos bentónicos y en menor proporción por foraminíferos planctónicos. Del primer grupo las especies más comunes son: *Cassidulinoides parkerianus*, *Epistominella exigua*, *Fursenkoina fusiformes*, *Globocassidulina biora*, *G. crassa*, *G. crassa rosensis*, *G. gemma*, *G. subglobosa*, *Nonionella bradii*, *Rosalina globularis*, *Miliammina arenácea* y *Trochammina cf. antarctica*. Mientras que entre los planctónicos se destacan: *Globoquadrina pachyderma* forma típica y forma superficial, *Globigerina quinqueloba*, *G. bulloides* y *Globigerinita uvula*.
3. La población de radiolarios se encuentra bien conservada, destacándose principalmente las especies

*Lithelius nautiloides*, *Prunopyle* spp., *Spongodiscus resurgens*, *Spongotrochus glacialis* y *Spongopyle* aff. *osculosa*.

4. La población de las diatomeas es especialmente abundante en uno de los testigos (A5), cuyos sedimentos finos constituyen una verdadera tierra de diatomeas. Entre los géneros mejor representado está *Triceratium*, *Biddulphia* y *Annellus*.
5. El análisis de la población de foraminíferos planctónicos de los cinco testigos, ubican a los sedimentos de Bahía Almirantazgo dentro de la zona de *Neogloboquadrina pachyderma* de edad Pleistoceno - Holoceno.
6. El análisis simultáneo de las poblaciones de foraminíferos y radiolarios permite establecer para cada testigo y en relación a la profundidad las siguientes edades:
  - Testigo A1: 0-100 cm. Holoceno; 100-130 cm. Pleistoceno Superior;
  - Testigo A5: 0-160 cm. Holoceno; 160-230 cm. Pleistoceno Superior;

- Testigo A6: 0-10 cm. Holoceno; 10-90 cm. Pleistoceno Superior; 90-130 cm. Pleistoceno Inferior;
- Testigo A7: 0-5 cm. Holoceno; 5-65 cm. Pleistoceno Superior; 65-150 cm. Pleistoceno Inferior;
- Testigo A9: 0-15 cm. Holoceno; 15-100 cm. Pleistoceno Superior; 100-155 cm. Pleistoceno Inferior.

7. En los sedimentos de la Bahía, existe la presencia de cuatro asociaciones faunísticas de foraminíferos bentónicos de las 11 propuestas por Murray (1991), para los océanos del Sur. Las asociaciones son: *Miliamina arenácea*, *Cassidulina crassa*, *Trifarina angulosa* y *Globocassidulina subglobosa*, de las cuales las tres primeras están bien establecidas y la cuarta tiene variantes en las especies adicionales que la integran.
8. El clima de la bahía durante el Pleistoceno era mucho más frío que el actual, lo que se establece en base al análisis de las asociaciones de bentónicos presentes.
9. El área tuvo gran aporte de nutrientes silíceos

durante el Pleistoceno, lo que se refleja en la distribución de las asociaciones bentónicas y en la abundante población silícea.

10. Los sedimentos analizados reflejan una alta influencia de volcanismo en la bahía, durante el cuaternario.
11. Los sedimentos han sido depositados en condiciones de Plataforma Continental, a través de todo el cuaternario como también lo indican los datos sedimentológicos.
12. El análisis de los micro - organismos presentes en los sedimentos Holocénicos indican la influencia de la PCC a partir de los 250m. de profundidad, acentuándose la misma a los 400m.

Para futuras investigaciones se recomienda:

1. Continuar con el análisis micropaleontológico de los testigos restantes de Bahía Almirantazgo, para establecer de mejor manera los límites entre Holoceno y Pleistoceno y entre Pleistoceno Superior e Inferior.
2. Realizar el análisis micropaleontológico detallado de la población de diatomeas pequeñas de los sedimentos de la bahía, en los testigos analizados para este

estudio y en los restantes, que correlacionados con otros análisis en áreas cercanas, sirva como ayuda para establecer una biozonación cenozoica de aplicabilidad regional.

3. Iniciar el estudio de las poblaciones de foraminíferos y radiolarios del Terciario a través de testigos de mayor profundidad en el área de la bahía y en áreas adyacentes, para establecer biozonaciones completas del Cenozoico de utilidad regional.

**A N E X O S**

**A. FOTOGRAFIAS DE MICROFOSILES TOMADAS EN LOS MICROSCOPIOS  
DE BARRIDO Y MICROSCOPIO OPTICO.**

## LAMINA 1

## FORAMINIFEROS CALCAREOS DE LA BAHIA ALMIRANTAZGO

## Figura

1. *Bolivina* cf. *striatula* CUSHMAN  
3.5 X 341; vista frontal; muestra A6-1
  2. *Bolivina* sp.  
3.5 X 341; vista frontal; muestra A5-6
  3. *Cassidulinoides parkerianus* (BRADY)  
3.5 X 203; vista lateral; muestra A5-5
  4. *Cibicides resurgens* DE MONTFORT  
3.5 X 126; lado espiral; muestra A5-5
  5. *Cibicides resurgens* DE MONTFORT  
3.5 X 150; lado espiral; muestra A5-5
  6. *Cibicides resurgens* DE MONTFORT  
3.5 X 150; vista lateral; muestra A1-4
  7. *Cassidulina minuta* CUSHMAN  
3 X 170; vista apertural; muestra A1-3
  8. *Discorbis* sp.  
3.5 X 549; lado umbilical; muestra A1-1
-



LAMINA 1



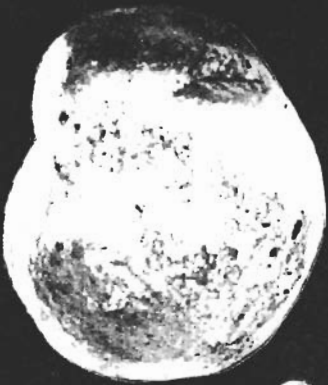
1



2



3



4



5



6



7



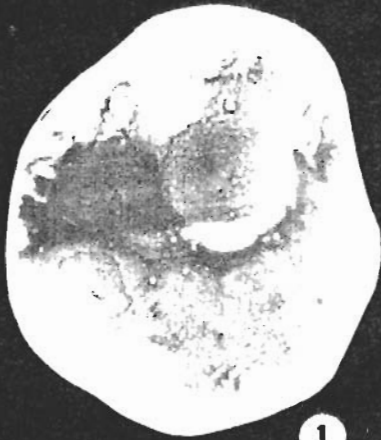
8

## LAMINA 2

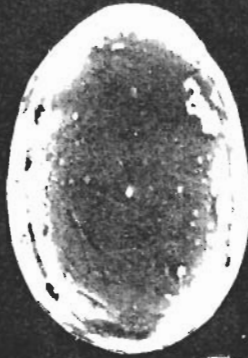
## FORAMINIFEROS CALCAREOS DE LA BAHIA ALMIRANTAZGO

## Figura

1. *Epistominella exigua* (BRADY)  
3.5 X 600; lado umbilical; muestra A5-6
2. *Fissurina nudiformis* n. sp. McCULLOCH  
3.5 X 388; vista frontal; muestra A5-6
3. *Fissurina nudiformis* n. sp. McCULLOCH  
3.5 X 388; vista frontal; muestra A5-5
4. *Elphidium* sp.  
3.5 X 655; lado umbilical; muestra A5-6
5. *Fursenkoina fussiiformes* WILLIAMSOM  
3.5 X 356; vista lateral; muestra A5-1
6. *Fissurina* sp.  
3.5 X 482; vista frontal; muestra A5-6
7. *Globocassidulina biora*  
3.5 X 150; vista lateral; muestra A5-3
8. *Globocassidulina biora*  
3.5 X 232; lado involuto; muestra A5-4
9. *Globocassidulina biora*  
3.5 X 300; vista apertural; muestra A5-4



