

03067

5

2 ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS PROFESIONAL Y DE  
POSGRADO DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

PROYECTO ACADÉMICO DE ESPECIALIZACIÓN, MAESTRIA  
Y DOCTORADO EN CIENCIAS DEL MAR

INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

"FLUCTUACIONES CLIMATICAS EN EL SUR DEL GOLFO DE MEXICO  
DURANTE EL CUATERNARIO TARDIO, EVIDENCIADAS POR  
ASOCIACIONES DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS"

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
Maestro en Ciencias del Mar  
(Especialidad en Oceanografía  
Biológica y Pesquera)  
P r e s e n t a:

ROBERTO TRAPAGA MARTINEZ

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1990



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## -INDICE GENERAL-

Cap.		Pag.
	INDICE DE FIGURAS, CUADROS Y TABLAS.....	iii
	RESUMEN.- .....	1
1.0	INTRODUCCION.- .....	2
2.0	ANTECEDENTES.- .....	4
	2.1 Bioestratigrafía.- .....	4
	2.2 Fluctuaciones Climáticas.- .....	6
	2.3 Cambios en el Nivel del Mar.- .....	10
	2.4 Variaciones en el Régimen Sedimentario.- .....	11
3.0	AREA DE ESTUDIO.- .....	13
	3.1 Localización.- .....	13
	3.2 Fisiografía.- .....	13
	3.3 Distribución de Sedimentos.- .....	17
	3.4 Temperatura Superficial.- .....	19
	3.5 Salinidad Superficial.- .....	21
	3.6 Masas de Agua.- .....	22
	3.7 Patrones de Circulación Superficial.- .....	22
4.0	METODOLOGIA.- .....	26
	4.1 Muestreo de Secuencias Sedimentarias.- .....	26
	4.2 Foraminíferos.-.....	28
	4.2.1 Marco Bioestratigráfico y Correlación de Secuencias.....	29
	4.2.2 Temperatura.....	29
	4.2.3 Variaciones Faunísticas y la Dinámica Oceánica.....	30
	4.3 Fracción Gruesa de los Sedimentos.- .....	31
	4.4 Concentración Total de Carbonatos.- .....	31
5.0	RESULTADOS Y DISCUSION.- .....	33
	5.1 Especies de Foraminíferos Planctónicos.- .....	33
	5.2 Marco Bioestratigráfico y Correlación de Secuencias Sedimentarias.- .....	40
	5.2.1 Patrones de Frecuencia de Foraminíferos Planctónicos.....	41
	5.2.2 Dirección de Enrollamiento de la testa de <u>G. truncatulinoides</u> .....	53

Cap.		Pag.
5.3	Fluctuaciones Climáticas.- .....	61
5.3.1	Temperatura.....	61
5.3.2	Variaciones Faunísticas y la Dinámica Oceánica.....	77
5.3.3	Fracción Gruesa de los Sedimentos.....	93
5.3.4	Concentración Total de Carbonatos.....	100
6.0	RECAPITULACION DE RESULTADOS	108
7.0	CONCLUSIONES.- .....	114
8.0	LITERATURA CITADA.- .....	117
9.0	ANEXOS.- .....	125
	A) Características que definen a las Zonas Z y Y, así como las subzonas correspondientes (hasta Y6) de la Zonación Bioestratigráfica de Kennett y Huddles- ton (1972) para el Golfo de México.- .....	126
	B) Diagramas de abundancias relativas (%) de las especies de Foraminíferos Planctónicos, utilizadas en la interpretación paleoclimática-oceanográfica, a lo largo de cada una de las secuencias sedimen- tarias IMECO-I (JS-84) estudiadas.- .....	128
	C) Lista de especies de Foraminíferos Planctónicos encontradas y algunas Características Ambientales Asociadas a ellas.- .....	134

-INDICE DE FIGURAS  
CUADROS Y TABLAS-

FIGURA	Pag.
2.1 - Zonación del Cuaternario Tardío para el Golfo de México, comparación de curvas climáticas, temperaturas y salinidades superficiales para invierno y verano en una secuencia (TR126-25) de la Bahía de Campeche y concentración total de carbonatos para la misma secuencia.....	5
3.1 - Localización de la Bahía de Campeche.....	14
3.2 - Rasgos fisiográficos de la Bahía de Campeche (datos de Feenley <i>et al.</i> , 1986; Bryant <i>et al.</i> , 1986; Aguayo-Camargo y Marín-Córdova, 1987).....	16
3.3 - Distribución general de sedimentos en el piso del Golfo de México (datos de Gould y Stewart, 1955; Davies y Moore, 1970; en Poag, 1981; Ayala y Gutierrez, en prensa).	18
3.4 - Distribución de temperaturas (a) y salinidades (b) de invierno y verano de las aguas superficiales del Golfo de México (datos de U.S. Naval Oceanographic Office, 1967; en Brunner, 1982).....	20
3.5 - Estratificación general de las masas de agua en el Golfo de México (datos de Nowlin, 1971; en Poag, 1981).....	20
3.6 - Distribución general de las principales corrientes superficiales en el Golfo de México en febrero y agosto (datos de Nowlin, 1971; en Poag, 1981). Los números junto a las flechas, indican velocidad promedio de las corrientes en nudos.....	25
4.1 - Localización de las Secuencias Sedimentarias en la Bahía de Campeche.....	27
5.1 - Diagrama de correlación bioestratigráfica de las secuencias sedimentarias IMECO-I (JS-84) N50 a N55.....	43
5.2 - Diagrama de abundancias relativas (%), de los morfotipos dextrógiro/levógiro de <u>Globorotalia truncatulinoides</u> en las secuencias sedimentarias IMECO-I en estudio.....	54
5.3 - Diagrama de abundancias relativas (%) de las Asociaciones Climáticas en la secuencia sedimentaria N50.....	67
5.4 - Diagrama de abundancias relativas (%) de las Asociaciones Climáticas en la secuencia sedimentaria N51.....	68

FIGURA	Pag.
5.5 - Diagrama de abundancias relativas (%) de las Asociaciones Climáticas en la secuencia sedimentaria N52.....	70
5.6 - Diagrama de abundancias relativas (%) de las Asociaciones Climáticas en la secuencia sedimentaria N53.....	71
5.7 - Diagrama de abundancias relativas (%) de las Asociaciones Climáticas en la secuencia sedimentaria N54.....	73
5.8 - Diagrama de abundancias relativas (%) de las Asociaciones Climáticas en las secuencia sedimentaria N55.....	74
5.9 - Diagrama de las concentraciones de la fracción gruesa (>0.0625 mm) en las secuencias sedimentarias IMECO-I en estudio.....	94
5.10- Diagrama de las concentraciones totales de carbonatos en las secuencias sedimentarias IMECO-I en estudio.....	101
CUADRO	
3.1 - Principales masas de agua descritas en el Golfo de México.....	23
5.1 - Patrones de comportamiento en las frecuencias (%) de diferentes especies de foraminíferos planctónicos a lo largo de la secuencia N50.....	45
5.2 - Patrones de comportamiento en las frecuencias (%) de diferentes especies de foraminíferos planctónicos a lo largo de la secuencia N51.....	46
5.3 - Patrones de comportamiento en las frecuencias (%) de diferentes especies de foraminíferos planctónicos a lo largo de la secuencia N52.....	47
5.4 - Patrones de comportamiento en las frecuencias (%) de diferentes especies de foraminíferos planctónicos a lo largo de la secuencia N53.....	49
5.5 - Patrones de comportamiento en las frecuencias (%) de diferentes especies de foraminíferos planctónicos a lo largo de la secuencia N54.....	50
5.6 - Patrones de comportamiento en las frecuencias (%) de diferentes especies de foraminíferos planctónicos a lo largo de la secuencia N55.....	51
5.7 - Asociaciones climáticas, especies que las constituyen y características utilizadas en su conformación.....	63
5.8 - Conjuntos faunísticos, especies que los conforman y criterios utilizados en su conformación.....	79

TABLA	Pag.
2.1 - Características asociadas a las especies de foraminíferos planctónicos este estudio.....	7
2.2 - Diferencia de temperaturas (promedio), menores a las actuales en diferentes partes del Atlántico.....	9
4.1 - Localización, profundidad de muestreo y longitud (cm) de las secuencias sedimentarias IMECO-I en estudio.....	26
5.1 - Lista de especies de foraminíferos planctónicos y abundancias relativas (%) de la secuencia sedimentaria N50.....	34
5.2 - Lista de especies de foraminíferos planctónicos y abundancias relativas (%) de la secuencia sedimentaria N51.....	35
5.3 - Lista de especies de foraminíferos planctónicos y abundancias relativas (%) de la secuencia sedimentaria N52.....	36
5.4 - Lista de especies de foraminíferos planctónicos y abundancias relativas (%) de la secuencia sedimentaria N53.....	37
5.5 - Lista de especies de foraminíferos planctónicos y abundancias relativas (%) de la secuencia sedimentaria N54.....	38
5.6 - Lista de especies de foraminíferos planctónicos y abundancias relativas (%) de la secuencia sedimentaria N55.....	39
5.7 - Frecuencia (%) de enrollamiento dextrógiro en la testa de <u>G. truncatulinoides</u> en las secuencias sedimentarias IMECO-I en estudio.....	57
5.8- Abundancias relativas (%) de las asociaciones climáticas en las secuencias sedimentarias IMECO-I.....	65
5.9- Abundancias relativas (%) de los conjuntos faunísticos en las secuencias sedimentarias IMECO-I.....	83
5.10- Concentración total (%) de la fracción gruesa (>0.0625 mm) de los sedimentos en las secuencias sedimentarias IMECO-I en estudio.....	97
5.11- Concentración total (%) de carbonatos en las secuencias sedimentarias IMECO-I en estudio.....	104

## - RESUMEN -

Se estudiaron las biofacies de foraminíferos planctónicos, la fracción gruesa de los sedimentos y la concentración total de carbonatos, en seis secuencias sedimentarias obtenidas a lo largo del paralelo 21° N, en la Bahía de Campeche.

Con base en las faunas de foraminíferos se estableció un marco bioestratigráfico en las secuencias y se estimaron las condiciones climático-oceanográficas del área de estudio durante el Cuaternario tardío. El marco comprendió parte del último estadio glacial (Zona Y) al actual interglacial (Zona Z), estableciéndose un alcance máximo hasta la subzona Y5 en la secuencia N54. Globorotalia truncatulinoides presentó variaciones en la dominancia de sus morfotipos durante estos intervalos, por lo que se utilizó como un elemento adicional de correlación, aunque general, entre las secuencias. Su comportamiento, posiblemente esté relacionado con cambios en la salinidad y/o fertilidad oceánica.

Durante el estadio glacial, las faunas estudiadas definieron a una Biofacies Transicional/Subtropical predominante, determinada por abundancias elevadas de Globorotalia inflata, Globigerina bulloides y G. falconensis; a partir de las cuales se infirieron condiciones climáticas frías (<20°C), que alcanzaron su máximo en la subzona Y2, salinidades variables pero predominantemente menores a las actuales (<36), una termoclina estacional y una productividad primaria mayor que en el presente. En esta etapa, la fracción gruesa de los sedimentos y el contenido total de carbonatos presentaron concentraciones menores que en la etapa interglacial, lo que es congruente con las condiciones climáticas frías estimadas, un nivel del mar menor al actual y un mayor aporte de sedimentos terrígenos finos en el área de estudio, que actuaron como agente de dilución de los carbonatos.

Para el estadio interglacial, la fauna definió una Biofacies Transicional/Tropical, fuertemente dominada por Globigerinoides ruber (>40%) y abundancias altas de Globorotalia menardii menardii, G. tumida tumida y Pulleniatina obliquiloculata, las cuales sugirieron: condiciones cálidas (>20°C), con su máximo en la subzona Z1, salinidades elevadas (>36), una termoclina permanente y profunda, así como una productividad primaria relativamente baja, dentro del régimen oceanográfico del área de estudio. Para esta etapa, la fracción gruesa de los sedimentos y el contenido total de carbonatos exhibieron concentraciones mayores, que son coherentes con las condiciones climáticas cálidas estimadas y con un nivel del mar mayor, que conllevó a un menor depósito de sedimentos finos en el talud del área de estudio y a una disminución en el efecto de dilución de sedimentos gruesos y carbonatos.



CAPITULO 1.0  
-INTRODUCCION-

La historia climática de la Tierra durante los últimos 1.7 millones de años (Periodo Cuaternario), ha mostrado como característica distintiva, una alternancia de condiciones glaciales e interglaciales, las cuales han sido un factor determinante en la caracterización y distribución de las comunidades biológicas actuales.

El estudio de los registros sedimentarios del mar profundo, ha sido uno de los mecanismos para conocer la evolución de dichas condiciones. Dentro de estos registros los microfósiles y en especial los foraminíferos planctónicos, han contribuido en gran medida a tal conocimiento, ya que su estudio ha permitido entender diferentes aspectos de la variabilidad climática tanto a nivel regional como global.

La distribución geográfica de estos organismos, como muchos otros que conforman el plancton de los océanos, se encuentra controlada por factores ambientales tales como: los patrones de circulación dominantes, las características fisico-químicas de las masas de agua superficiales y la geometría de las cuencas oceánicas (Bé, 1966; Boersma, 1978). Con lo cual, los cambios en las condiciones ambientales y/o geográficas en el pasado geológico, son registrados como cambios en la distribución espacial y composicional del plancton (Thunell y Belyea, 1982), observándose de esta manera, cambios secuenciales en las biofacies de las columnas sedimentarias (Casey, 1982).

Considerando lo anterior, se propuso un estudio de carácter

micropaleontológico y paleoceanográfico mediante el análisis de las biofacies de foraminíferos planctónicos, obtenidas de 6 columnas estratigráficas tomadas a lo largo del paralelo de 21°N en la Bahía de Campeche, con el propósito de evidenciar fluctuaciones climáticas en el sur del Golfo de México durante el Cuaternario tardío, estableciéndose una correlación bioestratigráfica con secuencias sedimentarias cercanas a las de este estudio y con base en la Zonación propuesta para el Golfo de México (Kennett y Huddleston, 1972), lo que permitió tener un marco estratigráfico en el cual ubicar los eventos paleoclimáticos, aún cuando no se contó con análisis isotópicos que proporcionaran una cronoestratigrafía más fina.

Consecuentemente, los objetivos que se plantearon para este estudio fueron los siguientes:

a) Determinar y caracterizar las biofacies de foraminíferos planctónicos del Cuaternario tardío en el sur del Golfo de México.

b) Determinar las fluctuaciones en las condiciones climáticas y oceanográficas regionales, manifestadas por las asociaciones de foraminíferos planctónicos.

c) Determinar un marco bioestratigráfico en las secuencias que permita ubicar los eventos climáticos en el tiempo.

d) Determinar las variaciones en el régimen sedimentario de la fracción gruesa de los sedimentos (mayor a 0.0625 mm) y en el contenido total de carbonatos.

Con el presente estudio, se contribuye al conocimiento de la evolución climática de la Bahía de Campeche, lo cual es importante para comprender las condiciones que prevalecen en la actualidad y el posible desarrollo futuro de las mismas.

## CAPITULO 2.0

### -ANTECEDENTES-

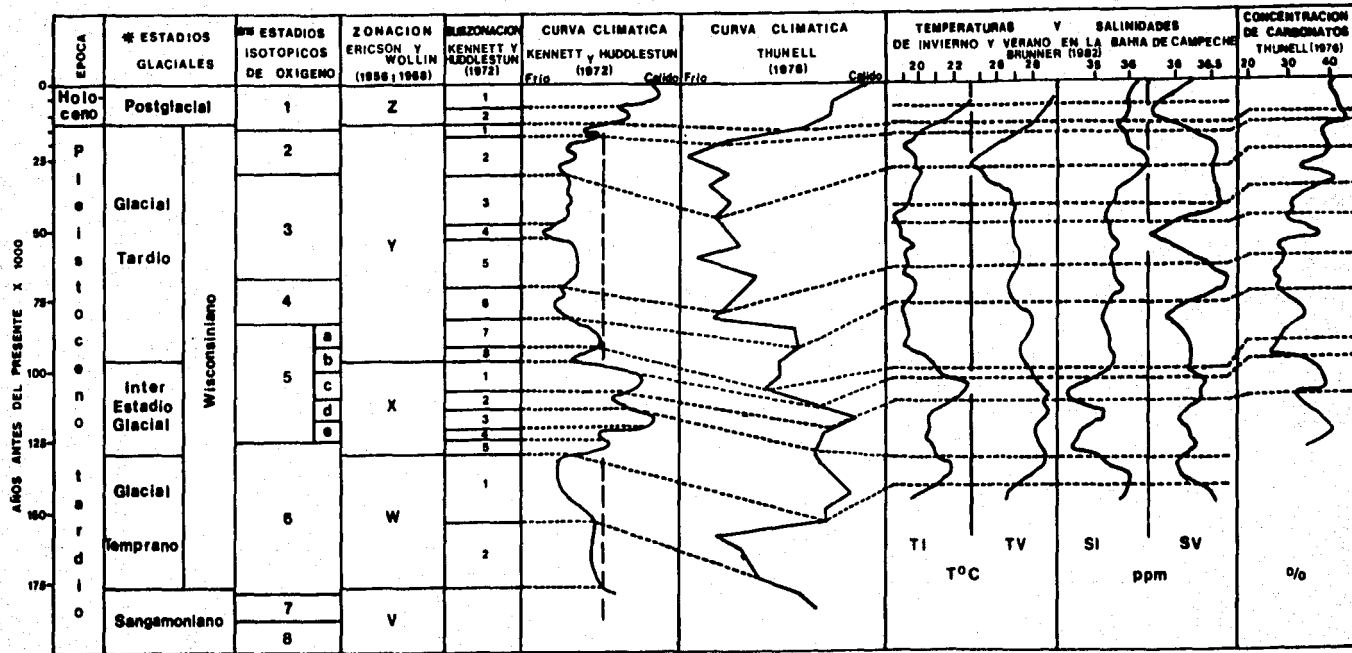
Entre los estudios que se han realizado sobre la evolución climática del Cuaternario, a continuación se consideran aquellos que son relevantes para los objetivos previamente mencionados.

#### 2.1 BIOESTRATIGRAFIA:

Un factor de gran importancia en el estudio de las secuencias sedimentarias, en este caso marinas, es el de contar con un marco estratigráfico que permita ubicar eventos cronológicamente.

En el Golfo de México, Kennett y Huddleston (1972) definieron un marco bioestratigráfico, basado en el sistema previamente establecido para el Atlántico Norte y Mar Caribe por Ericson y Wollin (1956; 1968), el cual comprende los últimos 200,000 años y está dividido en zonas determinadas por sus asociaciones de foraminíferos planctónicos. De este sistema, son de interés para el presente trabajo las Zonas X, Y (Pleistoceno tardío) y Z (Holoceno) (Fig. 2.1), las cuales se distinguen por: la presencia de G. menardii menardii y G. tumida tumida (que conforman al Complejo Menardii durante el Holoceno), y la ausencia de Globorotalia inflata en X y Z (etapas interglaciales), así como su relación inversa en la Zona Y (etapa glacial). Estas zonas, a su vez, están subdivididas en: dos subzonas dentro de la Z, ocho dentro de la Zona Y y cinco en la X. Los criterios que las definen, se muestran en el Anexo A.

La edad absoluta que delimita a las Zonas Y y Z, se ha establecido en 11,000 +/- 500 años (Clark y Kennett, 1973;



Brunner, 1982; Leventer et al., 1982, 1983) y en 84,000 +/- 5,000 años para el límite entre X y Y (Drexler et al., 1980; Brunner, 1982) (Fig. 2.1).

Con respecto a las diferentes subzonas, Brunner (1982) reporta las siguientes edades: 6,000 años dentro de la subzona Z1, sin definir su límite con Z2; 15,000 años dentro de Y1, sin ser definida como límite con Y2; 32,000 años para el límite entre Y2 y Y3; 45,000 dentro de Y3; 55,000 años dentro de la subzona Y5; y 75 y 80,000 años dentro de Y7 y Y8 respectivamente. No se reportan edades para Y4 ni Y6.

## 2.2 FLUCTUACIONES CLIMATICAS

(Basadas en foraminíferos planctónicos):

Ambientalmente, diversos estudios realizados con foraminíferos planctónicos, tanto actuales como fósiles, han permitido reconocer en el registro sedimentario, los cambios en las condiciones climáticas y oceanográficas del pasado. Dentro de los aspectos de interés se tienen: (a) Distribución y Asociaciones Faunísticas, (b) Temperatura, (c) Salinidad, (d) Termoclina, y (e) Patrones de Circulación.

(a) La distribución y abundancias actuales de los foraminíferos, en columna de agua y sedimentos, han sido estudiados por diversos autores. Entre los trabajos más sobresalientes se tienen, para el Atlántico Norte los de Jones (1967), Bé y Tolderlund (1971) y Kipp (1976); para el Golfo de México los de Snyder y Brunner (1982), y para el Caribe los de Jones (1966 y 1968) y Rögl y Bolli (1973). Estos han determinado, en gran medida, los límites de tolerancia de diferentes parámetros

TABLA 2.1- CARACTERISTICAS ASOCIADAS A LAS ESPECIES DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS DE ESTE ESTUDIO.

ESPECIES	ABUND. REL. (%)	TEMP. (°C) (Total/Pref.)	SALINIDAD (ppt)	PROF. (m) (Total/Pref.)	ASOC. CLIMAT.	CONJ. FAUN.
<u>Elphidium hellogies</u>	1-5	0-27/3-19	34-36	0-1000/250-1000	AAF	TRM
<u>E. calida calida</u>	< 1	> 22/ ?	> 36	?	----	---
<u>E. falconensis</u>	1-3	0-27/3-19	34-36	0-250/ ?	AAF	TRM
<u>E. pachyderma</u>	< 1	0-24/0-9	34.5-35	0-300/ ?	----	---
<u>E. rubescens</u>	5-10	?	?	0-250/ ?	----	---
<u>Globigerinita glutinata</u>	3-5	3-30/24-27	34-36	0-750/0-50	----	---
<u>Globigerinoides conglobatus</u>	< 1	15-30/21-29	> 36	0-100/50-75	----	---
<u>G. elongatus</u>	1-3	> 20/ ?	> 35.5	0-100/ ?	----	---
<u>G. rober</u>	40-50	14-30/21-29	34-37/1	0-700/0-100	----	ST
<u>G. trilobus sacculifer</u>	3-5	15-30/24-30	> 36	0-100/ ?	AANC	TRP
<u>G. trilobus trilobus</u>	1-3	? / > 22	> 36	? / 0-50	AANC	TRP
<u>Globorotalia crassaformis</u>	< 1	16-27/ ?	> 35.5	0-1500/ >100	AANF	ST
<u>G. inflata</u>	> 1	1-27/2-6, 13-19	34-36.4	0-1000/100-150	AAF	TRM
<u>G. menardii menardii</u>	1-3	16-30/20-25	> 36	0-1000/100-150	AAC	TRP
<u>G. truncatulinoidea</u>	1.3	4-27/17-24	35-37	0-550/100-225	AANC	ST
<u>G. tumida tumida</u>	< 1	19-31/29-31	?	0-1000/ ?	AAC	TRP
<u>Hastigerina siphonifera</u>	5-10	12-30/18-24	> 36	0-750/0-250	AANF	ST
<u>Neoglobodrina duterrei</u>	1-5	9-30/16-24	35.5-36	0-750/50-100	AANC	ST
<u>Orbulina universa</u>	1-3	10-30/17-23	> 36	0-600/0-100	----	---
<u>Pulleniatina obliquiloculata</u>	3-5	19-30/22-24	> 36	0-300/0-50	AAC	TRP

ABREVIATURAS: ABUND.-ABUNDANCIA; REL.-RELATIVA; TEMP.-TEMPERATURA; PREF.-PREFERENCIAL; PROF.-PROFUNDIDAD; ASOC.-ASOCIACION; CLIM.-CLIMATICA; CONJ.-CONJUNTO; FAUN.-FAUNISTICO; ST.-SUBTROPICAL; TRM.-TRANSICIONAL; TRP.-TROPICAL; AAC.-ASOC. DE AGUAS CALIDAS; AAF.-ASOC. DE AGUAS FRIAS; AANC.-ASOC. DE AGUAS MARGINALES CALIDAS; AANF.-ASOC. DE AGUAS MARGINALES FRIAS. #.-ADUNDANCIAS PARA LA BAHIA DE CAMPECHE. Datos tomados de Bé y Tolderlund (1971), Rögl y Bolli (1973), Bé (1977) y Saylor (1978).

ambientales de diversas especies. En la Tabla 2.1 y en el Anexo C, se presentan algunos límites de tolerancia total y de mayor abundancia de parámetros ambientales (temperatura, salinidad y profundidad) y algunos aspectos de la distribución de estos organismos.

Con base en lo anterior, diferentes autores han definido asociaciones faunísticas relacionadas con condiciones ambientales específicas, presentes y pasadas. Para el Atlántico e Indico actual, Bé y Tolderlund (1971) definieron cinco asociaciones propias de las regiones polar, subpolar, transicional, subtropical y tropical. Para el Atlántico Ecuatorial, Ruddiman (1971) y Bé et al. (1976) determinaron dos asociaciones, que reflejaron condiciones cálidas y frías. Para el Golfo de México, Kennett y Huddlestun (1972) determinaron cuatro asociaciones principales, cuyas abundancias caracterizaron tres etapas interglaciales y dos glaciales durante los últimos 200 mil años.

(b) La determinación de temperaturas absolutas de las aguas superficiales del pasado, han tenido como base dos métodos principales: isotopía de oxígeno y la aplicación de procedimientos estadísticos multivariados, calibrados con la distribución y abundancias actuales de foraminíferos. Con base en estos métodos se ha podido establecer que durante los máximos glaciales, las temperaturas de diferentes áreas del Atlántico fueron menores a las actuales. En la Tabla 2.2 se presentan algunos valores que indican los grados centígrados promedio, más fríos a los actuales, que se presentaron durante la etapa glacial para el área referida.

TABLA 2.2- DIFERENCIA DE TEMPERATURAS (PROMEDIO), MENORES A LAS ACTUALES EN DIFERENTES PARTES DEL ATLANTICO

DIFERENCIA	REGION	METODO	REFERENCIA
1 a 2°C en invierno y de 2 a 10°C en verano	Atlántico Ecuatorial	Estadístico	Garner y Hays, 1976
5 a 6°C	Atlántico Ecuatorial	Estadístico	Wecht, 1973
2 a 3°C con un contraste de 4 a 5°C en invierno y 1 a 2°C en verano	Mar Caribe	Estadístico	Prell y Hays, 1976
1 a 2°C	Golfo de México	Estadístico	Brunner y Cooley, 1976
1 a 2°C en invierno y 1°C en verano	Golfo de México	Estadístico	Brunner, 1982
5°C	Golfo de México	Isotópico	Emiliani, 1955; Sackett y Rankin 1970
3 a 4°C	Golfo de México	Isotópico	Wecht, 1973; Emiliani et al., 1975.

(c) Con respecto a las salinidades del Golfo de México, se han reportado fuertes anomalías isotópicas en las testas de foraminíferos durante el Cuaternario tardío, que reflejan disminuciones en la salinidad superficial. Estas, al parecer fueron provocadas por la descarga de los dehielos continentales. Se han estimado disminuciones entre 7 y 10%, conformando una capa de baja salinidad y baja densidad de aproximadamente 50 m de grosor (Leventer et al., 1982), que llegó a alcanzar valores de hasta 33 (Emiliani et al., 1975). La descarga más significativa de agua dulce, se presentó entre los 16,000 y 11,000 años de antigüedad (Leventer et al., 1982).

(d) Las diferentes especies de foraminíferos presentan una relación especial con respecto a la termoclina, sus características físico-químicas asociadas y los cambios estacionales que ella presenta. Básicamente, las especies



espinosas habitan por encima de la termoclina, mientras que las no espinosas habitan en ó por debajo de ella (Thunell y Reynolds, 1984), lo anterior está relacionado, en mayor o menor grado, con la zona de mezcla superficial de baja productividad ó a la más profunda de alta productividad, respectivamente (Fairbanks y Wiebe, 1984; Fairbanks et al., 1980 y 1982). La abundancia de un tipo de especie estará en función de la profundidad dominante de la termoclina, en donde la influencia estacional y/ó de los grandes cambios climáticos pasados, juegan un papel importante (McIntyre et al., 1989).

(e) La distribución de los foraminíferos y las asociaciones que caracterizan masas de agua, han presentado cambios en las secuencias sedimentarias en diferentes áreas del Atlántico, lo que ha sugerido movimientos latitudinales de las masas de agua por variaciones en la circulación oceánica. McIntyre et al. (1972) determinaron que durante los máximos glaciales, las aguas polares superficiales presentaron una mayor penetración hacia el Ecuador, por el margen oriental de la cuenca, con un rango de hasta 10 grados de latitud. De manera análoga, las variaciones en las asociaciones faunísticas y las temperaturas estimadas, han sido la base para sugerir una intensificación en los sistemas de circulación atmosférica y oceánica en el Atlántico Ecuatorial durante el máximo glacial (Bé et al., 1976; Gardner y Hays, 1976; Prell et al., 1976).

### 2.3 CAMBIOS EN EL NIVEL DEL MAR:

Una respuesta directa al crecimiento y destrucción alternada de los hielos continentales, debido a las fluctuaciones climáticas

del Cuaternario, son las oscilaciones en el nivel del mar. En el Golfo de México, Curroy (1961), McFarlan (1961) y Logan *et al.* (1969), entre otros, estimaron que el nivel del mar se encontraba 2.5 m por debajo de su nivel actual, hace 30,000 años. Este nivel disminuyó paulatinamente conforme el episodio glacial alcanzaba su máxima expresión, hasta 120-130 m. A partir de los 20,000 años, comienza la llamada Transgresión del Holoceno, elevándose dicho nivel a 91 m por debajo del actual, hacia los 17,000 años y alcanzando su máximo entre los 4 y 2,000 años de antigüedad (Phleger, 1951; Sidner y Poag, 1972).

#### 2.4 VARIACIONES EN EL RÉGIMEN SEDIMENTARIO.

Uno de los efectos principales que conllevan las oscilaciones del nivel del mar, son las variaciones en el régimen sedimentario, debido a los cambios en la posición de la línea de costa. En el Golfo de México, se han observado diferencias significativas en los sedimentos del Cuaternario, como resultado de tales variaciones (Newmann *et al.*, 1973; Kennett, 1982). En la Bahía de Campeche, por fuera de la plataforma continental, Creager (1958a), Thunnell (1976) y Joyce *et al.* (1985), observaron que en el último período glacial, el aporte de sedimentos finos (limos y arcillas) se incrementó en las áreas central y occidental, mientras que en la parte oriental (Cañón de Campeche), se presentó un aporte mayor de sedimentos gruesos del Banco de Campeche, por flujo de sedimentos y corrientes de turbidez. Para la etapa interglacial, el aporte de sedimentos finos ha decrecido, aunque continúa siendo el mayor constituyente en los sedimentos del talud y la planicie abisal, en toda el área de estudio.

Otro aspecto relacionado con el régimen sedimentario, es el contenido total de carbonatos de los sedimentos. En el Golfo de México suroccidental, Thunell (1976) determinó que el contenido de carbonatos es mayor en las zonas Z y X (interglaciales) y la parte superior de la Zona Y (glacial), mientras que existe un decremento general hacia la parte media y temprana de la Y, por efecto, principalmente, de un mayor aporte de sedimentos terrígenos (efecto de dilución). Joyce et al. (1985) reportan condiciones similares, con porcentajes máximos de carbonatos (70%) en la Zona Z, a mínimos (2%) en la Y.

Las variaciones en el régimen sedimentario, por cambios en el nivel del mar, han sido una respuesta a los cambios climáticos del Cuaternario (Damuth, 1975; Joyce et al., 1985), por lo que son utilizados en interpretaciones paleoclimáticas (Ewing et al., 1958; Thunell, 1976). Asimismo, las fluctuaciones temporales de ambos parámetros, han revelado aumentos y depresiones característicos y sincrónicos en secuencias de diferentes regiones, por lo que han sido utilizados como elementos adicionales de correlación estratigráfica (Be et al., 1976).

## CAPITULO 3.0

### -AREA DE ESTUDIO-

#### 3.1 LOCALIZACION:

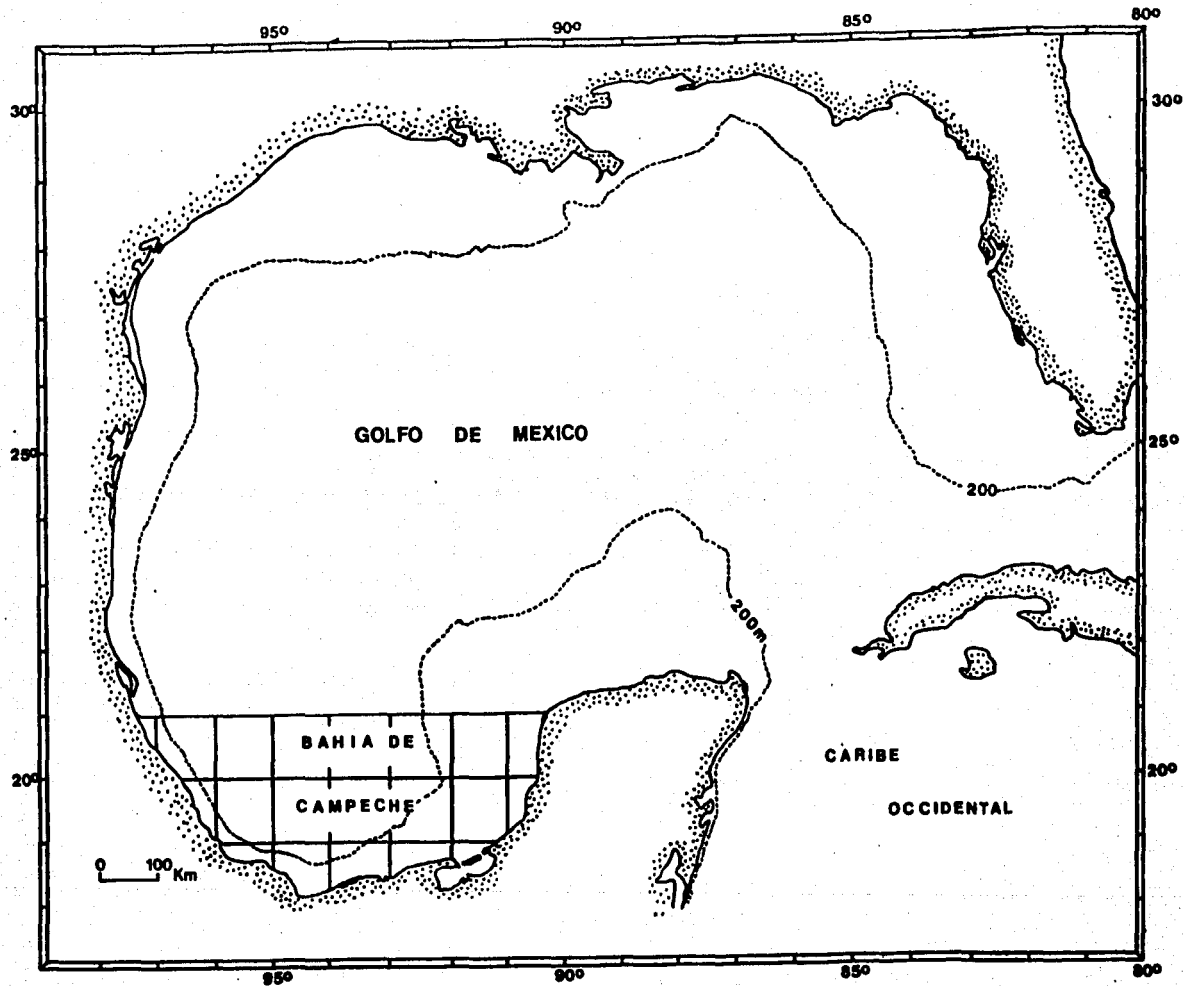
El Golfo de México se localiza entre los 18° y 30° de latitud Norte y los 80° y 98° de longitud Oeste (Fig. 3.1). En la región suroccidental de esta cuenca, entre los 18°06'- 21°30' N y 90° 26'- 97°20' W, se encuentra ubicada la Bahía de Campeche, cuyo contorno semicircular lo conforman las costas de los estados de Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán (Creager, 1958a).

#### 3.2 FISIOGRAFIA:

El Golfo de México, en general, tiene una plataforma continental extensa que representa más de un tercio de su área (Tchernia, 1980). Esta muestra su máxima amplitud frente a las costas occidentales de Florida y Yucatán, y la mínima frente a las costas orientales de México (Tamaulipas y Veracruz).

Dentro de la Bahía de Campeche, la plataforma continental presenta una amplitud variable, desde 216 km frente a Yucatán, entre 30 y 55 frente a las costas de Campeche y de 5 a 30 km a lo largo del sector suroccidental de esta Bahía (Fig. 3.2). Asimismo, se extiende desde la costa hasta una profundidad que varía desde 70 hasta 220 m, con pendientes promedio de 0°2' (Creager, 1958a).

En la Bahía de Campeche, el talud se extiende desde el borde de la plataforma hasta una profundidad que varía de 2,000 a 3,500 m (Uchupi, 1975), con pendientes de 1° 12' (talud inferior occidental) hasta 9° 39' (Cañón de Campeche) (Creager, 1958a), y



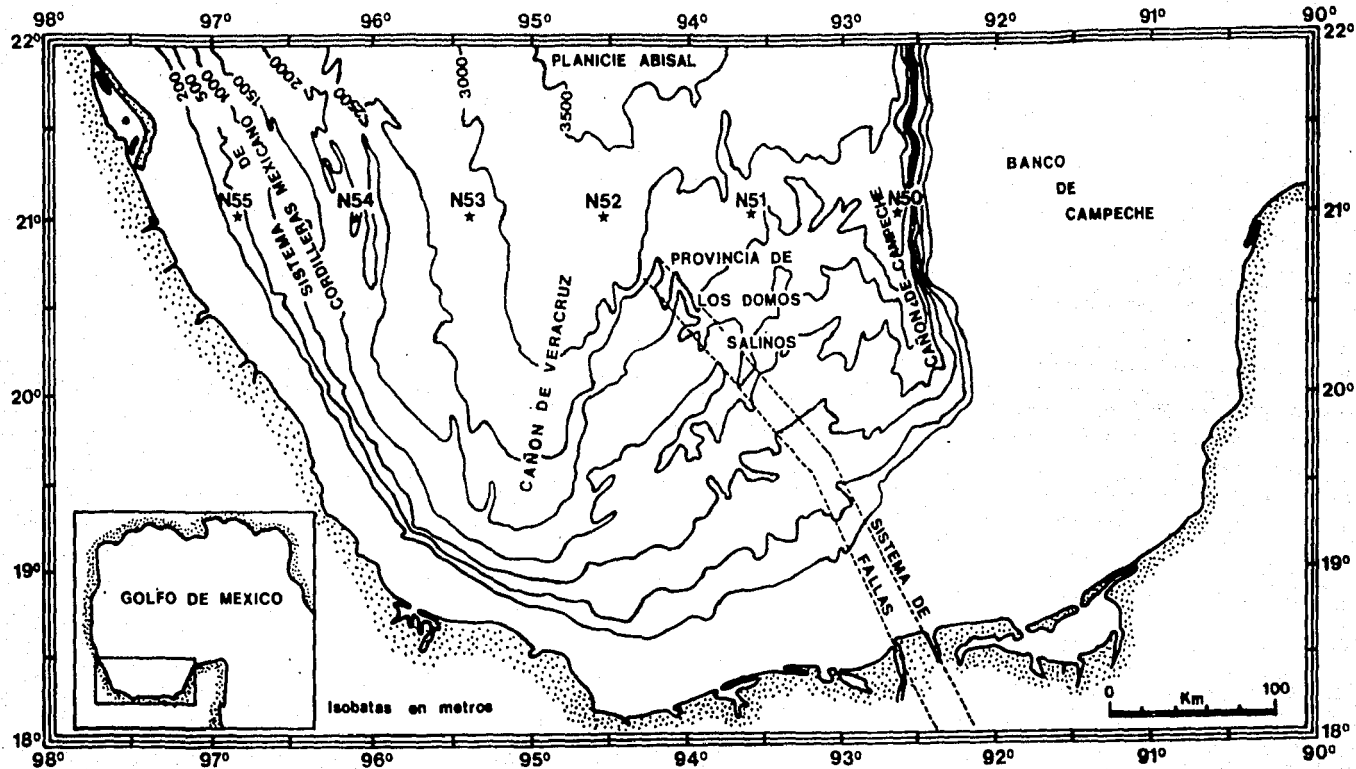
presenta una fisiografía diversa, determinada por diferentes rasgos estructurales como se observa a continuación:

En el área occidental, se presentan una serie de cordilleras paralelas a subparalelas a la línea de costa, con una longitud de onda de 12 km y un relieve promedio de 400 m, formando un cinturón de 300 km de amplitud, que constituyen la parte sur del Sistema de Cordilleras Mexicano (Bryant *et al.*, 1968). La formación de este Sistema se ha explicado por mecanismos tales como cabalgaduras tectónicas (de Cserna, 1984), diapirismo salino (Bergantino, 1971) y por plegamientos compresionales, debido al desplazamiento superficial de estratos sedimentarios (Bryant *et al.*, 1968; E. Aguayo-Camargo, comunicación personal).

En la región sur de la Bahía, el talud es complejo debido al diapirismo salino que en ella se encuentra, conformando la Provincia de los Domos Salinos de Tabasco-Campeche (Uchupi, 1975). Esta se delimita al oriente por el Cañón de Campeche (Creager, 1958b) y al occidente por un bajo estructural conocido como el Cañón de Veracruz (Worzel *et al.*, 1970a,b) (Fig.3.2).

El Cañón de Veracruz abarca desde los 1,500 hasta aproximadamente los 3,500 m de profundidad, llegando a alcanzar una longitud de más de 200 Km y separa a la Provincia de los Domos del Sistema de Cordilleras Mexicano (Bergantino, 1971).

Otro rasgo morfológico que se encuentra en la porción sur del Golfo de México, desde al menos, la isóbata de 2,400 m b.n.m., es el sistema de fallas distensivas que lo bisecta, con rumbo nordeste-sureste y una extensión de 350 Km de longitud (Bergantino, 1971; INEGI, 1981-1983) (Fig. 3.2). Este sistema estructural se prolonga hacia el sureste, en la llanura costera



del Golfo a través de la fosa limitada por los Rios Usumacinta y Grijalva en Punta Buzy y San Pedro en Nuevo Campechito, y se continúa en el cauce del Río Usumacinta en la zona fronteriza entre México y Guatemala (Aguayo-Camargo y Marin-Cordova, 1987).

En la región oriental, se encuentra el Cañón de Campeche (Creager, 1958b), el cual tiene una amplitud promedio de 18 km, extendiéndose hasta una profundidad de mas de 3,000 m (Bergantino, 1971; Uchupi, 1975) (Fig. 3.2).

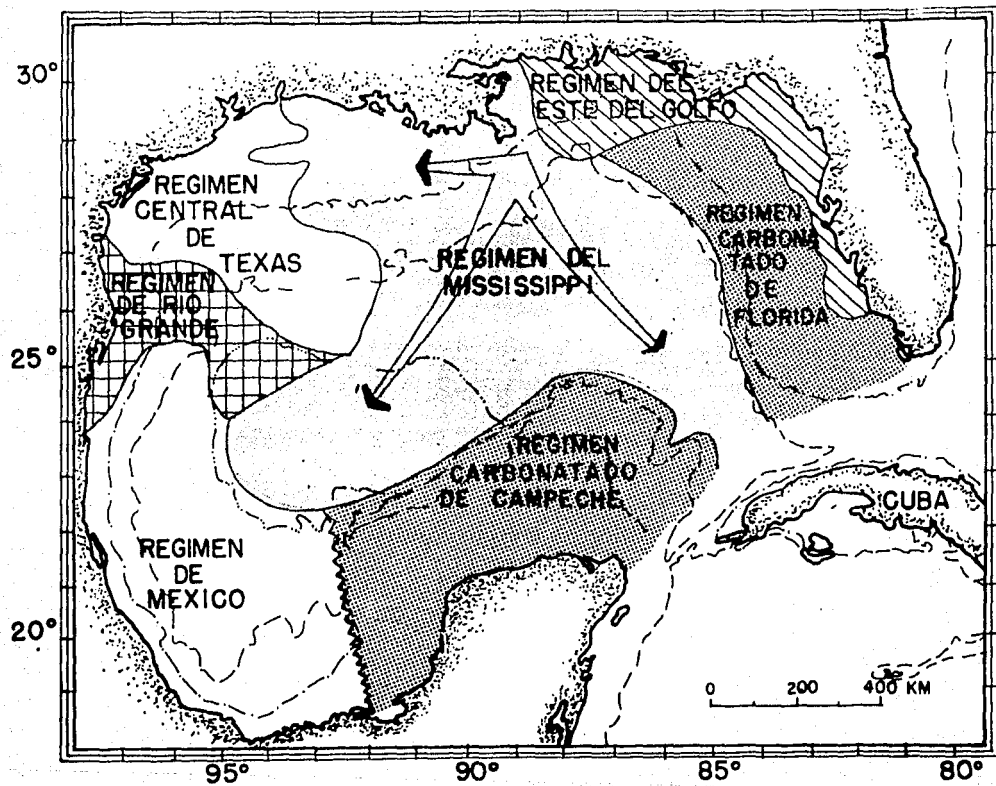
La zona mas profunda de la Bahía la conforman el pie del talud y la parte sur de la Planicie Abisal de Sigsbee (Uchupi, 1967, 1975). El primero comprende entre los 2,000 y 3,500 m de profundidad (depende del autor), con una amplitud promedio de 120 Km y pendientes de  $0^{\circ}20'$  a  $0^{\circ}30'$  (Uchupi, 1967). Por debajo de la isóbata de 3,500 m, el piso del Golfo es relativamente plano, con pendientes menores a  $0^{\circ} 20'$  y sin rasgos estructurales subsuperficiales (Garrison y Martin, 1973).

### 3.3 DISTRIBUCION DE SEDIMENTOS:

Fisiográficamente, el Golfo se divide en siete provincias sedimentarias, cinco de ellas con sedimentos detriticos, conformando el delta y cono del Río Mississippi, las regiones norte, occidental y sur, así como la parte abisal del Golfo. Las dos provincias restantes se conforman de depósitos de carbonatos biogénicos, ubicados en el Banco de Campeche y la Plataforma occidental de Florida (Davies, 1972; Uchupi, 1975) (Fig. 3.3).

Con respecto a la Bahía de Campeche, la región oriental (plataforma de Yucatán-Campeche) se caracteriza por presentar lodos calcáreos formados por fragmentos de conchas, de corales y





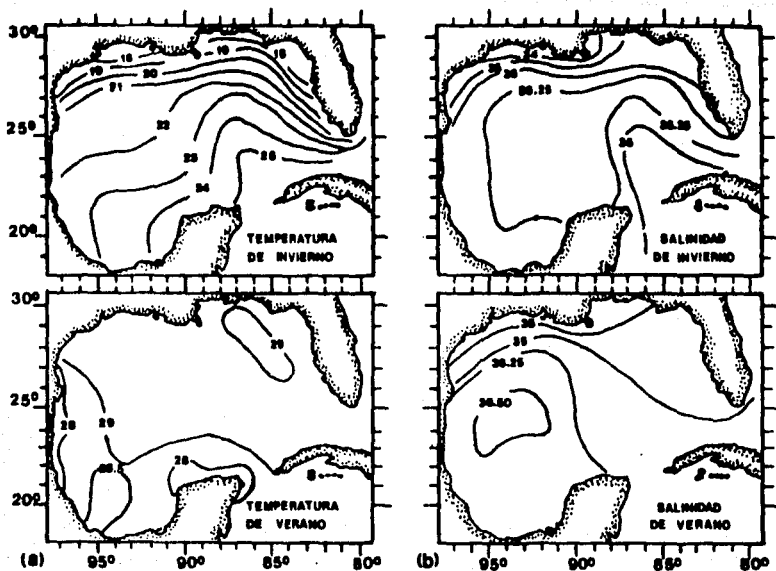
de algas (Ayala y Gutierrez, en prensa), con un grosor aproximado de 360 m (Creager, 1958a), formando parte del Régimen Carbonatado del Banco de Campeche (Poag, 1981) (Fig. 3.3). Mientras que las regiones central y occidental de la Bahía se encuentran dominadas por sedimentos terrígenos, en su mayoría limosos con cantidades variables de gravas, arena o arcilla (Ayala y Gutierrez, en prensa), dentro del Régimen Sedimentario Mexicano (Newman *et al.*, 1973). Sobre la plataforma continental, el cambio litológico de estas dos provincias se presenta en las inmediaciones de Ciudad del Carmen, Campeche (Ayala y Gutierrez, en prensa) (Fig. 3.3).

#### 3.4 TEMPERATURA SUPERFICIAL:

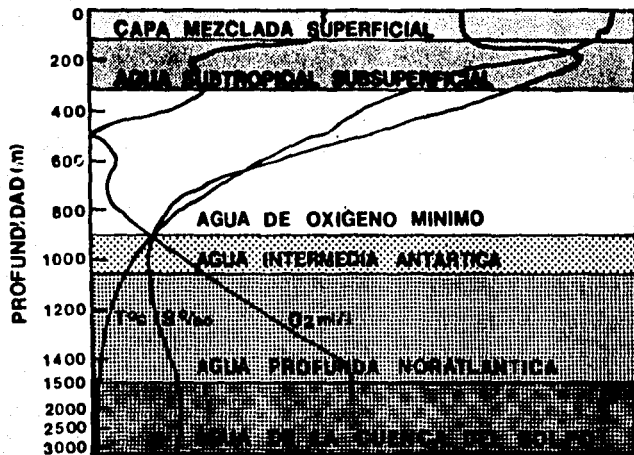
El patrón de temperatura superficial en el Golfo de México durante el invierno, muestra un gradiente norte-sur con un mínimo de 18° C sobre la plataforma norte y un máximo de 25°C cerca del Canal de Yucatán; mientras que en el verano, el Golfo presenta temperaturas muy homogéneas, alrededor de 29° C (U.S. Naval Oceanographic Office, 1967). Para el mes de julio, Robinson (1973) reporta máximos de 30°C sobre la plataforma de Florida y mínimos de 28°C en la parte sur del Golfo (Fig. 3.4a).

Dentro de la Bahía de Campeche, las temperaturas de invierno muestran una tendencia sureste-noroeste, con temperaturas entre 22° C en la región occidental y 24°C sobre la plataforma oriental (U.S. Naval Oceanographic Office, 1967). Para el mes de julio, Robinson (1973) reporta temperaturas de 28 a 28.5°C (Fig. 3.4a).

La posición de la termoclina en el Golfo de México, varía de acuerdo con la región. En el área oriental, la profundidad de la termoclina está determinada por la influencia cambiante de la



O <sub>2</sub> ml/l	2.8	3.0	3.4	3.8	4.2	4.6	5.0
S ‰	34.6	34.8	35.0	35.2	35.4	35.6	35.8
T °C	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0
	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0		



Corriente de Lazo (Leipper, 1970; Maul, 1977). En el área norte, la termoclina esta dominada por un régimen estacional bien delimitado (Nowlin y Parker, 1974) y en la región suroccidental (Bahía de Campeche), ésta es permanente, profunda y bien desarrollada (Brunner, 1979), observando su parte superior entre los 75 y 150 m de profundidad (Nowlin, 1972).

### 3.5 SALINIDAD SUPERFICIAL:

Las salinidades superficiales en el Golfo de México, tienden a seguir el contorno occidental de la cuenca en invierno, con valores máximos de 36.25 en la parte central y mínimos de 34-35 en las costas, debido a la descarga de los ríos. Durante el verano, las salinidades más elevadas (> 36.5) se observan en el área sur, debido a una mayor evaporación y las menores (35) en las costas del norte del Golfo (Brunner, 1982) (Fig. 3.4b).

Dentro de la Bahía de Campeche, las salinidades superficiales de las aguas oceánicas durante el invierno, presentan valores alrededor de 36.25 (Nowlin, 1972), mientras que en el verano y otoño, la salinidad superficial, es casi constante (> 36.25) (Poag, 1981), siendo común el encontrar salinidades mayores de 36.5 en esta área (Schroeder et al., 1974).

En la plataforma continental sur y suroccidental, la descarga de los ríos determina la distribución de las salinidades superficiales a lo largo del año. Para el mes de febrero, se reportan salinidades superficiales elevadas, hasta de 37.2 al oriente de la Laguna de Términos y una lente de baja salinidad, hasta de 34.5 al occidente de la misma (Czitrom et al., 1988a). Para abril se han reportado salinidades menores a 35.5 en las

desembocaduras de los ríos Usumacinta-Grijalva y Coatzacoalcos, con valores máximos, hasta más de 37.5, entre el Usumacinta y la boca occidental de la Laguna de Términos (Padilla et al., 1986; Czitrom et al., 1987) y valores de hasta 36.9 al oriente de la Laguna de Términos (Rodríguez et al., 1987). En agosto se han reportado salinidades entre 34.0 y 36.5, en el área de los ríos Coatzacoalcos y San Pedro-San Pablo (Czitrom et al., 1988b).

### 3.6 MASAS DE AGUA:

La estratificación vertical de masas de agua en el Golfo de México, ha sido definida por diversos autores (Parr, 1935 y 1937; Wust, 1964; Armstrong y Grady, 1967 y 1968; Nowlin, 1971 y 1972; Schroeder et al., 1974; Elliot, 1982; entre otros).

La estructura básica de esta estratificación, se compone de cinco a siete masas de agua principales, caracterizadas por su salinidad, temperatura y contenido de oxígeno. Las características de las masas de agua descritas en el Golfo de México se resumen en el Cuadro 3.1 y la figura 3.5.

### 3.7 PATRONES DE CIRCULACION SUPERFICIAL:

Los patrones de circulación superficial en el Golfo de México, han sido descritos por diversos autores (Ichiye, 1962; Leipper, 1970; Nowlin, 1971; Maul, 1977; Vukovich et al., 1979; entre otros). El principal flujo de agua que penetra al Golfo, proviene del Mar Caribe a través del Canal de Yucatán (Corriente de Yucatán) (Fig. 3.6). Durante el invierno, esta corriente cálida y salina fluye hasta las latitudes de 25 a 28° N, donde vira hacia el sur conformando la llamada Corriente de Lazo (Loop

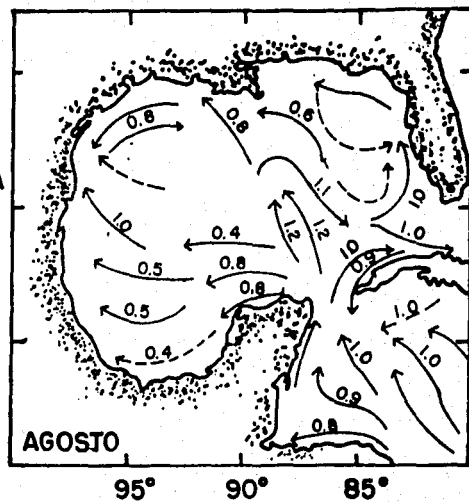
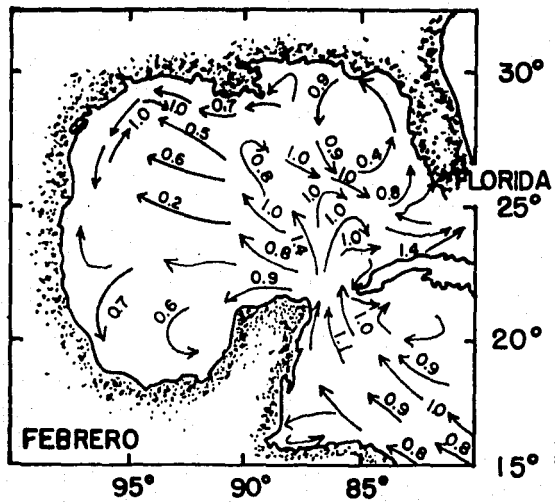
CUADRO 3.1 - PRINCIPALES MASAS DE AGUA DESCRITAS EN EL GOLFO DE MEXICO

MASA DE AGUA	CARACTERISTICAS GENERALES	FUENTE BIBLIOGRAFICA
SUBTROPICAL CARIBEÑA	Se forma en el Mar Caribe, reconociéndose en su núcleo una salinidad de 35.9 a 36.2 y una temperatura de más de 27°C.	Wüst, 1964; Schroeder et al., 1974.
SUPERFICIAL- OCCIDENTAL DEL GOLFO	Se forma debido a una alta evaporación en la parte occidental del Golfo de México. Presenta una salinidad entre 36.4 y 36.5, la cual se ha considerado como el resultado de la mezcla vertical de la masa de agua subtropical.	Wüst, 1964; Schroeder et al., 1974; Elliott, 1982.
Las masas de agua descritas (Subtropical Caribeña y Superficial Occidental) del Golfo, conforman la capa mezclada superficial y ésta, en general, se presenta desde la superficie hasta aproximadamente los 100 m de profundidad (Nowlin, 1971).		
SUBSUPERFICIAL SUBTROPICAL	Se forma en el Mar de los Sargazos en el Atlántico Norte. Su núcleo se caracteriza por un máximo de salinidad a una profundidad de 100 a 200 m. Su salinidad varía de 36.8 en el Caribe a 36.5 en el Golfo de México, donde emerge con la masa de agua superficial occidental del Golfo.	Wüst, 1964; Armstrong y Grady, 1968.
AGUA DE OXIGENO MINIMO	Se localiza entre los 300 y 900 m de profundidad. Presenta concentraciones de oxígeno entre 2.6 y 3.4 ml/l, con salinidades de 36.4 a 35 y temperaturas de 18 a 7.5°C (ambos parámetros disminuyen a profundidad).	Nowlin, 1971.
INTERMEDIA ANTARTICA	Se caracteriza por un máximo de salinidad en su núcleo entre los 400 y 1,000 m. Su salinidad varía de 34.65 en el Caribe suroccidental a 34.9 en la parte occidental del Golfo. Se presenta a profundidades promedio de 700 a 1,200 m, aunque otros la sitúan de 900 a 1,100 m.	Wüst, 1964; Armstrong y Grady, 1968; Nowlin, 1971.
PROFUNDA NORATLANTICA	Se forma por la mezcla del sobretlujó de la Masa de Agua Noruega y la Intermedia Mediterránea. Se caracteriza por un máximo de salinidad secundario. Su salinidad promedio los 34.96-34.99 y su temperatura los 3.7-3.8°C. Su profundidad se estima entre los 1,100 a 2,800 m (según autor).	Armstrong y Grady, 1968; Nowlin, 1971; Wüst, 1964.
DE LA CUENCA DEL GOLFO	Constituye la única agua indígena del Golfo y se deriva del agua de la Cuenca de Yucatán y en parte de un flujo del Atlántico que penetra por el Estrecho de Florida. Presenta una temperatura (4°C), una salinidad (35) y un contenido de oxígeno (4.8 ml/l) casi constante.	Carder et al., 1977; Hurley y Fink, 1963; Neumann y Ball, 1970; Poag, 1981.

Current), la cual por un lado, fluye a través del Estrecho de Florida hacia el Atlántico, conformando parte de la Corriente del Golfo (Gulf Stream); y por otro lado, forma un giro anticiclónico prominente que influencia la plataforma oeste de Florida (Nowlin, 1971). En el verano, el comportamiento de la Corriente de Yucatán es menos intenso (Vukovich et al., 1979), fluyendo predominantemente hacia la Bahía de Campeche y las costas orientales de México hacia el norte (Nowlin, 1971) (Fig. 3.6).

Otra parte integral de la circulación del Golfo de México, son los giros anticiclónicos y ciclónicos que se separan de la Corriente de Lazo (Nowlin y McLellan, 1967; Cochrane, 1972); estos fluyen predominantemente hacia la región occidental como cuerpos de agua cálidos y salinos; al llegar a la plataforma continental fluyen hacia el sur paralelos a la línea de costa (Poag, 1981). En invierno, esta corriente denominada como Corriente Mexicana (Sturges y Blaha, 1976), llega a influenciar hasta la Bahía de Campeche, mientras que en el verano solo presenta su influencia hasta la altura del Estado de Texas, debido a que, durante esta época, choca con la Corriente de Yucatán (Nowlin, 1971).

La Bahía de Campeche muestra una circulación superficial predominantemente ciclónica (Molinari et al., 1978; Merrell y Morrison, 1981). Este tipo de circulación comienza a expresarse en el mes de julio sobre la costa oeste de la Península de Yucatán, se desarrolla y extiende a toda la Bahía de agosto a septiembre y persiste hasta marzo. Durante abril el giro tiende a desvanecerse, y durante mayo y junio la circulación se presenta de este a oeste (Monreal-Gómez y Salas de León, en prensa).





CAPITULO 4.0  
-METODOLOGIA-

Para la realización del presente estudio se utilizaron seis núcleos de sedimentos, colectados mediante un nucleador de Gravedad tipo "Gran Diametro", durante la Campaña Oceanográfica IMECO-I(JS-84) (Investigación Multidisciplinaria en el sur del Golfo de México: Marco Físico-Ambiental, Gufmica e Hidrocarburos, Fitoplancton y Productividad, Geología, Ictioplancton y Peces), realizada a bordo del B/O "Justo Sierra", en febrero de 1984.

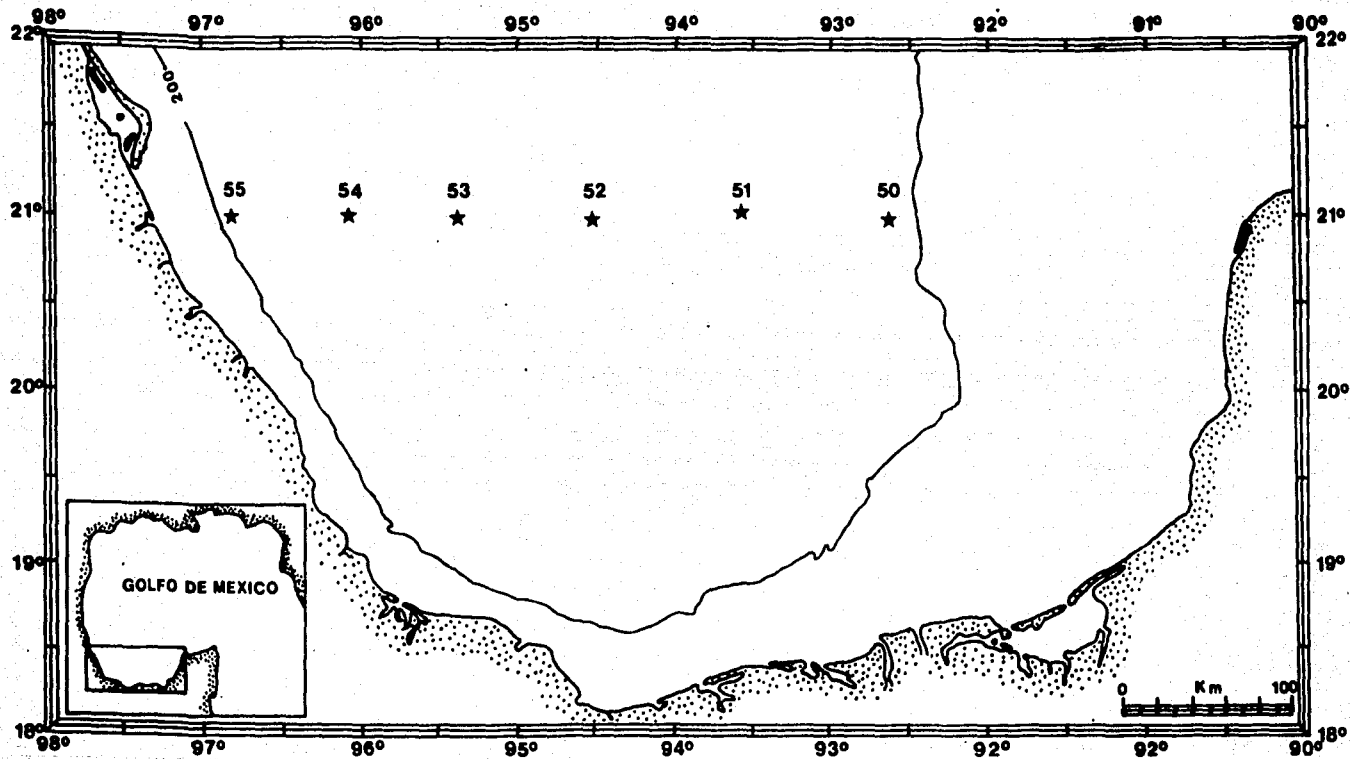
La localización de los núcleos, la profundidad de muestreo y su longitud, se presentan en la Tabla y figura 4.1:

T A B L A - 4.1

NUCLEO IMECO-I	LATITUD N	LONGITUD W	PROFUNDIDAD (m)	LARGO (cm)
N50	20° 59.9'	92° 09.9'	2,680	193.5
N51	21° 01.5'	93° 35.3'	2,240	162.0
N52	20° 59.7'	94° 30.3'	3,255	102.5
N53	20° 59.7'	95° 24.1'	2,735	147.8
N54	21° 00.0'	96° 06.1'	1,988	171.2
N55	21° 00.2'	96° 48.8'	233	214.5

#### 4.1 MUESTREO DE SECUENCIAS SEDIMENTARIAS

Los núcleos fueron seccionados longitudinalmente en el laboratorio y una de las mitades se guardó como testigo bajo refrigeración a 4° C. De la otra mitad se obtuvieron las submuestras para el presente estudio. Estas se tomaron de 0 a 2 cm, de 2 a 5 cm y las siguientes cada 10 cm de profundidad con un



grosor de 2 cm (10-12, 20-22, etc.), en toda la longitud de cada núcleo. De cada una de éstas se tomó una fracción para su análisis, conforme a los distintos requerimientos, que a continuación se describen brevemente:

#### 4.2 FORAMINIFEROS

Para el análisis micropaleontológico de foraminíferos, se siguió la técnica de Newmann (1967), en donde se tomaron 10 gr de sedimento por muestra y se lavaron con agua corriente, en un tamiz con abertura de malla de 0.0625 mm, con el objeto de eliminar los limos y las arcillas, el sedimento que quedó en la malla se secó en un horno y posteriormente se fraccionó por medio de un cuarteador tipo Otto hasta obtener una alicuota que contuviera entre 450 y 500 ejemplares de foraminíferos planctónicos para la determinación de las especies y la cuantificación de sus abundancias relativas.

Dado que el presente trabajo no fue de carácter sistemático, solo se incluyó una lista de las especies de foraminíferos planctónicos encontrados, junto con su referencia original para su reconocimiento (ver Anexo C).

Una vez determinadas las diferentes especies de foraminíferos y obtenido sus abundancias relativas (%) respectivas, se determinó el marco bioestratigráfico y se infirieron los cambios climáticos y oceanográficos en el área de estudio, de la siguiente forma:

#### 4.2.1 MARCO BIOESTRATIGRAFICO Y CORRELACION DE SECUENCIAS.

Se determinaron los patrones de frecuencia (%) de las especies de foraminiferos planctonicos a lo largo y entre las secuencias. Con base en ello se delimitaron las Zonas y subzonas presentes en cada secuencia, para ubicar los eventos paleoclimaticos en el tiempo y establecer una correlacion bioestratigrafica entre estas.

Aunado a los patrones de frecuencia de las especies de foraminiferos, se determinaron los cambios en la dominancia de la direccion de enrollamiento de la testa de G. truncatulinoides, como un parametro adicional de correlacion entre las secuencias. Para definir tal dominancia, se obtuvo un promedio de 100 individuos de una fraccion de las muestras no utilizada previamente y se determino el porcentaje de formas dextrogiras y levogiras. Con estos porcentajes se construyeron curvas de frecuencia para cada secuencia. Para determinar la direccion del enrollamiento, se aplico la convencion de gasteropodos (Bolli, 1950 y 1951; Ericson et al., 1954), en donde se considera que una testa tiene enrollamiento dextrogiro, cuando al observarse en posicion dorsal, las camaras han sido añadidas en el sentido de las manecillas del reloj.

#### 4.2.2 FLUCTUACIONES DE TEMPERATURA

Para determinar las fluctuaciones relativas de temperatura durante el Cuaternario tardio, se definieron Asociaciones Climaticas de foraminiferos planctonicos, con base en aquellas especies que son reportadas en la literatura, como indices de variaciones de temperatura y que presentaron oscilaciones

constantes y características en sus abundancias relativas a lo largo de las secuencias en estudio. Estas se discuten en el capítulo 5.3.

Una vez establecidas dichas asociaciones, se construyeron curvas de las abundancias relativas de cada asociación, para su discusión. Tales curvas se presentan en el capítulo 5.3.

#### 4.2.3 VARIACIONES FAUNISTICAS Y LA DINAMICA OCEANICA

Para inferir la relación entre los cambios de las biofacies dominantes de foraminíferos planctónicos del área de estudio durante el Cuaternario tardío y las probables condiciones climáticas y oceánicas de esta cuenca y la dinámica oceánica del Atlántico, se constituyeron Conjuntos Faunísticos, con base en: (1) la distribución geográfica que las especies presentan en la actualidad, a nivel de Zonas Zoogeográficas (transicional, subtropical, tropical), tomando como base la división propuesta por Bé y Tolderlund (1971) para el Atlántico, y (2) La similitud y relación constante en los patrones de las abundancias relativas de las especies, en las secuencias.

Una vez conformados dichos conjuntos, se obtuvieron sus abundancias relativas acumulativas, a partir de las cuales se discuten las variaciones en la dominancia de estos y se establece su posible relación con la dinámica oceánica y climática global.

La distribución actual de las especies en el Atlántico Norte, Mar Caribe y Golfo de México, así como sus límites de tolerancia ambiental se resume en el Anexo C.

#### 4.3 FRACCION GRUESA DE LOS SEDIMENTOS

Con la finalidad de reconocer eventos y/o tendencias distintivas en el depósito de sedimentos finos/gruesos entre los períodos glacial e interglacial, como un criterio adicional de información climática, se determinaron las concentraciones de la fracción gruesa de los sedimentos (mayor a 0.0625 mm). Para ello, se lavaron con agua corriente 10 gr de sedimento por muestra, en un tamiz con abertura de malla de 0.0625 mm, para eliminar la fracción fina de los sedimentos (limos y arcillas). Posteriormente se obtuvo el peso (seco) de la fracción gruesa y se determinó su porcentaje en la muestra total. Con los valores obtenidos se construyeron curvas de porcentaje de sedimentos gruesos.

#### 4.4 CONCENTRACION TOTAL DE CARBONATOS

La concentración total de carbonatos en los sedimentos, se determinó como un parámetro más de cambios climáticos globales. Para ello se utilizó una fracción de las muestras, sin procesar previamente, mediante un análisis manométrico basado en el Calcímetro de Bernard, modificado por L. Rosales Hoz (comunicación personal) y fue realizado en el Laboratorio de Química Marina y Contaminación del ICMYL. Esta técnica consiste esencialmente de los siguientes pasos:

La columna del Calcímetro se llenó con una solución saturada de NaCl, hasta nivelarlo con el cero de la columna, llenando la bureta del sistema con HCl al 50% ( $d = 1.18 \text{ g/cm}^3$ ). Se conectó un matraz con 0.1 gr de sedimento pulverizado al sistema, con lo cual se tuvo un desplazamiento de la columna, al nivelar las

burbujas del sistema se obtuvo el Volumen (1) desplazado. Se le adicionaron 4 ml del HCl al matraz y se agitó hasta que todo el CO<sub>2</sub> fue desprendido. Se nivelaron nuevamente las burbujas y se anotó el nuevo Volumen (2) desplazado. Por cada muestra se siguió el procedimiento descrito por duplicado.

Una vez determinados los volúmenes (1 y 2), estos fueron aplicados a la siguiente fórmula:

$$\%CaCO_3 = ((Vol. 2 - Vol. 1) - ml. de HCl \times F) \times 10$$

donde el Factor (F) se calcula a partir de la Ecuación de los Gases Ideales:  $PV=nRT$ , donde  $n= 9.991 \times 10^{-3}$  moles para 1 gr de CaCO<sub>3</sub>,  $R= 0.082$  lit atm/Kmol,  $T= ^\circ K$ , y  $P= atm$ .

Dado que el valor de "n" es con base en 1 gr, la fórmula se multiplica por 10, ya que se utilizó 0.1 gr de sedimento por muestra.

## CAPITULO 5.0

## -RESULTADOS Y DISCUSION-

Con el propósito de facilitar el análisis e interpretación de los datos obtenidos, este capítulo se dividió en los siguientes incisos:

- 5.1 -Especies de Foraminíferos Planctónicos.
- 5.2 -Marco Bioestratigráfico y Correlación de Secuencias Sedimentarias.
- 5.3 -Fluctuaciones Climáticas.

## 5.1 -ESPECIES DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS-

Se determinó un total de 32 especies de foraminíferos planctónicos, correspondientes a 10 géneros. Conforme a los objetivos del presente estudio, del total de especies solo se consideraron aquellas que, además de su carácter bioestratigráfico y/o ambiental, presentaron un patrón característico de sus abundancias relativas, en las secuencias.

Para la determinación de las diferentes especies se consultó la bibliografía especializada (Lamb y Beard, 1972; Stainforth et al., 1975; Bolli y Saundérs, 1985).

Estas especies fueron: Globigerina bulloides d'Orbigny, G. calida calida Parker, G. falconensis Blow, G. pachyderma (Ehrenberg), G. rubescens Hofker, Globigerinita glutinata (Egger), Globigerinoides conglobatus (Brady), G. elongatus (d'Orbigny), G. ruber (d'Orbigny), G. trilobus sacculifer (Brady), G. trilobus trilobus (Reuss), Neoglobobuadrina dutertrei (d'Orbigny), Orbulina universa d'Orbigny, Hastigerina siphonifera



-TABLA 5.1-

Lista de especies de foraminíferos planctónicos y abundancias relativas (%) en la secuencia sedimentaria INECO-1 (JS-04) N50.