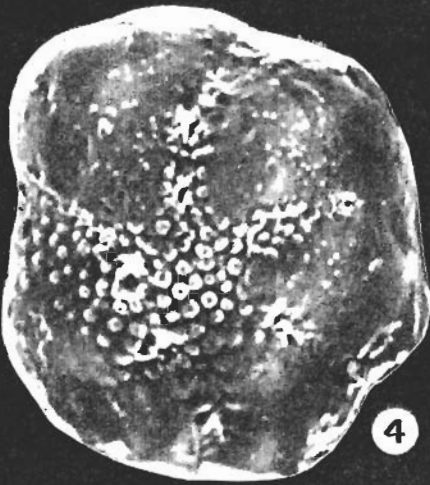
1



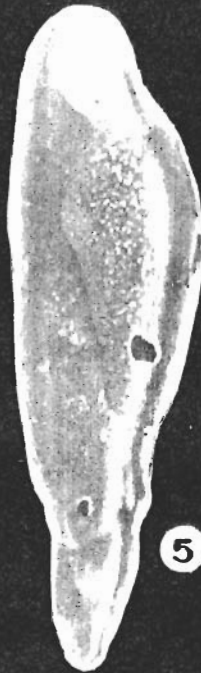
2



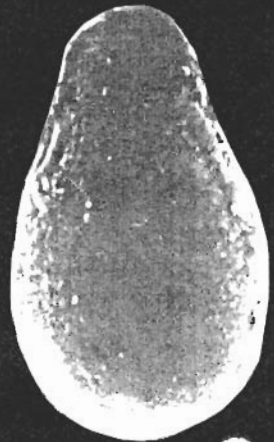
3



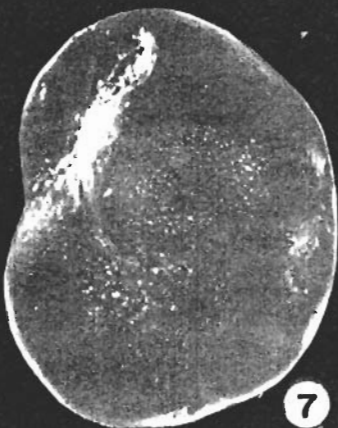
4



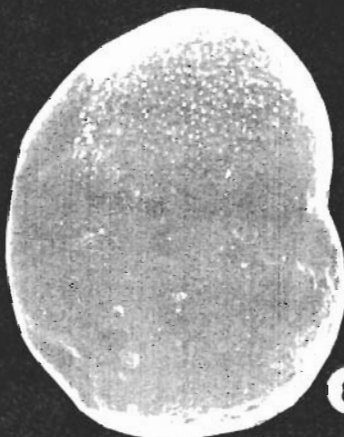
5



6



7



8



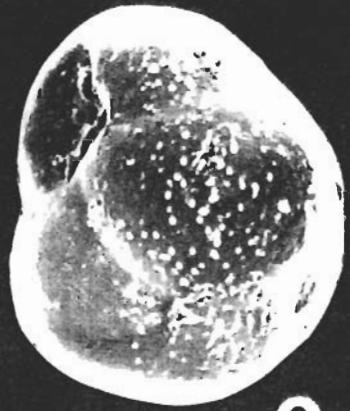
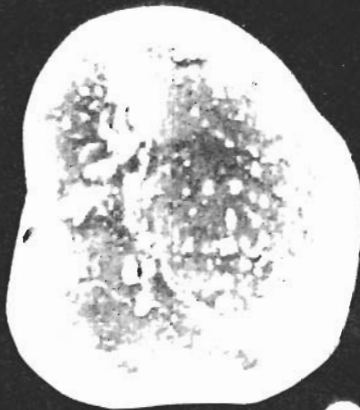
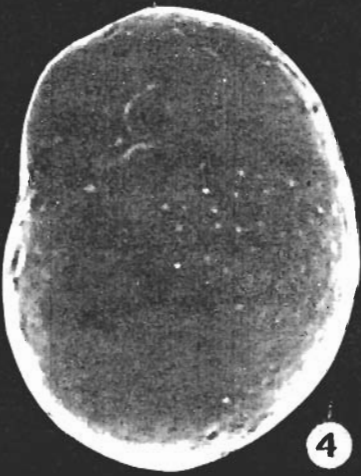
9

## LAMINA 3

## FORAMINIFEROS CALCAREOS DE LA BAHIA ALMIRANTAZGO

## Figura

1. Globocassidulina crassa (d'ORBIGNY)  
3.5 X 152; lado umbilical; muestra A6-5
2. Globocassidulina crassa (d'ORBIGNY)  
3.5 X 287; vista apertural; muestra A6-6
3. Globocassidulina crassa rossensis KENNETT  
3.5 X 526; lado umbilical; muestra A5-6
4. Globocassidulina globosa  
3.5 X 526; vista apertural; muestra A6-1
5. Globocassidulina subglobosa  
3.5 X 600; vista lateral; muestra A5-10
6. Globocassidulina subglobosa  
3.5 X 356; vista lateral; muestra A5-10
7. Globocassidulina subglobosa  
3.5 X 406; vista lateral; muestra A5-10
8. Lagena gracilis  
3.5 X 221; vista lateral; muestra A5-2
9. Lagena gracilis  
3.5 X 221; vista lateral; muestra A5-5

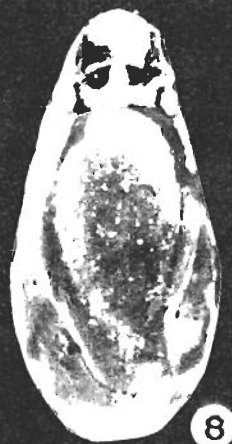
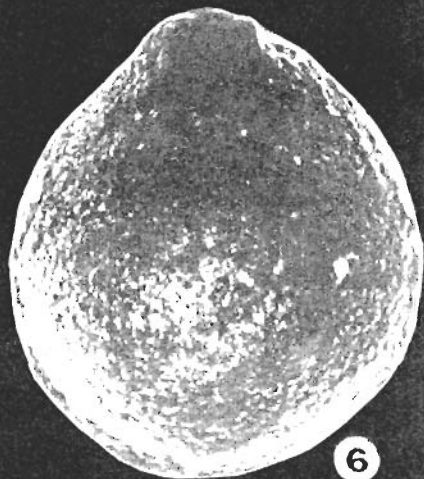
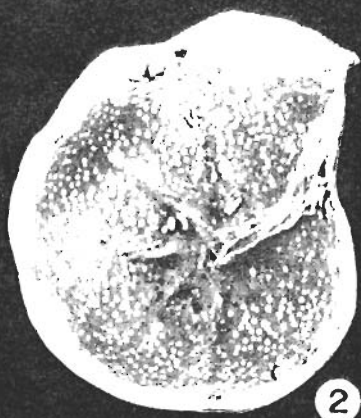
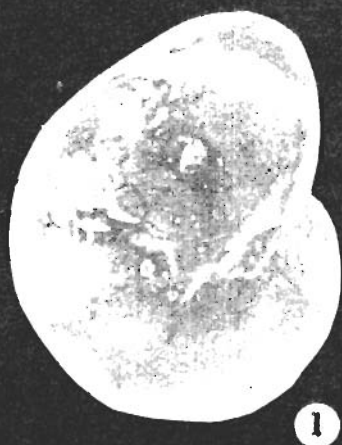


AMERICAN  
MUSEUM OF  
NATURAL HISTORY  
NEW YORK

**LAMINA 4****FORAMINIFEROS CALCAREOS DE LA BAHIA ALMIRANTAZGO****Figura**

1. *Melonis affinis* (REUSS)  
3.5 X 263; vista umbilical; muestra A6-4
2. *Melonis affinis* (REUSS)  
3.5 X 252; vista umbilical; muestra A5-3
3. *Nonionella bradii* (CHAPMAN)  
3.5 X 526; lado umbilical; muestra A5-8
4. *Nonionella bradii* (CHAPMAN)  
3.5 X 526; lado umbilical; muestra A5-8
5. *Nonionella bradii* (CHAPMAN)  
3.5 X 388; vista lateral; muestra A5-5
6. *Oolina* sp.  
3.5 X 600; vista frontal; muestra A5-6
7. *Pyrgo ringens*  
3.5 X 212; vista frontal; muestra A5-9
8. *Pyrgo ringens*  
3.5 X 178; vista frontal; muestra A1-4
9. *Pyrgo ringens*  
3.5 X 186; vista frontal; muestra A5-8





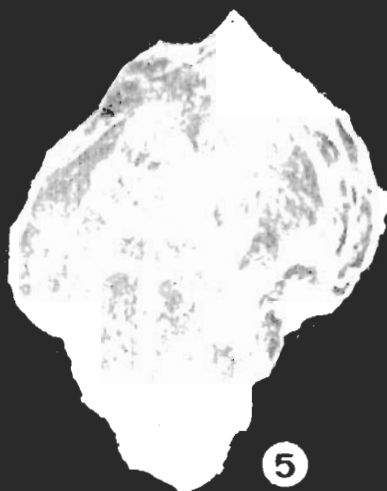
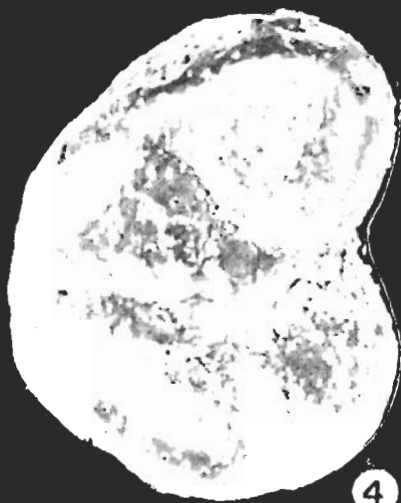
## LAMINA 5

## Figura

1. *Rosalina globularis* d'ORBIGNY  
3.5 x 312; lado umbilical; muestra A5-4
2. *Cibicides* (?)  
3.5 X 152; lado umbilical; muestra A5-9
3. *Angulogerina angulosa angulosa*  
3.5 x 263; vista frontal; muestra A5-6
4. *Valvulineria* (?) sp.  
3.5 X 263; vista frontal; muestra A1-5
5. *Uvigerina bassensis*  
3.5 X 655; vista lateral, muestra A6-6
6. *Adercotryma glomerata* (BRADY)  
3.5 X 482, vista frontal; muestra A6-1
7. *Cribrostomoides jeffreysi* (WILLIAMSON)  
3.5 X 150; lado umbilical; muestra A1-3



## LAMINA 5

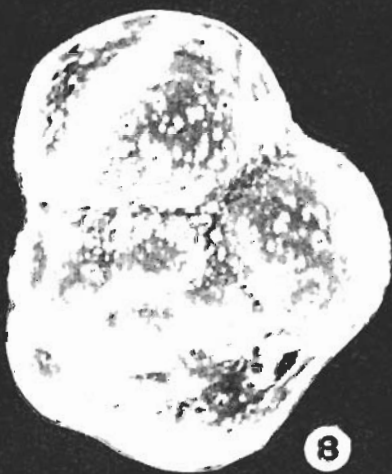
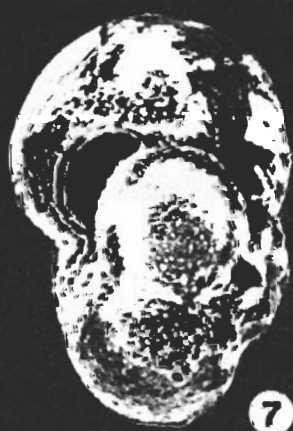
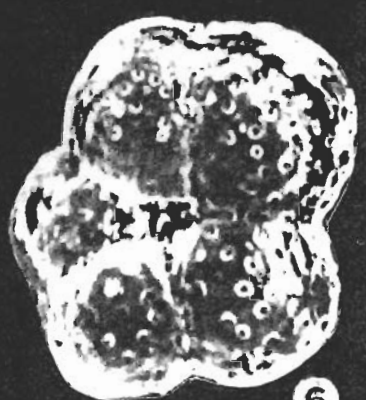
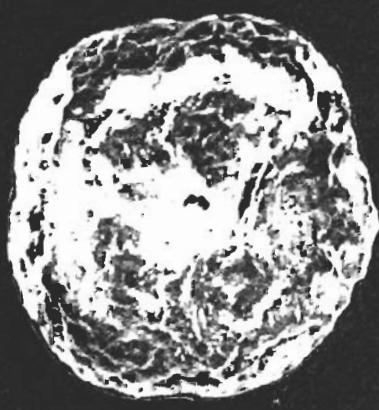


## LAMINA 6

## Figura

1. *Miliammina arenácea*  
3.5 X 178; vista frontal, muestra A1-3
2. *Paratrochammina bowlosensis*  
3.5 X 503; vista espiral; muestra A9-2
3. Género y especie indeterminado  
3.5 X 625; vista frontal; muestra A5-2
4. *Neogloboquadrina pachyderma pachyderma*  
3.5 X 426, vista ventral; muestra A6-2
5. *Neogloboquadrina (?) pachyderma* (f. típica)  
3.5 X 341; vista umbilical; muestra A6-4
6. *Globigerina quinqueloba*  
3.5 X 680; vista apertural; muestra A6-1
7. *Globorotalia* sp.  
3.5 X 680; vista apertural; muestra A6-1
8. *Globoquadrina pachyderma* (f.superficiaria)  
3.5 X 341; lado espiral, muestra A9-1
9. *Globoquadrina pachyderma* (f.superficiaria)  
3.5 X 486341; lado umbilical, muestra A5-3

LAMINA 6

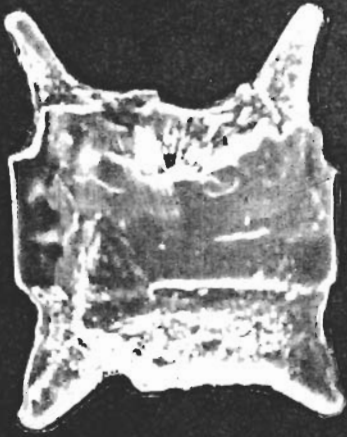


## LAMINA 7

## Figura

1. *Biddulphia* sp.2  
3.5 X 745; vista frontal; muestra A6-1
2. *Biddulphia* (*Isthmia*) sp.1  
3.5 X 212; vista frontal; muestra A9-2
3. *Triceratium* sp.  
3.5 X 312; vista frontal; muestra A6-2
4. *Triceratium* sp.  
3.5 X 600; vista frontal; muestra A1-2
5. *Coscinodiscus* sp.  
3.5 X 372; vista frontal; muestra A6-1
6. *Porosira glacialis*  
3,5 X 526; vista frontal; muestra A1-5