ESPECIES	SECCION (cm)																				
	0-2	2-5	10-12	20-22	30-32	40-42	50-52	60-62	70-72	80-82	90-92	100-102	110-112	120-122	130-132	140-142	150-152	160-162	170-172	180-182	190-192
<u>Globigerina bulloides</u>	3.3	5.4	0.3	1.0	1.0	0.0	1.5	1.0	2.1	0.3	1.9	1.6	0.6	1.2	2.9	1.2	3.0	3.7	1.0	1.2	2.2
<u>G. calida calida</u>	2.2	4.0	3.6	1.0	2.6	1.1	1.2	3.5	2.4	3.1	2.0	1.6	2.2	2.4	1.9	3.3	3.3	2.3	1.2	1.5	0.9
<u>G. falconensis</u>	0.0	0.3	0.3	0.7	0.7	0.0	0.9	1.2	0.0	0.0	0.6	1.9	1.6	0.6	0.0	1.0	0.0	3.1	1.2	0.0	0.0
<u>G. pachyderma</u>	0.7	1.4	0.7	1.6	0.7	0.0	0.9	1.5	1.0	2.2	3.4	2.6	5.9	3.6	2.5	6.6	0.0	4.2	9.2	4.2	5.9
<u>G. rubescens</u>	1.5	0.7	0.3	1.0	1.0	0.0	3.2	2.0	3.0	0.0	1.2	1.9	0.0	0.0	0.0	1.0	1.3	0.6	1.2	0.0	0.3
<u>Globigerinita glutinata</u>	0.7	3.6	1.3	0.0	1.3	0.7	3.2	2.3	1.2	1.5	3.4	2.6	1.6	2.7	0.0	1.0	1.3	0.0	0.3	0.0	0.0
<u>Globigerinoides conglobatus</u>	1.9	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.6	0.0	0.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
<u>G. elongatus</u>	0.5	0.3	3.7	5.9	2.9	2.2	2.3	2.6	0.6	3.4	4.7	0.6	1.9	6.0	0.3	10.0	6.3	5.1	2.5	2.7	0.6
<u>G. ruber</u>	52.2	46.9	52.9	35.4	46.4	52.7	50.9	51.0	50.0	45.2	52.5	46.0	41.3	37.7	30.1	37.3	49.7	36.5	49.5	54.6	45.7
<u>G. trilobus macculifer</u>	1.0	2.9	3.7	4.9	3.9	7.6	3.2	5.0	6.0	7.4	3.4	7.1	2.0	3.0	11.7	1.5	1.6	10.0	4.3	4.0	4.3
<u>G. trilobus trilobus</u>	1.0	2.9	3.9	3.0	4.2	4.7	0.1	6.1	6.3	0.0	7.5	3.9	7.0	6.9	7.3	7.2	6.6	7.6	3.4	5.4	3.1
<u>Globobulimina crassaformis</u>	0.7	0.4	0.0	0.0	0.3	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.7	9.9	13.3	4.2	3.0	2.0	4.0	0.0	3.4
<u>G. inflata</u>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.2	1.2
<u>G. menardii menardii</u>	3.7	3.2	6.5	6.6	6.5	5.4	2.6	2.3	0.6	2.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0
<u>G. tunida tunida</u>	1.0	1.0	1.6	4.3	4.2	2.9	1.5	1.2	2.4	1.5	0.6	1.9	0.9	1.5	1.6	0.0	0.3	0.6	0.0	0.0	0.0
<u>G. truncatellinoides</u>	4.0	4.0	0.2	11.1	5.2	4.0	4.4	3.5	4.0	4.9	2.2	1.9	4.7	3.6	3.5	0.0	0.3	1.7	4.0	7.2	7.1
<u>Hastigerina siphonifera</u>	2.2	1.4	1.0	2.0	4.2	2.2	2.3	0.6	0.9	2.2	2.2	2.9	1.6	1.5	5.4	6.9	0.3	5.1	3.1	3.6	5.9
<u>Neoglobobulimina detertrei</u>	1.0	1.4	3.9	2.3	2.3	4.3	6.1	7.3	9.5	9.5	0.7	7.1	9.3	7.2	5.4	1.2	3.3	7.9	0.6	10.4	11.0
<u>Orbulina universa</u>	3.3	2.2	1.6	5.2	3.6	2.2	1.7	1.5	1.5	4.3	2.2	5.5	4.3	6.0	0.9	3.9	6.3	2.6	2.0	1.0	3.1
<u>Pulleniatina obliquiloculata</u>	0.5	4.7	4.5	11.0	7.5	7.2	4.1	4.1	3.0	1.2	1.9	0.6	3.4	1.5	1.6	0.3	1.6	1.1	0.3	0.0	0.6

-T A B L A 5.2-

Lista de especies de foraminíferos planctónicos y abundancias relativas (%) en la secuencia sedimentaria INECO-1 (IS-84) NSI

ESPECIES	SECCION (cm)																	
	0-2	2-5	10-12	20-22	30-32	40-42	50-52	60-62	70-72	80-82	90-92	100-102	110-112	120-122	130-132	140-142	150-152	160-162
<u>Globigerina bulloides</u>	2.6	2.6	3.1	1.0	1.0	0.4	1.2	3.7	6.4	7.1	6.0	7.8	3.9	5.5	3.0	3.4	5.2	5.4
<u>G. calida calida</u>	1.4	2.6	1.0	3.1	2.4	3.1	4.0	1.7	1.3	1.3	1.4	4.6	2.1	1.1	2.9	3.0	3.5	1.9
<u>G. falconensis</u>	0.2	0.0	0.0	0.0	0.9	2.4	1.4	3.4	0.3	5.3	10.1	10.5	9.2	9.2	10.1	7.3	15.8	9.3
<u>G. pachyderma</u>	1.2	2.1	3.5	0.7	3.1	4.0	4.9	4.4	3.2	3.0	2.1	0.2	2.3	0.6	0.2	0.2	0.2	0.5
<u>G. rubescens</u>	3.3	1.4	0.0	2.2	1.1	3.3	4.7	3.4	2.3	1.5	3.5	6.6	5.1	2.7	2.7	2.1	5.4	3.0
<u>Globigerinita glutinata</u>	4.0	2.9	0.4	3.6	3.1	5.1	4.7	5.6	6.2	3.3	0.5	6.1	4.1	4.2	2.0	3.0	4.0	6.0
<u>Globigerinoides conglobatus</u>	0.5	0.2	0.4	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.2	0.9	0.7
<u>G. elongatus</u>	3.3	6.7	3.7	2.9	3.1	1.6	2.1	1.0	5.7	1.1	0.5	15.3	0.5	3.4	5.0	9.0	0.9	3.1
<u>G. ruber</u>	40.2	51.2	46.1	50.3	40.9	47.2	45.0	10.5	43.0	40.7	35.4	26.3	27.0	34.5	25.3	30.6	23.0	30.2
<u>G. trilobus succulifer</u>	2.6	3.1	4.2	2.5	4.6	4.4	4.2	4.4	4.5	2.4	0.5	0.5	0.2	1.9	1.6	7.1	5.0	4.5
<u>G. trilobus trilobus</u>	3.0	3.3	4.8	3.0	6.4	0.6	4.2	5.9	6.6	6.0	2.6	2.7	1.2	1.7	1.3	6.4	4.3	3.3
<u>Globorotalia crassaformis</u>	0.7	0.2	0.6	0.4	0.9	1.3	4.0	6.3	5.7	3.3	3.1	5.1	0.0	5.9	11.0	5.1	4.5	6.6
<u>G. inflata</u>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.9	0.5	0.7	1.2	3.4	12.4	6.4	0.0	6.6
<u>G. senardi senardii</u>	3.3	3.3	0.1	5.6	3.3	1.3	1.6	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
<u>G. tumida tumida</u>	0.0	0.5	1.3	0.4	0.7	1.1	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<u>G. truncatulinoides</u>	5.1	4.5	5.4	5.2	3.0	3.5	2.6	2.9	2.6	4.4	0.9	1.0	1.2	2.3	0.0	1.1	0.9	1.7
<u>Hastigerina siphonifera</u>	1.9	1.2	1.7	3.6	1.1	2.0	2.6	1.0	1.5	1.1	2.3	1.9	7.1	3.9	3.0	4.5	4.3	2.1
<u>Neogloboquadrina dutertrei</u>	1.4	1.4	3.3	1.3	2.9	1.6	3.1	4.4	4.5	4.4	2.6	0.2	0.7	1.7	0.2	0.2	0.6	1.7
<u>Orbulina universa</u>	2.3	1.9	2.7	4.3	1.0	3.1	1.9	2.0	1.1	1.0	1.9	1.0	1.9	6.1	2.2	0.0	2.6	1.9
<u>Pulleniatina obliquiloculata</u>	6.3	5.7	6.3	3.4	2.4	1.3	1.2	0.7	0.6	0.4	0.0	0.2	0.2	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0

- T A B L A 5.3 -  
 Lista de especies de foraminíferos planctónicos y abundancias relativas (%) en la secuencia sedimentaria  
 INECO-1 (15-84) NS2.

ESPECIES	SECCION (cm)												
	0-2	2-5	10-12	20-22	30-32	40-42	50-52	60-62	70-72	80-82	90-92	100-102	
<u>Globigerina bulloides</u>	6.6	6.5	4.1	4.4	3.5	4.5	5.5	5.4	2.6	2.4	3.5	3.3	
<u>G. calida calida</u>	3.9	2.4	3.3	1.9	2.4	3.2	2.8	1.7	3.4	3.4	2.9	3.5	
<u>G. falcouensis</u>	0.0	0.6	0.0	0.0	0.4	0.6	0.0	0.0	0.6	1.0	1.5	0.0	
<u>G. pachyderma</u>	2.3	2.0	1.8	2.9	2.2	3.9	3.2	1.7	1.5	2.6	2.1	2.1	
<u>G. pubescens</u>	3.1	4.7	2.3	1.9	1.6	3.0	4.7	0.2	3.4	3.6	2.1	3.5	
<u>Globigerinita glutinata</u>	6.9	4.6	2.1	4.2	4.9	3.5	5.1	1.7	3.0	3.4	4.2	3.9	
<u>Globigerinoides conglobatus</u>	0.0	0.2	0.2	0.4	0.4	0.0	0.2	0.8	0.4	0.2	0.0	0.6	
<u>G. elongatus</u>	6.0	4.9	6.0	7.2	6.5	4.3	6.2	6.5	4.7	3.0	5.2	6.0	
<u>G. puber</u>	43.2	41.1	43.0	43.7	40.3	47.6	44.3	43.4	46.0	44.9	41.7	46.9	
<u>G. trilobus trilobus</u>	6.0	4.7	2.5	6.1	4.3	4.3	4.3	5.0	3.0	3.2	3.0	3.7	
<u>G. trilobus vacuolifer</u>	2.5	3.9	3.5	5.1	3.5	3.5	5.1	6.3	5.1	7.4	5.4	4.4	
<u>Globorotalia crassatornis</u>	0.2	0.6	0.0	0.4	0.2	1.1	0.4	0.8	0.4	1.0	2.3	0.0	
<u>G. inflata</u>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<u>G. menardii menardii</u>	3.3	4.5	6.2	3.2	5.9	1.7	3.0	6.0	2.1	2.4	1.7	1.5	
<u>G. tumida tumida</u>	1.2	0.2	2.1	1.1	2.6	0.7	0.2	1.3	0.9	0.4	0.2	0.6	
<u>G. truncatulinoidea</u>	2.7	3.3	5.4	4.2	5.3	2.0	2.3	4.2	2.0	3.4	2.5	1.9	
<u>Hastigerina siphonifera</u>	2.3	1.6	2.2	2.3	2.6	2.4	2.0	0.0	2.0	3.0	2.3	1.9	
<u>Neogloboquadrina dutertrei</u>	2.1	4.9	3.5	4.4	3.5	2.0	3.4	4.6	3.0	3.0	7.5	6.2	
<u>Orbulina universa</u>	0.2	4.3	3.1	0.0	2.9	0.6	2.0	1.9	2.3	2.6	1.5	2.9	
<u>Pollenatina obliquiloculata</u>	2.9	1.4	4.1	1.9	5.1	2.6	2.2	6.0	2.3	2.2	2.3	3.1	

-T A B L A 5.4-

Lista de especies de foraminíferos planctónicos y abundancias relativas (%) en la secuencia sedimentaria INECO-1 (JS-84) N53.

SECCION (cm)	0-2	2-5	10-12	20-22	30-32	40-42	50-52	60-62	70-72	80-82	90-92	100-102	110-112	120-122	130-132	140-142
<u>Globigerina bulloides</u>	4.5	2.0	2.6	3.0	3.6	2.2	3.7	4.0	8.2	13.4	10.3	16.1	5.8	10.2	11.7	12.7
<u>G. calida calida</u>	4.8	2.6	3.2	2.6	3.2	2.9	4.3	4.1	4.2	3.2	5.9	3.0	3.8	6.5	4.2	3.2
<u>G. falconensis</u>	0.0	0.2	0.0	0.0	0.8	0.9	1.4	1.7	3.5	1.9	4.2	3.9	3.6	2.8	4.4	2.3
<u>G. pachyderma</u>	0.5	1.4	1.6	2.2	2.9	3.2	6.0	4.8	4.9	5.1	0.5	2.1	0.7	1.6	1.0	3.4
<u>G. rubescens</u>	3.2	1.8	2.0	3.2	3.6	2.0	3.5	0.8	3.1	2.8	4.9	3.0	1.2	4.6	6.7	4.1
<u>Globigerinita glutinata</u>	5.7	2.2	3.8	7.2	5.9	3.6	4.9	5.6	6.0	6.9	4.6	5.0	4.3	4.8	7.7	7.5
<u>Globigerinoides conglobatus</u>	0.5	0.4	0.6	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	1.2	0.4	0.7
<u>G. elongatus</u>	4.3	4.7	4.6	3.4	3.8	2.0	1.4	1.7	3.7	3.9	10.3	7.7	10.8	7.2	8.0	7.7
<u>G. ruber</u>	49.3	44.0	45.5	42.4	41.7	43.3	40.9	39.3	35.5	31.9	22.0	20.9	15.6	19.5	17.5	19.7
<u>G. trilobus sacculifer</u>	4.5	4.5	3.6	4.8	2.7	4.9	4.5	5.0	5.4	2.3	0.5	0.2	4.3	3.2	2.7	1.8
<u>G. trilobus trilobus</u>	1.8	2.8	2.4	2.8	3.2	5.8	3.9	3.8	2.3	0.7	1.2	0.2	5.8	2.1	1.5	1.8
<u>Globobulimina crassaformis</u>	0.2	0.6	0.4	1.0	0.0	1.3	3.1	7.9	3.5	1.9	10.5	0.4	2.9	3.7	2.1	1.4
<u>G. inflata</u>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.9	2.0	4.1	18.8	15.3	12.7	11.8
<u>G. senardi senardi</u>	3.4	5.7	6.6	4.8	3.9	1.8	1.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<u>G. tunida tunida</u>	0.7	0.2	1.0	0.2	1.1	0.7	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<u>G. truncatulinoides</u>	0.5	5.7	3.8	3.2	4.8	4.5	1.6	3.3	1.6	1.6	1.5	1.4	0.5	2.1	0.6	2.0
<u>Hastigerina siphonifera</u>	3.6	1.6	3.6	2.6	3.6	3.6	3.1	1.7	3.3	3.9	5.1	8.6	6.3	4.2	6.9	3.2
<u>Neoglobobulimina gulertrai</u>	1.8	2.8	1.2	5.2	4.3	6.3	3.9	1.5	3.7	4.6	2.4	1.6	0.2	0.5	2.7	6.8
<u>Orbulina universa</u>	2.7	3.4	3.0	2.4	2.9	1.6	1.4	1.9	2.8	2.1	4.6	4.4	1.4	3.5	1.3	3.6
<u>Pulleniatina obliquiloculata</u>	4.8	5.5	6.2	3.2	3.6	3.6	2.5	2.3	1.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.2



- T A B L A 5.6 -

Lista de especies de foraminíferos planctónicos y abundancias relativas (%) en la secuencia sedimentaria ZMECO-1 (JS-04) MS.

ESPECIES	SECCION (cm)																						
	0-2	2-5	10-12	20-22	30-32	40-42	50-52	60-62	70-72	80-82	90-92	100-102	110-112	120-122	130-132	140-142	150-152	160-162	170-172	180-182	190-192	200-202	210-212
<i>Silberrinia pullidus</i>	6.3	5.3	11.3	9.3	11.2	9.9	8.9	8.1	9.0	9.7	5.9	5.8	6.5	9.7	8.3	6.8	6.4	6.4	4.7	2.7	6.1	8.6	3.3
<i>S. salda salda</i>	3.6	5.7	3.2	2.3	3.7	4.0	6.2	5.6	3.1	3.1	5.4	3.6	4.6	5.2	4.5	7.0	4.4	2.7	3.4	4.9	5.0	1.9	4.0
<i>S. insuarensis</i>	1.6	0.0	1.3	1.0	1.1	1.2	2.5	1.0	0.9	1.2	1.7	1.6	2.1	1.9	0.2	1.2	0.7	1.7	0.0	1.0	1.9	1.6	2.1
<i>S. pachyderma</i>	1.1	2.0	1.0	2.3	1.6	2.0	0.0	1.3	1.4	1.7	0.7	0.5	0.4	0.7	1.9	0.4	0.9	1.2	0.9	1.2	0.0	0.2	0.5
<i>S. rubescens</i>	2.0	1.0	0.7	0.0	0.5	1.2	0.0	0.5	1.4	0.7	4.2	6.7	3.3	5.0	0.7	0.4	1.2	1.5	0.0	3.5	3.9	2.1	0.0
<i>Silberrinia sjostromi</i>	1.1	1.6	3.2	2.5	2.5	4.0	3.9	5.0	8.5	4.3	3.9	10.1	5.9	6.7	0.7	1.9	3.6	3.9	4.2	7.1	1.7	3.7	3.5
<i>Silberrinoides camolobatus</i>	0.9	1.4	1.3	0.0	0.2	0.0	1.0	1.0	1.1	0.2	0.7	0.5	0.2	0.0	0.2	0.6	0.2	0.2	0.5	0.2	0.0	0.2	0.0
<i>S. planatus</i>	12.4	5.5	0.4	3.1	4.0	5.3	3.3	2.7	3.0	6.6	3.9	5.0	1.7	1.7	1.4	2.5	0.7	0.7	2.0	11.6	6.9	9.3	6.0
<i>S. ruber</i>	47.9	43.9	41.0	43.4	42.3	36.2	30.4	43.9	46.0	47.0	40.9	37.5	40.4	42.9	52.4	52.3	44.9	47.2	47.3	36.5	49.0	35.1	40.5
<i>S. trilobus succulifer</i>	2.0	3.6	1.3	2.1	1.4	2.3	4.5	1.5	0.9	2.6	2.0	1.1	1.5	1.9	3.3	3.1	6.4	1.7	4.0	0.7	1.1	2.0	3.0
<i>S. trilobus trilobus</i>	0.5	1.0	0.7	1.0	0.7	0.5	1.9	0.0	0.2	1.7	0.7	0.9	0.0	1.7	1.4	0.4	1.1	2.0	1.3	0.7	0.0	1.6	1.6
<i>Stenotrochammina grossularis</i>	2.3	1.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>S. julliatii</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>S. penardii penardii</i>	0.7	1.4	2.6	3.1	3.2	2.0	1.0	1.0	0.9	1.4	2.0	2.5	2.7	3.2	3.3	0.6	6.2	5.1	7.6	6.7	2.6	3.0	4.5
<i>S. tuxida tuxida</i>	0.0	0.0	0.3	0.0	0.9	1.2	2.1	2.5	1.6	1.2	2.0	2.0	2.3	0.7	1.1	0.0	3.3	2.4	5.1	4.9	2.4	1.6	0.5
<i>S. truncatulinoides</i>	6.1	6.9	7.1	6.2	6.9	5.1	3.0	3.0	6.7	4.0	5.4	4.7	6.1	0.2	6.7	5.1	0.7	7.6	10.0	6.9	5.9	0.2	6.3
<i>Neostrobammina siphonifera</i>	2.0	3.4	4.2	3.1	1.0	3.0	4.3	3.0	2.2	2.1	3.0	2.0	3.1	1.5	3.0	3.9	6.7	2.2	0.9	2.0	2.0	3.3	5.6
<i>Neostrobammina dutretoi</i>	1.6	0.6	1.3	1.5	1.4	1.6	1.0	0.0	0.9	2.6	1.0	0.9	0.0	0.7	1.0	0.2	0.4	1.5	1.1	1.0	0.9	0.9	0.2
<i>Orbulina universa</i>	3.4	3.0	2.9	3.3	3.2	4.1	2.1	3.1	1.4	2.1	1.2	1.4	2.5	0.7	0.7	1.2	0.0	1.5	1.0	0.2	0.9	1.4	4.0
<i>Polleninella obliquifurcata</i>	3.6	7.5	7.1	10.3	0.0	3.0	7.0	7.0	3.6	4.5	3.4	4.9	4.0	2.0	5.5	4.5	2.7	0.1	3.4	5.7	5.2	9.1	0.4

(d'Orbigny), Globorotalia crassaformis crassaformis (Galloway y Wissler), G. inflata (d'Orbigny), G. menardii menardii (Parker, Jones y Brady), G. truncatulinoides (d'Orbigny), G. tumida tumida (Brady) y Pulleniatina obliquiloculata (Parker y Jones).

Las abundancias relativas (%) de cada una de estas especies dentro de los diferentes niveles de las secuencias, se presentan en las Tablas 5.1 a 5.4

Las 13 especies no consideradas fueron: Candeina nitida d'Orbigny, Globigerina digitata Brady, G. incompta Cifelli, G. quinqueloba Natland, Globigerinoides teneilus Parker, Hastigerina aequilateralis (Brady), H. pelagica (d'Orbigny), Orbulina bilobata (d'Orbigny), Sphaerodinella dehicens (Parker y Jones), Globigerina sp A, Globigerina sp B y Globorotalia spp.

## 5.2 -MARCO BIOESTRATIGRAFICO Y

### CORRELACION DE SECUENCIAS SEDIMENTARIAS-

Un factor fundamental en la interpretación de eventos paleoclimáticos, es el de contar con un marco bioestratigráfico, que permita ubicar tales eventos en el tiempo y correlacionar estratigráficamente a las secuencias sedimentarias. Para ello se consideraron los siguientes aspectos:

- 1) Patrones de Frecuencia (%) de especies de foraminíferos planctónicos,
- 2) Frecuencia de enrollamiento de la testa de G. truncatulinoides,

### 5.2.1 -PATRONES DE FRECUENCIA (%) DE LAS ESPECIES DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS-

A lo largo de las secuencias sedimentarias, diferentes especies de foraminíferos planctónicos, presentaron cambios característicos y constantes de sus abundancias relativas (%) en las secuencias (Cuadros 5.1 a 5.6), lo que permitió establecer una zonación en las secuencias y correlacionarlas bioestratigráficamente.

Las especies que mostraron los patrones más significativos fueron las del Complejo Menardii (G. menardii menardii y G. tumida tumida) y G. inflata, mostrando una clara relación inversa en su presencia. El Complejo Menardii se observó desde la superficie hasta una determinada profundidad de las secuencias N50, N51, N53 y N54, así como en toda la longitud de N52 y N55 (Tablas 5.1 a 5.6). Por su parte, G. inflata se presentó desde la profundidad en que desapareció el Complejo Menardii, en las secuencias correspondientes, hasta la parte basal de las mismas.

Conforme a este comportamiento, se asignó como Zona Z (Holoceno) a aquellos sedimentos donde se presentó de forma constante el Complejo Menardii y Zona Y (Pleistoceno tardío) a aquellos donde se presentó G. inflata (Ericson y Wollin, 1956, 1968; Beard, 1973). La presencia consistente de G. inflata hasta la base de las secuencias mencionadas, sin presentarse nuevamente el Complejo Menardii, además de no haberse encontrado especies como Globorotalia flexuosa (Koch) y Globorotaloides hexagona (Natland), que representan a la Zona X (último interglacial del Pleistoceno tardío) (Kennett y Huddleston, 1972; Beard, 1973), determinó un alcance máximo dentro de la Zona Y en este estudio.

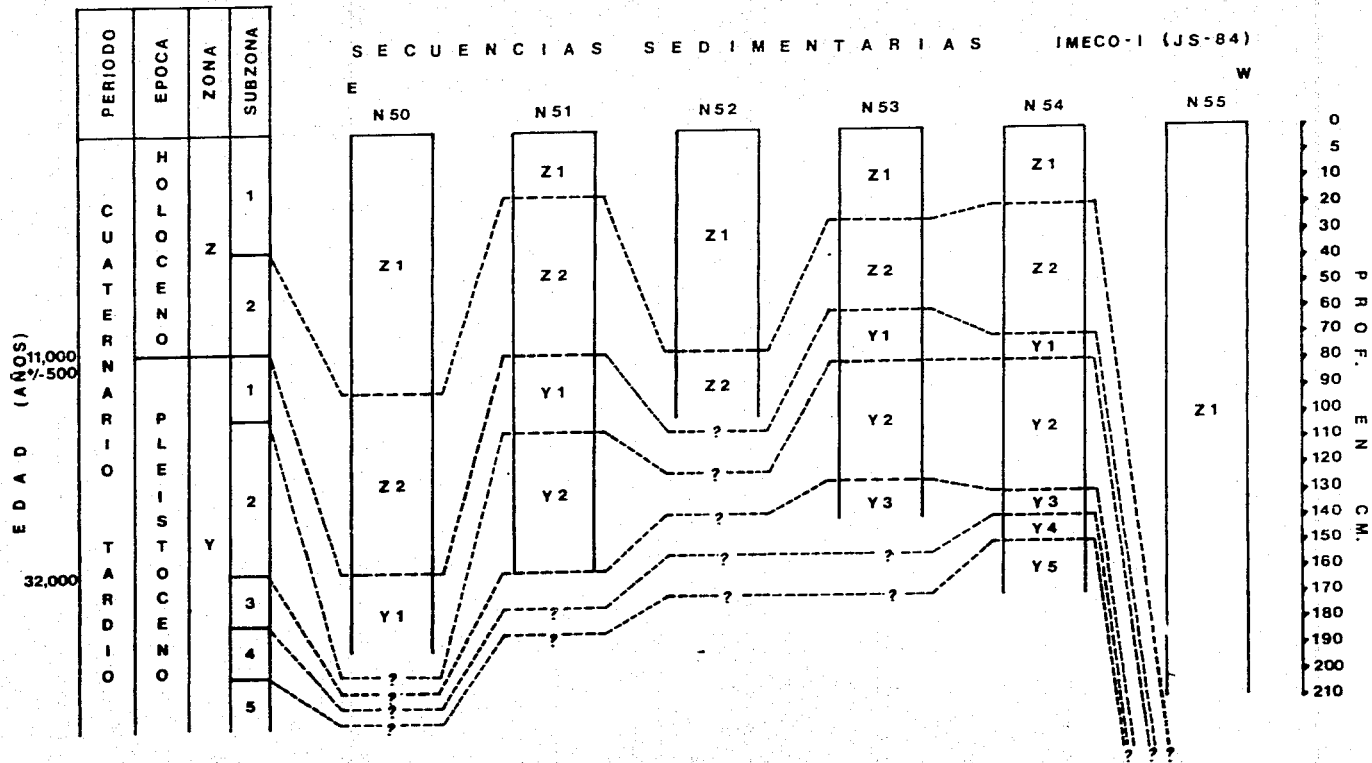


Las zonas definidas en las secuencias fueron divididas en subzonas, con base en las oscilaciones de las frecuencias de aquellas especies consideradas como índices bioestratigráficos, conforme a los criterios mencionados en el Anexo A (pag. ).

A continuación se presentan las subzonas asignadas a cada una de las secuencias, junto con los patrones de frecuencia de las diferentes especies (Cuadros 5.1 a 5.6). En la figura 5.1 se muestra el marco bioestratigráfico, las zonas y subzonas asignadas, junto con el grosor que éstas presentaron y la correlación entre las diferentes localidades.

En la secuencia N50 se definieron tres subzonas (Cuadro y Tabla 5.1). Parte de la subzona Y1, se determinó desde la base de la secuencia (190-192 cm) hasta el nivel de 160 cm, alrededor del cual se define el límite entre las subzonas Y1-Z2. Por encima de este nivel y hasta por debajo del de 90 cm de profundidad, las asociaciones llevaron a determinar a estos niveles dentro de la subzona Z2. Alrededor del nivel de 90 cm y probablemente hasta el de 80 cm, se reconoció el límite entre Z2 y Z1. Por último, la subzona Z1 se consideró desde el nivel de 80 cm hasta la superficie de la secuencia, asumiéndose, entre los 80 y 50 cm, un intervalo de transición entre las características que definen su límite inferior y las condiciones típicas que se alcanzan entre los 40 y 10 cm de profundidad.

En la secuencia N51 (Cuadro y Tabla 5.2), las subzonas reconocidas quedaron delimitadas de la siguiente forma. En la parte basal (160 cm) de la secuencia, se presentaron características que pueden ser correlacionables tanto con la parte temprana de Y2, como con el límite superior de Y3 (Anexo



A), ya que al no tener un mayor alcance, no se puede determinar si las frecuencias de las especies aumentaron abruptamente, lo que definiría a Y2, o gradualmente, en cuyo caso delimitaría a Y3. Debido a esta ambigüedad no se puede establecer con claridad el límite inferior de Y2, no obstante pudiera estar representado alrededor de los 160 cm de profundidad.

A 150 cm, la subzona Y2 se encuentra bien definida, mostrando su límite superior entre los 110 y 100 cm de profundidad. En este intervalo se apreció una mezcla de los componentes que delimitan las subdivisiones de la Y2 (Anexo A), por lo que no fue posible precisarias. Tal mezcla, pudiera ser un efecto de condiciones de depositación o bioturbación. Por encima del nivel de 100 cm y hasta alrededor de los 80 cm, se encontró representada la subzona Y1. La subzona Z2 a su vez, quedó comprendida por encima de este último nivel hasta un intervalo entre los 30 y 20 cm de profundidad, a partir del cual y hasta la superficie de la secuencia, quedó definida la subzona Z1.

La secuencia N52 (Cuadro y Tabla 5.3), solamente presentó un alcance dentro de la subzona Z2, sin tener representado su límite inferior. De la base de la columna (100 cm) a los 80 cm de profundidad, la fauna mostró características afines de la subzona Z2, estimándose su límite superior entre los niveles de 70 y 80 cm. A partir de los 70 cm y hasta la superficie, las especies mostraron características afines con la subzona Z1, aunque con fluctuaciones moderadas de sus abundancias en algunos niveles.

La secuencia N53 (Cuadro y Tabla 5.4), presentó un alcance hasta la parte superior de la subzona Y3, quedando comprendidas las diferentes subzonas de la siguiente manera: parte de la Y3,

CUADRO 5.1- PATRONES DE COMPORTAMIENTO EN LAS FRECUENCIAS DE DIFERENTES ESPECIES DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS A LO LARGO DE LAS SECUENCIA NSO.

ZONA	SUBZONA	PROF. (cm)	PATRONES DE COMPORTAMIENTO
		0-2	En los dos niveles superficiales, <u>G. menardii menardii</u> y <u>G. tunida tunida</u> tienden a disminuir sus abundancias.
		2-5	
		10-12	<u>G. menardii menardii</u> tiende a aumentar sus frecuencias a partir de los 80 cm, alcanza su máximo entre los 30 y 10 cm de profundidad. <u>G. tunida</u> y <u>P. obliquiloculata</u> , también aumentan hasta un máximo, a 20 cm y luego disminuyen. <u>G. ruber</u> y <u>G. truncatulinoides</u> con frecuencias altas pero sin tendencias definidas. <u>G. trilobus sacculifer</u> , presenta frecuencias moderadas. <u>M. dutertrei</u> presenta una tendencia definida a disminuir. <u>G. crassaformis</u> aparece aisladamente y con frecuencias muy bajas. <u>G. inflata</u> y <u>G. falconensis</u> están ausentes de estos niveles. <u>G. conglobatus</u> es un elemento inconsistente en la columna.
	Z1	30-32	
		40-42	
		50-52	
		60-62	
		70-72	
		80-82	
	Z	90-92	<u>G. menardii menardii</u> es consistente aunque con frecuencias bajas. <u>P. obliquiloculata</u> , <u>G. tunida tunida</u> y <u>G. truncatulinoides</u> empiezan a mostrar aumentos moderados en sus frecuencias. <u>G. crassaformis</u> y <u>G. falconensis</u> muestran su última aparición.
		100-102	
		110-112	
	Z2	120-122	<u>G. crassaformis</u> , <u>G. dutertrei</u> y <u>G. trilobus sacculifer</u> , alcanzan sus máximas frecuencias entre los niveles de 130 y 110 cm y luego tienden a disminuir. <u>G. menardii menardii</u> desaparece de estos niveles. <u>G. tunida tunida</u> es consistente excepto en 140 cm <u>P. obliquiloculata</u> muestra valores moderados a bajos, al igual que <u>G. truncatulinoides</u> esta no está presente en el nivel de 140 cm. <u>G. falconensis</u> presenta frecuencias moderadas a bajas y <u>G. inflata</u> desaparece desde los 150 cm hasta la superficie.
		130-132	
		140-142	
		150-152	
		160-162	Primera aparición del Grupo Menardii y última de <u>G. inflata</u> . <u>P. obliquiloculata</u> comienza a aumentar sus frecuencias y <u>G. ruber</u> muestra un decremento marcado. <u>G. crassaformis</u> y <u>G. truncatulinoides</u> disminuyen moderadamente sus frecuencias.
		180-182	
	Y	190-192	Altas frecuencias de <u>G. ruber</u> y <u>G. dutertrei</u> . Moderadas a bajas de <u>G. inflata</u> . <u>G. trilobus sacculifer</u> comienza a conformar altas frecuencias. <u>G. crassaformis</u> con frecuencias bajas. Ausencia total del Grupo Menardii. <u>P. obliquiloculata</u> con frecuencias mínimas en 190 y 170 cm; no se observó en 160 cm.

CUADRO 5.2- PATRONES DE COMPORTAMIENTO EN LAS FRECUENCIAS DE DIFERENTES ESPECIES DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS A LO LARGO DE LAS SECUENCIA NSI.

ZONA	SUBZONA	PROF. (cm)	PATRONES DE COMPORTAMIENTO
Z	Z1	0-2	<u>G. menardii menardii</u> y <u>G. tumida tumida</u> tienden a disminuir sus abundancias con respecto a su máximo alcanzado.
		2-5	
		10-12	El Complejo Menardii, <u>P. obliquiloculata</u> y <u>G. ruber</u> muestran frecuencias elevadas y alcanzan valores máximos. Se presentan decrementos en <u>G. trilobus sacculifer</u> y <u>M. dutertrei</u> . Se tiene la presencia consistente aunque pobre de <u>G. conglobatus</u> .
	Z2	20-22	
		30-32	Entre 40 y 30 cm, <u>G. crassaformis</u> y <u>G. falconensis</u> con frecuencias bajas, con incrementos moderados en <u>G. menardii menardii</u> , <u>P. obliquiloculata</u> y <u>G. truncatulinoides</u> y sin una tendencia clara en <u>G. tumida tumida</u> , <u>G. crassaformis</u> , <u>M. dutertrei</u> y <u>G. trilobus sacculifer</u> muestran frecuencias altas. <u>G. falconensis</u> tiende a disminuir rápidamente sus valores. <u>P. obliquiloculata</u> , <u>G. truncatulinoides</u> y el Complejo Menardii con frecuencias bajas a moderadas pero con una tendencia a incrementarlas.
		40-42	
		50-52	
		60-62	
	Y1	70-72	Ultima presencia de <u>G. inflata</u> en 70 cm, aunado a un decremento mayor de <u>G. ruber</u> y poca definición de <u>G. truncatulinoides</u> . Primera aparición de <u>G. menardii menardii</u> en 80 cm, tendencia a aumentar de <u>P. obliquiloculata</u> y ligero incremento en <u>G. crassaformis</u> . Frecuencias relativamente elevadas de <u>G. ruber</u> y <u>M. dutertrei</u> . <u>G. inflata</u> y <u>G. crassaformis</u> en continuo decremento. Aumento consistente en <u>G. trilobus sacculifer</u> .
		80-82	
90-92			
100-102		<u>G. ruber</u> , <u>M. dutertrei</u> y <u>G. inflata</u> muestran un decremento. Aumento distintivo en los valores de <u>G. crassaformis</u> .	
Y2	110-112		
	120-122	Entre 120 y 150 cm, <u>G. inflata</u> , <u>G. crassaformis</u> y <u>G. trilobus sacculifer</u> con valores moderados a máximos y decrecimiento hacia la superficie, tendencia que es similar en <u>G. crassaformis</u> y <u>G. trilobus sacculifer</u> ; <u>G. ruber</u> sin tendencia definida. Frecuencias moderadas a relativamente altas de <u>G. trilobus sacculifer</u> , <u>G. crassaformis</u> y <u>G. inflata</u> .	
	130-132		
	140-142		
	150-152		
160-162			
	Y3		

CUADRO 5.3- PATRONES DE COMPORTAMIENTO EN LAS FRECUENCIAS DE DIFERENTES ESPECIES DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS A LO LARGO DE LAS SECUENCIA WS2.

ZONA	SUBZONA	PROF. (cm)	PATRONES DE COMPORTAMIENTO
		0-2	<u>G. menardii menardii</u> tiende a disminuir sus abundancias, mientras <u>G. tunida tunida</u> y <u>P. obliquiloculata</u> disminuyen y luego aumentan ligeramente.
		2-5	
		10-12	
	Z1	20-22	En estos niveles, <u>G. menardii menardii</u> , <u>G. tunida tunida</u> , <u>P. obliquiloculata</u> y <u>G. truncatulinoides</u> muestran frecuencias elevadas. <u>G. ruber</u> con frecuencias relativamente altas. <u>G. trilobus sacculifer</u> y <u>H. dutertrei</u> presentan una disminución en sus abundancias.
		30-32	
Z		40-42	
		50-52	
		60-62	
		70-72	<u>G. crassaformis</u> mantiene frecuencias bajas, excepto en el nivel de 40 cm, <u>G. falcuensis</u> se muestra inconsistente y con frecuencias mínimas. <u>G. menardii menardii</u> y <u>G. tunida tunida</u> presentan incrementos moderados. <u>P. obliquiloculata</u> con valores moderados a bajos y <u>G. truncatulinoides</u> en aumento.
		80-82	
	Z2	90-92	Altas frecuencias de <u>H. dutertrei</u> , moderadas a altas de <u>G. trilobus sacculifer</u> y moderadas a bajas de <u>P. obliquiloculata</u> , <u>G. truncatulinoides</u> , <u>G. menardii menardii</u> , <u>G. tunida tunida</u> , <u>G. crassaformis</u> y <u>G. falcuensis</u> .
		100-102	

se determinó en los niveles de 140 y 130 cm, presentando su límite superior entre los niveles de 130 y 120 cm, ya que a partir de este último nivel se encontraron características propias de la parte basal de Y2. La parte media se estima en el nivel de 100 cm y la parte superior en 90 cm. En el nivel de 80 cm se observaron condiciones afines con el límite Y2/Y1, estimándose que alrededor de esta profundidad se encuentra el límite mencionado. Por encima de este nivel se encontró representada la subzona Y1, mostrando su límite con Z2 en torno al nivel de 60 cm. Entre este último y el de 30 cm, las tendencias de las especies se correlacionaron con la subzona Z2; delimitando de esta forma a la Z1 en los 30 cm superficiales.

En la secuencia N54 (Cuadro y Tabla 5.5), las subzonas quedaron comprendidas de la siguiente manera: la Y5 desde la base de la columna hasta alrededor de los 150 cm de profundidad, donde se reconoce el límite con Y4; en los 140 cm las tendencias son afines con las que definen la parte superior de Y4 y su límite con Y3, por lo que se estima dicho límite alrededor de este nivel. A 130 cm, se observan características que se pueden correlacionar tanto con la parte basal de Y2, como con el límite Y3/Y2, por lo que se considera que dicho límite puede estar representado alrededor de los 130 cm de profundidad. Entre los 120 y 100 cm, las tendencias de las especies son congruentes con las reportadas para la parte media de Y2, mientras que a 90 cm, lo son con la parte superior de Y2. Alrededor de los 80 cm se consideró el límite Y2/Y1, donde se observó una gran afinidad con los criterios de tal límite. En el nivel de 70 cm la fauna es comparable con el límite Y/Z, por lo que el límite entre el

CUADRO 5.4- PATRONES DE COMPORTAMIENTO EN LAS FRECUENCIAS DE DIFERENTES ESPECIES DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS, A LO LARGO DE LA SECUENCIA MS3.

ZONA	SUBZONA	PROF. (cm)	PATRONES DE COMPORTAMIENTO
		0-2	<i>G. menardii menardii</i> tiende a disminuir sus abundancias. <i>G. tunida tunida</i> las disminuye y posteriormente muestra un ligero incremento.
		2-5	
	Z1	10-12	Altas frecuencias del Complejo Menardii, <i>P. obliquiloculata</i> , <i>G. ruber</i> y <i>G. truncatulinoides</i> . <i>G. trilobus saccalifer</i> y <i>H. dutertrei</i> muestran fluctuaciones moderadas en sus frecuencias, con una tendencia general a decrecer.
		20-22	
	Z	30-32	Virtual extinción de <i>G. crassaformis</i> y aumentos moderados en <i>G. menardii menardii</i> , <i>G. tunida tunida</i> y <i>G. truncatulinoides</i> . <i>G. falconensis</i> disminuye y deja de ser un elemento consistente. <i>P. obliquiloculata</i> no varía con respecto al nivel anterior.
		40-42	Frecuencias elevadas de <i>H. dutertrei</i> y <i>G. trilobus saccalifer</i> . Abundancias moderadas a bajas en <i>P. obliquiloculata</i> , <i>G. falconensis</i> y el Complejo Menardii. Frecuencias moderadas de <i>G. crassaformis</i> y relativamente altas de <i>G. truncatulinoides</i> .
	Z2	50-52	
		60-62	Primera presencia de <i>G. menardii menardii</i> y desaparición de <i>G. inflata</i> , <i>G. ruber</i> y <i>P. obliquiloculata</i> en aumento consistente. Abundancias máximas de <i>G. crassaformis</i> y relativamente altas de <i>G. truncatulinoides</i> , aunque sin ser del todo consistentes.
		70-72	Frecuencias relativamente altas de <i>G. ruber</i> , máximas de <i>G. trilobus saccalifer</i> , moderadas de <i>H. dutertrei</i> y <i>G. crassaformis</i> , así como la última presencia de <i>G. inflata</i> .
	Y1	80-82	Máximas frecuencias de <i>H. dutertrei</i> , iniciándose un nuevo incremento en <i>G. crassaformis</i> , así como un continuo aumento de <i>G. ruber</i> y tendencia a desaparecer de <i>G. inflata</i> .
		90-92	Máximas frecuencias de <i>G. crassaformis</i> , reducción gradual de <i>G. inflata</i> y aumento distintivo en <i>G. ruber</i> .
	Y2	100-102	<i>G. inflata</i> muestra una fuerte tendencia a disminuir. <i>G. trilobus saccalifer</i> disminuye moderadamente.
		110-112	En estos niveles se tienen las máximas frecuencias de <i>G. inflata</i> . <i>G. crassaformis</i> con valores moderados.
		120-122	
	Y3	130-132	Incrementos distintivos de <i>G. trilobus saccalifer</i> , <i>G. crassaformis</i> y <i>G. inflata</i> .
		140-142	



CUADRO 3.5- PATRONES DE COMPORTAMIENTO EN LAS FRECUENCIAS DE DIFERENTES ESPECIES DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS, A LO LARGO DE LAS SECUENCIA M54.

ZONA	SUBZONA	PROF. (cm)	PATRONES DE COMPORTAMIENTO
		0-2 2-5	<u>G. senardii senardii</u> disminuye sus frecuencias y <u>G. tunida tunida</u> muestra una tendencia a incrementarse.
	Z1	10-12	Altas frecuencias de <u>G. senardii senardii</u> , <u>P. obliquiloculata</u> , <u>G. ruber</u> y <u>G. truncatulinoides</u> . <u>G. trilobus sacculifer</u> y <u>H. dutertrei</u> muestran decrementos.
Z	-----	20-22	Virtual eliminación de <u>G. crassaformis</u> , decremento en <u>G. falconensis</u> e incrementos moderados en el Complejo <u>Senardii</u> . <u>P. obliquiloculata</u> y <u>G. truncatulinoides</u> disminuyen ligeramente.
	Z2	30-32 40-42 50-52 60-62	Altas frecuencias de <u>H. dutertrei</u> , <u>G. trilobus sacculifer</u> y <u>G. crassaformis</u> ; frecuencias moderadas a bajas de <u>G. falconensis</u> , <u>G. senardii senardii</u> , <u>G. tunida tunida</u> , <u>P. obliquiloculata</u> y <u>G. truncatulinoides</u> .
-----		70-72	Aparición consistente del Complejo <u>Senardii</u> y <u>P. obliquiloculata</u> ; mientras que <u>G. truncatulinoides</u> muestra una tendencia a incrementar sus frecuencias.
	Y1	-----	Última presencia consistente de <u>G. inflata</u> , decremento en <u>G. crassaformis</u> ; <u>G. ruber</u> con tendencia a incrementar sus frecuencias.
		80-82	
		90-92	Máxima abundancia de <u>G. crassaformis</u> , reducción gradual de <u>G. inflata</u> y aumento distintivo en <u>G. ruber</u> .
	Y2	100-102 110-112 120-122	<u>G. inflata</u> muestra una fuerte tendencia a disminuir; <u>G. trilobus sacculifer</u> alcanza sus máximas frecuencias.
Y	-----	130-132	Máximas frecuencias de <u>G. inflata</u> y <u>G. trilobus sacculifer</u> ; <u>G. crassaformis</u> con valores moderados.
	Y3	-----	Frecuencias relativamente altas de <u>G. inflata</u> y <u>G. falconensis</u> ; elevadas en <u>G. bulloides</u> ; <u>G. trilobus sacculifer</u> con un abrupto incremento; <u>H. dutertrei</u> aumenta ligeramente.
	Y4	-----	
		150-152	Markado incremento en <u>G. inflata</u> e incremento distintivo en <u>G. falconensis</u> .
	Y5	160-162 170-172	Frecuencias moderadas de <u>G. inflata</u> , relativamente altas de <u>G. falconensis</u> , moderadas a altas de <u>H. dutertrei</u> y bajas de <u>G. crassaformis</u> .

CUADRO 5.6 - PATRONES DE COMPORTAMIENTO EN LAS FRECUENCIAS DE  
DIFERENTES ESPECIES DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS  
A LO LARGO DE LA SECUENCIA MSS.

ZONA	SUBZONA	PROF. (cm)	PATRONES DE COMPORTAMIENTO
		0-2	
		2-5	
		10-12	
		20-22	
		30-32	
		40-42	
		50-52	
		60-62	
		70-72	
		80-82	
		90-92	
2	Z1	100-102	
		110-112	
		120-122	
		130-132	
		140-142	
		150-152	
		160-162	
		170-172	
		180-182	
		190-192	
		200-202	
		210-212	

En todos los niveles de esta secuencia, se observaron en general, frecuencias altas de G. senarjii senarjii y G. tumida tumida en los niveles basales, y moderadas a bajas hacia la superficie. P. philomaculata mostró frecuencias moderadas a elevadas pero sin una tendencia definida.

G. ruber y G. truncatulinoides mostraron valores elevados a relativamente altos. G. coppiabatus fue un elemento coexistente. G. trilobus angulifer exhibió frecuencias moderadas a bajas y H. dentatei bajas. G. crassaformis mostró una presencia esporádica y con valores bajos, mientras que G. falcemontis presentó frecuencias elevadas a bajas.

Holoceno y el Pleistoceno debe estar registrado en torno a este nivel. Por encima de los 70 cm y hasta la superficie se estimó la Zona Z, estimándose el límite Z2/Z1 alrededor del nivel de 20 cm.

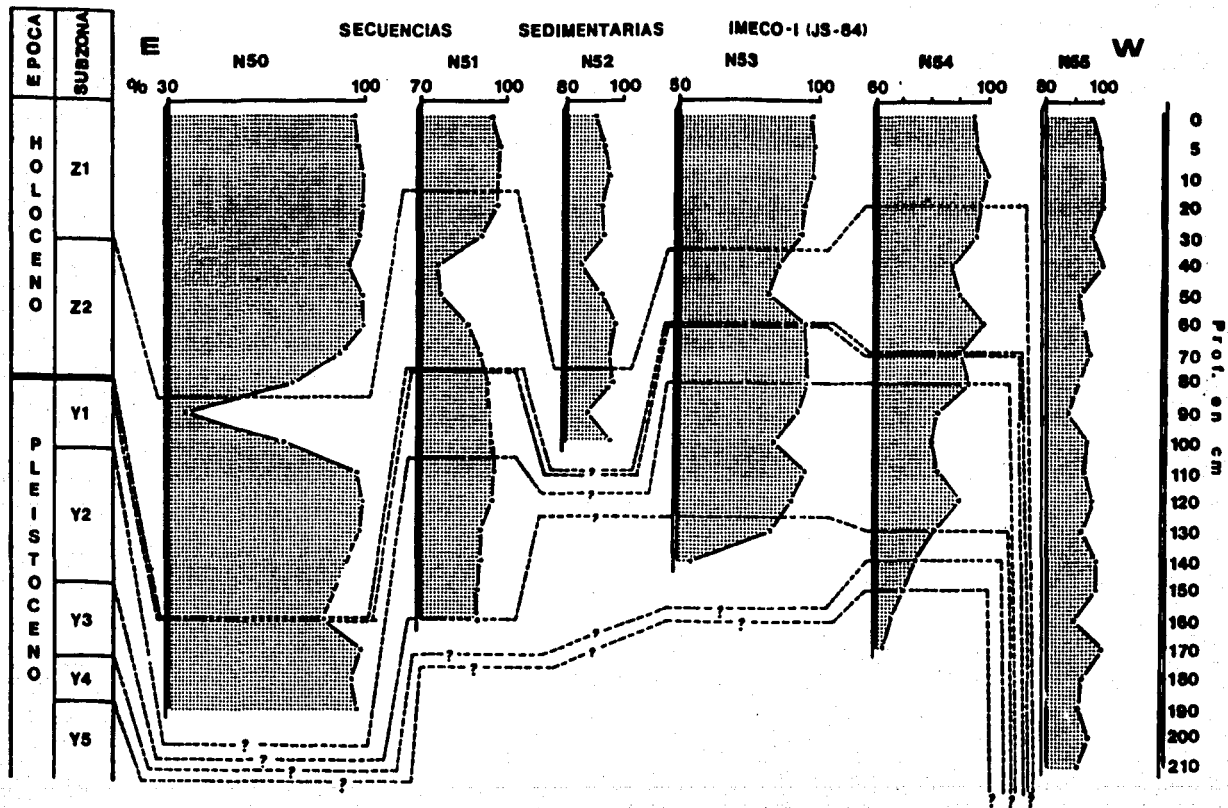
A lo largo de la secuencia N55 (Cuadro y Tabla 5.6), las especies mostraron en lo general, una elevada correlación con las condiciones típicas de la subzona Z1 y sin presentar elementos que evidenciaran el límite Z1/Z2.

### 5.2.2 -DIRECCION DE ENROLLAMIENTO EN G. truncatulinoides.-

Un elemento utilizado como parámetro adicional de correlación estratigráfica, fue el cambio en la dirección de enrollamiento de la testa de G. truncatulinoides. Su utilidad para este fin, ha sido mostrada en sedimentos cuaternarios del Golfo de México (Ewing et al., 1958; Kennett y Huddlestun, 1972) y otras áreas del Atlántico (Ericson et al., 1954, 1961; Emiliani, 1966 y 1969).

Como se puede apreciar en la figura 5.2, el morfotipo dextrógiro de esta especie presenta una dominancia por encima del 90% en la mayor parte de las secuencias en estudio; característica que es congruente con el 93% promedio reportado por Ewing et al. (1958) para los sedimentos recientes del Golfo de México. Sin embargo, en las secuencias IMECO-I se observan niveles con aumentos de formas levógiras en frecuencias variables (Tabla 5.7). La relación estratigráfica y posible implicación climática de tales aumentos se discute a continuación.

En la subzona Y5 (sólo en la sec. N54), las formas levógiras presentaron valores mayores del 30% (Tabla 5.7), con una tendencia a disminuir hacia la parte superior, alcanzando un máximo (más del 90%) de formas dextrógiras en la parte temprana de Y2. En otro estudio del Golfo de México, Kennett y Huddlestun (1972) reportan máximos de formas levógiras contenidas en la parte superior de Y5, la subzona Y4 y las partes media y temprana de Y3, mientras que las partes tardía de Y3 y temprana de Y2 muestran una fuerte dominancia de formas dextrógiras. El patrón



observado en el presente estudio y el reportado en la literatura para las subzonas mencionadas son, en general, compatibles, excepto en lo que respecta a la parte tardía de Y3, donde la dominancia de formas dextrógiras no llega a ser tan fuerte como en otros intervalos. Cabe considerar que la subzona Y3 del presente estudio, se encuentra pobremente representada en las secuencias (Fig. 5.2), siendo difícil precisar las partes intermedias de la subzona.

En la subzona Y2 de las secuencias en estudio, existe una nueva tendencia a aumentar las frecuencias de las formas levógiras, alcanzando su máximo en la parte media de la subzona (Fig. 5.2 y Tabla 5.7) y seguido de un decremento hacia su parte temprana. En general, lo anterior es similar a lo observado por Kennett y Huddlestun (1972), quienes reportan un máximo relativo de formas levógiras sobre la parte media-tardía de Y2 y una disminución de éstas sobre la parte temprana. Esta tendencia se aprecia claramente en las secuencias N53 y N54. En lo referente a la N51, el aumento de formas levógiras es menos evidente; aunque se observa un mayor porcentaje de estas formas en la parte temprana y media de Y2, éste no es tan marcado como en las otras secuencias.

En la subzona Y1 y la parte temprana de Z2, el morfotipo dextrógiro volvió a mostrar valores por encima del 90%. Con respecto a Z2, tal dominancia es compatible con Kennett y Huddlestun (1972); no así en relación a Y1, ya que ellos estiman un nuevo incremento de formas levógiras en esta subzona; sin embargo, estos mismos autores reportan que el incremento en Y1 es altamente variable en su comportamiento.

Cabe considerar que dentro de la parte temprana de la subzona Z2 en la secuencia N50, así como la parte tardía de la Y1 de la secuencia N51, se tienen niveles donde no se encontró una cantidad suficiente de individuos como para estimar una tendencia distintiva en la dirección de enrollamiento (Tabla 5.7), aún cuando los pocos que se encontraron (menos de 20), son formas dextrógiras.

En la parte media de Z2 se presenta un nuevo incremento de formas levógiras (Fig. 5.2), excepto en N50 donde el máximo incremento se tiene alrededor del límite Z2/Z1. Kennett y Huddlestun (1972) reportan un incremento de formas levógiras alrededor del límite Z1/Z2, lo cual es compatible con la N50, no así en las otras secuencias, donde tal incremento se encuentra dentro de Z2. Al analizar las columnas de estos autores, se aprecia que el aumento de estas formas no se encuentra asociado exclusivamente a dicho límite, sino que también se presenta dentro de la subzona Z2, lo cual es compatible con lo observado en el presente estudio.

Posterior al aumento del morfotipo levógiro, se presenta un nuevo incremento de formas dextrógiras, el cual se mantiene en toda la subzona Z1 hasta la superficie y lo cual es congruente con lo reportado por Kennett y Huddlestun (1972).

En las secuencias N52 y N55, cuyos alcances se tienen dentro de las subzonas Z2 y Z1 respectivamente, las formas dextrógiras mostraron una dominancia por encima del 90%, con ligeros aumentos de formas levógiras en algunos niveles (Tabla 5.7 y Fig. 5.2), que no se consideraron como significativos.

En la actualidad, aún no se ha podido determinar cual ó

TABLA 5.7 - FRECUENCIA (%) DE ENROLLAMIENTO DEXTRÓGIRO EN LA  
 TESTA DE G. IRUNCATULINOIDES EN LAS SECUENCIAS  
 IMECO-I (JS-84)

INTERVALO	SECUENCIA	IMECO-I (JS-84)						W
	E	N50	N51	N52	N53	N54	N55	
0- 2		96	95	91	97	95	96	
2- 5		97	98	94	98	96	99	
10- 12		99	97	96	97	100	100	
20- 22		99	97	93	94	98	100	
30- 32		98	91	94	93	96	96	
40- 42		94	76	85	85	87	100	
50- 52		99	77	93	82	90	92	
60- 62		99	87	98	95	99	XXX	
70- 72		91	92	96	95	90	96	
80- 82		74	94	97	96	94	XXX	
90- 92		36	XXX	88	92	82	88	
100-102		71	95	91	84	80	95	
110-112		97	96	----	100	82	96	
120-122		99	94	----	95	90	97	
130-132		98	92	----	88	81	93	
140-142		XXX	93	----	55	75	98	
150-152		XXX	90	----	----	71	98	
160-162		86	90	----	----	66	90	
170-172		99	----	----	----	63	100	
180-182		95	----	----	----	----	93	
190-192		97	----	----	----	----	92	
200-202		----	----	----	----	----	95	
210-212		----	----	----	----	----	91	

XXX- En estos intervalos no se obtuvo un numero significativo de individuos (mas de 50), de los pocos que se encontraron (menos de 20) su tendencia fue casi completamente dextrógira.



cuales son los factores ambientales que influyen directamente sobre los cambios en la dominancia de los morfotipos de esta especie. Ericson et al. (1961), observaron en secuencias de diversas partes del Atlántico, que los intervalos con cambios abruptos en las condiciones climáticas, se encuentran acompañados por reversiones de corta duración, en la dominancia del enrollamiento. Por su parte, Kennett y Huddlestun (1972), encontraron una relación entre los incrementos más fuertes de formas levógiras y los intervalos más fríos de las subzonas Y6 y Y4 en el Golfo de México, sin embargo, otros intervalos como el W1, contuvo 100% de formas dextrógiras y representa condiciones tan frías como las anteriores; por lo cual, sólo estimaron que las tendencias levógiras se encuentran asociadas en parte con los intervalos fríos y las dextrógiras en parte con los más cálidos.

En el presente estudio, no se encontró una afinidad directa entre los aumentos de formas levógiras y las condiciones generales de temperatura indicadas por las asociaciones climáticas (Cap. 5.3.1), lo que sugiere que el comportamiento de G. truncatulinoides debe estar determinado por otros factores.

Al comparar las curvas de enrollamiento de G. truncatulinoides con los demás elementos utilizados (sedimentos, carbonatos y especies), se encontró una afinidad general entre el comportamiento de dicha especie y el de N. dutertrei, en donde los aumentos de formas levógiras y las máximas abundancias de N. dutertrei, se presentaron en etapas similares, aunque con ligeros desfaseamientos y diferente amplitud en su expresión.

Considerando lo anterior, se estima la posibilidad de que las condiciones ambientales "preferenciales" de N. dutertrei,

sean a su vez, favorables para el desarrollo del morfotipo levógiro de G. truncatulinoides; por lo cual, cabe destacar dichas condiciones. Jones (1967) y Ruddiman (1971) reportan que esta especie parece responder más fuertemente a cambios en la salinidad que en la temperatura, "prefiriendo" salinidades entre 35.5 y 36. Bé y Tolderlund (1971) y Bé (1977), la reportan como abundante en los grandes sistemas de corrientes y áreas de surgencia actuales. En el Golfo de México actual, Brunner (1979) estima que su distribución en los sedimentos, refleja la descarga de agua dulce de los Ríos Mississippi y Grijalva. Gardulski et al. (en prensa) sugieren que las abundancias elevadas de esta especie, registradas en los sedimentos cuaternarios del Golfo de México oriental, fueron provocadas por condiciones de salinidad relativamente bajas y/o niveles altos de nutrientes, las cuales pudieron ser debidas a descargas de agua dulce y/o condiciones locales de surgencia.

En este orden de ideas, en el presente trabajo se asume la posibilidad de que los aumentos en el morfotipo levógiro de G. truncatulinoides, en los sedimentos cuaternarios de la Bahía de Campeche, hayan sido determinados por etapas donde la salinidad superficial fue menor a 36 y/o por condiciones de productividad primaria mayor a la actual. Dado que no se han reportado condiciones de surgencia para esta cuenca en el pasado, se considera que la salinidad y/o productividad favorables para estas especies fueron inducidas por descargas mayores de agua dulce sobre el Golfo de México. En conjunto con esto, las biofacies de foraminíferos permitieron determinar que en la Zona Y, la Bahía de Campeche presentó una termoclina estacional,

factor de favoreció una productividad primaria mayor que en la actualidad.

En resumen, esta especie presentó una dominancia de formas dextrógiras (más del 80%) para una gran parte del Holoceno (Zona Z), observándose un aumento de las formas levógiras entre la parte media/tardía de la subzona Z2 y su límite con la Z1. Para el Pleistoceno, la subzona Y1 y la parte tardía de Y2 estuvieron dominadas (más del 90%) por formas dextrógiras, mientras que, de la parte media de Y2 y hasta la Y5, esta dominancia disminuyó gradualmente, observando en consecuencia, un incremento de formas levógiras. Este comportamiento fue correlacionable entre las diferentes secuencias y coherente con el marco bioestratigráfico definido, lo que permite considerar a esta especie como un parámetro estratigráfico adicional. Los aumentos de formas levógiras, sólo presentaron una afinidad general con las mayores abundancias de N. dutertrei en las secuencias, por lo que se estima la posibilidad de que el comportamiento de ambas especies esté determinado y refleje disminuciones en la salinidad superficial y/o aumentos en la fertilidad de las aguas oceánicas; entre los factores que posiblemente provocaron estas condiciones se tienen: descargas de agua dulce sobre la Bahía de Campeche en la transición de las Zonas Y y Z, y una termoclina estacional en la Zona Y.

### 5.3 FLUCTUACIONES CLIMATICAS-

En la presente sección, se analizan las fluctuaciones climáticas en el área de estudio, en términos de temperatura y su relación con la dinámica oceánica global. Con el objeto de facilitar dicho análisis y su interpretación, se consideran, en primera instancia, las variaciones de temperatura y posteriormente se integran con otros parámetros oceánicos.

#### 5.3.1 TEMPERATURA.-

Como se mencionó en los antecedentes (Cap. 2), se han determinado paleotemperaturas para el Golfo de México, utilizando diferentes métodos, entre los que se tienen: a) variaciones en las frecuencias de especies índice de foraminíferos (Kennett y Huddleston, 1972); b) isotopía de oxígeno (Emiliani, 1955; Sackett y Rankin, 1970) y c) aplicación de análisis estadísticos sobre frecuencias faunísticas (Malmgren y Kennett, 1976; Thunell, 1976; Brunner, 1982). En lo general, los resultados obtenidos con estos métodos, observan una concordancia entre sí; sin embargo, existen diferencias, las cuales parecen estar relacionadas con el método utilizado y la capacidad de cada uno de ellos para aislar el factor temperatura, de otro tipo de información climática (salinidad, disolución, etc.) y/o ecológica (tolerancia de las diferentes especies).

Con base en las variaciones de las frecuencias de especies de foraminíferos, se establecieron cuatro asociaciones climáticas diagnósticas de temperatura: Asociación de Aguas Cálidas (AAC),

Asociación de Aguas Frías (AAF), Asociación de Aguas Marginales Cálidas (AAMC) y Asociación de Aguas Marginales Frías (AAMF). Las especies que constituyen cada Asociación y las características utilizadas en su conformación, se muestran en el Cuadro 5.7. Las frecuencias que exhibieron las asociaciones en cada secuencia, se presentan en la Tabla 5.8.

El comportamiento faunístico general en las secuencias INECO-I, entre las Zonas Y y Z, reflejó tendencias climáticas frías en la primera y cálidas en la segunda, determinándose las máximas condiciones frías en la parte temprana/ media de la subzona Y2 y las máximas condiciones cálidas dentro de la Z1. El patrón climático determinado en las secuencias en estudio, observó una similitud general con las curvas climáticas reportadas en otros trabajos, no obstante, existen intervalos en que las tendencias no fueron compatibles.

Las variaciones de la temperatura en cada subzona, se discuten a continuación:

En la subzona Y5 (Fig. 5.7) de este estudio, la AAF se presenta con abundancias elevadas, mientras que la AAMC y la AAMF muestran frecuencias moderadas y bajas respectivamente y la AAC observó valores bajos (Tabla 5.8). Las elevadas frecuencias de la AAF, con valores altos de G. inflata, en conjunto con la baja expresión de la AAC, donde destaca la ausencia del Complejo Menardii, llevan a estimar que esta subzona representa condiciones de temperatura más frías que las actuales. En el Golfo de México (Kennett y Huddleston, 1972; Beard, 1973; Kohl, 1986), se ha observado una relación inversa bien establecida entre G. inflata y las especies del Complejo Menardii,

	ASOCIACION DE AGUAS CALIDAS (AAC)	ASOCIACION DE AGUAS FRIAS (AAF)	ASOCIACION DE AGUAS MARGINALES CALIDAS (AAMC)	ASOCIACION DE AGUAS MARGINALES FRIAS (AAMF)
ESPECIES QUE LA CONFORMAN	<u>G. menardi</u> <u>menardii</u> , <u>G. tunida</u> <u>tunida</u> y <u>P. obliquiloculata</u> .	<u>G. inflata</u> , <u>G. bellioides</u> y <u>G. falconensis</u> .	<u>G. truncatulinoides</u> , <u>M. duteerlei</u> , <u>G. trilobus</u> <u>trilobus</u> y <u>G. trilobus</u> <u>sacculifer</u> .	<u>G. crassiformis</u> y <u>M. siphonifer</u> .
PATRON DE FRECUENCIAS	Estas tres especies presentaron un patrón característico en las oscilaciones de sus abundancias durante el Holoceno (Zona 2), con valores elevados (proporcional a cada especie), mientras que durante el Pleistoceno tardío desaparecen. Solo <u>P. obliquiloculata</u> llega a presentarse aisladamente durante esta etapa.	El patrón de comportamiento de estas especies, mostró una clara tendencia a bajas frecuencias o estar completamente ausentes (como en el caso de <u>G. inflata</u> ), durante el Holoceno y aumentar distalivamente durante el Pleistoceno tardío (Zona 7).	Estas especies tienden a incrementar sus frecuencias durante el Holoceno, en especial la subzona 22 y disminuyen en el Pleistoceno tardío, mostrando fluctuaciones intermedias entre los máximos alcanzados por las especies de la AAC y la AAF.	Por el contrario, estas incrementan sus abundancias durante el Pleistoceno tardío, aunque no en forma tan marcada como las especies de aguas frías y disminuyen sus frecuencias durante el Holoceno. Estas tienen un patrón de comportamiento general, contrario a las marginales cálidas.
TOLERANCIAS DE TEMPERATURAS	Estas especies se han reportado en aguas con temperaturas que varían de 16 a 30°C para la primera y de 19 a 30°C para las otras dos, observando sus mayores abundancias en temperaturas mayores a 20°C (Bé y Tolderlund, 1971; Rügli y Bolli, 1973; Bé, 1977).	Estas especies se han observado en temperaturas de 0 hasta 27°C, mostrando sus máximas abundancias entre los 2-6 y 13-19°C para <u>G. inflata</u> y de 3 a 19°C para las otras dos (Bé y Tolderlund, 1971; Rügli y Bolli, 1973; Bé, 1977).	Estas especies presentan tolerancias totales de 4 a 37, 9 a 30, 15 a 30 y más de 22°C respectivamente, con sus máximas abundancias entre los 17 a 24, 18 a 24 y 22 a 30°C (esta última para ambas especies de <u>G. trilobus</u> ) (Bé y Tolderlund, 1971; Rügli y Bolli, 1973).	Sus tolerancias de temperaturas varían de 10 a 27 para la primera y de 12 a 30°C para la segunda, tendiéndose para esta última, una temperatura de 18 a 24°C, donde muestra sus máximas abundancias (Bé y Tolderlund, 1971; Rügli y Bolli, 1973).
OTROS ESTUDIOS	En estudios anteriores, éstas han sido consideradas como especies índices de condiciones predominantemente cálidas (Kennett y Huddleston, 1972; Halgreen y Kennett, 1974; Brunner, 1979 y 1982).	Con respecto a estas especies, existe una uniformidad de criterios para considerarlas como índices de condiciones frías (Kennett y Huddleston, 1972; Halgreen y Kennett, 1974; Brunner, 1979 y 1982).	En el Golfo de México, han sido utilizadas como especies templadas cálidas (Kennett y Huddleston 1972; Halgreen y Kennett, 1974; Snyder, 1976). Otros (Ensig et al., 1958; Brunner, 1979) estiman a <u>G. truncatulinoides</u> como especie de aguas templadas frías. En este se incluye como marginal cálida, dada la dominancia del morfotipo destrógiro y la preferencia de éste por aguas más cálidas que el levógiro (Bé y Tolderlund, 1971).	En esta zona, ambas especies han sido consideradas como formas marginales de aguas frías (Kennett y Huddleston, 1972; Halgreen y Kennett, 1974).

Las fluctuaciones en las especies de la AAC y AAF, son constantes y claramente definidas, conformando la base para la interpretación de las fluctuaciones relativas de temperatura en este estudio.

La relación entre las especies de las asociaciones marginales (AAMC y AAMF) y la temperatura es más amplia por un carácter euriérmico, por lo que las variaciones de sus abundancias es más difícil de interpretar en términos de temperatura.

denotándose una dominancia de la primera en los intervalos glaciales (condiciones frías) y de los segundos en los interglaciales (condiciones cálidas).

El patrón general observado en las secuencias IMECO-I, es congruente con el estudio de Kennett y Huddleston (1972) y Thunell (1976), quienes estimaron condiciones climáticas más frías para esta subzona que las actuales. Por su parte, Brunner (1982), para su secuencia de la Bahía de Campeche, obtuvo estimaciones de temperatura entre 19 y 20°C para el invierno y ligeramente mayores a 27°C para verano; apoyando condiciones más frías para esta subzona que en la actualidad.

Para la subzona Y4 de la secuencia N54, la AAF muestra un aumento distintivo en sus frecuencias, la AAC no se presenta y las asociaciones marginales no varían significativamente (Fig. 5.7). El incremento de la AAF y la ausencia de la AAC desde la parte tardía de Y5, permiten estimar condiciones ambientales más favorables para las especies de la primera asociación, lo que sugiere una disminución en las temperaturas superficiales durante esta etapa.

Kennett y Huddleston (1972), con base en las mayores frecuencias de G. inflata y G. falconensis, estiman que Y4 es el intervalo más frío de la Zona Y. Thunell (1976), también encuentra registrado un enfriamiento significativo en Y4, aunque no lo interpreta como el de máximas condiciones glaciales. Brunner (1982), estimó temperaturas de 18°C para invierno que representan los mínimos valores de la Zona Y, no así las de verano que sólo mostraron una ligera disminución.

En la subzona Y3 (Figs. 5.6 y 5.7) de las secuencias en

- T A B L A - 5. B -  
**ABUNDANCIAS RELATIVAS DE LAS ASOCIACIONES CLIMATICAS EN LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS INECO-1**

E	SECUENCIA SEDIMENTARIA																W								
	NS0				NS1				NS2				NS3					NS4				NS5			
	ASOCIACIONES		CLIMATICAS		ASOCIACIONES		CLIMATICAS		ASOCIACIONES		CLIMATICAS		ASOCIACIONES		CLIMATICAS			ASOCIACIONES		CLIMATICAS					
ZONA/ SUBZONA	AAC	AAF	AANC	AANF	AAC	AAF	AANC	AANF	AAC	AAF	AANC	AANF	AAC	AAF	AANC	AANF	AAC	AAF	AANC	AANF	AAC	AAF	AANC	AANF	PROF. (cm)
Z 1	14.0	3.3	9.4	2.9	9.6	2.8	12.1	2.6	7.4	7.4	13.3	2.5	8.9	4.5	8.6	3.8	11.4	4.1	6.8	0.2	6.3	8.1	10.2	4.3	0
	10.2	5.7	11.2	1.8	9.5	2.6	12.3	1.4	7.1	7.1	14.8	2.2	9.6	4.5	15.8	2.2	14.2	2.3	7.2	0.0	9.1	6.3	12.1	4.6	5
	14.6	0.6	19.7	1.0	15.7	3.1	17.7	2.3	12.4	7.1	14.8	3.0	13.8	2.4	11.0	4.0	16.5	3.3	12.0	2.3	10.0	12.1	10.4	4.5	10
	22.7	1.7	21.3	2.0	9.4	1.8	12.8	4.0	6.2	4.4	19.8	2.7	8.2	3.0	16.0	3.6	8.7	3.2	10.4	1.4	14.2	11.1	10.8	3.1	20
Z 2	18.2	1.7	15.6	4.5	6.4	2.7	17.7	2.0	13.6	3.9	16.6	2.8	8.6	4.4	15.0	3.6	8.9	5.4	17.9	3.2	12.1	12.3	10.6	1.8	30
	15.5	0.0	20.6	2.9	3.7	2.8	18.1	3.3	5.0	5.1	13.4	3.5	6.1	3.1	21.5	4.9	4.1	5.1	19.0	8.6	7.0	11.1	9.5	3.0	40
	8.2	2.4	21.8	2.6	3.7	2.6	14.1	4.6	5.4	5.5	15.1	3.2	4.1	5.1	13.9	4.2	4.2	7.1	15.3	10.4	10.9	11.4	12.4	4.3	50
	7.6	3.0	21.9	0.6	0.9	2.1	17.6	7.3	13.3	5.4	20.1	1.4	3.1	5.7	13.6	9.4	2.2	9.7	10.0	5.3	11.3	9.1	4.9	4.1	60
Y 1	6.0	2.1	26.6	0.9	11.0	15.1	18.2	7.2	3.3	3.2	15.5	3.2	1.2	12.2	13.0	6.8	0.0	16.2	8.9	3.6	8.1	9.9	8.7	2.2	70
	4.9	0.3	29.8	2.2	0.6	13.3	17.2	4.4	5.0	3.4	17.8	4.8	0.0	17.2	9.2	5.8	0.0	24.0	5.6	12.3	7.1	10.9	11.1	2.6	80
	3.1	2.5	21.8	2.2	0.0	18.6	6.6	5.4	4.2	5.8	18.4	4.6	0.0	16.5	5.6	15.6	0.0	27.3	4.0	14.5	7.4	7.6	7.1	3.3	90
	2.5	3.5	20.0	7.1	0.2	19.0	4.4	7.8	5.2	4.1	16.2	2.7	0.2	24.1	3.4	17.0	0.0	31.7	5.2	10.8	9.4	7.4	7.6	2.0	100
Y 2	4.3	2.2	24.6	10.3	0.2	14.3	3.3	15.9	?	?	?	?	0.0	20.2	10.8	9.2	0.0	34.3	3.3	13.5	9.8	0.6	8.4	3.4	110
	3.0	1.8	20.7	11.4	4.4	18.1	7.6	9.8	?	?	?	?	0.0	28.3	7.9	7.9	0.0	29.5	7.8	11.0	6.7	11.6	12.5	1.3	120
	3.2	2.9	27.9	18.7	0.0	26.3	3.1	14.8	?	?	?	?	0.2	28.8	7.5	9.0	0.0	36.5	10.1	6.0	10.2	8.5	12.4	3.8	130
	0.3	3.0	9.9	11.1	0.0	19.1	14.8	9.4	?	?	?	?	0.2	27.8	12.4	4.6	0.0	34.4	9.4	5.6	5.1	8.0	8.0	3.9	140
Y 3	1.9	3.0	11.8	11.3	0.0	29.0	11.0	8.8	?	?	?	?	0.2	27.8	12.4	4.6	0.0	31.1	7.9	4.8	12.2	5.1	17.6	4.7	150
	4.0	4.0	28.6	7.1	0.0	21.9	11.2	8.7	?	?	?	?	?	?	?	?	0.0	24.0	10.1	4.1	15.6	0.1	12.8	2.2	160
	0.3	3.3	20.3	7.1	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	2.4	27.5	8.0	2.2	16.1	4.7	16.4	8.9	170
	0.0	2.4	27.8	3.6	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	17.3	3.7	9.3	2.0	180
Y 4	0.6	3.4	26.3	9.3	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	16.2	8.0	7.9	2.8	190
	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	12.7	10.2	13.5	3.3	200
	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	12.4	5.4	11.1	5.4	210
	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	

(ASOCIACIONES: AAC= ASOCIACION DE AGUAS CALIDAS; AAF= ASOCIACION DE AGUAS FRIAS; AANC= ASOCIACION DE AGUAS MARGINALES CALIDAS; AANF= ASOCIACION DE AGUAS MARGINALES FRIAS.  
 Las líneas de correlación de acuerdo al marco bioestratigráfico definido en el cap. 5.2.1



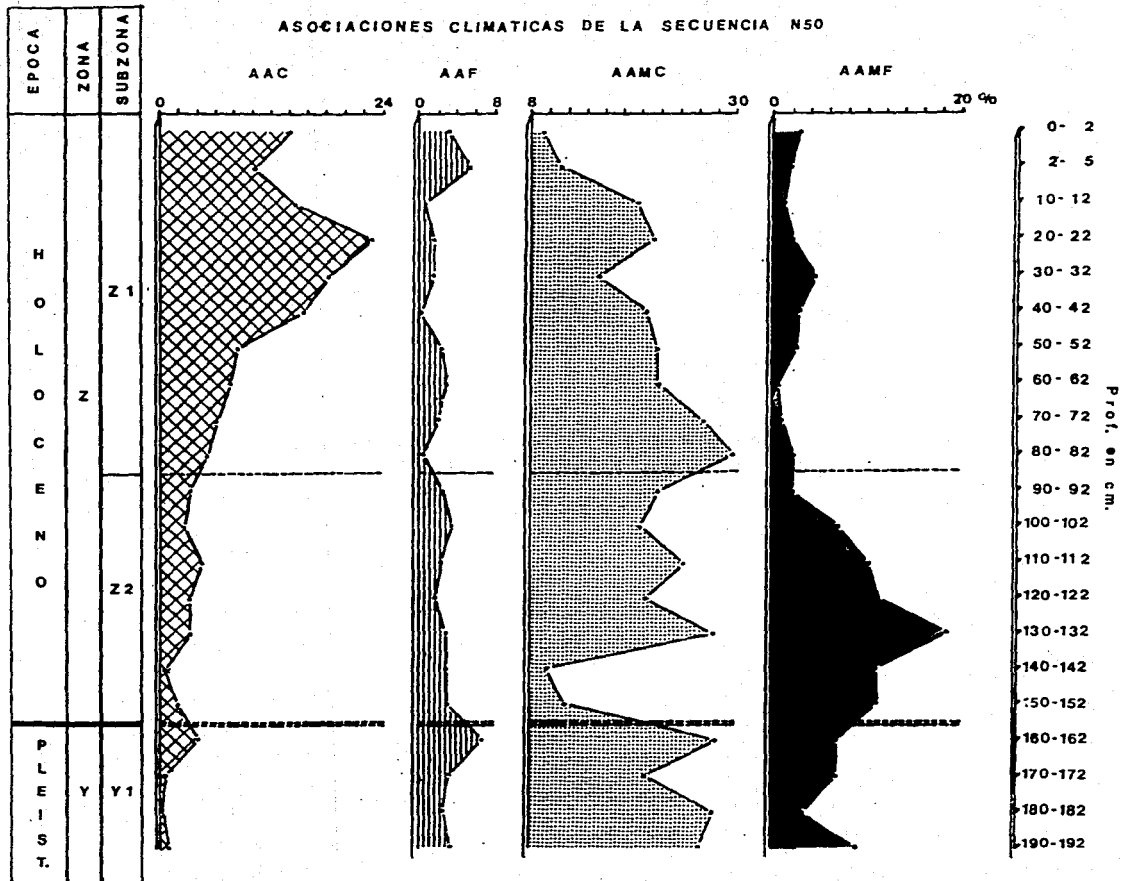
estudio, la AAF no mostró cambios significativos y la AAC se mantiene ausente, lo que sólo permite estimar condiciones similares a las observadas en Y4. Las asociaciones marginales mostraron ligeras variaciones; sin embargo, no aportan elementos que apoyen un cambio distintivo, ya que no presentan un comportamiento constante en las dos secuencias que contienen a esta subzona.

Kennett y Huddleston (1972), basados en un decremento en G. inflata y/o G. falconensis, además de un ligero incremento en G. crassaformis, consideran que Y3 representa condiciones menos frías que Y4; lo cual es apoyado por Thunell (1976). Por su parte, Brunner (1982) estimó temperaturas entre 19 y 20°C para el invierno y de 26.5 a 24.5°C para el verano (Fig. 2.1), lo que indica un aumento en las temperaturas de invierno y una disminución en verano.