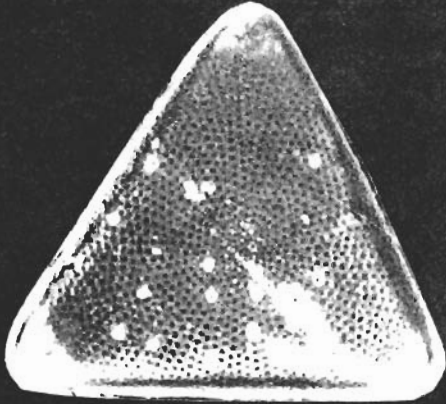
LAMINA 7



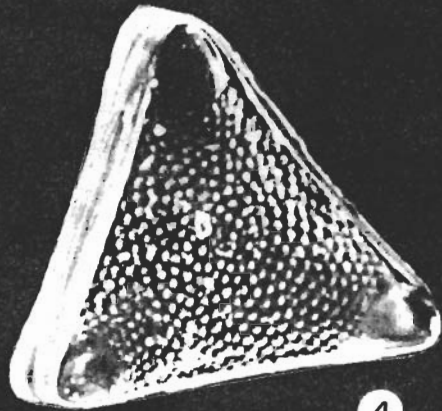
1



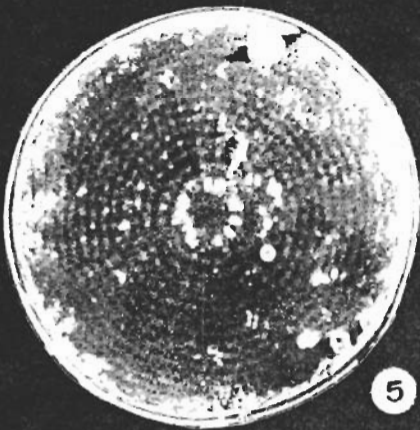
2



3



4



5

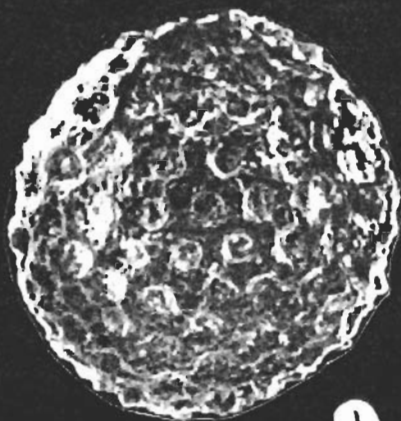


6

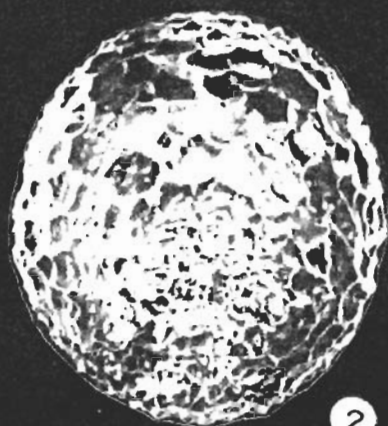
## LAMINA 8

## Figura

1. Heliosoma sp.  
3.5 X 573; muestra A9-1
2. Indeterminado  
3.5 X 372; muestra A9-2
3. Spongurus (?) sp.  
3.5 X 526; muestra A6-1
4. Spongodiscus cf. resurgens  
3.5 X 482; muestra A6-5
5. Lithelius nautiloides  
3.5 X 625; muestra A1-5
6. Lithelius nautiloides  
3.5 X 885; muestra A6-6



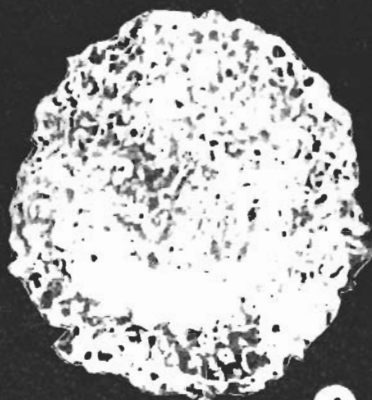
1



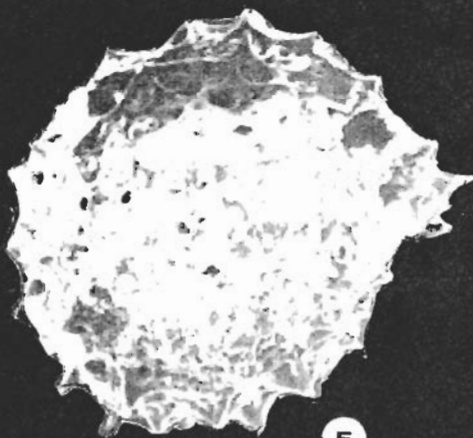
2



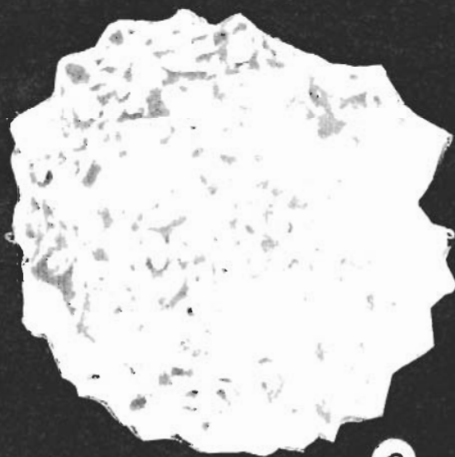
3



4



5



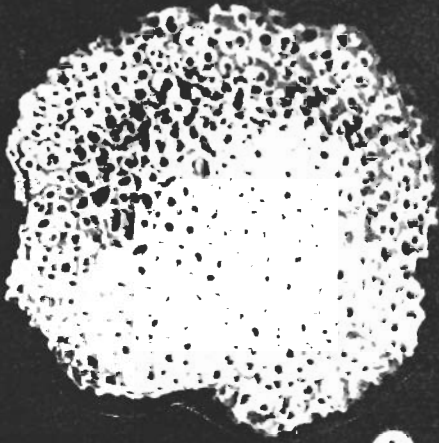
6

## LAMINA 9

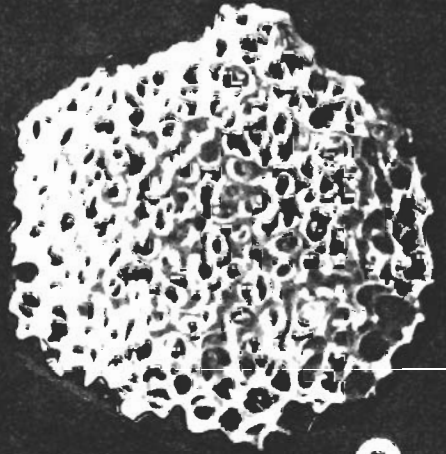
## Figura

1. Spongodiscus sp. (?)  
X 885; muestra A9-3
2. Spongodiscus sp.  
X 583; muestra A9-3
3. Spongotrochus cf. glacialis  
X 526; muestra A9-1
4. Spongotrochus sp.  
X 680; muestra A9-1
5. Spongurus sp.  
X 1010; muestra A1-3

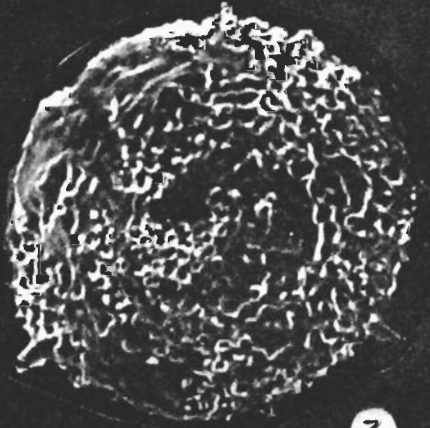




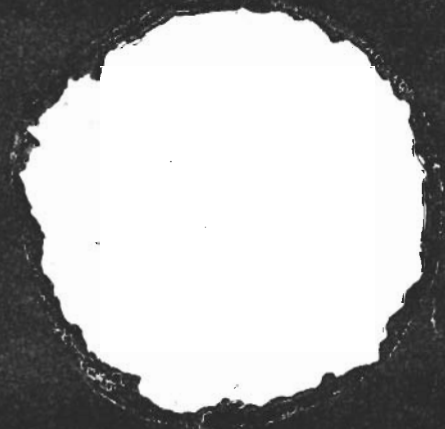
1



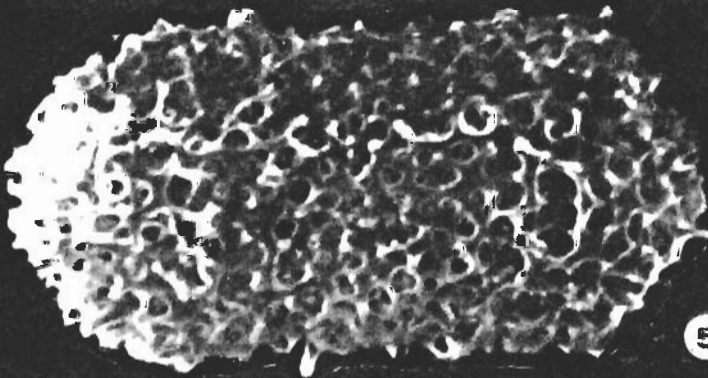
2



3



4

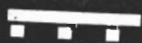


5

## LAMINA 10

## Figura

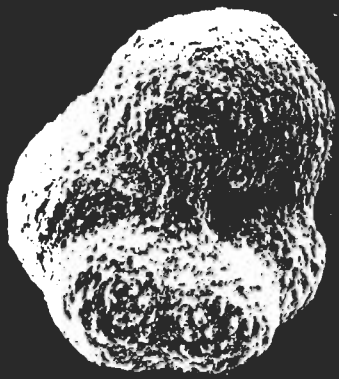
1. *Cribrostomoides jeffreysi*  
X 200; muestra A7-1
2. *Miliammina arenácea*  
X 200; muestra A6-1
3. *Trochammina cf. antarctica*  
X 300; muestra A6-2
4. *Spiroplectammina biformis*  
X 300; muestra A1-1



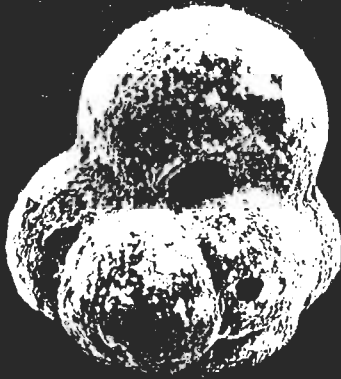
## LAMINA 11

## Figura

1. Globigerina angustiumbilicata  
X 450; muestra A6-1
2. Globigerina megastoma  
X 450; muestra A6-2
3. Globoquadrina pachyderma (f.típica)  
X 300; muestra A7-4
4. Globoquadrina pachyderma (f.superficiaria)  
X 300; muestra A6-1
5. Detalle de la abertura de Globoquadrina pachyderma  
(f. superficiaria); X 700; muestra A6-1
6. Globoquadrina pachyderma (f.superficiaria)  
X 300; muestra A6-1



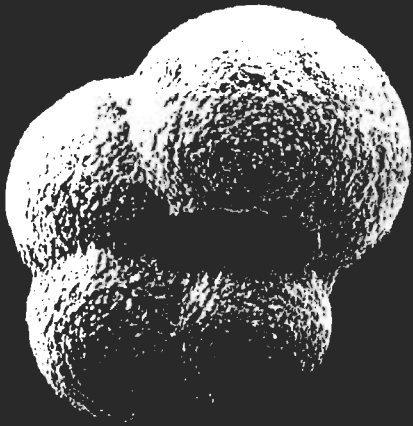
1



2



3



4



5



6



7



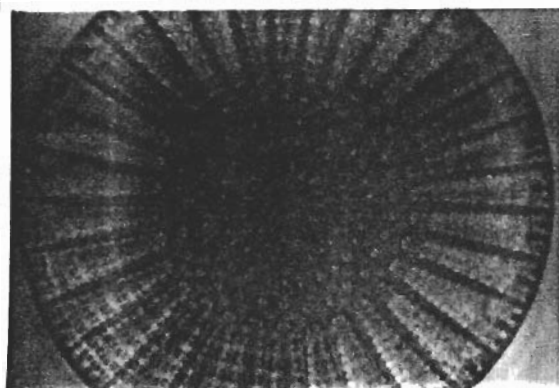
8

## LAMINA 12

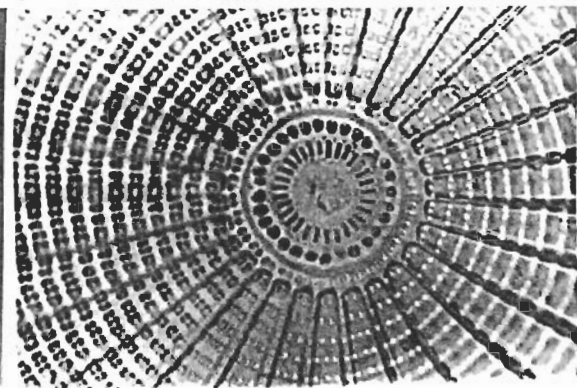
**DIATOMEAS DE LA BAHIA ALMIRANTAZGO**  
(Fotografías tomadas con microscopio Optico)**Figura**

1. *Coscinodiscus* sp.  
X 250; muestra A9-2
2. *Arachinodiscus* sp. (?)  
X 400; muestra A9-2
3. *Arachinodiscus* sp. (?)  
X 250; muestra A9-2
4. *Arachinodiscus* sp. (?)  
X 400; muestra A7-5
5. *Triceratium* sp.  
X 250; muestra A5-6
6. *Triceratium* sp.  
X 400; muestra A5-10