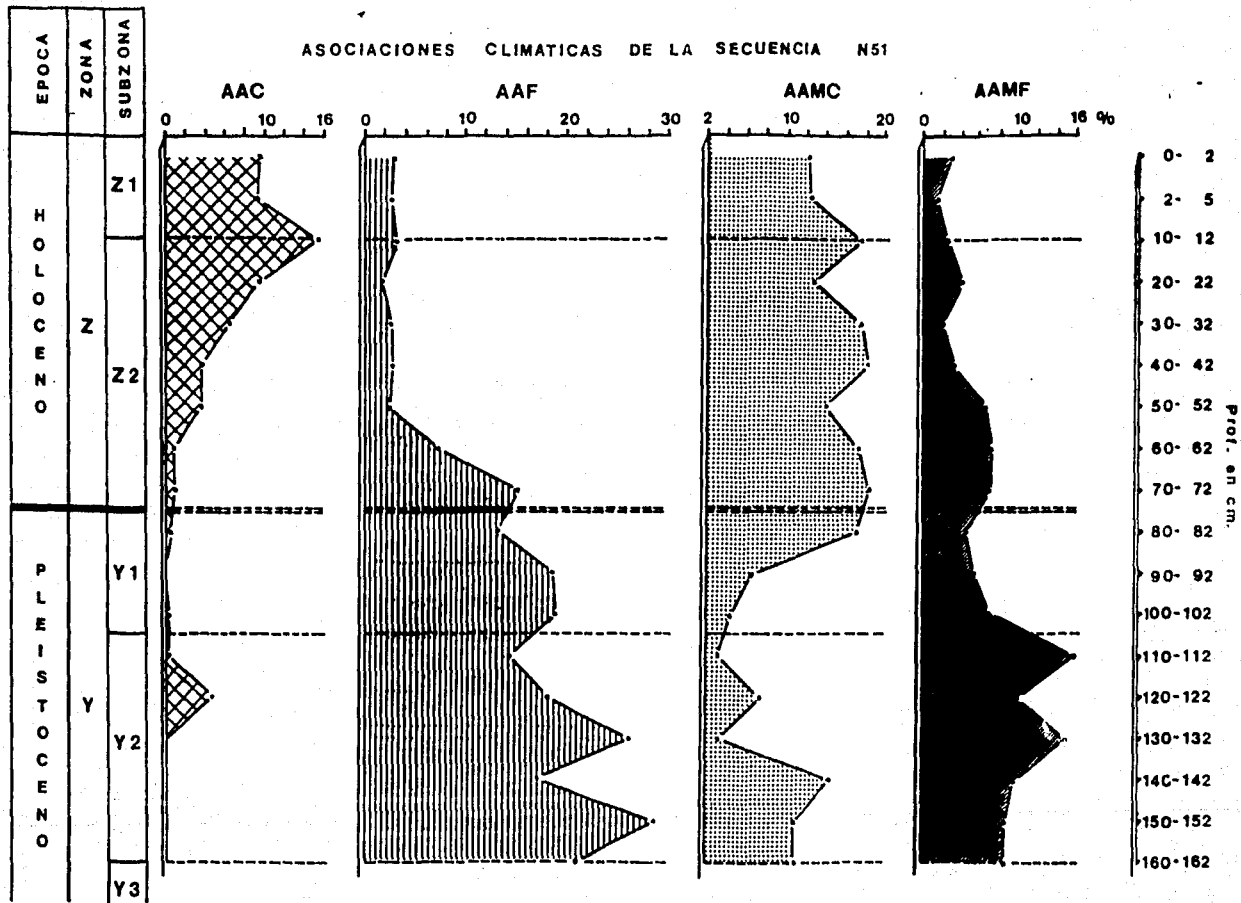
Dentro de la subzona Y2 del presente estudio, se apreció un patrón generalizado de condiciones frías máximas en las partes temprana y media de la subzona, para posteriormente mostrar un cambio hacia condiciones menos frías en su parte tardía. Esto se refleja por las máximas frecuencias que alcanza la AAF y su posterior decremento en este intervalo. Aunado a esto, se observa (Figs. 5.4, 5.6 y 5.7) una tendencia de la AAMF a alcanzar valores máximos en las partes media y tardía de Y2, mientras que la AAMC tiende a disminuir y la AAC continúa ausente.

Dicho patrón es correlacionable con lo estimado por Kennett y Huddleston (1972) quienes determinaron condiciones climáticas más frías en la parte temprana de Y2 que en Y3, seguidas de un ligero calentamiento (parte media) y un nuevo enfriamiento en su

ASOCIACIONES CLIMATICAS DE LA SECUENCIA N50



ASOCIACIONES CLIMATICAS DE LA SECUENCIA N51



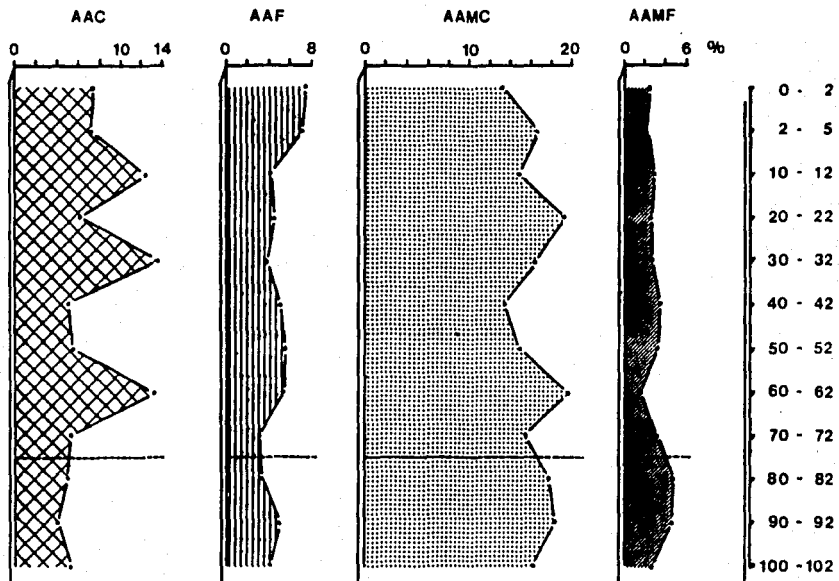
parte tardía (Fig. 2.1). Thunell (1976) estimó un marcado enfriamiento desde la Y3 y la Y2 tardía, alcanzando el máximo glacial, aunque esta tendencia se encuentra interrumpida por dos ligeros calentamientos en las partes temprana y media de Y2. Brunner (1982), determinó un decremento en las temperaturas de invierno y verano en las partes media y temprana de Y2, respectivamente, para aumentar posteriormente de una manera paulatina (Fig. 2.1); cabe destacar que aunque las temperaturas de invierno sufren un decremento en esta subzona, éste no llega a ser de la magnitud del observado en Y4, mientras que las temperaturas de verano disminuyen hasta menos de 25°C, alcanzando con ello sus valores mínimos de la Zona Y.

Leventer et al. (1982), consideraron que las máximas condiciones frías de la etapa glacial se alcanzaron en la parte temprana y media de Y2, culminando alrededor de los 18,000 años de antigüedad. Por su parte, Emiliani et al. (1975), estimaron una temperatura promedio de invierno de 16°C para esta misma etapa; mientras que Brunner y Cooley (1976), reportan temperaturas promedio de 2° (verano) a 1°C (invierno) más frías que las actuales para todo el Golfo de México, encontrando las menores temperaturas en el área sur de esta cuenca.

La subzona Y1 de este estudio, muestra características faunísticas que evidencian condiciones climáticas más cálidas que en Y2 (Figs. 5.3, 5.4, 5.6 y 5.7), pero más frías que en la actualidad. El rasgo principal, es la aparición de la AAC, con incrementos consistentes en lo sucesivo. Aunado a esto, la AAF continua disminuyendo, en especial G. inflata que desaparece alrededor del límite Y/Z. Asimismo, se presentan aumentos dentro

EPOCA	ZONA	SUBZONA
H O L O C E N O	Z	Z1
		Z2

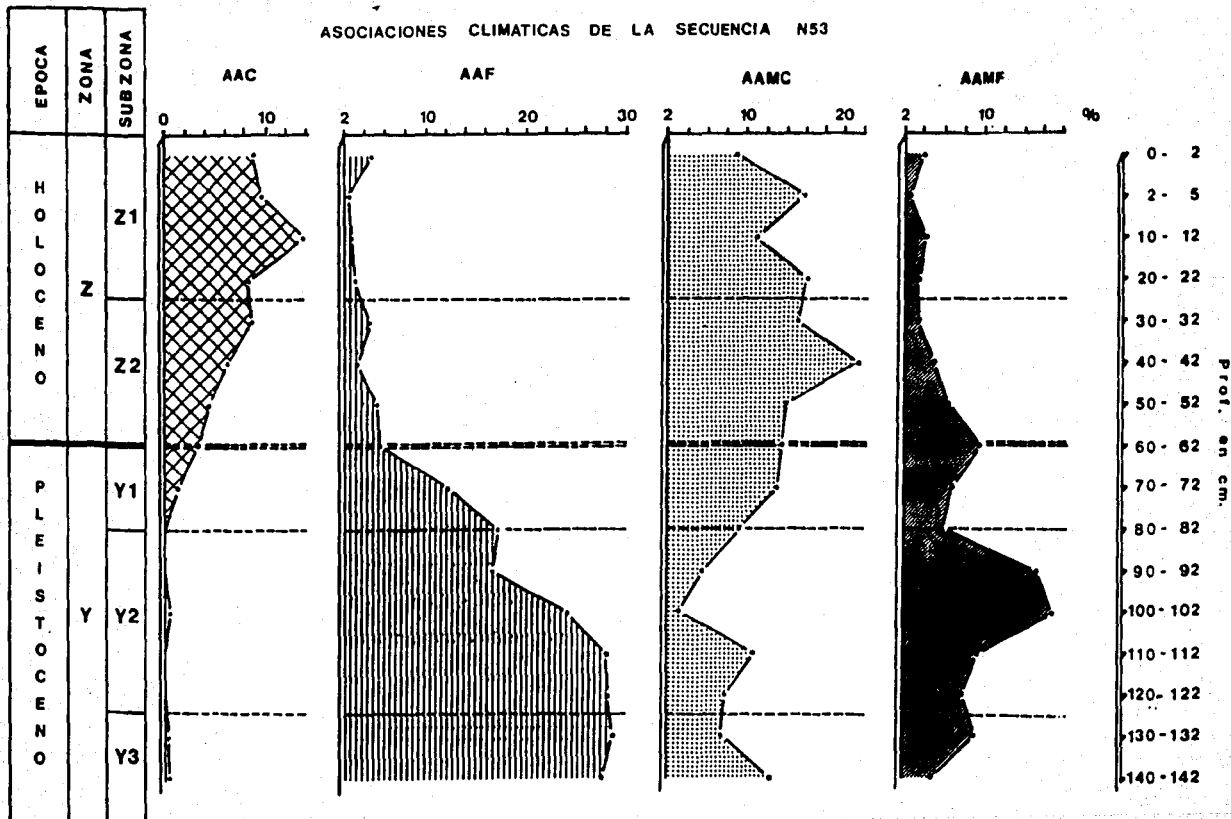
ASOCIACIONES CLIMATICAS DE LA SECUENCIA N52



**FIGURA 5.6**

**Diagrama de abundancias relativas (%) de las Asociaciones Climáticas en la secuencia sedimentaria N53.**

ASOCIACIONES CLIMATICAS DE LA SECUENCIA N53



de la AAMC y decrementos en la AAMF.

Kennett y Huddleston (1972) y Thunell (1976), consideran que desde la subzona Y1 hasta el Reciente, las faunas del Golfo de México occidental indican que las temperaturas superficiales fueron en aumento paulatino hasta alcanzar un máximo en la condiciones cálidas dentro de Z1 y mostrar un ligero decremento hacia la actualidad, conformándose de esta manera las condiciones climáticas del presente.

Brunner (1982), obtiene para Y1, una estimación de temperatura de 20° a 21°C en invierno, y entre 27 y 28°C para el verano, lo cual corrobora un aumento general en las temperaturas de esta subzona.

Durante la parte temprana del Holoceno (subzona Z2), las asociaciones climáticas reflejan un continuo aumento de las condiciones cálidas. El rasgo principal de estas asociaciones, es la primera ocurrencia constante del Complejo Menardii y un marcado aumento en la AAC, hasta alcanzar valores de moderados a altos (Figs. 5.3 a 5.7). Por su parte, la AAF presenta un marcado decremento, encontrándose solamente a G. bulloides y G. falconensis en porcentajes bajos. A su vez, la AAMC exhibe frecuencias altas, mientras que en la AAMF son de moderadas a bajas.

Brunner (1982) reporta para la subzona Z2, temperaturas entre 21 y 22.5°C para el invierno y de 28 a 29°C para el verano, valores que reflejan un continuo aumento en las condiciones cálidas, apoyando el patrón que sugieren las asociaciones faunísticas en este estudio.

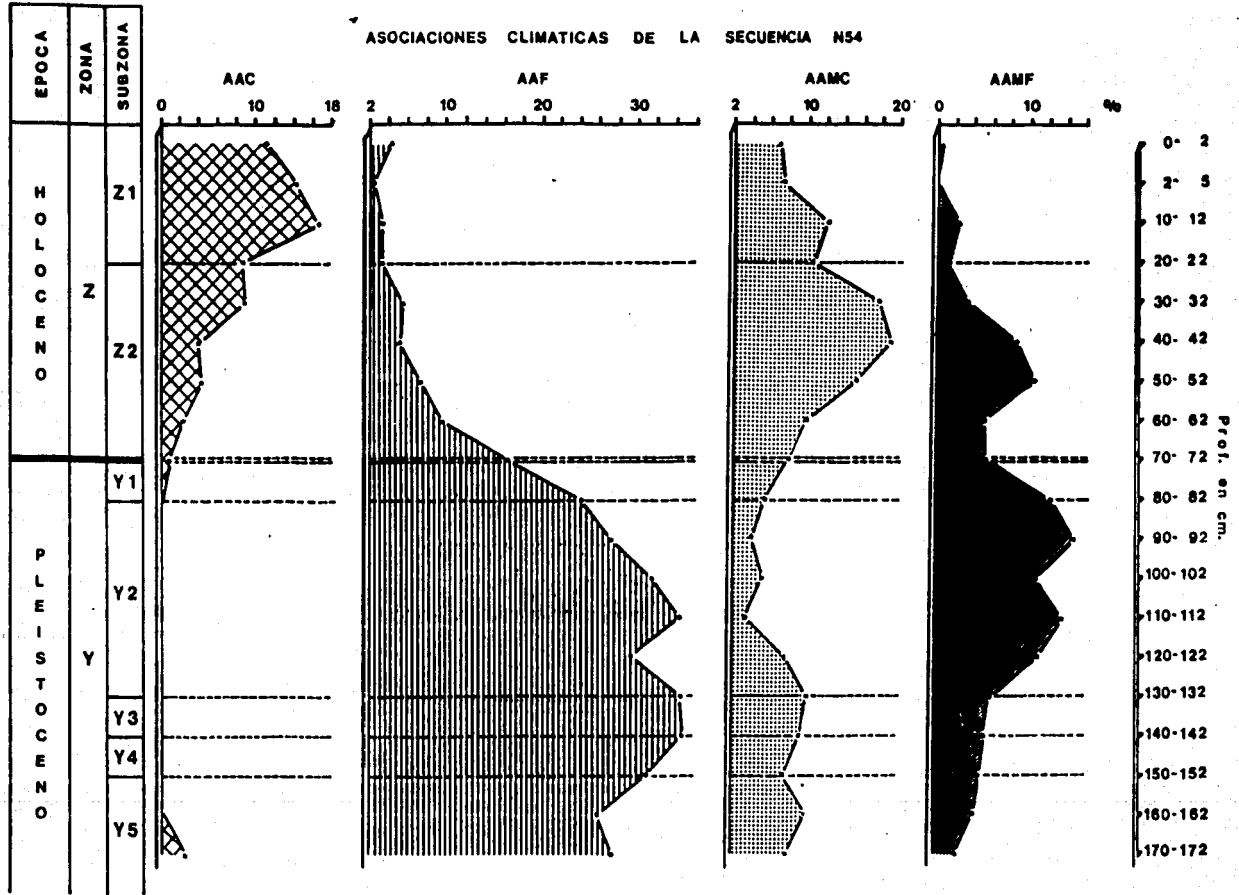
En la subzona Z1 del área de estudio, la AAC alcanza sus



**FIGURA 5.7**

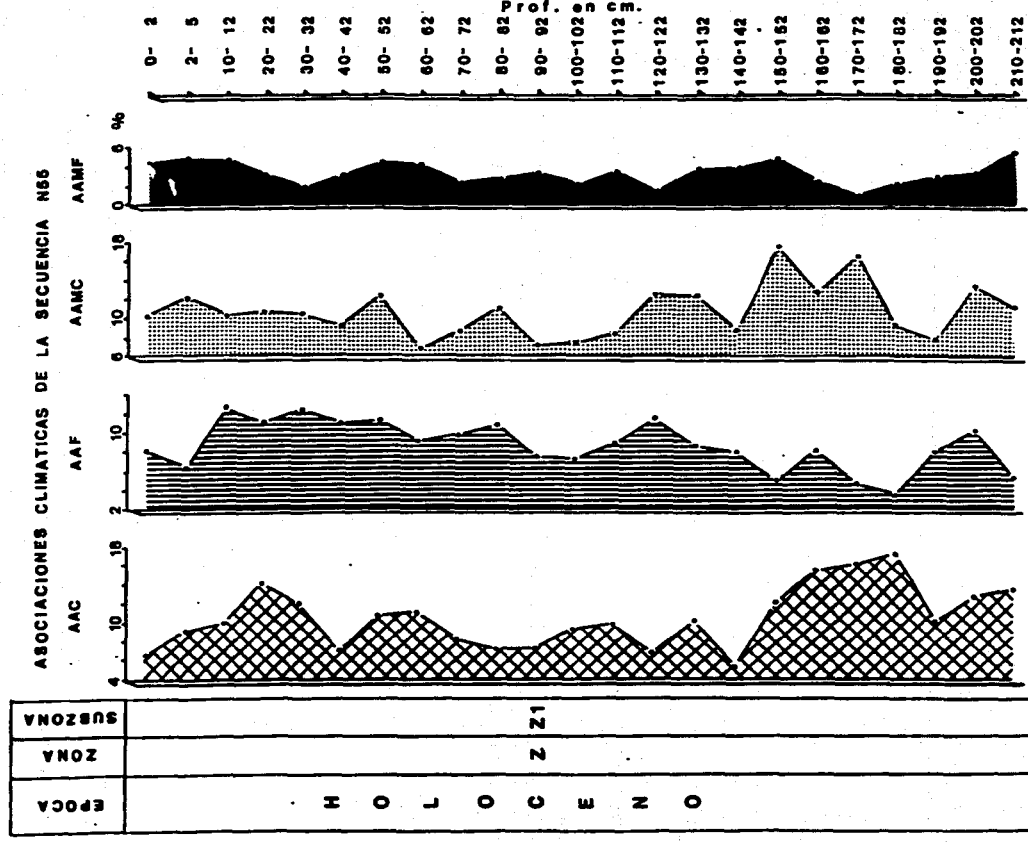
**Diagrama de abundancias relativas (%) de las Asociaciones  
Climáticas en la secuencia sedimentaria N54.**

ASOCIACIONES CLIMATICAS DE LA SECUENCIA N54



**FIGURA 5.8**

**Diagrama de abundancias relativas (%) de las Asociaciones  
Climáticas en la secuencia sedimentaria N55.**



máximas frecuencias en la parte media/tardía, mientras que la AAF presenta abundancias bajas, lo que en su conjunto evidencia condiciones cálidas máximas en las secuencias. Por su parte, la AAMC muestra una disminución hacia la actualidad, mientras que la AAMF presenta valores bajos. Posterior a su máximo incremento, la AAC vuelve a decrecer, en especial el Complejo Menardii, indicando un ligero enfriamiento en las condiciones climáticas, lo que se ve apoyado por un aumento de formas de aguas frías y, como se mencionó previamente, esta última tendencia, es la que conlleva a las condiciones climáticas actuales.

Brunner (1982), reporta estimaciones de temperatura, por encima de los 29 y 23 C para verano e invierno respectivamente; lo que pone en relieve el máximo de condiciones cálidas para la Zona Z y apoya las condiciones descritas en este estudio.

Después de haber realizado un análisis de cada subzona en las secuencias en estudio y haberlas comparado con la literatura, se observó que existe un patrón general similar entre las condiciones frías de la Zona Y y las cálidas de la Z. Sin embargo, existe una diferencia significativa en el momento en que se expresa el máximo glacial, ya que en las secuencias IMECO-I, éste se estima en la parte temprana-media de Y2, mientras que Kennett y Huddleston lo asignan a la subzona Y4. Cabe destacar que mientras en este estudio, el máximo glacial es aplicable sólo al área de estudio, los autores citados reportan condiciones promedio para toda el área occidental del Golfo de México. Junto con este factor, cabe mencionar que Kennett y Huddleston (op. cit.), consideran en su estudio al factor de temperatura como responsable del comportamiento de los foraminíferos, mientras que

en las secuencias IMECO-I se estima que el factor de salinidad debió presentar una gran influencia sobre los mismos, como se discutirá en el siguiente capítulo. Tal consideración se ve apoyada por Ruddiman (1971), quien sugiere que Kennett y Huddleston (1971) debieron considerar seriamente el factor de salinidad en su estudio, como elemento de influencia sobre las poblaciones de foraminíferos planctónicos en el Cuaternario tardío.

### 5.3.2 VARIACIONES FAUNISTICAS Y LA DINAMICA OCEANICA.-

Hasta el momento, las variaciones cuaternarias en la fauna de foraminíferos planctónicos fueron utilizadas para definir un marco bioestratigráfico y para inferir los cambios en las temperaturas relativas regionales. En esta sección se discute la probable relación entre las variaciones faunísticas y la dinámica oceanográfica de la Bahía de Campeche y del Océano Atlántico.

Estudios realizados sobre la distribución y abundancia de foraminíferos planctónicos en el Océano Atlántico y regiones adyacentes (Bé y Tolderlund, 1971; Kipp, 1976; entre otros), han delineado las áreas de mayor abundancia de las especies, agrupándolas en asociaciones que reflejan condiciones oceanográficas (temperatura, salinidad, termoclina, etc), propias de las diferentes provincias oceánicas. Al comparar cualitativa y/o cuantitativamente las variaciones en las biofacies cuaternarias de foraminíferos, con su distribución actual, se han podido hacer reconstrucciones paleoceanográficas de diferentes regiones del Atlántico (Prell, et al., 1976; McIntyre et al., 1972; 1989; entre otros), asumiendo que las especies diagnósticas, no han cambiado sus requerimientos ambientales durante el Cuaternario tardío.

Siguiendo las asociaciones propuestas por Bé y Tolderlund (1971), que agrupan a las especies de acuerdo a su distribución geográfica en la actualidad y conforme a las especies determinadas en las secuencias en estudio que presentaron una relación constate en sus patrones de abundancia, se establecieron

tres Conjuntos Faunísticos: Transicional, Subtropical y Tropical. Las especies y características utilizadas en la conformación de los conjuntos, se presentan en el Cuadro 5.8 y sus abundancias relativas (%) en la Tabla 5.9.

Las variaciones en las abundancias relativas de dichos conjuntos y su relación con la dinámica oceánica, se discuten a continuación:

Los sedimentos superficiales de las secuencias, contienen representados a los tres conjuntos faunísticos en las siguientes proporciones (Tabla 5.9): el Subtropical comprende entre el 50 y 60%, el Tropical entre el 10 y el 20% y el Transicional con frecuencias menores al 10%. Con base en estas proporciones, la fauna de foraminíferos planctónicos permite definir una biofacies Subtropical/Tropical para la Bahía de Campeche actual. De esta biofacies, las características más distintivas son: la elevada abundancia de *G. ruber* (hasta del 50%), frecuencias altas del Complejo Menardii y *P. obliquiloculata*, y una ausencia completa de *G. inflata*.

La marcada dominancia mostrada por *G. ruber* en las asociaciones actuales de la Bahía de Campeche, es congruente con las abundancias reportadas por Snyder (1978) y Brunner (1979) para esta área y caracteriza a una asociación subtropical, estrechamente relacionada con aguas superficiales cálidas, con salinidades elevadas (> 36), baja productividad primaria y en donde se encuentra una termoclina permanente, profunda y bien desarrollada, análoga a las condiciones que prevalecen en la parte sur del Mar de los Sargazos en el Atlántico Norte (Prell y Hays, 1976) (ver Cuadro 5.8).



CUADRO 5.8  
-CONJUNTOS FAUNISTICOS, ESPECIES QUE LOS CONSTITUYEN Y CARACTERISTICAS UTILIZADAS EN SU CONFORMACION-

CONJUNTO TRANSICIONAL

ESPECIES.- G. inflata, G. bulloides y G. falconensis.

**CARACTERISTICAS:** En la Zona Transicional del Atlántico Norte, que comprende la región entre las Áreas Subpolar y Subtropical (Bé y Hamlin, 1967), se tiene una mezcla significativa de especies de asociaciones de las áreas mencionadas (Ruddiman, 1969). En dicha Zona G. inflata es la única especie autóctona y más abundante (Bé y Tolderlund, 1971) y es, a su vez, la que define al conjunto en este estudio; G. bulloides es una especie predominantemente subpolar, pero se presenta comúnmente en aguas transicionales; por su parte G. falconensis, se distribuye más abundantemente en aguas subtropicales, sin embargo, se presenta ampliamente en la Zona Transicional (Bé y Tolderlund, 1971; Bé et al., 1976; Bé, 1977). El patrón de distribución de estas últimas dos especies, es similar en los sedimentos actuales del Golfo de México (Snyder, 1978) y durante las etapas glaciales, las tres especies de este conjunto, dominaron las asociaciones faunísticas de esta cuenca (Kennett y Huddleston, 1972). En diversos estudios del Atlántico Norte, estas tres especies han sido consideradas dentro de asociaciones diagnósticas de aguas transicionales (Bé et al., 1976; Brunner y Cooley, 1976; Kipp, 1976; Brunner, 1979 y 1982; McIntyre et al., 1989; entre otros).

La dominancia de G. inflata, en conjunto con G. falconensis y G. bulloides en el Golfo de México, ha sido considerada como una asociación que refleja condiciones oceánicas propias de la región entre las Convergencias Subtropical y Ártica, en donde se presentan temperaturas menores a 20°C y enmarcadas por una termoclina estacional (Brunner, 1979). Estas especies habitan predominantemente en la pendiente de la termoclina o por debajo de ella (Fairbanks et al., 1980; McIntyre et al., 1989), aunque en zonas ecuatoriales, las mayores abundancias de G. bulloides son reportadas en la capa mezclada superficial, asociada a surgencias y una alta productividad primaria (Thunell y Reynolds, 1984).

Diversos autores (Gardner y Hays, 1976; Kipp, 1976; Bé et al., 1976; McIntyre et al., 1989), mencionan otras especies subpolares importantes dentro de sus asociaciones templadas (subpolares o transicionales), aunadas a las consideradas en este estudio, entre las que se observan a G. pachyderma, G. glutinata y G. quinqueloba. En las secuencias IHECO-I, las dos primeras no mostraron un patrón distintivo en sus frecuencias, mientras que la tercera solo se presentó esporádicamente, por lo que no fueron incluidas en este estudio. Asimismo, otras especies subtropicales son reportadas en este tipo de asociaciones, como es el caso de G. truncatulinoides y M. dutertrei, los criterios por los que no se consideraron en este conjunto se discuten en el conjunto subtropical.

CONJUNTO SUBTROPICAL

ESPECIES.- G. ruber, G. truncatulinoides, M. dutertrei, G. crassaformis y H. siphonifera.

**CARACTERISTICAS.-** Estas especies muestran sus mayores densidades dentro de la Provincia Subtropical del Océano Atlántico, localizada entre los 20 y 40° de latitud norte y sur (Bé y Tolderlund, 1971). De estas, G. ruber es la especie mejor adaptada a condiciones cálidas subtropicales del Atlántico, alcanzando densidades de hasta el 50% (Bé, 1977), es la especie más abundante en sedimentos recientes del Golfo de México (Snyder, 1978) y la que domina y define a este conjunto. G. truncatulinoides es una especie preferentemente subtropical y ha sido definida como tal en diversos estudios (Bé y Tolderlund, 1971; Kipp, 1976; Bé et al., 1976; Gardner y Hays, 1976; Bé, 1977), mientras que otros autores (Brunner y Cooley, 1976; Prell et al., 1976), la incluyen en sus asociaciones transicional o glacial-ecuatorial-fría; en este estudio se considera como subtropical, dada su mayor dominancia de formas dextrogiros, que reflejan una preferencia por condiciones ligeramente más cálidas (Bé y Tolderlund, 1971) y

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## Cuadro 5.8 (cont.)

presentan una mayor dominancia hacia zonas ecuatoriales (Ericson *et al.*, 1950). *M. dutertrei* es una especie dominante en zonas subtropical (Tolderlund y B , 1971; B , 1977), siendo reportada como tal en diversos estudios (Kipp, 1976; Prell *et al.*, 1976; Prell y Hays, 1976; Malugren y Kennett, 1976; Brunner, 1979; McIntyre *et al.*, 1989), sin embargo, en otros se reporta como un elemento importante de asociaciones transicionales o subpolares (Gardner y Hays, 1976; Brunner y Cooley, 1976; De *et al.*, 1976), lo que refleja que esta especie puede florecer bajo condiciones diferentes (Gardulski *et al.*, en prensa); en especial, bajo un régimen de surgencia (B  y Tolderlund, 1971; Prell y Hays, 1976) y de salinidad favorable (Jones, 1967; Ruddiman, 1971). En este estudio se considera como subtropical, dado su comportamiento en las secuencias, diferente al de las especies transicionales, además de que una elevada abundancia de *M. dutertrei* en los sedimentos, puede estar determinada por disolución postdeposicional de otras especies (Snyder, 1978). *M. siphonifera* y *G. crassaformis* son especies que habitan aguas cálidas templadas subtropicales a tropicales, con sus máximas abundancias en la región subtropical (B  y Tolderlund, 1971; Snyder, 1978).

Las máximas abundancias actuales de *G. ruber* (140%), se reportan para el sur del Golfo de México y Mar de los Sargazos, caracterizando a una asociación subtropical estrechamente relacionada con aguas superficiales cálidas, de salinidades elevadas (361 y en donde existe una termoclina permanente, profunda y bien desarrollada (Prell y Hays, 1976; Brunner, 1979), habita "preferencialmente" en la capa de agua mezclada superficial de baja productividad (Fairbanks *et al.*, 1982). Por otro lado, las máximas abundancias de *M. dutertrei*, pueden estar indicando salinidades oceánicas bajas (35.5 a 36), ya que esta especie parece responder más fuertemente a cambios en la salinidad que en la temperatura (Jones, 1967; Ruddiman, 1971), además de que su distribución en los sedimentos recientes del Golfo de México, refleja la descarga de agua dulce de los Ríos Misisipi y Grijalva (Brunner, 1979). Gardulski *et al.* (op. cit.), estima que las mayores abundancias de esta especie, en los sedimentos caternarios del Golfo de México, sugieren niveles altos de nutrientes y baja salinidad. Esta especie habita "preferentemente" en la pendiente de la termoclina, en la zona de mayor productividad primaria y el máximo de clorofila profunda (Fairbanks *et al.*, 1982).

## CONJUNTO TROPICAL

ESPECIES.- *G. menardii menardii*, *G. tumida tumida*, *P. obliquiloculata*,  
*G. trilobus sacculifer*, *G. trilobus trilobus*.

CARACTERISTICAS.- Estas especies son consideradas como las que mejor definen ambientes marinos tropicales (B , 1977). Las tres primeras especies muestran sus máximas abundancias en regiones ecuatoriales y corrientes cálidas como la del Golfo y la del Brazil (Cifelli, 1965; Tolderlund y B , 1971; Jones, 1967; B , 1977); mientras que ambas especies de *G. trilobus* lo son en el Atlántico Ecuatorial y Mar Caribe (B  y Tolderlund, 1971) y presentan una mayor tolerancia a la temperatura, razón por la que posiblemente estas no fueron excluidas del Golfo de México durante la etapa glacial (Kennett y Huddleston, 1972; Prell *et al.*, 1976). En relación a la termoclina, las cinco especies tienden a ser abundantes en la pendiente de esta en regiones tropicales, además de ello, *G. trilobus sacculifer* muestra abundancias comparables en la capa mezclada superficial (Fairbanks *et al.*, 1982).

Es común observar a estas cinco especies dentro de asociaciones faunisticas de ambientes tropicales (Kipp, 1976; McIntyre *et al.*, 1976 y 1989; Gardner y Hays, 1976; De *et al.*, 1976; Brunner y Cooley, 1976; entre otros).

Las máximas abundancias del Complejo Menardii y *P. obliquiloculata* han sido asociadas con condiciones cálidas máximas (Beard, 1969; Kennett y Huddleston, 1972).

NOTA: El resto de las especies reportadas en este estudio, aunque tienen afinidad con alguno de los conjuntos, no mostraron abundancias significativas en las secuencias, por lo que no fueron incluidas en este análisis.

Es importante enfatizar sobre la relación que guardan la dominancia de *G. ruber* y las condiciones oceánicas referidas, por las inferencias que se establecieron posteriormente. En principio, se ha observado que esta especie habita predominantemente por encima de la termoclina, en la capa mezclada superficial (Fairbanks *et al.*, 1982; Thunell y Reynolds, 1984), por lo que una termoclina profunda, favorece una mayor extensión del habitat "preferencial" y una mayor abundancia de *G. ruber*, entre otras especies (McIntyre *et al.*, 1989). A su vez, este tipo de termoclina está determinada por una elevada salinidad superficial y una estructura térmica bien estratificada, condiciones que restringen una mezcla vertical de agua y con ello, inhiben el transporte de nutrientes hacia la superficie, definiendo una productividad anual constante, pero generalmente baja (Nybakken, 1982).

Cabe recordar, que las altas abundancias del Complejo Menardii y *P. obliquiloculata* en Z1, determinaron las condiciones más cálidas para esta etapa (Cap. 5.3.1), las cuales son importantes en el desarrollo de la estructura térmica mencionada previamente.

Aunado a lo anterior y para una discusión posterior, se denotan bajas abundancias de *N. dutertrei*, *G. bulloides* y *G. falconensis* en la Bahía de Campeche, así como la ausencia de *G. inflata*. El comportamiento de *N. dutertrei* es compatible con las condiciones de alta salinidad (Ruddiman, 1971) y baja productividad (Gardulski *et al.*, en prensa). Por otro lado, las abundancias de *G. bulloides* y *G. falconensis* son coherentes con lo reportado por Snyder (1978) para esta región y con las condiciones de la termoclina, ya que presentan sus mayores

abundancias actuales en la parte norte del Golfo de México, asociadas a una termoclina estacional (Brunner, 1979). *G. inflata* desapareció del Golfo de México desde el inicio de la presente etapa interglacial (Beard, 1973; Kohl, 1986).

Una vez establecidas las condiciones oceanográficas asociadas a las especies actuales de la Bahía de Campeche, durante el tiempo que comprende el presente estudio, se infirieron los siguientes cambios en el régimen oceanográfico de esta cuenca:

En la subzona Y5 del área de estudio, la dominancia subtropical es menor a la actual, al igual que la diversidad y frecuencias de la componente tropical (Tabla 5.9). Por otro lado, las especies transicionales presentan valores más altos en sus frecuencias (hasta un 27.5%) y con una clara tendencia al aumento hacia Y2. Estos elementos reflejan una biofacies con un carácter Subtropical/Transicional, para esta subzona. Dentro de esta biofacies, los elementos más significativos son: la presencia y posterior dominancia de *G. inflata*, ausencia del Complejo Menardii y *P. obliquiloculata*.

Hacia la subzona Y2, las biofacies acentúan su índole transicional, dado que dicho conjunto incrementa sus frecuencias, mientras que los otros dos disminuyen su incidencia (Tabla 5.9). Esta tendencia comienza a expresarse en la subzona Y4, donde los Conjuntos Transicional y Subtropical presentan magnitudes casi iguales y culmina en asociaciones con una ligera dominancia Transicional en la parte media/tardía de Y2. Este patrón lleva a considerar sobre el establecimiento gradual de una biofacies Transicional/Subtropical en esta etapa.

- T A B L A - 5.9 -  
 ABUNDANCIAS RELATIVAS DE LOS CONJUNTOS FAUNÍSTICOS EN LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS INECO-1

E	SECUENCIA SEDIMENTARIA															W			
	NS0			NS1			NS2			NS3			NS4				NS5		
ZONA/ SUBZONA	CONJUNTOS FAUNÍSTICOS			CONJUNTOS FAUNÍSTICOS			CONJUNTOS FAUNÍSTICOS			CONJUNTOS FAUNÍSTICOS			CONJUNTOS FAUNÍSTICOS			PROF. (cm.)			
	TROP.	SUBTR.	TRANS.	TROP.	SUBTR.	TRANS.	TROP.	SUBTR.	TRANS.	TROP.	SUBTR.	TRANS.	TROP.	SUBTR.	TRANS.		TROP.	SUBTR.	TRANS.
Z 1	17.6	60.9	3.3	15.2	57.3	2.8	15.9	50.5	7.4	15.2	55.4	4.1	13.9	51.7	4.1	8.8	59.9	8.1	0
	15.5	54.1	5.7	15.9	58.5	2.6	14.7	51.5	7.1	18.7	54.7	2.2	15.5	46.1	2.3	13.7	56.0	6.3	5
	22.2	66.0	0.6	24.7	57.1	3.1	18.4	54.9	4.1	19.8	54.5	2.4	22.6	49.8	3.3	12.0	53.9	12.6	10
	30.6	50.8	1.7	15.7	60.8	1.8	17.4	55.0	4.4	15.8	54.4	3.0	12.3	45.2	3.2	17.3	54.2	11.1	20
Z 2	26.3	58.4	1.7	17.4	57.6	2.7	21.4	51.9	3.9	14.5	54.4	4.4	17.4	54.9	5.4	14.2	52.6	12.3	30
	27.8	63.9	0.0	16.7	55.6	2.8	12.8	56.7	5.1	16.8	59.0	3.1	14.1	54.4	5.1	9.8	45.9	11.1	40
	19.5	64.0	2.4	12.1	57.3	2.6	14.8	53.2	5.5	12.5	52.6	5.1	12.2	56.2	7.1	17.3	48.7	11.4	50
	18.7	63.2	3.0	11.2	33.1	7.1	24.6	53.8	5.4	11.9	53.7	5.7	6.0	40.4	9.7	13.6	52.6	9.1	60
Y 1	18.3	85.2	2.1	12.1	57.3	15.1	14.2	55.8	3.2	8.9	47.6	12.4	4.5	46.8	16.2	9.2	55.8	9.9	70
	20.3	61.8	0.3	9.0	61.9	13.3	15.6	54.9	3.4	3.0	43.9	17.2	4.0	34.0	24.0	11.6	56.2	10.9	80
	14.0	65.6	2.5	3.1	44.3	18.6	13.4	56.3	5.0	1.7	41.5	16.5	2.4	32.8	27.3	10.1	58.6	7.4	90
	13.5	62.9	3.5	3.4	34.5	19.0	13.3	57.7	4.1	0.2	40.9	24.1	3.4	31.8	31.7	11.4	45.1	7.6	100
Y 2	14.9	65.6	2.2	1.6	44.8	14.3	?	?	?	5.8	25.5	28.2	2.3	31.8	34.3	11.3	58.4	8.6	110
	12.9	59.9	1.8	8.2	48.3	18.1	?	?	?	5.3	30.0	28.3	6.2	35.7	29.5	10.3	53.3	11.6	120
	22.2	45.7	2.9	2.9	40.3	26.3	?	?	?	4.4	29.8	28.8	9.5	24.1	24.5	14.9	63.9	8.5	130
	9.0	49.6	3.0	13.3	41.5	17.1	?	?	?	3.8	33.1	27.8	7.0	24.6	34.6	8.6	61.5	8.0	140
Y 3	10.1	44.6	3.0	9.5	34.1	29.0	?	?	?	?	?	?	4.6	30.7	31.1	19.7	58.7	5.1	150
	22.4	53.2	6.8	7.8	42.3	21.3	?	?	?	?	?	?	4.1	33.4	26.0	19.3	58.5	8.1	160
	8.0	69.2	3.3	?	?	?	?	?	?	9.6	38.4	27.5	?	?	?	21.4	59.3	4.7	170
	10.2	75.8	2.4	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	18.7	46.4	3.7	180
Y 4	8.0	73.9	3.4	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	11.3	58.6	8.0	190
	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	18.1	47.6	10.2	200
	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	18.0	52.4	5.4	210
	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

(CONJUNTOS: TROP.= TROPICAL; SUBTR.= SUBTROPICAL; TRANS.= TRANSICIONAL). Las líneas de correlación, de acuerdo con el marco bioestratigráfico definido en el Cap. 5.1

Las diferencias faunísticas observadas entre el presente y la subzona Y5, así como la dominancia que adquiere el Conjunto Transicional hacia la parte media/tardía de Y2, sugieren variaciones en las condiciones oceanográficas de esta región.