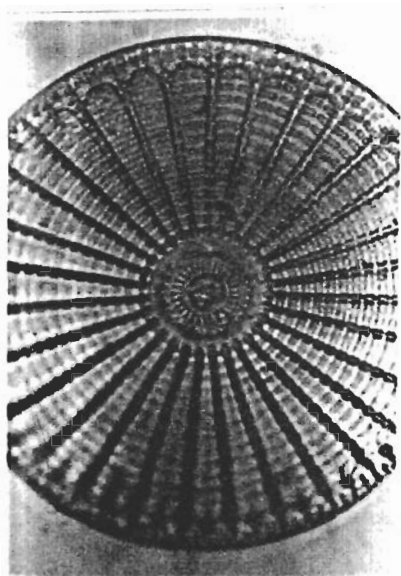
## L A M I N A 12



①



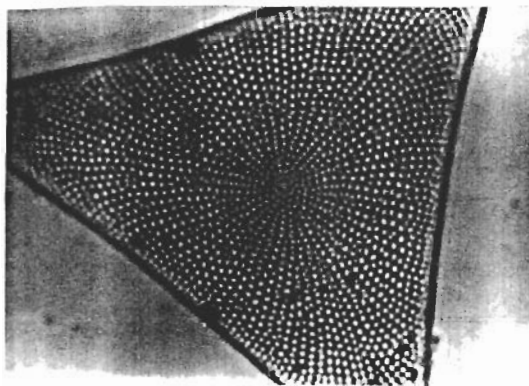
②



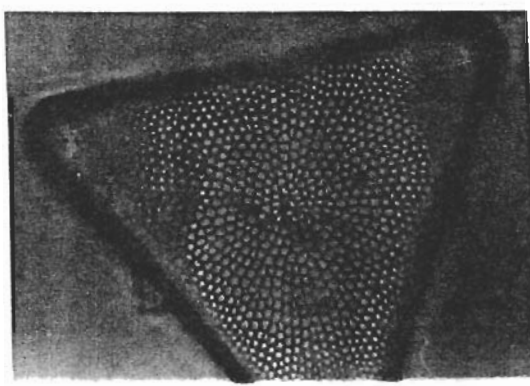
③



④



⑤



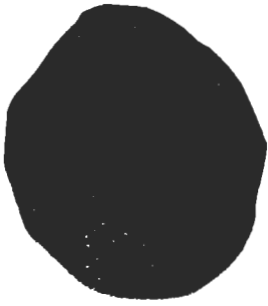
⑥

## LAMINA 13

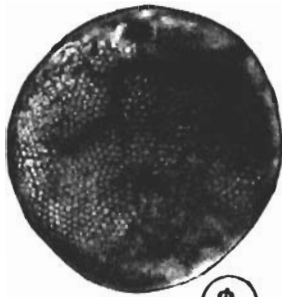
**RADIOLARIOS DE LA BAHIA ALMIRANTAEGO**  
(Fotografías tomadas con microscopio Optico)**Figura**

1. Challegeron sp.  
X 400; muestra A7-6
2. Cenosphaera cf.hirsuta  
X 400; muestra A9-4
3. Haliomma sp.  
X 400; vista externa; muestra A7-5
4. Echinomma sp.  
X 400; vista interna; muestra A7-5
5. Echinomma sp.  
X 400; vista externa; muestra A7-5
6. Haliomma sp.  
X 400; vista interna; muestra A7-5
7. Haliomma sp.  
X 400; vista externa; muestra A7-5
8. Lithelius sp.  
X 400; vista interna; muestra A7-6

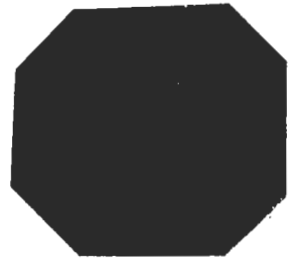




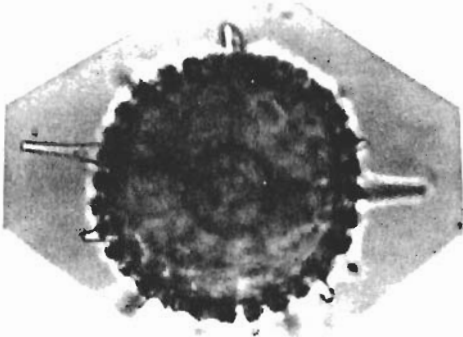
1



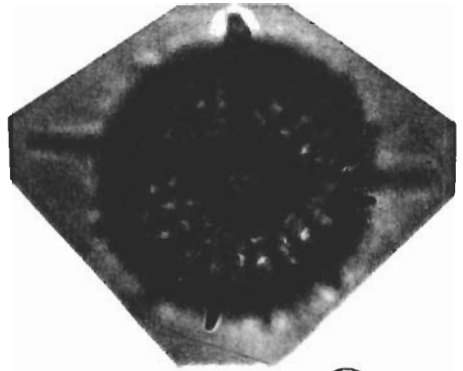
2



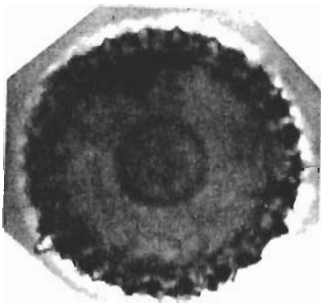
3



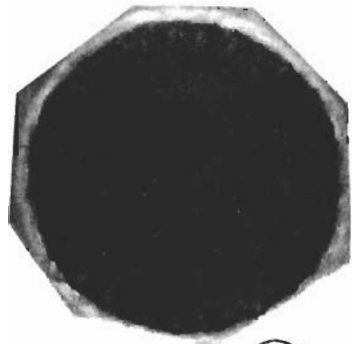
4



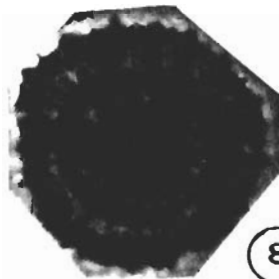
5



6



7

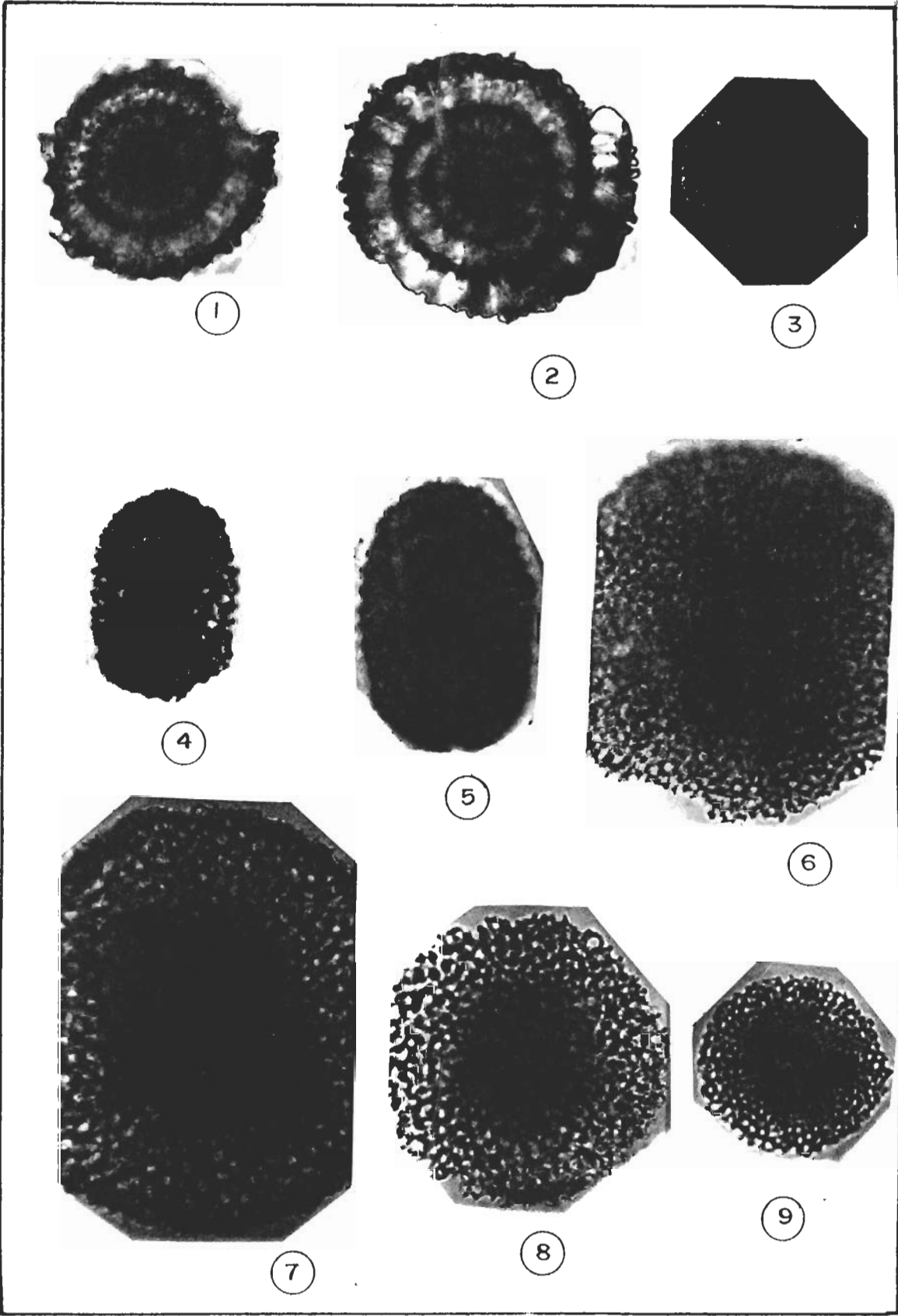


8

**LAMINA 14****RADIOLARIOS DE LA BAHIA ALMIRANTAZGO**  
(Fotografías tomadas con microscopio Optico)**Figura**

1. Lithelius nautiloides  
X 400; vista interna; muestra A9-2
2. Lithelius nautiloides  
X 400; vista interna; muestra A7-6
3. Porodiscus sp.  
X 400; vista interna; muestra A7-6
4. Prunopyle sp.  
X 400; vista interna; muestra A7-6
5. Prunopyle sp.  
X 400; vista interna; muestra A7-4
6. Spongodiscus sp.  
X 400; muestra A7-6
7. Spongodiscus cf. resurgens  
X 400; muestra A7-3
8. Spongodiscus cf. resurgens  
X 400; muestra A7-6

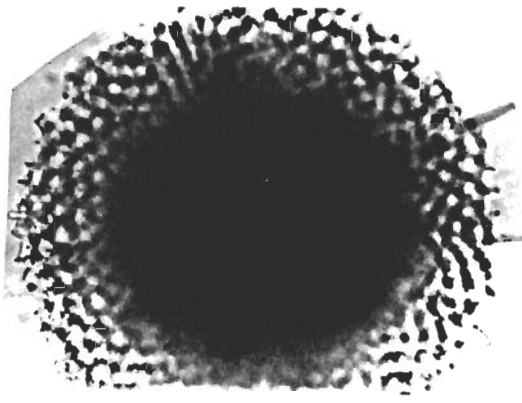
L A M I N A 14



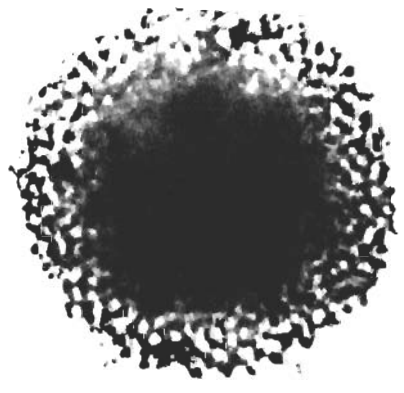
**LAMINA 15****RADIOLARIOS DE LA BAHIA ALMIRANTAZGO**  
(Fotografías tomadas con microscopio Optico)**Figura**

1. *Spongotrochus glacialis*  
X 400; muestra A5-8
2. *Spongotrochus glacialis*  
X 400; muestra A7-6
3. *Prunopyle* sp.  
X 400; muestra A7-4
4. *Spongopyle osculosa*  
X 400; muestra A7-3
5. *Pordiscus* sp. (?)  
X 400; muestra A7-6
6. *Stylodictya*  
X 400; muestra A7-6

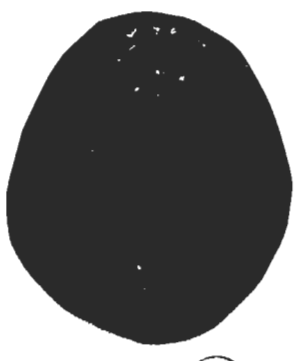
LAMINA 15



1



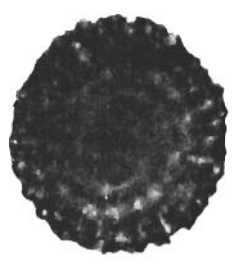
2



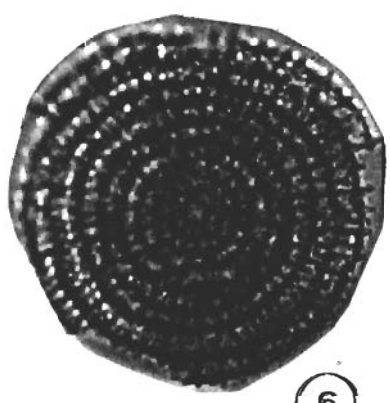
3



4



5



6

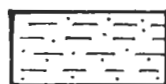
B. \_ LITOLOGIA



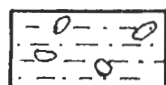
LIBRARY

## L E Y E N D A

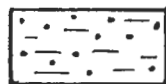
## LITOLOGIA



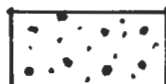
L I M O   A R C I L L O S O



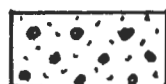
L I M O   A R E N O S O   C O N   F R A G M E N T O S   D E   R O C A