El incremento en las abundancias de las especies transicionales, implica condiciones favorables para su florecimiento; en relación a la temperatura, éstas habitan en zonas donde se tienen valores promedio por debajo de 20°C (Brunner, 1979). Como se observó previamente (Cap. 5.3.1), las asociaciones climáticas de Y5 reflejan temperaturas menores a las actuales, seguido de una disminución paulatina hacia Y2, lo que está en relación directa con las especies transicionales.

En concordancia con el régimen de temperatura superficial, la termoclina debió ser distinta, ya que a diferencia de las condiciones cálidas actuales (que favorecen una termoclina permanente y profunda), las menores temperaturas superficiales permiten que ésta sea más sómera, junto con las biofacies del intervalo Y5-Y2, llevan a estimar una analogía con las condiciones actuales de zonas templadas, donde la estructura térmica de la columna de agua cambia estacionalmente debido a diferencias en la cantidad de energía solar incidente; de esta forma, durante el verano se presenta una termoclina bien definida, mientras que en el invierno ésta tiende a desaparecer, permitiendo la mezcla vertical de agua, junto con un transporte de nutrientes, lo cual conlleva a una mayor productividad anual que en el primer caso observado (Nybakken, 1982).

En esta etapa, las especies transicionales alcanzan sus máximas abundancias; si se considera que éstas especies, en

especial *G. inflata*, habitan dominante y/o abundantemente en las zonas templadas actuales, donde la termoclina es estacional, esto sugiere que en la Bahía de Campeche, la termoclina debió mostrar un carácter estacional. Esto se apoya en que, en el Golfo de México actual, *G. bulloides* y *G. falconensis* exhiben sus mayores abundancias en la región norte, donde se observa una termoclina estacional bien desarrollada (Brunner, 1979).

Al igual que en *G. cuber*, la naturaleza de la termoclina es importante para definir la dominancia y la abundancia de las especies transicionales, si se considera que estas habitan predominantemente en la termoclina o por debajo de ella (Fairbanks et al., 1980). Dado que el máximo de productividad primaria está asociado al flujo de nutrientes a través de la termoclina y al máximo de clorofila en la parte baja de la zona fótica (Fairbanks y Wiebe, 1980), el florecimiento de dichas especies estará en función de que la termoclina se presente predominantemente dentro de la zona fótica. La dominancia de esta biofacies y su relación con la termoclina, se ve apoyada por McIntyre et al. (1989), quienes sugieren que las variaciones de la termoclina inducidas climáticamente en el pasado, involucran cambios en la abundancia y dominancia de las asociaciones faunísticas, de manera análoga a lo que sucede con las variaciones estacionales actuales en la zona ecuatorial; de tal forma, cuando se tienen temperaturas menores y una advección menor de calor, la termoclina es más somera y permite el incremento de especies adaptadas a menores temperaturas (transicionales).

En relación al parámetro de salinidad, su comportamiento no puede ser inferido a partir de los conjuntos faunísticos

determinados como tales, ya que estos presentan tolerancias amplias a ella. Sin embargo, si se asume que *N. dutertrei* es una especie que parece responder más fuertemente a cambios en la salinidad que a la temperatura, "prefiriendo" salinidades relativamente menores (35.5 a 36) (Jones, 1967; Ruddiman, 1971) y que en los sedimentos recientes del Golfo de México su distribución parece reflejar la descarga de agua dulce de los Ríos Mississippi y Grijalva (Brunner, 1979), entonces las oscilaciones de sus frecuencias en el pasado pueden ser un índice de variaciones en este parámetro. En el área de estudio, *N. dutertrei* decrece paulatinamente sus abundancias entre las subzonas Y5 y Y2, lo que parece indicar un aumento en las salinidades superficiales. Esta idea se ve apoyada por Brunner (1982), quien reporta un incremento en las salinidades de la Bahía de Campeche durante la Zona Y (Fig. 2.1), desde un mínimo de 35.0 al finalizar la Zona X, hasta valores de 36.5 en verano y 36.3 en invierno, durante el máximo glacial (Y2). Tal incremento se ha explicado por el aumento en el volumen de hielos continentales, siendo el Golfo de México una fuente importante de humedad para la formación de éstos (McIntyre, 1977), en conjunto con un menor aporte de agua dulce, debido a condiciones más áridas en esta región (Watts, 1975; Watts y Stuiver, 1980).

Como se mencionó previamente, en la parte superficial de las secuencias *N. dutertrei* muestra abundancias bajas, lo que es coherente con las salinidades altas (>36), propias de la Bahía de Campeche actual y apoya la relación de *N. dutertrei* con la salinidad observada en Y5-Y2.

De la parte media/tardía de Y2 hasta el límite Y/Z, el



Conjunto Transicional exhibe un marcado decremento en sus abundancias, en especial *G. inflata* que desaparece en dicho límite (Tabla 5.9). Lo anterior se conjunta con un fuerte aumento en el Subtropical y uno ligero en el Tropical. Este cambio en la dominancia de la fauna de foraminíferos, permite definir una Biofacie Subtropical/Transicional para este intervalo.

Los cambios en la dominancia de los conjuntos en esta última etapa (18 a 11,000 años aproximadamente), reflejan variaciones en el régimen oceanográfico de la Bahía de Campeche. Dentro de éste, se aprecia un cambio rápido en las temperaturas superficiales, las cuales tienden a aumentar en lo subsecuente, de acuerdo al comportamiento expresado por las asociaciones climáticas (Cap. 5.3.1).

En relación a la termoclina, no se puede estimar su carácter, ya que las variaciones en las especies son muy amplias y no hay un comportamiento constante entre las secuencias.

Durante la parte tardía de la Zona Y, *N. dutertrei* (Anexo B) presenta una tendencia general a incrementar sus abundancias, lo que sugiere una disminución en las salinidades superficiales. El patrón de salinidades se ve apoyado por Kennett y Shackleton (1975), quienes reportan una disminución entre el 7 y 10%, debido a la captación del agua proveniente de los deshielos continentales, alcanzando valores de hasta 33 en el Golfo occidental (Emiliani *et al.*, 1975; 1978) y conformando una capa superficial de baja salinidad y baja densidad de aproximadamente 50 m de espesor (Leventer *et al.*, 1982). Brunner (1982) reporta una disminución promedio de 36.5 a 35.6 para verano e invierno en la Bahía de Campeche, lo que es favorable para *N. dutertrei*. El

aumento mostrado por *N. dutertrei* entre esta etapa y Z2, también es reportado por Gardulski *et al.* (en prensa) y sugiere que, además de las condiciones salinas favorables, tal aumento pudiera estar relacionado con una mayor fertilidad oceánica, inducida por la descarga de agua de deshielo.

Para el inicio del Holoceno (Zona Z), la composición de las asociaciones va acentuando su carácter subtropical (Tabla 5.9), en conjunto con un aumento gradual en las frecuencias de la componente tropical hacia la actualidad, hasta un máximo en Z1 medio/tardío (20 a 30% de las asociaciones), y posteriormente, disminuye hasta sus valores actuales (menos del 20%). Por último, las especies transicionales dejan de ser un factor importante en la fauna de foraminíferos.

Tomando en cuenta este comportamiento, los conjuntos faunísticos del área de estudio definen una biofacies Subtropical que evoluciona a una Subtropical/Tropical durante el Holoceno (Zona Z).

En este intervalo, las asociaciones climáticas (Cap. 5.3.1) indican un aumento gradual de las temperaturas, alcanzando las máximas condiciones cálidas en la parte media de Z1, donde el Complejo Menardii y *P. obliquiloculata* son más abundantes.

Dentro de Z2, *N. dutertrei* exhibe sus máximas abundancias, lo que sugiere salinidades favorables para su desarrollo y/o una elevada concentración de nutrientes, como lo sugieren Gardulski *et al.* (en prensa) para esta subzona. El patrón de salinidad se ve apoyado por Brunner (1982), quien reporta valores de 35.5 (verano) y 34 (invierno) para la Z2.

Por su parte, *G. ruber* aumenta sus abundancias durante Z2,

pero alcanza sus máximos valores hasta Z1, la dominancia que adquiere en esta Zona sugiere un descenso progresivo de la termoclina, de acuerdo al aumento progresivo de las temperaturas y a la relación observada previamente entre *G. ruber* y la termoclina. Asimismo, sus abundancias en aumento, reflejan un incremento en las salinidades y una productividad cada vez menor hacia Z1, lo cual es compatible con el decremento que sufre *N. dutertrei* en Z1 (Anexo B) hasta alcanzar valores muy bajos. En relación al patrón de salinidad para Z1 (Brunner, 1982), éstas aumentan hasta sus valores actuales de 36-36.5 en invierno y >36.5 en verano, siendo esto congruente con el comportamiento general de las especies referidas.

Las variaciones faunísticas y el régimen oceanográfico del área de estudio, ponen en relieve el comportamiento de esta cuenca, como una respuesta a los cambios climáticos inducidos por la dinámica general de la Tierra, entre los episodios glacial e interglacial. Por esta razón es importante tratar de estimar la relación entre los cambios locales y la dinámica oceánica del Atlántico y Caribe.

Un aspecto interesante en las variaciones faunísticas de la Bahía de Campeche, al compararla con las reportadas para la Cuenca de Colombia (Mar Caribe) (Prell y Hays, 1976), es la diferencia en la fauna dominante, ya que la primera presentaba una de tipo transicional durante la etapa glacial, homóloga a la que en la actualidad habita en mayores latitudes. Por su parte, en la Cuenca de Colombia, la fauna glacial fue subtropical y estuvo dominada por *G. ruber*, sugiriendo condiciones homólogas a las actuales de la Bahía de Campeche y el Mar de los Sargazos

(una termoclina permanente y profunda, alta salinidad y baja productividad).

El establecimiento de especies de índole transicional en la Bahía de Campeche y de especies subtropicales dominadas por *G. ruber* en el Mar Caribe, durante el episodio glacial, en conjunto con las condiciones oceánicas respectivas (termoclina, salinidad, etc), es congruente con un desplazamiento latitudinal de los cinturones de temperatura hacia regiones más ecuatoriales, como ha sido propuesto por McIntyre (1967), McIntyre *et al.* (1972) y McIntyre y Ruddiman (1976). Este desplazamiento, provocado por un incremento en el gradiente térmico entre los polos y el ecuador, conforme las temperaturas globales disminuyen (McIntyre *et al.*, 1976), tiene como efecto, que las condiciones que definen el clima de una región (precipitación, evaporación, temperatura, etc), muestren cambios, los cuales determinarían variaciones en las propiedades físico-químicas (temperatura, salinidad, etc) de las masas de agua superficiales de esa región. Otro aspecto importante en tal gradiente, es que provoca una intensificación en la circulación atmosférica y oceánica durante las etapas glaciales; a esta circulación se le ha denominado como "Modo de Invierno" y ha prevalecido (90%) durante los últimos 200,000 años (Gardner y Hays, 1976).

La presencia de *G. inflata* en las secuencias en estudio y, en general, en el Golfo de México durante la etapa glacial, así como su ausencia en la interglacial, también se explica por este tipo de circulación. McIntyre *et al.* (1972), estiman que el desplazamiento latitudinal de los cinturones de temperatura de las aguas superficiales y del límite norte del giro subtropical,

fue de por lo menos  $10^{\circ}$  hacia el ecuador (de  $40^{\circ}$  a  $30^{\circ}$ ) en el Atlántico Norte, tales desplazamientos permitieron la migración de asociaciones de foraminíferos de latitudes altas hacia el ecuador, de hasta 20 por los márgenes orientales de esta cuenca (McIntyre, 1967; Ruddiman y McIntyre, 1976), existiendo mezclas significativas entre asociaciones subtropicales y subpolares en estas regiones (Be et al., 1976), adquiriendo con esta mezcla un carácter transicional (Be y Tolderlund, 1971).

En los sedimentos glaciales del Atlántico Ecuatorial, la presencia de faunas del tipo transicional mencionado arriba, han sido reportadas por Gardner y Hays (1976), Prell et al. (1976), McIntyre et al. (1976; 1989), Bé et al. (1976), las cuales fueron reemplazadas de faunas tropicales durante el Holoceno. Para el Golfo de México, además de las reportadas en este estudio, otros autores como Kennett y Huddleston (1972), Malmgren y Kennett (1976), Brunner (1982) y Kohl (1986) reportan el dominio de especies transicionales durante la etapa glacial. En el Mar Caribe, este mismo tipo de especies fue observado por autores como Prell y Hays (1976). Las asociaciones transicionales se desplazaron hacia el occidente gracias al sistema de corrientes intensificado, aunque su dominancia disminuyó hacia el Caribe, en el Golfo de México encontraron condiciones favorables para su desarrollo.

En resumen, las variaciones faunísticas cuaternarias determinadas en el área de estudio, reflejaron cambios en el régimen oceanográfico de esta cuenca (Bahía de Campeche) y, asimismo, son congruentes con el desplazamiento latitudinal de los cinturones de temperatura de mayores latitudes, hacia el

ecuador, durante la etapa glacial. En el área de estudio, las asociaciones de foraminíferos planctónicos estuvieron caracterizadas, principalmente, por biofacies de tipo Transicional/Subtropical durante la etapa glacial, que sugieren aguas frías con una termoclina estacional, una productividad relativamente alta y una salinidad predominantemente menor a la actual; y durante el Holoceno, las biofacies han sido, predominantemente, de tipo Subtropical/Tropical que evidencia aguas cálidas, una termoclina permanente, profunda y bien desarrollada, una productividad primaria relativamente menor a la glacial y salinidades elevadas (>36).

### 5.3.3 FRACCIÓN GRUESA DE LOS SEDIMENTOS.-

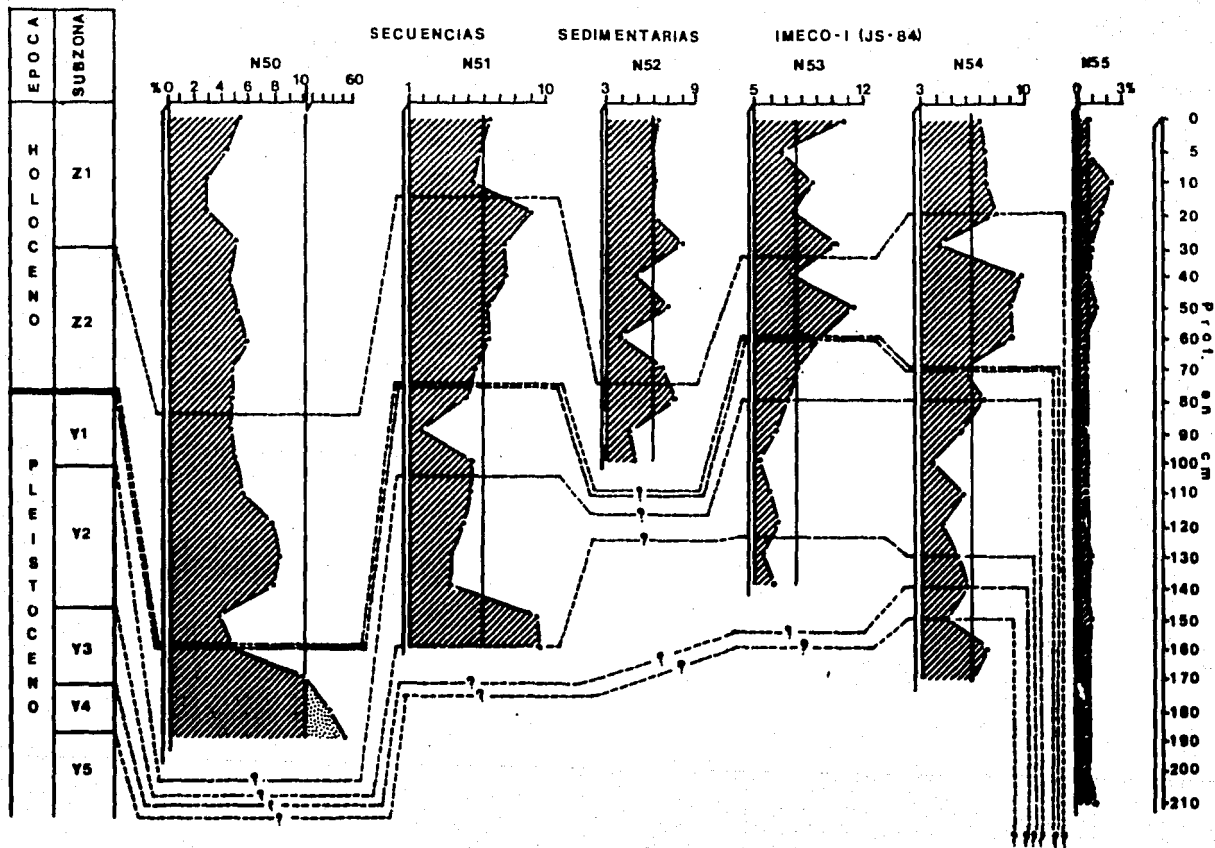
Con la finalidad de obtener información climática adicional, se determinó la fracción gruesa de los sedimentos ( $> 0.0625$  mm). En diversas partes del Atlántico, se han observado cambios temporales en el régimen sedimentario, asociados a cambios climáticos globales; denotando aumentos y disminuciones sincrónicos en la depositación de esta fracción en diversas secuencias y regiones (Damuth, 1975; Joyce *et al.*, 1985).

Junto con las fluctuaciones climáticas, la fisiografía regional juega un papel importante en el depósito de los sedimentos en cualquier localidad, por lo que debe tomarse en cuenta la ubicación de las secuencias en la Bahía para poder estimar la influencia directa de las variaciones climáticas.

Entre las características generales que muestran las curvas de concentración de sedimentos (Fig. 5.9, Tab. 5.10), se tienen:

La gran mayoría de los niveles presentaron concentraciones bajas de esta fracción (menor al 12%), factor que pone en relieve el aporte predominante de sedimentos finos (limos y arcillas) a estas localidades. Lo anterior concuerda con Creager (1985a), quien reporta una fuerte dominancia en el depósito de sedimentos finos, en la mayor parte de la Bahía de Campeche.

Exceptuando la N50, que se considerara aparte, las concentraciones de la fracción gruesa no llegaron a presentar variaciones de más del 10% en toda la longitud de las otras secuencias, lo que implica un rango estrecho de variación. Dentro de este rango, solo se puede apreciar una tendencia general entre las etapas glacial e interglacial, en las secuencias N53, N54 y





en menor grado en N51. Tal tendencia exhibe valores menores (entre 1 / 7%) en la Zona Y a los que se presentan en la Z, especialmente en la Z2 donde se alcanzan las máximas concentraciones (Fig. 5.9 y Tabla 5.10).

La mayor concentración de la fracción fina en los sedimentos de la Zona Y, podría estar relacionada con un ligero incremento en el aporte de limos y arcillas sobre estas localidades, debido a una disminución en el nivel del mar. Creager (1958a), reporta que el talud sur de la Bahía de Campeche no ha mostrado variaciones significativas entre el último periodo glacial y el actual interglacial, siendo dominantes los sedimentos limo-arcillosos, observando que los sedimentos más gruesos son depositados cerca de la costa y los más finos hacia el borde de la plataforma. Si se considera que en la actualidad existe una gran acumulación de sedimentos finos sobre el borde de la plataforma continental sur de la Bahía, por la descarga de los ríos de esta área (Grijalva-Usumacinta, San Pedro y San Pablo, etc.) (Creager, 1958a), sería factible que una mayor cantidad de sedimentos finos se depositará a mayores profundidades (talud continental) cuando el nivel del mar estuvo más bajo.

Un mayor aporte de sedimentos finos en la Bahía de Campeche glacial, también ha sido considerado por otros autores (Thunell, 1976; Joyce et al., 1985) para explicar la disminución de carbonatos en la Bahía de Campeche. De acuerdo con ellos, tal aporte causó un efecto de dilución de los sedimentos gruesos, los cuales conforman una parte importante de los carbonatos de origen biógeno (foraminíferos principalmente). Este aspecto apoya la estimación hecha aquí sobre un mayor aporte de sedimentos finos,

como principal agente en la variación de la fracción gruesa depositada durante la etapa glacial.

Por la posición que guardan las secuencias N53 y N54 en la Bahía con respecto a la N51 (Fig. 3.2), se podría suponer que dada la menor extensión de la plataforma occidental, las dos primeras localidades podrían haber sido influenciadas por sedimentos provenientes de ésta al tenerse un nivel del mar menor, sin embargo, estas secuencias presentan una concentración mayor de la fracción gruesa que la N51 (exceptuando la parte temprana de Y2). En general, esto sugiere un depósito ligeramente menor de sedimentos finos en N53 y N54, lo cual podría estar en función de la presencia del Sistema de Cordilleras Mexicano que se encuentra en el talud occidental de la Bahía, considerado como una barrera que restringe el transporte de sedimentos terrígenos hacia zonas más profundas (Creager, 1958a; Bergantino, 1971; Thunell, 1976).

Fuera del patrón general observado hasta el momento, la secuencia N50 muestra una elevada concentración de sedimentos gruesos en la subzona Y1 (Fig. 5.9; Tabla 5.10), en la cual predominan los sedimentos biógenos característicos de zonas arrecifales de la plataforma Yucatán-Campeche (M.L. Machain Castillo, comunicación personal). Su presencia en esta secuencia se explica por su ubicación en el Cañón de Campeche (Fig. 3.2) y fluctuaciones en el nivel del mar. Durante la Zona Y, se tuvo un nivel del mar más bajo que el actual (más de 100 m) (Logan et al., 1969), con lo que se incrementó la acción del oleaje sobre el borde de la plataforma continental, provocando acarreamientos y corrientes de turbidez de los sedimentos propios de esta

TABLA 5.10 - CONCENTRACION TOTAL (%) DE LA FRACCION GRUESA (>0.0625mm) DE LOS SEDIMENTOS EN LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS IMECO-I (JS-84).

INTERVALO	SECUENCIA IMECO-I (JS-84)							
	E	N50	N51	N52	N53	N54	N55	W
0- 2		5.5	6.2	6.3	10.8	7.0	0.8	
2- 5		4.3	5.7	6.0	6.8	7.3	0.8	
10- 12		2.8	5.2	6.1	8.8	7.4	2.4	
20- 22		2.8	9.0	6.0	7.4	8.1	1.7	
30- 32		5.2	7.2	8.1	10.5	4.1	1.0	
40- 42		4.7	7.4	4.8	7.5	9.8	0.8	
50- 52		5.2	6.3	7.1	11.6	9.0	1.3	
60- 62		6.0	6.3	3.8	9.2	9.1	0.6	
70- 72		4.5	5.5	6.8	7.8	5.9	0.6	
80- 82		4.5	4.8	7.7	7.1	7.2	0.4	
90- 92		4.4	1.8	4.5	6.4	5.7	0.5	
100-102		4.9	5.3	4.8	5.2	3.6	0.5	
110-112		5.7	5.1	----	5.9	5.7	0.5	
120-122		7.8	4.6	----	6.4	4.2	0.3	
130-132		8.3	3.9	----	5.4	5.5	0.9	
140-142		7.9	3.5	----	6.1	6.2	0.5	
150-152		4.2	9.4	----	----	4.6	1.0	
160-162		4.8	9.9	----	----	7.5	0.8	
170-172		11.0	----	----	----	6.4	0.5	
180-182		37.4	----	----	----	----	0.5	
190-192		56.4	----	----	----	----	0.5	
200-202		----	----	----	----	----	0.6	
210-212		----	----	----	----	----	1.2	
PRD MEDIO		11.4	5.9	6.0	7.7	6.5	0.8	

plataforma hacia el Cañón de Campeche (Creager, 1958a).

Como se observó previamente, en la parte temprana de Y2 de la N51, existe un ligero aumento en la contenido de su fracción gruesa (Fig. 5.9 y Tabla 5.10), representando incluso la mayor concentración de esta fracción. Por la posición que guarda este aumento, se podría pensar en un transporte ligeramente mayor de sedimentos gruesos hacia esta localidad, por variaciones en el nivel del mar; sin embargo, no se cuenta con elementos que permitan corroborar esta posibilidad, como lo sería un análisis detallado de la fauna bentónica de los sedimentos, lo cual no está contemplado en este estudio.

En relación a la secuencia N52, solo se alcanzó hasta parte de la subzona Z2, por lo que no se pudieron establecer diferencias de carácter sedimentológico entre los estadios glacial e interglacial. Si bien las concentraciones de la fracción gruesa en ella, son comparables con las otras secuencias (Tab. 5.10), la N52 presenta una elevada tasa de sedimentación en comparación con las adyacentes (N51 y N53), tomando en cuenta su alcance estratigráfico y longitud de la columna (Fig. 5.9).

La mayor tasa de sedimentación en la N52, parece estar función de su ubicación en el pie del talud del Cañón de Veracruz. Creager (1958a), Worzel et al. (1973b) y Thunell (1976), estiman un aporte elevado de sedimentos finos hacia esta área, provenientes de la parte sur de la Bahía. Estos son transportados hacia la parte baja del talud y a la planicie abisal por flujos de sedimentos y corrientes de turbidez (Creager, 1958a).

La secuencia N55, presentó las menores concentraciones de la

fracción gruesa (menos del 2.5%), con la mayor tasa de sedimentación, dada por su longitud (210 cm) y menor alcance estratigráfico (dentro de Z1). La menor concentración de sedimentos gruesos en esta secuencia parece estar en relación de un menor depósito de testas de foraminíferos planctónicos por la profundidad de esta localidad y a su vez, un mayor depósito de sedimentos finos determinado por su cercanía a la costa.

El comportamiento mostrado por la fracción gruesa de los sedimentos, sólo permitió establecer una correlación general en tres de las secuencias en estudio, entre los estadios glacial e interglacial. De tal forma, se determinaron las mayores concentraciones dentro de la Zona Z (Holoceno), en especial en la subzona Z2 y las menores dentro de la Zona Y (Pleistoceno tardío), donde se observó un ligero decremento en los valores de esta fracción.

Esta tendencia general, presentó una fuerte variación en la base de la secuencia N50, donde la fracción gruesa mostró un aumento considerable en sus concentraciones, debido a que esta localidad estuvo sujeta a un fuerte acarreo de sedimentos provenientes del Banco de Campeche durante el Pleistoceno tardío, dada su cercanía a esta área y a un incremento en la acción del oleaje sobre el borde de la plataforma continental, cuando se tuvo un nivel del mar menor al actual.

Las variaciones mostradas por la fracción gruesa de los sedimentos, fueron moduladas, al parecer, por fluctuaciones en el nivel del mar durante el Cuaternario, un aporte diferencial de sedimentos finos sobre esta Bahía y la fisiografía asociada a cada localidad.

#### 5.3.4 CONCENTRACION TOTAL (%) DE CARBONATOS.-

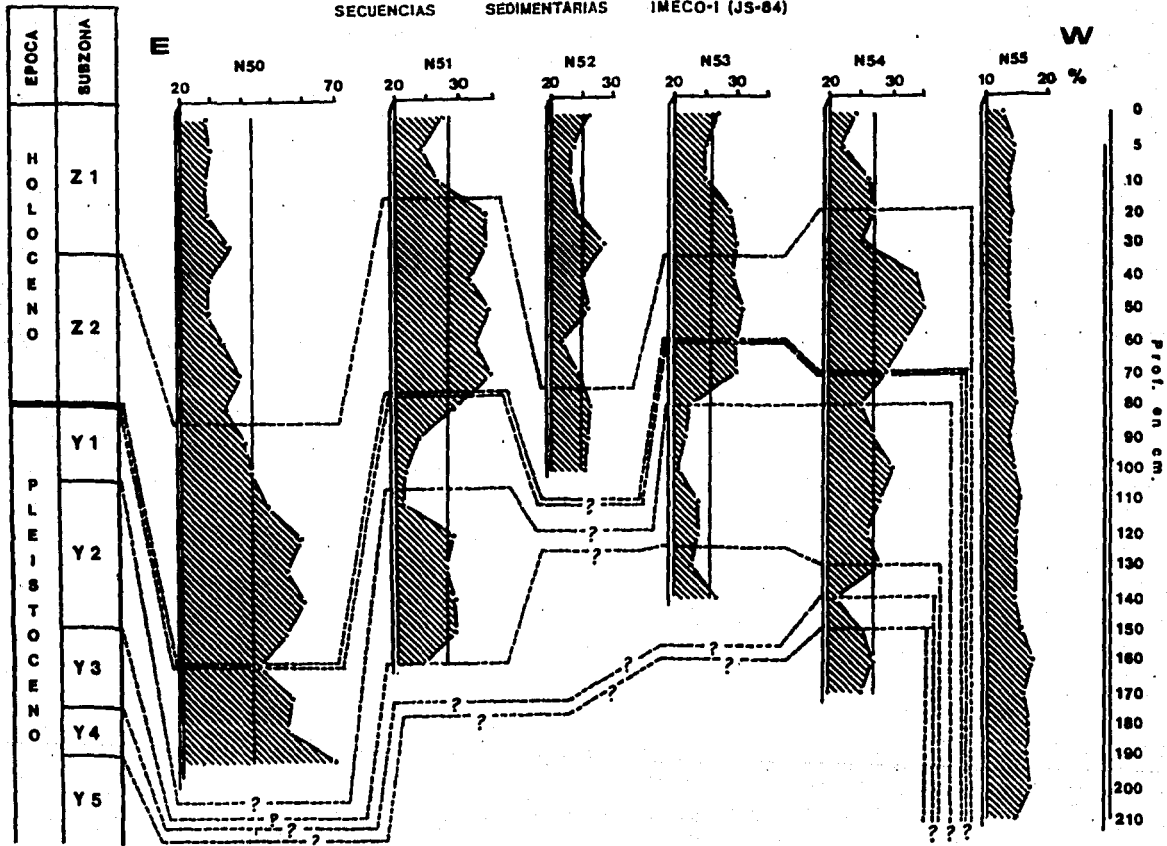
Estudios realizados en diversas áreas del Atlántico, han mostrado que existe una relación entre las tasas temporales de acumulación de carbonatos en los sedimentos y las fluctuaciones climáticas del Cuaternario (Olausson, 1967; Ruddiman, 1971); dado que, en general, tales fluctuaciones determinan cambios en los factores (dilución, disolución y productividad) que controlan el contenido de carbonatos en cualquier localidad (Damuth, 1973; Milliman, 1974). Asimismo, las fluctuaciones en el contenido de carbonatos han sido utilizadas como un parámetro estratigráfico, que refleja cierta "periodicidad" de las etapas climáticas glacial e interglacial (Damuth, 1973; Bé et al., 1976).

Por lo anterior, se consideró apropiado estimar la posible influencia de los factores que controlan el contenido de carbonatos en los sedimentos de las secuencias IMECO-I y su grado de correlación entre las etapas glacial e interglacial.

En términos generales, las concentraciones exhibieron valores moderados a bajos (entre el 10 y 35%) en las secuencias, excepto en la N50 que presentó valores entre el 20 y 70% (Tabla 5.11). Dentro de estos valores, el comportamiento de este parámetro en las secuencias exhibió una afinidad general con las tendencias observadas en la fracción gruesa de los sedimentos, denotándose que a menor cantidad de sedimentos gruesos, menor cantidad de carbonatos, ya que la fracción gruesa está formada principalmente por testas de organismos calcáreos.

Entre las etapas glacial e interglacial, las concentraciones de carbonatos mostraron dos tendencias (Fig. 5.10):

SECUENCIAS SEDIMENTARIAS IMECO-1 (JS-84)



-La primera (sec. N51, N53 y N54), exhibe valores moderadamente bajos en Z1, que aumentan hacia Z2, donde observan sus máximas concentraciones; posteriormente, dentro de las subzonas Y1 y Y2 disminuyen los valores a moderados y bajos. En general, esta tendencia implica concentraciones bajas en la Zona Y, que aumentan en la Z, pero sin mostrar una gran variabilidad.

-La segunda tendencia (sec. N50), presentó valores moderadamente bajos en la subzona Z1, con una clara tendencia a incrementarlos en Z2 y alcanzar valores elevados en la subzona Y1. Este comportamiento implica un patrón contrario al anterior, además de fuertes variaciones en las concentraciones.

Las probables condiciones ambientales y/o de depósito implicadas en estas tendencias, se discuten a continuación:

Entre los factores que controlan el contenido de carbonatos en los sedimentos, el que parece tener una relación más fuerte, es el de dilución por material no carbonatado, tomando en cuenta que el comportamiento del contenido total de carbonatos fue similar al que se observó en la fracción gruesa de los sedimentos (Figs. 5.9 y 5.10).

Como se discutió previamente (Cap.5.3.3), las variaciones en la concentración de la fracción gruesa en las secuencias, fueron inducidas principalmente por el aporte diferencial de sedimentos finos (excepto en N50), por lo que es probable que éste también haya ejercido una influencia en el contenido de carbonatos. Si durante la etapa glacial, se tuvo un nivel del mar menor que el actual (Logan *et al.*, 1969), una mayor cantidad de sedimentos terrígenos debió alcanzar zonas más profundas de la Bahía de Campeche y, si estos terrígenos fueron predominantemente finos como



sucede en la actualidad (Creager, 1958), entonces debieron ejercer una mayor dilución de los carbonatos.

Esta relación se explica por lo siguiente: a) como se mencionó previamente, la fracción gruesa se conforma predominantemente por testas de organismos carbonatados, a mayor cantidad de testas en los sedimentos, mayor es el contenido de carbonatos y por el contrario, a mayor cantidad de sedimentos terrígenos, menor contenido de carbonatos; b) a su vez, considerando que la fracción fina, además de terrígenos, también contiene sedimentos biógenos (en especial coccolitoforidos y formas juveniles de foraminíferos), probablemente las variaciones en la tasa de adición de sedimentos finos terrígenos, debe influir en el contenido total de carbonatos en las localidades.

Lo anterior es congruente con Thunell (1976) y Joyce et al. (1985), quienes observaron en la Bahía de Campeche occidental y norte, respectivamente, un decremento en el contenido de calcita durante la última glaciación (Zona Y), con respecto a los valores de la Zona Z, así como una fuerte correlación entre las concentraciones de carbonatos y fracción gruesa de los sedimentos, concluyendo que la tasa de acumulación de material fino no calcáreo ha sido el factor principal de variación en los carbonatos de esta Bahía, por cambios en el nivel del mar.

En el caso de la secuencia N50, el marcado incremento de carbonatos hacia la subzona Y1, parece estar directamente relacionado con el comportamiento de la fracción gruesa de esta localidad. Como se observó en el capítulo anterior, durante la subzona Y1 se tuvo un aporte considerable de sedimentos gruesos (en especial testas de organismos) hacia el Cañón de Campeche,

TABLA 5.11 - CONCENTRACION TOTAL (%) DE CARBONATOS  
EN LA SECUENCIAS IMECO-I (JS-84).

INTERVALO	SECUENCIA		IMECO-I (JS-84)				
	E	N50	N51	N52	N53	N54	N55 W
0- 2		28.3	27.4	26.0	26.9	23.8	12.7
2- 5		30.2	24.2	23.2	25.0	21.9	14.5
10- 12		28.5	26.6	22.9	25.5	26.2	13.5
20- 22		28.8	33.9	23.9	29.1	26.7	13.7
30- 32		36.1	33.8	28.4	29.9	24.7	13.5
40- 42		29.2	31.6	25.1	29.4	34.1	13.7
50- 52		28.8	34.5	25.7	31.5	34.4	14.1
60- 62		33.7	32.5	21.4	30.0	31.5	14.8
70- 72		38.8	35.1	24.5	29.6	28.7	14.5
80- 82		34.3	29.7	26.4	23.1	25.8	15.2
90- 92		40.4	23.4	25.7	22.1	26.7	14.3
100-102		43.0	21.4	25.3	21.4	29.6	14.8
110-112		47.8	20.6	----	24.4	28.4	15.9
120-122		59.2	29.5	----	24.0	26.2	14.6
130-132		54.0	28.1	----	23.3	28.3	14.5
140-142		59.9	29.4	----	26.8	21.0	14.9
150-152		53.4	29.7	----	----	25.3	15.6
160-162		44.9	24.3	----	----	26.9	18.0
170-172		56.0	----	----	----	25.1	15.8
180-182		54.6	----	----	----	----	16.7
190-192		69.8	----	----	----	----	18.8
200-202		----	----	----	----	----	17.3
210-212		----	----	----	----	----	18.9
PROMEDIO		42.9	28.7	24.9	26.4	27.1	15.2

debido a un nivel del mar más bajo que el actual, con lo cual el contenido relativo de carbonatos aumentó. La disminución paulatina de los carbonatos hacia el Holoceno (Fig. 5.10), refleja el decremento en la influencia del Banco de Campeche sobre esta localidad, conforme el nivel del mar se elevó.

Otros factores que controlan el contenido de carbonatos, además del de dilución por material no calcáreo, son: a) productividad de organismos secretores de carbonatos y b) disolución de testas calcáreas durante y posterior al depósito (Olauson, 1965; Milliman, 1974; Damuth, 1975).

Con respecto al primero y con base en lo observado en el capítulo anterior (5.3.2), se considera que durante el episodio glacial se debió tener una productividad primaria promedio mayor que en la actualidad, dadas las condiciones oceanográficas que sugiere el comportamiento de los Conjuntos Faunísticos entre las Zonas Y y Z. Tales condiciones se ven apoyadas por Gardulski *et al.* (en prensa), quienes también sugieren una mayor productividad en el Golfo de México nororiental glacial.