A R E N A   L I M O S A

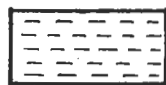


A R E N A   G R A V O S A

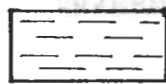


G R A V A   A R E N O S A

## T E X T U R A S



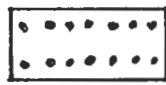
A R C I L L A



L I M O

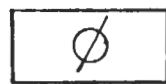


A R E N A

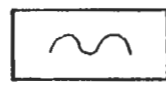


G R A V A

## E S T R U C T U R A S



H O M O G E N E A



M O T E A D A

## BIBLIOGRAFIA

1. **BANDY, O.L. & THEYER, F.** Growth variation in *Globorotalia pachyderma* (Ehrenberg). Antarctic Journal United States, 6, 1971.
2. **BENSON, R.H.**, Recent Cytheracean Ostracodes from Macmurdo sound and the Ross Sea, Antarctica. Univ. Kansas Paleon. Contrib., Arthropoda, 6, Lawrence, Kansas, 1964, pp. 1 - 36.
3. **BERGGREN, W.A.**, Recent advance in Cenozoic planktonic Foraminiferal biostratigraphy, biochronology, and biogeography: Atlantic Ocean. Micropaleontology, 24, 1978. pp. 337 - 370.
4. **BERTELS, A.**, Foraminiferos Bentónicos del Neógeno del Océano Atlántico Suboccidental Austral; Inferencias paleoclimáticas y paleoceanográficas. IX Congreso Geol. Arg. Actas IV, 1984a, pp. 455 - 474.
5. **BERTELS, A.**, Foraminiferos Planctónicos del Neógeno del Océano Atlántico Suboccidental Austral. Univers. de Bs.As. y Consejo Nacional de Invest. y Técnicas (CONICET), 1983.
6. **BIRKENMAJER, K.**, Plioceno Tillite Bearing Succession of King George Island (Suth Shetland Island ), Antarctica. Studia Geologica Polonica, Warszawa, 74, 1982.
7. **BIRKENMAJER, K., GAZDZICKI, A., GRADZINSKI.**, Origen and Age of Pectinid - Bearing Conglomerate (Tertiary) on King George Island, West Antarctica. Studia Geologica Polonica, 1991, pp. 663 - 665.
8. **BLASZYK, J.**, Ostracods from the Oligocene Polonez Cave Formation of King George Island y West Antarctica. Paleontology Polonica. Warszawa 49, 1987, pp. 49.
9. **BOLLI, M., SAUNDERS, J., PERCH - NIELSEN, K.**, Plancton Stratigrafic Cambrigde University Press, U.S.A, 1985, pp. 3 - 4, pp. 11 - 15, pp. 263 - 266, pp. 631 - 635, pp. 763 - 767.



10. **BOLTOVSKOY E.**, Los Foraminíferos Recientes. Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA), 1965.
11. **BOLTOVSKOY E.**, Zonación en las latitudes altas del Pacífico Sur según los Foraminíferos Planctónicos vivos. Mus.Argentino Cienc. Nat."Bernardino Rivadavia" Rev., Hidrobiol., Vol.2, 1966c, pp.1 - 56.
12. **BOLTOVSKOY E.**, Ecology of the Planktonic Foraminifera Living in the Surface Layer of Drake Passage. Micropaleontology, Vol.17, 1971, pp.53 - 68.
13. **BOLTOVSKOY E.**, Paleoceanografía del Atlántico Suboccidental desde el Mioceno, según estudios Foraminiferológicos. Ameghiana, Rev. Asoc. Paleont. Argentina, Vol.16, 1979, pp. 375 - 389.
14. **BOLTOVSKOY E., & BOLTOVSKOY D.**, Foraminiferos Vivos del Mar de la Flota (Antártida).- Rev. Esp. Micropaleont. 2 (1), 1970, pp.27 - 44.
15. **BOLTOVSKOY E., WATANABE S.**, Foraminíferos de los Sedimentos Cuaternarios entre Tierra del Fuego e Isla Georgias del Sur. Rev.Museo Argentino Ciencias NATurales "Bernardino Rivadavia", Geol., Vol.8, No 4, 1980, pp.95 - 124.
16. **BOLTOVSKOY E., WATANABE S.**, Foraminíferos Planctónicos Vivos del Sector Antártico del Océano Atlántico. Rev. Mus. Arg. "Bernardino Rivadavia" e Ins. Nac. de Invest. Cs. Naturales, Hidrobiol. Vol.4, 1981, pp.169 - 183.
17. **BOLTOVSKOY E., GIUSSANI G., WATANABE S., WRIGHT R.**, Atlas of Benthic shelf Foraminifera of the Southwest Atlantic, Dr. W.Junk by Publisher. The Hague 1980, pp.1 - 58.
18. **COCO B.**, Radiolarios de un Testigo Antártico (Mioceno - Reciente). Ameghiana, tomo XIX, 1982, pp.335 - 352.
19. **HARWOOD D.**, Cenozoic Diatom Biogeography in the Southern High Latitudes. Inferred Biogeography Barriers and Progressive Endemism. The Ohio State

University, Columbus, Ohio 43210, U.S.A., 1991.

20. **HAQ B., BOERSMA A.**, Introduction to Marine Micropaleontology, Elsevier, New York, 1978, pp.19 - 77, pp.203 - 266.
21. **ISHMAN S.**, Bentonian Foraminiferal Ecology of the Antarctica Peninsula Pacific. The Ohio State University, Columbus, Ohio 43210, U.S.A., 1991, pp.669 - 705.
22. **JOUSE A.**, Diatom Biostratigraphy on the Generic Level. Micropaleontology, Vol. 24, 1974, p.323.
23. **KEANY J.**, Early Pliocene Radiolaria Taxonomy and Biostratigraphy in the Antarctic Region. Micropaleontology, Vol.25, 1979, pp.50 - 74.
24. **KENNETH L., LIPPS J.**, Foraminiferal Decimation and Repopulation in and Active Volcanic Caldera, Deception Island, Antarctica. Micropaleontology, Vol.27, 1981, pp.111 - 139.
25. **LAZARUS D.**, Middle Miocene to Recent Radiolarians from the Weddell Sea, Antarctica, ODP Leg 113. Proc. ODP, SCI. Res., 1990, pp.709 - 727.
26. **LIZHAONA., LIUXIAOHAN.**, The Geological and Geochemical Evolution of Cenozoic Volcanic in Central and Southern Fildes Peninsula, King George Island, South Shetland Islands. Inst. Geol. Beijing, China 1991.
27. **MATEU G.**, Micropaleontología Sedimentaria. Informe de Resultados "Antártida 8611", Madrid 1989, pp.83 - 91.
28. **MATEU G., GAZA M., PALOMO C.**, Micropaleontología de unas Muestras de sedimentos marinos de la Plataforma Continental del NW Antártico y el Glacío - eustatismo Mediterráneo. 1987, pp.75 - 88.
29. **MOORE R.**, Treatise on Invertebrate Paleontology, Protista 2, part C, Vol. 1 and 2, Geological Society of American and University of Kansas Press, 1964, p.900.

30. **MOORE R.**, Treatise on Invertebrate Paleontology, Protista. Vol.1 and 2, Geological Society of American and University of Kansas Press, 1989.
31. **MORLEY J., STEPIEN J.**, Antarctic Radiolaria in Late Winter /Early Spring Weddell Sea Water. *Micropaleontology*, Vol.31, 1985, pp.365 - 371.
32. **MURRAY J.**, Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera. Longman Scientific y Technical, 1991, pp.265 - 278.
33. **NAVARRETE E.**, "Estudio Estratigráfico de la Formación San Mateo en el Corte Puerto Lopez Salango". Tesis, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, ESPOL, 1985, pp.43 - 64, pp.71 - 80.
34. **POORE R., BERGGREN W.**, Late Cenozoic Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy and Paleoclimatology of Halton - Rockall Bassin: DSDP Site 116. *Journal of Foraminiferal Research*, 1975, pp.270 - 293.
35. **RIEDEL W., SANFILIPPO A.**, Cenozoic Radiolaria. *Sripps Institution of Oceanography, University of California*, 1973.
36. **SAMBAQUI G.**, Contribuicao ao Estudo da Sedimentacao Glacio - marinha da Baía do Almirantado, Ylha Rei Jorge, Antartica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul Curso de Pos Graduacáo em Geociencias, 1989.
37. **TOKARSKI A.**, The Late Cretaceous - Cenozoic Estructural History of King George Island, South Shetland Island, and its Plate - Tectonic Sitting.
38. **WEAVER F.**, Antarctic Radiolaria from the Southeast Pacific Basin, DSDP, Leg.35. Depart. of Geol., Florida State University, Tallahassee, 1976.
39. **WEBB P.**, A Review of the Cenozoic Stratigraphy and Paleontology of Antarctica. Evolution of Cenozoic Palae - environments, 1991, pp.599 - 606.