En sí, esta hipótesis no sólo permite estimar el posible efecto de este factor sobre el contenido de carbonatos en las localidades estudiadas, sino que se contrapone a lo reportado por Joyce *et al.* (1985). Estos autores estimaron aguas superficiales menos productivas para el Golfo de México glacial, con base en una Corriente de Yucatán intensificada (Brunner y Cooley, 1976), que transportaba un mayor volumen de agua con niveles bajos de nutrientes y baja productividad hacia el Golfo; provenientes del Mar Caribe y el Atlántico Norte, donde se han evidenciado tales condiciones (Prell y Hays, 1976; Ruddiman, 1971). Sin embargo,

Joyce *et al.* (*op.cit.*) no consideran las condiciones propias de esta cuenca, que de acuerdo a lo discutido anteriormente (cap. 5.3.2), la productividad del Golfo estuvo determinada principalmente, por el carácter de la termoclina, descargas de agua dulce y surgencias; no así por la baja productividad desarrollada en el Caribe (Prell y Hays, 1976).

En este orden de ideas, la hipótesis sobre una mayor productividad generada durante el episodio glacial en la Bahía de Campeche, evitó que el decremento en la concentración de carbonatos no fuera más amplio, y a su vez, apoya al factor de dilución como el parámetro más determinante en este contexto, el cual se puede considerar que encubre tal productividad. En lo referente a Z2, cuando disminuyó la influencia de los sedimentos no carbonatados sobre el área de estudio, por la elevación en el nivel del mar, se aprecian los máximos valores de carbonatos, definidos al parecer, por una productividad todavía elevada e inducida por el aporte de agua de deshielo continental, como lo sugieren Gardulski *et al.* (en prensa) para el Golfo nororiental.

En relación al parámetro de disolución de testas calcáreas durante y posterior a la depositación, se considera que si bien debió de operar en diferentes áreas de la Bahía de Campeche, como ha sido sugerido por Thunell (1976), su influencia sobre el contenido de carbonatos en las secuencias en estudio, debió de ser baja, de acuerdo a lo siguiente:

La región occidental del Golfo de México, cuyas máximas profundidades alcanzan los 3,800 m, se encuentran por encima del nivel de compensación de carbonatos (Brunner y Cooley, 1976), aunado a que esta región carece de una circulación de fondo

activa, por lo que no se tiene un efecto de disolución por "corrosividad" de aguas ricas en dióxido de carbono. No obstante de que Thunell (1976) reporta etapas de intensa disolución de carbonatos en la parte oeste de la Bahía de Campeche, durante el último periodo glacial (en particular las subzonas Y7 a Y5) y la Zona Z, tal disolución solo fue estimada en áreas con profundidades menores de 1,000 m, por lo que dada la profundidad de las secuencias en estudio, este tipo de disolución no parece haber influido significativamente en ellas.

En resumen, el parámetro de concentración total de carbonatos en las secuencias, presentó valores bajos a moderados dentro de la Zona Z (Holoceno) y altos a moderados en la Y (Pleistoceno tardío), excepto en la secuencia NS0, donde el patrón fue contrario. Al parecer, el contenido total de carbonatos se encuentra controlado, principalmente, por los sedimentos finos terrígenos (dilución) que fueron depositados en las localidades estudiadas. En el presente trabajo se estima que durante la época glacial, la Bahía de Campeche debió presentar una productividad primaria mayor a la actual, por lo que este factor sólo evitó una mayor decremento en la concentración de carbonatos de las secuencias durante la Zona Y, mientras que si parece haber favorecido las máximas concentraciones de la Subzona Z2, cuando el aporte de sedimentos finos disminuyó debido al aumento en el nivel del mar. El parámetro de disolución no parece haber ejercido una influencia significativa en las localidades estudiadas, por lo que no se estima como un factor definitivo en el comportamiento de las curvas de carbonatos en este estudio.

## CAPITULO 6.0

## -RECAPITULACION DE RESULTADOS-

A lo largo de las secuencias, el comportamiento mostrado por los registros sedimentarios discutidos, sugirió variaciones significativas en el régimen climático-oceanográfico de la Bahía de Campeche, durante el Cuaternario tardío, como se observa a continuación:

Para la subzona Y5, se estiman condiciones ambientales más frías que en la actualidad, de acuerdo con las asociaciones de foraminíferos planctónicos. En esta, domina una Biofacies Subtropical/Transicional, lo cual indica que la termoclina debió presentar un carácter estacional y que el nivel de productividad primaria fue más alto que en la actualidad. Tal hecho se encuentra apoyado por la presencia abundante de *G. inflata*, *G. bulloides*, *G. falconensis* y *N. dutertrei* (posiblemente también por *G. truncatulinoides* levógiro), ya que son especies que habitan "preferencialmente" en áreas donde domina una termoclina estacional y se tiene una alta productividad. El contenido de carbonatos en esta subzona parece indicar también una mayor productividad que en el presente, ya que aunque los sedimentos gruesos presentan proporciones similares entre Y5 y la actualidad, los carbonatos muestran una mayor concentración en la primera, lo que puede implicar aguas más productivas en esta subzona. Aunado a esto, las concentraciones de los sedimentos gruesos en Y5 y el presente son similares, lo que indica un aporte comparable entre estas etapas. Tal característica sugiere que el nivel del mar en Y5 fue semejante al actual; de hecho, se

ha estimado que entre Y8 y Y3 el nivel del mar estuvo cercano al actual y sólo disminuyó significativamente durante la subzona Y2, cuando se alcanzó el máximo glacial (Logan et al., 1969).

Otra característica importante, fue el comportamiento de la salinidad superficial, la cual se estima, fue menor que en la actualidad ( $< 36$ ). Esto se fundamenta en las abundancias relativamente altas que exhibió *N. dutertrei* y probablemente también sea reflejado por las frecuencias altas de *G. truncatulinoides* levogiro, dado que *N. dutertrei* habita "preferentemente" en aguas con salinidades relativamente bajas (35.5-36) y *G. truncatulinoides* levogiro parece ser afín a este mismo factor (ver cap. 5.3.2).

De la subzona Y5 hasta la parte temprana/media de Y2, las condiciones climáticas reflejan un enfriamiento gradual, alcanzando su máximo en esta última. Esto es indicado por el comportamiento de las faunas, ya que se observa una substitución gradual de los conjuntos dominantes en Y5, hasta conformar una Biofacies Transicional/Subtropical en Y2. En coherencia con tal enfriamiento, se asume que la termoclina estacional y la productividad primaria alcanzan su máximo desarrollo en Y2, en conjunto con un nivel del mar más bajo que el actual. En lo referente a la productividad, cabe señalar que esta debería determinar un mayor contenido de carbonatos en los sedimentos; sin embargo, el decremento que muestra este parámetro, parece ser una respuesta al mayor aporte de sedimentos finos sobre las localidades en estudio, provocando un mayor efecto de dilución de los carbonatos. Lo anterior se basa en las menores concentraciones de sedimentos gruesos y consecuentemente en el

incremento de sedimentos finos, principalmente en Y2. Tal concepto es congruente con la disminución en el nivel del mar, ya que determina una línea de costa más cercana al borde de la plataforma continental, permitiendo un mayor aporte de terrígenos finos sobre áreas más profundas de la Bahía (Thunell, 1976).

Por otro lado, se infirió un incremento en la salinidad superficial de Y5 a Y2; en base a la disminución de las abundancias de *N. dutertrei* y del morfotipo levogiro de *G. truncatulinoides*. El incremento en salinidad, también es apoyado por la literatura (Brunner, 1982), ya que se han reportado valores que se incrementan de 35.0 en Y8 hasta 36.5 durante el máximo glacial (Y2).

La dominancia que presentan las especies transicionales en este intervalo, junto con las condiciones climáticas inferidas, son congruentes con el desplazamiento latitudinal de los cinturones de temperatura hacia el ecuador, reportado por diversos autores (McIntyre *et al.*, 1972). Esto tiene como base lo siguiente: durante el episodio glacial, las asociaciones faunísticas de la Bahía de Campeche estuvieron dominadas por especies que en la actualidad habitan "preferentemente" en mayores latitudes (regiones templadas), mientras que en la Cuenca de Colombia, estuvieron constituidas por especies subtropicales, dominadas por *G. ruber* (Prell y Hays, 1976). Las especies subtropicales habitan en la actualidad en la Bahía de Campeche y Mar de los Sargazos.

De acuerdo con las asociaciones faunísticas, en la parte tardía de Y2 y la subzona Y1, se tiene registrado un cambio brusco hacia condiciones menos frías. Ahí, las biofacies adquieren un carácter Subtropical/ Transicional. Es difícil establecer la naturaleza de



la termoclina en base a las abundancias de las especies características de este intervalo; no obstante, se puede deducir que esta debió seguir siendo estacional, dadas las condiciones de temperatura que aún imperaban. Consecuentemente, la productividad debió continuar con niveles altos. Un factor que apoya esta productividad y sugiere, a su vez, una disminución en la salinidad superficial de este intervalo, es el incremento que muestran *N. dutertrei* y el morfotipo levogiro de *G. truncatulinoides*. Este comportamiento se interpreta como una respuesta a la descarga de agua de deshielo que se reporta para el Golfo de México, durante la transición entre las etapas glacial e interglacial. Tal descarga repercutió fuertemente en las salinidades superficiales de este episodio, disminuyéndolas hasta valores de 33 (Leventer et al., 1982); por otro lado, implica un aporte significativo de nutrientes al océano, que favorecen una alta productividad primaria (Gardulski et al., en prensa). Asimismo, dicha descarga es congruente con una elevación en el nivel del mar, que provoca, además de un decremento en las salinidades, una migración de la línea de costa tierra adentro (transgresión), con lo cual se disminuye la influencia de los sedimentos finos sobre las localidades en estudio y en consecuencia se incrementa la concentración de los sedimentos gruesos y carbonatos.

Durante la Zona Z, se observa un incremento en las condiciones cálidas, que alcanzan su máximo en la parte media/tardía de Z1. Esta tendencia fue propicia para el incremento en las abundancias de especies subtropicales y tropicales. Por tal razón, la Biofacies Subtropical/Transicional del final de la Zona Y, fue

substituyéndose por una Subtropical en Z2; y ésta derivó a otra Subtropical/Tropical en Z1. Tal sustitución, permite estimar que la termoclina debió ir cambiando su naturaleza estacional en profunda y permanente, lo que a su vez, repercutió en una productividad primaria menor en esta región. El decremento en la productividad, se encuentra apoyado por dos aspectos: uno de ellos es el incremento y dominancia de *G. ruber* en la actualidad, ya que esta especie está asociada con aguas de baja productividad (Thunell y Reynolds, 1984); el otro aspecto, radica en el comportamiento de los carbonatos en esta zona, ya que aunque en Z2 estos alcanzaron sus mayores concentraciones, en Z1 disminuyen palpablemente. A este respecto, debe considerarse el aumento en Z2 y decremento moderado en Z1 que presenta la fracción gruesa de los sedimentos, que indican una disminución en el efecto de dilución sedimentos gruesos y carbonatos. Este patrón es correlacionable con la elevación en el nivel del mar en esta Zona, que alcanza su máximo en la parte temprana de Z1.

Además de las condiciones antes mencionadas, para esta Zona se estima un incremento en la salinidad superficial. Esto se fundamenta en lo siguiente: durante Z2 *N. dutertrei* presenta abundancias elevadas, pero disminuyen a valores mínimos en Z1, lo que parece implicar salinidades relativamente bajas en Z2, que aumentan hacia el Reciente. Este hecho, también es apoyado por las abundancias de *G. ruber*, que han venido en aumento y sugieren salinidades mayores (>36). Asimismo, este patrón de salinidad parece reflejarse en las frecuencias altas de *G. truncatulinoides* levogiro entre Z2 medio y su límite con Z1, las que disminuyen a lo largo de Z1, donde las formas dextrogiras dominan.

Las variaciones en los registros sedimentarios estudiados, permitieron reconocer de una forma general, como ha influido la dinámica climática y oceánica sobre la Bahía de Campeche durante el Cuaternario tardío. Si bien esto permite tener una perspectiva general sobre la evolución climática de esta cuenca, es necesario determinar en mayor detalle, el comportamiento de los diversos parámetros que han influido en dicha evolución y que a su vez, conlleve a una mejor comprensión de las condiciones actuales y del posible desarrollo futuro de las mismas.

C A P I T U L O 7.0  
- C O N C L U S I O N E S -

1) Los cambios en las abundancias relativas (%) de foraminíferos planctónicos, permitieron establecer un marco bioestratigráfico en las secuencias en estudio. Estas tuvieron los siguientes alcances: la N50 hasta parte de la subzona Y1; la N51 hasta el límite inferior de Y2 y conteniendo, probablemente, el límite superior de Y3; las secuencias N52, N53, N54 y N55, presentaron un alcance hasta parte de las subzonas Z2, Y3, Y5 y Z1, respectivamente.

2) Los cambios en la dominancia de la dirección de enrollamiento de G. truncatulinoides, mostraron un comportamiento correlacionable entre las secuencias y coherente con el marco bioestratigráfico definido. Esta coherencia, aunque general, permite considerar a esta especie como un parámetro estratigráfico adicional. El morfotipo dextrógiro presentó su mayor dominancia en las subzonas Z1, la parte temprana de Z2, Y1 y la parte tardía de Y2. Aumentos significativos de formas levóginas se observaron de la parte media de la subzona Z2 hasta el límite Z2/Z1 y de la parte media de Y2 a la subzona Y5.

3) Los incrementos del morfotipo levógiro de G. truncatulinoides, mostraron una afinidad con el comportamiento de N. dutertrei en las secuencias en estudio, por lo que se estimó la posibilidad de que las variaciones en la salinidad y/o en la productividad primaria, sean los factores que determinen los

cambios en la dominancia de los morfotipos de dicha especie.

4) Las asociaciones climáticas de foraminíferos establecidas, mostraron cambios significativos en las temperaturas relativas de la Bahía de Campeche durante el Cuaternario tardío. Estas reflejaron un enfriamiento progresivo entre las subzonas Y5 y la parte media/tardía de Y2, donde se infieren las máximas condiciones frías. De la parte tardía de Y2, en Y1 y a lo largo del Holoceno, las asociaciones climáticas exhiben un aumento paulatino en las temperaturas superficiales, hasta alcanzar un máximo de condiciones cálidas sobre la parte media/tardía de Z1.

5) Por su parte, los conjuntos faunísticos cuaternarios de la Bahía de Campeche, permitieron definir una Biofacies Subtropical/Transicional en la subzona Y5, que evoluciona a una Transicional/Subtropical entre Y5 y Y2, y vuelve a ser Subtropical/Transicional de Y2 a Y1. Con base en el carácter transicional de las biofacies, se estima que durante el episodio glacial el área de estudio presentó un régimen oceanográfico más frío ( $< 20^{\circ}\text{C}$ ) que el actual, con salinidades generalmente menores a las actuales ( $< 36$ ), una termoclina estacional y una productividad primaria relativamente mayor que en el presente. Para la Zona 2 (Holoceno), las biofacies fueron claramente Subtropicales a Subtropical/Tropical, características que están fuertemente asociadas a un régimen superficial cálido ( $> 20^{\circ}\text{C}$ ), de salinidades elevadas ( $> 36$ ), una termoclina permanente y profunda, y una productividad primaria relativamente menor.

6) Los cambios en las Biofacies de la Bahía de Campeche, son congruentes con un desplazamiento latitudinal de los cinturones de temperatura hacia zonas más ecuatoriales, durante el último estadio glacial (Zona Y).

7) Dentro de las secuencias en estudio, la fracción gruesa y el contenido de carbonatos de los sedimentos exhibieron una tendencia general a disminuir sus concentraciones durante la etapa glacial, con los máximos valores en la subzona Z2. Este comportamiento fue debido a un mayor aporte y depósito de sedimentos terrígenos finos sobre el área de estudio, provocando un efecto de dilución de estos registros; y está asociado a fluctuaciones en el nivel del mar, durante el Cuaternario tardío. La tendencia diferente de la N50, se debe a un incremento en el transporte de sedimentos gruesos carbonatados provenientes del Banco de Campeche y por efecto de dichas fluctuaciones.

8) El comportamiento mostrado por los registros sedimentarios estudiados, reflejaron cambios significativos entre los estadios glacial e interglacial y evidenciaron con ello, diferentes aspectos de la variabilidad climática y oceánica de la Bahía de Campeche; representando una respuesta común a los cambios que se han sucedido en la dinámica global durante el Cuaternario tardío.

CAPÍTULO B.O  
- L I T E R A T U R A C I T A D A -

- AGUAYO-CAMARGO, J.E. y S. MARIN-CORDOVA, 1987. Origen y evolución de los rasgos morfotectónicos postcretácicos de México. *Boj. Soc. Geol. Mexicana*, 48 (2): 15-39.
- ARMSTRONG, R.S. y J.R. GRADY, 1967. "Geronimo" cruises entire Gulf of Mexico in the late winter. *Conn. Fish. Rev.*, 29: 35-40.
- ARMSTRONG, R.S. y J.R. GRADY, 1968. The late summer waters of the Gulf of Mexico. *Conn. Fish. Rev.*, 30: 56-60.
- AYALA-CASTAÑARES, A. y M. GUTIERREZ ESTRADA, En prensa. Morfología y sedimentos superficiales de la plataforma continental frente a Tabasco y Campeche, México. *An. Inst. Cien. Mar. Limnol., Univ. Nat. Autón. Mex.*
- BARKER-WEBB, P. y S. BERTHELOT, 1839. Foraminifères; in *Histoire Naturelle des Îles Canaries*, 2, pt. 2 (Zoology): 119-146.
- BE, A.W.H., 1966. Distribution of planktonic foraminifera in the world oceans. *Abstr. Internat. Oceanogr. Congr. Moscow*, 11: 81-97.
- BE, A.W.H., 1977. An ecological, zoogeographic and taxonomic review of Recent planktonic foraminifera. In: A.T.S. Ramsay (Ed.), Vol. 1, Cap. 1: 1-100, *Oceanic Micropaleontology*. Academic Press, N.Y., 808 pp.
- BE, A.W.H. y W.H. HAMLIN, 1967. Ecology of recent planktonic foraminifera. Part 3. Distribution in the North Atlantic during the summer of 1962. *Micropaleontol.*, 13 (1): 87-106.
- BE, A.W.H. y D.S. TOLDERLUND, 1971. Distribution and ecology of living planktonic foraminifera in surface waters of the Atlantic and Indian Oceans. In: Funnell and Riedel (Eds.), *The Micropaleontology of the Oceans*. Cambridge University Press: 105-149.
- BE, A.W.H., J.E. BAMUTH, L. LOTT y R. FREE. 1976. Late Quaternary climatic record in Western Equatorial Atlantic sediment. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 145: 165-200.
- BEARD, J.H., 1969. Pleistocene paleotemperature record based on planktonic foraminifers, Gulf of Mexico. *Gulf Coast. Assoc. Geol. Soc. Trans.*, 12: 535-553.
- BERGANTINO, R.N., 1971. Submarine regional geomorphology of the Gulf of Mexico. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 82 (3): 741-752.
- BLOW, W.H., 1959. Age, correlation and biostratigraphy of the upper Tocuyo (San Lorenzo) and Pozon Formations, Eastern Falcon, Venezuela. *Amer. Paleontol. Bull.*, 32 (1178): 67-251.
- DOERSHA, A., 1978. Foraminifera. In: *Haq y Boersma (Eds.)*. Cap. 2, p. 19-78. *Introduction to Marine Micropaleontology*. Elsevier North Holland Inc., 376 p.
- BOLLI, H.M., 1950. The direction of coiling in the evolution of some Globorotaliidae. *Contr. Cushman Found. Foram. Res.*, 1: 82-89.
- BOLLI, H.M., 1951. Notes on the direction of coiling of Rotulid Foraminifera. *Contr. Cushman Found. Foram. Res.*, 2: 139-143.
- BOLLI, H.M. y J.B. SAUNDERS, 1985. Oligocene to Holocene low latitude planktic foraminifera. In: H.M. Bolli, J.B. Saunders and K. Perch-Nielsen (Eds.), Cap. 7: 155-262. *Plankton Stratigraphy*. Cambridge Univ. Press, Nueva York, 1032 p.
- BRADLEY, R.S., 1985. *Quaternary Paleoclimatology*. Allen y Unwin (Eds.), Boston, 472 p.

- BRADY, H.B., 1877. Supplementary note on the foraminiferal of the Chalk (?) of the New Britain Group. *Geol. Mag.*, 4: 534-536.
- BRADY, H.B., 1879. Notes on some reticularian Rhizopoda of the Challenger Expedition. *G. J. Microscopical Soc. London*, 12: 261-299.
- BROECKER, W.S. y J. van DONK, 1970. Insolation changes, ice volumes and the 0-18 record in deep-sea cores. *Rev. Geophys. Space Phys.*, 8 (11): 169-198.
- BROMIANN, P., 1951. The genus *Orbulina* d'Orbigny in the Oligocene Miocene of Trinidad, B.W.I. *Contr. Cushman Found. Foram. Res.*, 2: 132-138.
- BRUNNER, C.A., 1979. Distribution of planktonic foraminifera in surface sediments of the Gulf of Mexico. *Micropaleontol.*, 25 (3): 325-335.
- BRUNNER, C.A., 1982. Paleocyanography of surface waters in the Gulf of Mexico during the Late Quaternary. *Biol. Res.*, 12: 105-119.
- BRUNNER, C.A. y J.F. COOLEY, 1976. Circulation in the Gulf of Mexico during the last glacial maximum 18,000yr ago. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 87: 681-686.
- BRYANT, W.R., J. ANTOINE, M. EWING y B. JONES, 1968. Structure of mexican continental shelf and slope, Gulf of Mexico. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 52 (7): 1204-1228.
- BRYANT, W.R., M.C. ZEIGLER, P.L. JOYCE, M.H. FEELEY y J.R. BRYANT, 1984. Gulf of Mexico Bathymetric Chart west of 90°W long. In: Huffer R.T., S.W. Locker, W.R. Bryant, S.A. Hall and R.H. Pilger, Jr. (Eds.). Atlas 6. Ocean Marine Drilling Program, Regional Atlas Series, Gulf of Mexico. Marine Science International, Woods Hole, Ma., Hoja 1a.
- CARBER, K.L., K.A. FANNING, P.R. BETZER y V. MAYNARD, 1977. Dissolved silica and the circulation in the Yucatan Strait and the deep eastern Gulf of Mexico. *Deep-Sea Res.*, 44: 1149-1160.
- CARPENTER, W.H., 1862. Introduction to the Study of the Foraminifera. Ray Soc. (London), 319 p.
- CASEY, R.E., 1982. *Lamprocyrtis* and *Stichocorys* lineages: biogeographical and ecological perspectives relating to tempo and mode of polycytine radiolarian evolution. *Proc. 3d No. Am. Paleontol. Conv.*, 1: 77-82.
- CIFELLI, R., 1965. Planktonic foraminifera from the west North Atlantic. *Smithsonian Miscellaneous Coll.*, 149 (4): 1-46.
- CIFELLI, R. y R.K. SMITH, 1970. Distribution of planktonic foraminifera in the vicinity of the North Atlantic Current. *Smithsonian Contr. Paleobiol.*, (4): 1-52.
- CLARK, H.C. y J.P. KENNETT, 1973. Paleomagnetic excursion recorded in latest Pleistocene Deep-Sea sediments, Gulf of Mexico. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 19: 267-274.
- COCHRANE, J.D., 1972. Separation of an anticyclone and subsequent developments in the Loop Current (1969). In: L.R.A. Capurro and J.L. Reid (Eds.), *Texas A&M University Oceanogr. Stud.*, Gulf Publ. Co., Houston, 2: 91-106.
- CREAGER, J.S., 1958a. Bathymetry and sediments of the Bay of Campeche. *Texas A & M Tech. Rep.*, 58-12F: 1-108.
- CREAGER, J.S., 1958b. A canyon-like feature in the Bay of Campeche. *Deep-Sea Res.*, 5: 169-172.
- CURRAY, J.R., 1961. Late Quaternary Sea Level: A discussion. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 72: 1707-1712.
- CUSHMAN, J.A., 1927. An outline of a re-classification of the Foraminifera. *Contr. Cushman Lab. Foram. Res.*, 3: 1-105.



- CZITROM, S.P.R., F. RUIZ, M.A. ALATORRE y A.R. PADILLA, 1986a. Preliminary study of a front in the Bay of Campeche, Mexico. In: J.C.L. Nihoul (Ed.). *Marine Interfaces and Ecohydrodynamics*. Elsevier Oceanography Series, 42: 301-311.
- CZITROM, S.P.R., D.A. SALAS DE LEON, A. MONREAL-GOMEZ, M.A. ALATORRE, F. RUIZ, A.R. PADILLA y B. SHIRAZAGO, 1986b. Estudio multidisciplinario en la Zona Económica Exclusiva mexicana del Golfo de México: características geológicas, físicas, químicas y biológicas. OGMEX II. Oceanografía Física. *Informe Técnico II* (Inédito). Inst. de Ciencias del Mar y Limnol., UNAM, 130 p.
- DAMUTH, J.E., 1975. Quaternary climate change as revealed by calcium carbonate fluctuations in Western Equatorial Atlantic sediments. *Deep-Sea Res.*, 22: 725-743.
- DAVIES, B.K., 1972. Deep-Sea sediments and their sedimentation, Gulf of Mexico. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 56: 2212-2239.
- DAVIES, B.K. y W.R. MOORE, 1970. Dispersal of Mississippi sediment in the Gulf of Mexico. *Jour. Sed. Petrol.*, 40: 339-353.
- de CSERNA, Z., 1984. Margen continental de colisión activo en la parte suroccidental del Golfo de México. *Rev. Inst. Geol. Univ. Nat. Autón. Mex.*, 5 (2): 255-260.
- d'ORBIGNY, A., 1826. Tableau methodique de la classe des Cephalopodes. *Ann. Sci. Nat. Paris, ser. 1*, 7: 245-314.
- d'ORBIGNY, A., 1839a. Foraminifères. In: Raron de la Sagra (Ed.). *Histoire Physique, politique et naturelle de l'île de Cuba*. Paris, A. Bertrand: 1-224.
- d'ORBIGNY, A., 1839b. Voyage dans l'Amérique Méridionale; Foraminifères. Strasbourg, France, Levrault, 5, pt. 5: 1-86.
- DREXLER, J.W., W.I. ROSE, JR., R.S.J. SPARKS y M.T. LEBBETTER, 1980. The Los Chocoyos Ash, Guatemala: a major stratigraphic marker in middle America and in three Ocean Basins. *Quat. Res.*, 13: 327-345.
- EGGER, J.G., 1893. Foraminiferen aus Meeresgrundproben, Gelothet von 1874 bis 1876 von S.N. Schiff Gazelle. Koeniglich Bayerische Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Physikalische Classe. *Abhandlungen*, 1893, 18 (2): 195-458.
- EHRENBERG, C.G., 1861. Über die Tiefgrund- Verhältnisse des Ozeans am Eingange der Davisstrasse und Bei Island. K. Preuss. Akad. Wiss. Berlin, Monatsber. Jahr 1861 (1862): 275-316.
- ELLIOT, B.A., 1982. Anticyclonic rings in the Gulf of Mexico. *Jour. Phys. Oceanogr.*, 12 (11): 1292-1309.
- ENILIANI, C., 1955. Pleistocene temperatures. *Jour. Geol.*, 63: 538-578.
- ENILIANI, C., 1964. Paleotemperature analysis of the Caribbean cores A254-BR-C and CP-28. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 75: 129-144.
- ENILIANI, C., 1966. Paleotemperature analysis of Caribbean cores P6304-8 and P6304-9 and a generalized temperature curve for the past 425,000 years. *Jour. Geol.*, 74 (2): 109.
- ENILIANI, C. 1969. A new Paleontology. *Palaentol.*, 15 (3): 265-300.
- ENILIANI, C., 1971. The last interglacial: paleotemperatures and chronology. *Scienza*, 171: 571-573.
- ENILIANI, C., C. ROOTH y J.J. STIPP, 1978. The Late Wisconsin flood into the Gulf of Mexico. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 41: 159-162.
- ENILIANI, C., S. GARTNER, B. LIDZ, K. ELDRIDGE, B.K. ELVEY, T.C. NUANG, J.J. STIPP y M.F. SWANSON, 1975. Paleoclimatological analysis and Late Quaternary cores from the Northeastern Gulf of Mexico. *Scienza*, 189: 1083-1088.

- ERICSON, D.B. y G. WOLLIN, 1956. Correlation of six cores from the Equatorial Atlantic and the Caribbean. *Deep-Sea Res.*, 3: 104-125.
- ERICSON, D.B. y G. WOLLIN, 1968. Pleistocene climates and chronology in deep-sea sediments. *Science*, 162: 1227-1234.
- ERICSON, D.B., G. WOLLIN y J. WOLLIN, 1954. Coiling direction of *Globorotalia truncatulinoides* in deep-sea cores. *Deep-Sea Res.*, 2: 152-158.
- EWING, M., D.B. ERICSON y B.C. HEEZEN, 1958. Sediments and topography of the Gulf of Mexico. In: L.G. Weeks (Ed.), *Habitat of Oil. Am. Assoc. Petro. Geol.*, Tulsa: 995-1053.
- FAIRBANKS, R.G. y P.H. WIEBE, 1980. Foraminifera and chlorophyll maximum: vertical distribution, seasonal succession and paleoceanographic significance. *Science*, 209: 1524-1526.
- FAIRBANKS, R.G., P.H. WIEBE y A.W.H. DE, 1980. Vertical distribution and isotopic composition of living planktonic foraminifera in the western North Atlantic. *Science*, 207: 61-63.
- FAIRBANKS, R.G., M. SVERDLOVE, R. FREE, P.H. WIEBE y A.W.H. DE, 1982. Vertical distribution and isotopic fractionation of living planktonic foraminifera from the Panama Basin. *Nature*, 298: 841-844.
- FEELEY, M.H., W.R. BRYANT y J.R. BRYANT, 1984. Geologic hazards and shallow structures. In: Buffler R.T., S.B. Locker, W.R. Bryant, S.A. Hall and R.H. Pilger, Jr. (Eds.). *Atlas of Ocean Marine Drilling Program, Regional Atlas Series, Gulf of Mexico*. Marine Science International, Woods Hole, Ma. Hoja 35.
- GALLOWAY, J.J. y S.G. WISSLER, 1927. Pleistocene foraminifera from Lomita Quarry, Palos Verdes Hills, California. *Lower Paleontol.*, 1: 35-87.
- GARDNER, J.V., 1973. The eastern equatorial Atlantic: sedimentation, faunal and sea-surface temperature response to global climatic changes during the past 200,000 years. (Ph. D. Thesis): New York, Columbia Univ., 387p.
- GARDNER, J y J. HAYS, 1976. Responses of sea surface temperature and circulation to global climatic change during the past 200,000 years in the equatorial Atlantic Ocean. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 149: 221-246.
- GARBULSKI, A.F., H.T. MULLINS y S. WEITERMAN, en prensa. Carbonate mineral cycles by foraminiferal and pteropod response to Pleistocene climate: west Florida ramp slope. Submitted to *Sedimentology*, revised november, 1989.
- GARRISON, L.E. y R.G. MARTIN, 1973. Geologic structures in the Gulf of Mexico Basin. U.S. Geological Surv. Prof. Paper 723. Washington, D.C.:U.S. Government Printing Office, 85 p.
- GOULD, H.R. y R.H. STEWART, Jr., 1955. Continental terrace sediments in the northeastern Gulf of Mexico. In: J.L. Hough and H.W. Menard (Eds.). *Finding ancient shorelines. Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Spec. Publ.* 3: 2-20.
- HECHT, A.D., 1973. Faunal and origin paleotemperatures and the amplitude of glacial/interglacial temperature changes in the Equatorial Atlantic, Caribbean Sea and Gulf of Mexico. *Quat. Res.*, 3: 671-690.
- HOFKER, J., 1956. Foraminifera dentata. Foraminifera of Santa Cruz and Thatch Islands, Virginia- Archipelago, West Indies. *Copenhagen Univ. Zool. Museum, Skrifter*, 15: 1-35.
- HURLEY, R.J. y L.K. FINK, 1963. Ripple marks show that countercurrent exist in Florida Straits. *Science*, 139: 603-605.
- IACCARINO, S., 1985. Mediterranean Miocene and Pliocene planktic foraminifera. In: M.M. Bolli J.B. Saunders and K. Perch-Nielsen (Eds.), *Cap. 8: 283-314. Plankton Stratigraphy*, Cambridge Univ. Press, Nueva York, 1032 p.
- ICHIYE, T., 1962. Circulation and water mass distribution in the Gulf of Mexico. *Geophys. Internat.*, 2 (3): 47-76.

- IMBRIE, J. y M.G. KIPP, 1971. A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology: Application to a Late Pleistocene Caribbean core. In: K.K. Turekian (Ed.), *The Late Cenozoic Glacial Ages*. New Haven, Yale Univ. Press: 2465-2483.
- INEGI-SPP, 1981-1983. *Cartas Batimétricas del Pacífico y del Golfo de México*. Esc. 1:1,000,000.
- JENKINS, D.G., 1985. Southern mid-latitude Paleocene to Holocene planktic foraminifera. In: H.M. Bolli, J.B. Saunders and K. Perch-Nielsen (Eds.), *Cap. 6: 155-242. Plankton Stratigraphy*, Cambridge University Press, Nueva York, 1932 p.
- JONES, J.I., 1966. The distribution and variation of living pelagic foraminifera in the Caribbean. *Trans. 3rd Caribb. Geol. Conf.: 170-183.*
- JONES, J.I., 1967. Significance of distribution of planktonic foraminifera in the Equatorial Atlantic Undercurrent. *Micropaleontol.*, 13 (4): 489-501.
- JONES, J.I., 1968. The relation of planktonic foraminiferal populations to water masses in the western Caribbean and lower Gulf of Mexico. *Bull. Mar. Sci.*, 18 (4): 946-982.
- JOYCE, J.E., M.C. KENNICUTT, II y J.N. BROOKS, 1985. Late Quaternary Depositional History of the Deep Western Gulf of Mexico: Geochemical and Sedimentologic Evidence. *Mar. Geol.*, 68: 55-68.
- KENNETT, J.P., 1982. *Marine Geology*. Prentice-Hall Inc., 813 p.
- KENNETT, J.P. y P. HUBBLESTON, 1972. Late Pleistocene paleoclimatology, foraminiferal biostratigraphy and tephochronology, western Gulf of Mexico. *Qual. Res.*, 2: 38-69.
- KENNETT, J.P. y M.J. SHACKLETON, 1975. Laurentide ice sheet meltwater recorded in the Gulf of Mexico Deep-Sea Cores. *Science*, 188: 147-150.
- KIPP, M.G., 1976. New transfer function for estimating past sea surface conditions from sea-bed distribution of planktonic foraminiferal assemblages in the North Atlantic. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 143: 3-41.
- KOHL, B., 1986. Late Quaternary planktonic foraminifers from the Pigmy Basin, Gulf of Mexico, Site 619, Deep-Sea Drilling Project Leg 96. In: Downs, A.H., Coleman J.N., Meyer A.W. et al. (Eds.). Washington (U.S. Govt. Printing Office). *Init. Repts. Deep Sea Drilling Project*, 96: 657-670.
- LAND, J.L. y J.H. BEARD, 1972. Late Miocene planktonic foraminifers in the Caribbean, Gulf of Mexico and Italian stratotypes. *Univ. Kansas Paleont. Conf.*, Art. 32 (Protozoa 8). The University of Kansas, Lawrence, Kan.: 1-67.
- LEIPPER, B.F., 1970. A sequence of current patterns in the Gulf of Mexico. *Jour. Geophys. Res.*, 75: 637-657.
- LEVENTER, A., B.F. WILLIAMS y J.P. KENNETT, 1982. Dynamics of the Laurentide ice sheet during the last deglaciation: evidence from the Gulf of Mexico. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 59: 11-17.
- LEVENTER, A., B.F. WILLIAMS y J.P. KENNETT, 1983. Relationships between anoxia, glacial meltwater and microfossil preservation in the Orca Basin, Gulf of Mexico. *Mar. Geol.*, 53 (1-2): 23-40.
- LOGAN, E.W., J.L. HARDING, W.M. AHR, J.B. WILLIAMS y R.G. SHEAR, 1969. Carbonate sediments and reefs, Yucatan Shelf, Mexico, Part. 1. Late Quaternary Carbonate sediments of Yucatan Shelf, Mexico. *Am. Assoc. Geol. Mem.*, 11: 5-120.
- MALMGREN, B. y J.P. KENNETT, 1976. Principal Component Analysis of Quaternary Planktic Foraminifera in the Gulf of Mexico: Paleoclimatic Applications. *Mar. Micropaleontol.*, 1: 299-306.
- MAUL, G.A., 1977. The annual cycle of the Gulf Loop Current Part I: observations during a one year time series. *Jour. Mar. Res.*, 35: 29-47.

- McFARLAN, E., Jr., 1961. Radiocarbon dating of Late Quaternary deposits south Louisiana. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 72: 129-138.
- McINTYRE, A., W.F. RUDDIMAN y R. JANTZEN, 1972. Southward penetrations of the North Atlantic polar front: faunal and floral evidence of large-scale surface water mass movements over the last 225,000 years. *Deep-Sea Res.*, 19: 61-77.
- McINTYRE, A., M. KIPP, A.W.H. BE, T. CROWLEY, J.V. GARDNER, W.L. PRELL y W.F. RUDDIMAN, 1976. Glacial North Atlantic 18,000 years ago: a CLIMAP reconstruction. In: R.M. Cline and J.B. Mays (Eds.), *Investigations of Late Quaternary Paleooceanography and Paleoclimatology*. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 145: 43-76.
- McINTYRE, A., W.F. RUDDIMAN, K. KARLIN y A.C. MIX, 1989. Surface water response of the Equatorial Atlantic Ocean to orbital forcing. *Paleoceanogr.*, 4 (1): 19-55.
- MERRELL, W.J., Jr. y M. MORRISON, 1981. On the circulation of the western Gulf of Mexico with observations from april 1978. *Jour. Geophys. Res.*, 86 (C5): 4181-4185.
- MILLINAN, J.D., 1974. *Marine Carbonates*. Springer-Verlag, Nueva York, 375 p.
- HOLINARI, R.L., J.F. FESTA y B.W. BENNINGER, 1978. The circulation of the Gulf of Mexico derived from estimated dynamic height fields. *Jour. Phys. Oceanogr.*, 8: 987-996.
- MONREAL-GOMEZ, M.A. y D.A. SALAS DE LEON, en prensa. Simulación de la Circulación en la Bahía de Campeche. Sometido a *Geofísica Internacional*, 1989.
- NEWMANN, A.C. y M.M. BALL, 1970. Submersible observations in the Straits of Florida: Geology and bottom currents. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 81: 2861-2874.
- NEWMANN, J.W., P.L. PARKER y E.W. BENHENS, 1973. Organic carbon isotope ratios in Quaternary cores from the Gulf of Mexico. *Geochemical et Cosmochimica Acta*, 37: 225-238.
- NEWMANN, M., 1967. *Manuel de Micropaléontologie des Foraminifères*. Gautier-Villars, Paris, 297 p.
- NOVLIN, W.D., JR., 1971. Water masses and general circulation of the Gulf of Mexico. *Oceanol. Internat.*, (feb.): 28-33.
- NOVLIN, W.D., JR., 1972. Winter circulation patterns and property distributions. In: L.R.A. Capurro y J.L. Reid (Eds.), *Contributions to the Physical Oceanography of the Gulf of Mexico*. Texas A & M Oceanographic Studies, 2: 3-51.
- NOVLIN, W.D., Jr. y H.J. McLELLAN, 1967. A characterization of the Gulf of Mexico waters in winter. *Jour. Mar. Res.*, 25 (1): 29-59.
- NOVLIN W.D. y C.A. PARKER, 1974. Effects of a cold-air outbreak on shelf waters of the Gulf of Mexico. *Jour. Phys. Oceanogr.*, 4 (3): 467-486
- NYBAKKEN, J.W., 1982. *Marine Biology: An Ecological Approach*. Harper & Row Publ., Nueva York, 446 p.
- OLAUSSON, E., 1965. Climatological, geochemical and paleoceanographical aspects on carbonate deposition. In: M. Sears (Ed.), *Progress in Oceanography*, (The Quaternary history of the ocean basins), 4: 245-265.
- PADILLA, A.R., M.A. ALATORRE, F. RUIZ y S.P.R. CZITROM, 1986. Observaciones recientes de la estructura termohalina en el sur del Golfo de México. *Mem. Reunión Anual 1986*, Un. Geol. Mexicana.
- PARKER, F.L., 1962. Planktonic foraminiferal species in Pacific sediments. *Micropaleontol.*, 8 (2): 219-254.
- PARKER, W.K., T.R. JONES y H.B. BRADY, 1865. On the nomenclature of the foraminifera; pt 10 (cont.). The species enumerated by d'Orbigny in the 'Annales des Sciences Naturelles'. *Annals & Mag. History*, ser. 3, 14 (191): 15-41.

- PARR, A.E., 1935. Report on hydrographic observations in the Gulf of Mexico and adjacent straits made during the Yale Oceanographic Expedition on the Mabel Taylor in 1932. *Bull. Bingham Oceanogr. Coll.*, 5 (1): 1-93.
- PARR, A.E., 1937. A contribution to the hydrography of the Caribbean and Cayman Seas. *Bull. Bingham Oceanogr. Coll.*, 5 (4): 1-110.
- PHLEGER, F.B., 1951. Ecology of Foraminifera, Northwest Gulf of Mexico, Part I., Foraminifera distribution. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 46: 1-88.
- POAG, C.W., 1981. *Ecologic Atlas of Benthic Foraminifera of the Gulf of Mexico*. Academic Press, Mass., 175 p.
- PRELL, W.L. y J. HAYS, 1976. Late Pleistocene faunal and temperature patterns of the Columbia Basin, Caribbean Sea. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 143: 201-220.
- PRELL, W.L., J.V. GARDNER, A.W.H. BE y J. HAYS, 1976. Equatorial Atlantic and Caribbean Foraminifera assemblages, temperatures and circulation. In: R.M. Cline and J.D. Hays (Eds.), *Investigations of Late Quaternary Paleceanography and Paleoclimatology*. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 145: 247-266.
- REUSS, A.E., 1850. Neues foraminiferen aus den Schichten des Oesterreichischen Tertiarbeckens. *Akad. Wiss. Wien. Denkschr. Math. Nat. Kl.*, 1: 365-390.
- ROBINSON, M.K., 1973. January and July mean sea surface (maps). Scale unknown. In: SCRIPPS Institute of Oceanography. *Atlas of monthly mean sea surface and subsurface temperature and depth of the thermocline, Gulf of Mexico and Caribbean Sea*. San Diego, Ca.
- RODRIGUEZ-CAPETILLO, R., A. YÁÑEZ-ARANCIBIA y P. SANCHEZ-GIL, 1987. Estudio de la diversidad, distribución y abundancia de los peces demersales en la plataforma de Yucatán (época de secas) sur del Golfo de México. *Biótica*, 12 (2): 87-120
- RÜGL, F. y H.M. DOLL, 1973. Holocene to Pleistocene planktonic foraminifera of Leg 15, Site 147 (Cariaco Basin Trench), Caribbean Sea and their climatic interpretation. In: Edgar, M.T., Saunders, J.B. et al. (Eds.). *Washington (U.S. Govt. Printing Office), Init. Repts. Deep Sea Drilling Project*, 15: 553-615.
- RUDDIMAN, W.F., 1969. Recent planktonic foraminifera: dominance and diversity in North Atlantic surface sediments. *Science*, 164: 1164-1167.
- RUDDIMAN, W.F., 1971. Pleistocene sedimentation in the Equatorial Atlantic: stratigraphy and faunal paleoclimatology. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 82: 283-302.
- RUDDIMAN, W.F., 1977. Investigations of Quaternary Climate based on planktonic foraminifera. In: A.T.S. Ransay (Ed.), Vol. 1, Cap. 1: 101-162. *Oceanic Micropaleontology*, Academic Press, N.Y., 808 p.
- RUDDIMAN, W.F. y A. McINTYRE, 1976. Northeast Atlantic paleoclimatic changes over the last 600,000 years. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 145: 111-146.
- SACKETT, W.M. y J.G. RANKIN, 1970. Paleotemperatures for the Gulf of Mexico. *Jour. Geophys. Res.*, 75(24): 4557-4560.
- SCHROEDER, W.W., L. BERNER, Jr. y B. NOWLIN, Jr., 1974. The oceanic waters of the Gulf of Mexico and Yucatan Strait during July 1969. *Bull. Mar. Sci.*, 24 (1): 1-19.
- SIGNER, D.R. y C.W. POAG, 1972. Late Quaternary climates indicated by foraminifers from the southwestern Gulf of Mexico. *Trans. Gulf Coast. Assoc. Geol. Soc.*, 22: 305-313.
- SNYDER, S.W., 1978. Distribution of planktonic foraminifera in surface sediments of the Gulf of Mexico. *Julian Stud. Geol. Paleontol.*, 14 (1), 80 p.

- STAINFORTH, R.M., J.L. LAND, H. LUTHERBACHER, J.J. BEARD y R.M. JEFFORDS, 1975. Cenozoic planktonic foraminiferal zonation and characteristics of index forms. *Kansas Paleont. Contr., Act. 62*, The University of Kansas, Lawrence, Kan., 425 p.
- STURGES, W. y J.P. BLAHA, 1976. A western boundary current in the Gulf of Mexico. *Science*, 192: 367-369.
- TCHERNIA, P., 1980. *Descriptive Regional Oceanography*. Pergamon Press, 3, 249 p.
- THIERSTEIN, H.R., K. GEITZENAUER, B. NOLFINO y W. SHACKLETON, 1977. Global synchronicity of late Quaternary coccolith datums: validation by oxygen isotopes. *Geology*, 5: 400-404.
- THUNELL, R.C., 1976. Calcium carbonate dissolution history in Late Quaternary deep-sea sediments western Gulf of Mexico. *Quat. Res.*, 6: 281-297.
- THUNELL, R.C. y P. BELYEA, 1982. Neogene planktonic foraminiferal biogeography of the Atlantic Ocean. *Micropaleontol.*, 28 (4): 381-398.
- THUNELL, R.C. y L.A. REYNOLDS, 1984. Sedimentation of planktonic foraminifera: Seasonal changes in species flux in the Panama Basin. *Micropaleontol.*, 30 (3): 243-262.
- TOLDERLUND, D.S. y A.W.H. BE, 1971. Seasonal distributions of planktonic foraminifera in the western North Atlantic. *Micropaleontol.*, 17 (3): 297-329.
- UCHUPI, E., 1967. Bathymetry of the Gulf of Mexico. *Trans. Gulf. Coast. Assoc. Geol. Soc.*, 12: 161-172.
- UCHUPI, E., 1975. Physiography of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. In: A.E.M. Nairn and F.G. Stehli (Eds.), *The Ocean Basins and Margins, The Gulf of Mexico and the Caribbean Sea*, 3, Cap. 1: 1-64.
- U. S. NAVAL OCEANOGRAPHIC OFFICE, 1967. *Oceanographic Atlas of the North Atlantic Ocean. Section II, Physical Properties*, Pub. No. 700, U.S. Naval Oceanographic Office, Washington, D.C.
- VIKOVICH, F.W., B.V. CRISSMAN, W. BUSHNELL y W.J. KING, 1979. Some aspects of the Oceanography of the Gulf of Mexico using Satellite and In Situ data. *Jour. Geophys. Res.*, 84 (C12): 7749-7768.
- WATTS, W.A., 1975. A late Quaternary record of vegetation from Lake Annie, south-central Florida. *Geology*, 3: 344-346.
- WATTS, W.A. y M. STUIVER, 1980. Late Wisconsin climate of northern Florida and the origin of species rich deciduous forest. *Science*, 210: 325-327.
- WILLIAMS, D., 1984. Correlation of Pleistocene marine sediments of the Gulf of Mexico and other basins using oxygen isotope stratigraphy. In: Healy-Williams M. (Ed.), *Recent advances in Pleistocene stratigraphy applied to the Gulf of Mexico*. Boston (IHRC Press): 65-118.
- WORZEL, J.L., W. BRYANT, A.D. BEAL, Jr., K. DIKINSON, R. LAURY, L. ANDERSON, B. McNEELY, H.P. FOREMAN y R. CAPO, 1973a. Site 88, Deep-sea Drilling Project Leg 10. In: Washington, D.C. (U.S. Printing Office), *Int'l. Repts. Deep-Sea Drilling Project*, 10: 55-70.
- WORZEL, J.L., W. BRYANT, A.D. BEAL, Jr., K. DIKINSON, R. LAURY, L. ANDERSON, B. McNEELY, H.P. FOREMAN y R. CAPO, 1973b. Site 89, Deep-sea Drilling Project Leg 10. In: Washington, D.C. (U.S. Printing Office), *Int'l. Repts. Deep-Sea Drilling Project*, 10: 71-88.
- WUST, G., 1964. *Stratification and circulation in the Antillean-Caribbean Basins*. Columbia University Press, N.Y., 201 p.

## C A P I T U L O 9.0

## - A N E X O S -

- A) CARACTERISTICAS QUE DEFINEN A LAS ZONAS Z y Y, ASI COMO LAS SUBZONAS CORRESPONDIENTES (HASTA Y6) DE LA ZONACION BIOESTRATIGRAFICA DE KENNETT Y HUDDLESTON (1972), PARA EL GOLFO DE MEXICO.
- B) DIAGRAMAS DE ABUNDANCIAS RELATIVAS (%) DE LAS ESPECIES DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS, UTILIZADAS EN LA INTERPRETACION PALECLIMATICA- OCEANOGRAFICA, A LO LARGO DE CADA UNA DE LAS SECUENCIAS SEDIMENTARIAS IMECO-I (JS-64) ESTUDIADAS.
- C) LISTA DE ESPECIES DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS ENCONTRADAS Y ALGUNAS CARACTERISTICAS AMBIENTALES ASOCIADAS A ELLAS.

## - A N E X O A -

Características que definen a las Zonas Z y Y; y subzonas correspondientes (hasta subzona Y6) de la Zonación Bioestratigráfica del Golfo de México (Kennell y Huddleston, 1972).

ZONA	SUBZONA	CRITERIOS
	Z 1	-Superficial: decremento en los valores del Grupo Menardii. -Características típicas de la subzona: frecuencias elevadas del Conjunto Menardii, <u>P. obliquiloculata</u> , <u>G. truncatulinoides</u> y <u>G. ruber</u> . Virtual ausencia de formas de aguas frías. Reducción en las frecuencias de <u>G. trilobus sacculifer</u> y <u>M. dutertrei</u> . <u>G. conglobatus</u> es un elemento consistente.
	Z 2	-El límite superior de Z2 se enmarca por la virtual eliminación de <u>G. crassaformis</u> y un decremento en <u>G. falconensis</u> . Asimismo, se presentan incrementos moderados en las abundancias del Complejo Menardii, de <u>P. obliquiloculata</u> y <u>G. truncatulinoides</u> , para conformar una componente importante de la fauna, en lo sucesivo. -La fauna típica de la subzona Z2, se caracteriza por altas frecuencias de <u>G. crassaformis</u> , <u>M. dutertrei</u> y <u>G. trilobus sacculifer</u> . Frecuencias moderadas a bajas de <u>G. falconensis</u> , <u>P. obliquiloculata</u> , el Grupo Menardii y <u>G. truncatulinoides</u> .
LIMITE	Z/Y	-El límite entre las Zonas Y y Z, se define por la aparición y consistencia del Grupo Menardii. Asimismo, <u>P. obliquiloculata</u> comienza a aumentar hacia el Reciente, así como un aumento consistente en <u>G. crassaformis</u> y <u>G. truncatulinoides</u> . Por su parte, <u>G. ruber</u> muestra un decremento.
	Y 1	-Esta subzona se encuentra caracterizada, por altas frecuencias de <u>G. ruber</u> y <u>M. dutertrei</u> . Virtual ausencia de <u>G. inflata</u> , así como bajas frecuencias en <u>G. crassaformis</u> ; <u>G. trilobus sacculifer</u> comienza a presentar consistentemente frecuencias altas, que se continúan hasta el presente. Las formas de aguas cálidas: <u>G. menardii menardii</u> , <u>G. tumida tumida</u> y <u>P. obliquiloculata</u> están ausentes de esta zona.
	Y 2	-Dentro de esta subzona se distinguen tres partes: -El límite superior de la subzona Y2 se demarca por un cambio distintivo de la fauna, el cual involucra un aumento consistente y uniforme en <u>G. crassaformis</u> y <u>G. ruber</u> , así como la última presencia consistente de <u>G. inflata</u> . En algunas secuencias, <u>G. menardii menardii</u> y <u>G. tumida tumida</u> , llegan a mostrar bajas proporciones en el límite. -La parte superior se distingue por un continuo decremento en <u>G. inflata</u> . El rasgo más importante de este intervalo, son las altas frecuencias de <u>G. crassaformis</u> . Asimismo, se presenta un incremento distintivo en <u>G. ruber</u> . Las formas de aguas cálidas esencialmente ausentes. -La parte media, contiene un pico de amplitud consistente, moderado a bajo de <u>G. trilobus sacculifer</u> , acompañado de <u>G. conglobatus</u> y frecuencias altamente decreciente de <u>G. inflata</u> . Con cierta frecuencia se llegan a encontrar abundancias bajas de formas de aguas cálidas. -Una parte baja estrecha marcada por altas frecuencias de <u>G. inflata</u> , relativamente altas de <u>G. crassaformis</u> y una virtual ausencia de especies de aguas cálidas.



## ANEXO - A (cont.)

\*\*\*\*\*

- El límite superior de la subzona Y3 se distingue por un abrupto incremento en G. sacculifer e incrementos distintivos en G. crassaformis y G. inflata.  
 -Esta subzona se define típicamente por frecuencias moderadamente altas, aunque altamente variables de G. trilobus sacculifer y M. dutertrei. Por su parte, G. inflata y G. falconensis exhiben frecuencias altas, mientras que son moderadamente altas en G. crassaformis. G. conglobatus mantiene frecuencias bajas en la mitad de la subzona.

- El límite superior de Y4 es marcado por un decremento en las frecuencias de G. falconensis y/o G. inflata y un incremento abrupto en G. trilobus sacculifer, la cual se continua con otro abrupto incremento de M. dutertrei. Este límite es más difícil de determinar que los otros.  
 -Esta, es una subzona muy estrecha y contiene asociaciones caracterizadas por altas frecuencias de G. inflata y G. falconensis. Por su parte, G. bulloides llega a aparecer en forma breve y con frecuencias bajas, pero significativamente.

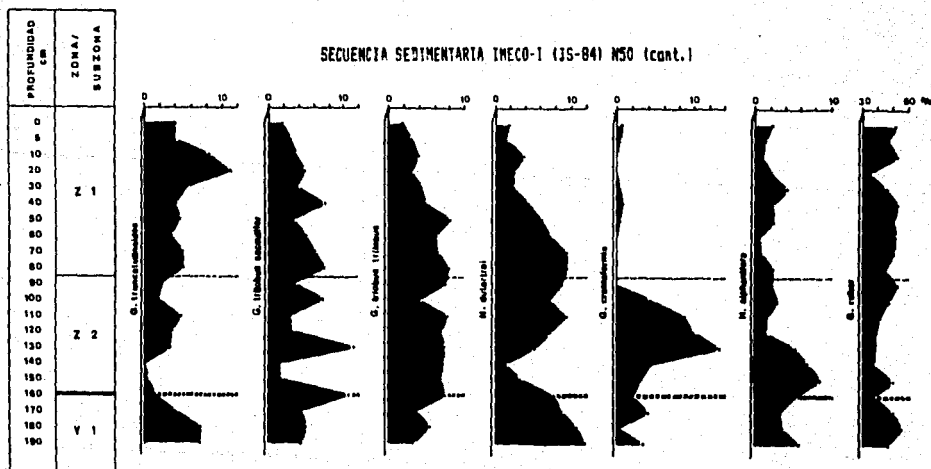
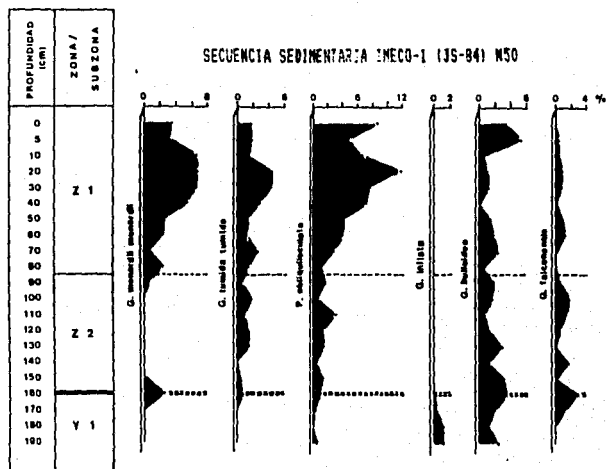
- El límite superior de Y5 esta demarcado por un incremento rápido en las frecuencias de G. inflata y G. falconensis.  
 Y 5 -Inmediatamente por encima del límite entre Y6 y Y5, se presenta un marcado incremento en G. trilobus sacculifer, para conformar un máximo dentro de la subzona. Asimismo, un incremento pequeño pero significativo, se presenta también en G. crassaformis.  
 -La asociación típica de Y5, contiene frecuencias bajas de G. inflata, moderadas de G. falconensis moderadamente altas de M. dutertrei aunque variables, y abundancias bajas pero consistentes de G. crassaformis.

- El límite superior de Y6 se marca por una abrupta y dramática reaparición de M. dutertrei y una disminución abrupta simultánea de G. inflata. Además, se presenta un ligero decremento en G. falconensis, mientras G. conglobatus es virtualmente eliminado.  
 -En secciones comprimidas, Y6 se define por frecuencias consistentemente altas de G. inflata y G. ruber, frecuencias moderadamente altas de G. falconensis y la ausencia de cualquier especie de aguas cálidas, exceptuando bajas frecuencias de G. conglobatus. G. crassaformis y M. dutertrei se ven reducidos drásticamente y P. obliquiloculata desaparece desde la parte baja de la subzona. G. digitata y D. universa se presentan consistentemente. En secuencias con secciones extendidas, las frecuencias elevadas de G. inflata se representan en dos máximos, separados por un fuerte decremento. Junto con tal reducción, se presenta un incremento en G. truncatulinoides y G. ruber con un ligero incremento en G. digitata.

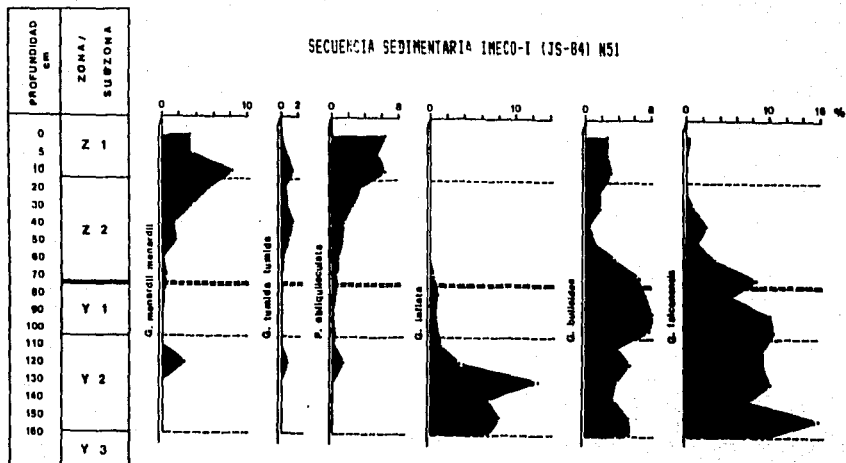
\*\*\*\*\*

## - ANEXO 2 -

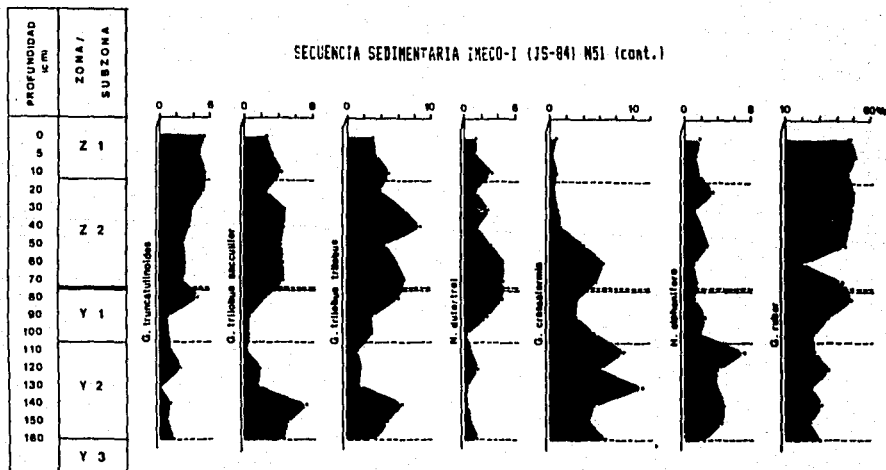
Diagramas de abundancias relativas (%) de las especies de foraminíferos planctónicos, utilizadas en la interpretación paleoclimática- oceanográfica, a lo largo de cada una de las secuencias sedimentarias IMECO-1 (JS-64) estudiadas.



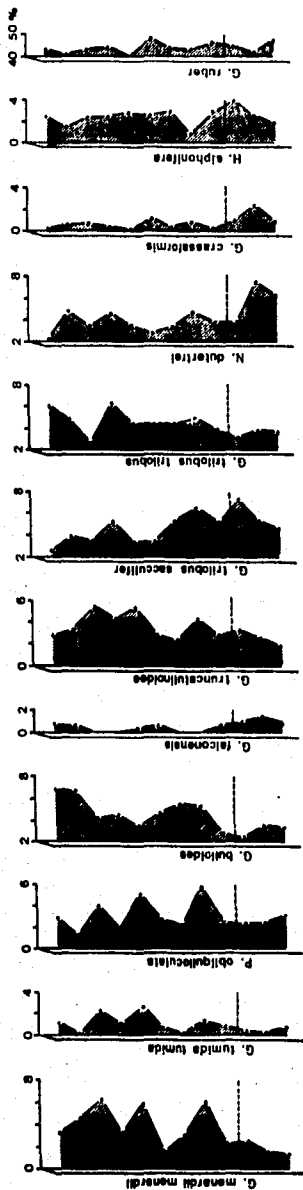
SECUENCIA SEDIMENTARIA INECO-I (JS-84) N51



SECUENCIA SEDIMENTARIA INECO-I (JS-84) N51 (cont.)

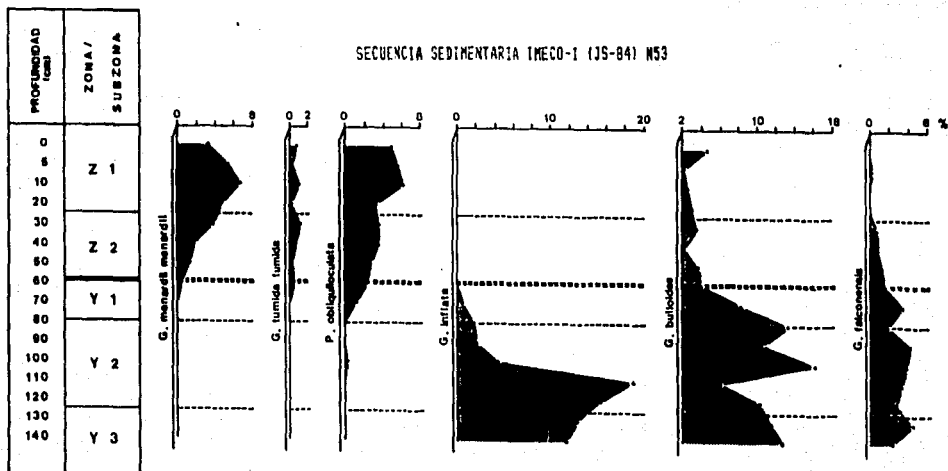


SECUENCIA SEDIMENTARIA IMECO-I (JS-84) N52

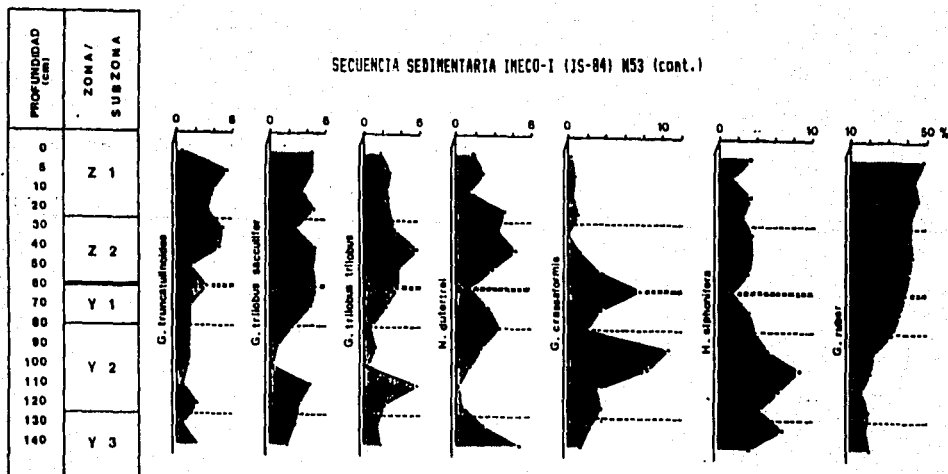


PROFUNDIDAD (cm)	ZONA / SUBZONA	
	1	2
0		
5		
10		
20		
30		
40		
50		
60		
70		
80		
90		
100		

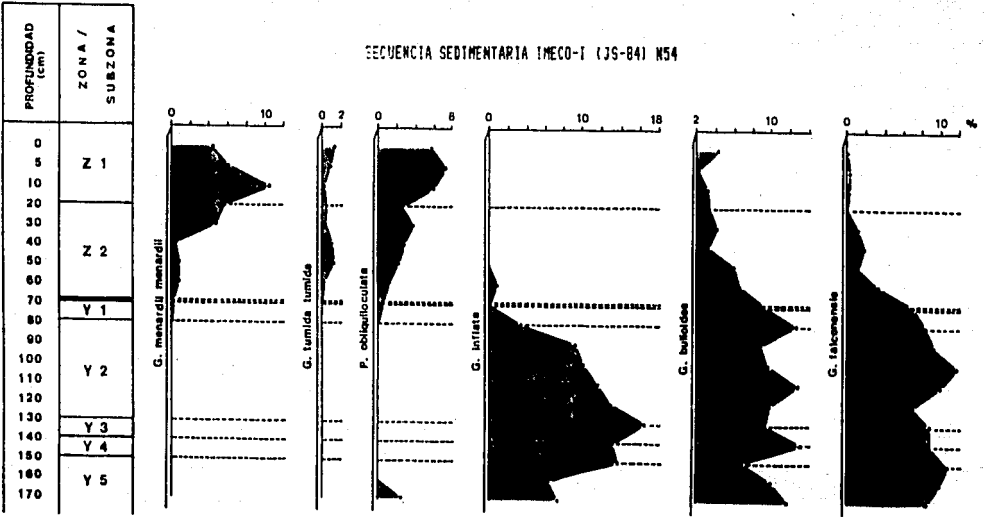
## SECUENCIA SEDIMENTARIA INECO-1 (IS-84) N53



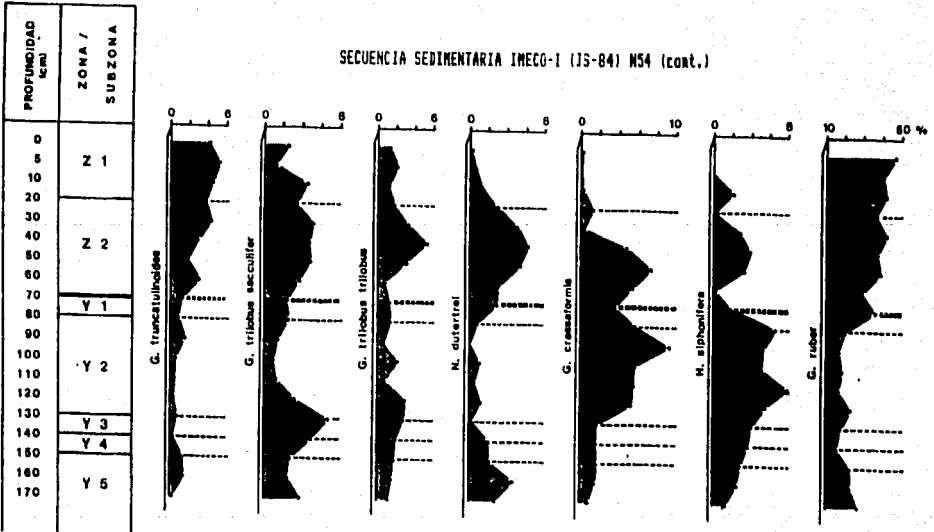
## SECUENCIA SEDIMENTARIA INECO-1 (IS-84) N53 (cont.)



SECUENCIA SEDIMENTARIA IMECO-1 (JS-84) N54

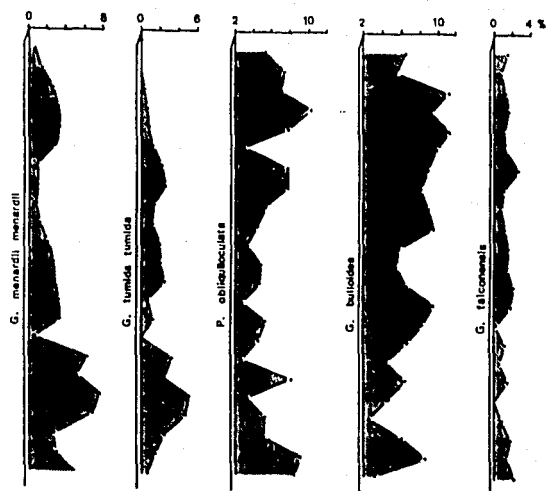


SECUENCIA SEDIMENTARIA IMECO-1 (JS-84) N54 (cont.)



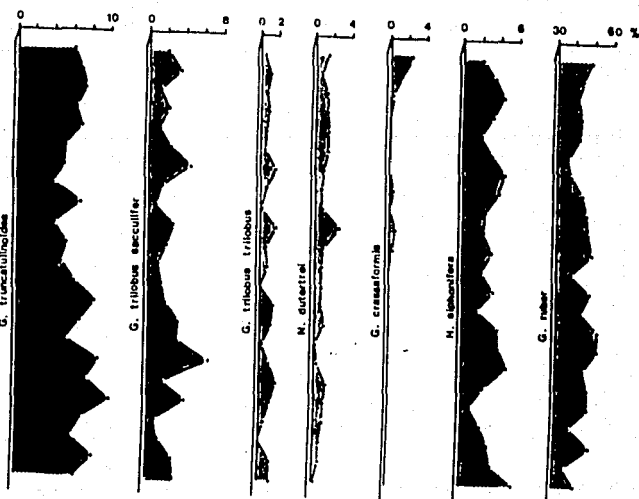
PROFUNDIDAD (cm)	ZONA SUBZONA
0	N 1
5	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	
110	
120	
130	
140	
150	
160	
170	
180	
190	
200	
210	

## SECUENCIA SEDIMENTARIA IMCO-I (JS-84) N55



PROFUNDIDAD (cm)	ZONA/ SUBZONA
0	N 1
5	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	
110	
120	
130	
140	
150	
160	
170	
180	
190	
200	
210	

## SECUENCIA SEDIMENTARIA IMCO-I (JS-84) N55 (cont.)



## ANEXO C

LISTA DE ESPECIES DE FORAMINIFEROS PLANCTONICOS ENCONTRADAS  
Y ALGUNAS CARACTERISTICAS AMBIENTALES ASOCIADAS A ELLAS.

En este Anexo, se presenta a las especies encontradas y utilizadas en este estudio, en orden alfabético. Por considerarlo de importancia para este estudio, para cada especie se incluye, si se conoce: (a) referencia original; (b) alcance estratigráfico; (c) distribución actual en los sedimentos superficiales de Golfo de México y en el Océano Atlántico; y (d) límites de Temperatura, Salinidad y Profundidad, total y/o de mayor abundancia (preferencial). En su caso: (e) se precisa la Asociación Climática y/o Conjunto Faunístico en este estudio; y (f) se hacen observaciones respecto a los criterios utilizados para su determinación.

Género *GLOBIGERINA* d'Orbigny, 1826.

*Globigerina bulloides* d'Orbigny

*Globigerina bulloides* d'Orbigny, 1826, p. 277, nos. 17 y 76.

Alcance Estratigráfico: Oligoceno temprano al Holoceno (Jenkins, 1985).

Distribución Actual y Características Ambientales: En casi todo el Golfo de México constituye del 1 al 3% de las asociaciones, con valores menores en el talud de Florida y región surcentral y con 3 a 5% en el talud norte del Golfo (Snyder, 1978). En el Atlántico, esta especie es dominante en aguas y sedimentos subárticos y subantárticos, y caracteriza a la Asociación Subpolar, aunque también es abundante en aguas transicionales y en zonas de surgencia como en las costas del oeste de África, y en corrientes limítrofes como la de las Canarias y la de Soolia (Bé y Tolderlund, 1971; Bé, 1977).

Límites de Temperatura: 0 a 27°C / Preferencial: 3 a 19°C (Bé y Tolderlund, 1971).

Límites de Salinidad Preferencial: 34 a 36 ppm (Snyder, 1978).

Límites de Profundidad: 0 a 1000 m / Preferencial: 250-1000 m (Rögl y Bolli, 1973).

Asociación Climática: Aguas Frías. / Conjunto Faunístico: Transicional.

*Globigerina calida* Parker

*Globigerina calida* Parker, 1962, p. 221, lám. 1, figs. 9-13.

Alcance Estratigráfico: Pleistoceno medio al Holoceno (Bolli y Saunders, 1985).

Distribución Actual y Características Ambientales: En los sedimentos superficiales del Golfo de México, esta especie comprende menos del 1% de las asociaciones en casi toda su extensión. Es abundante en sistemas de corrientes fuertes, áreas transicionales y de surgencias de márgenes continentales; en el Atlántico es prolífica en las Corrientes del Golfo, Mor y Contra Ecuatorial, de las Antillas, de Guinea y de Benguela, y en el Mar de los Sargazos occidental; es fuertemente afectada por disolución, su distribución en sedimentos refleja regiones someras del Caribe, Cordillera Meso Atlántica y taludes continentales Norte y Sudamericanos del Atlántico (Bé y Tolderlund, 1971; Bé, 1977).

Límites de Temperatura: 12 a 30°C / Preferencial: 18 a 24°C (Bé y Tolderlund, 1971; Bé, 1977).

Límites de Salinidad: mayor a 36 ppm (Snyder, 1978) / Preferencial: ?

Límites de Profundidad: 0 a 750 m (Rögl y Bolli, 1973) / Preferencial: 50 a 100 m (Jones, 1968).

Observaciones: esta especie es incluida por Bé y Tolderlund (1971), dentro de *H. siphonifera* (= *H. aequilateralis* Brady), por lo que se asume una misma distribución y requerimientos ambientales, a reserva de que se documenten mejor las características propias de cada especie.



*Globigerina falconensis* Blow

*Globigerina falconensis* Blow, 1959, p. 177, lám. 9, figs. 40-41.

Alcance Estratigráfico: Mioceno temprano al Holoceno (Iaccarino, 1985).

Distribución Actual y Características Ambientales: En la Bahía de Campeche, como en la mayor parte de los sedimentos superficiales del Golfo de México comprende del 1 al 3% de las asociaciones; en la zona norte del Golfo presenta abundancias del 3 al 5%, donde llega a alcanzar incluso hasta un 10%. Su distribución geográfica y requerimientos ambientales son considerados por Bé y Tolderlund (1971) y Bé (1977) similares a los de *G. bullinoides*, por lo que se refieren en esta última.

*Globigerina pachyderma* (Ehrenberg)

*Globigerina pachyderma* (Ehrenberg) = *Aristerspira pachyderma* Ehrenberg, 1861, p. 276-277, 303.

Alcance Estratigráfico: Mioceno medio al Holoceno (Jenkins, 1985).

Distribución Actual y Características Ambientales: Normalmente se le encuentra en la región norte del Golfo de México, constituyendo menos del 1% de las asociaciones y solo formas dextrógiras en los sedimentos actuales (Snyder, 1978). Esta especie es el mejor indicador de aguas polares Árticas y Antárticas. Presenta dos morfotipos, claramente relacionados con la distribución de temperatura. Las formas levógiras conforman hasta un 90% de las asociaciones al norte del círculo Ártico, Mares del Labrador, Groenlandia y Noruega mientras que las dextrógiras son abundantes en aguas subárticas y transicionales (Bé y Tolderlund, 1971; Bé, 1977).

Límites de Temperatura: 0 a 24°C / Preferencial: 0 a 9°C (Bé y Tolderlund, 1971).

Límites de Salinidad: 34.5 a 35 ppm (Snyder, 1978) / Preferencial: ?

Límites de Profundidad: 0 a 2000 m / Preferencial: 500 a 2000 m (Rügi y Bolli, 1973).

Observaciones: Al encontrarse una intergradación morfológica entre esta especie y *N. antarctici*, se siguieron los criterios de Ruddiman (1969) y Gardner y Hays (1976), para diferenciarlas. *G. pachyderma* presenta una testa compacta con cuatro o más cámaras en la última vuelta y carencia de dientes umbilicales.

*Globigerina rubescens* Hofker

*Globigerina rubescens* Hofker, 1956, p. 234, lám. 35, figs. 18-21.

Alcance Estratigráfico: Plioceno tardío al Holoceno (Iaccarino, 1985).

Distribución Actual y Características Ambientales: En casi todo el Golfo de México constituye entre el 5 y 10% de las asociaciones, en los extremos suroccidental y norte alcanzar valores del 10 al 15% (Snyder, 1978). Se reporta en latitudes medias del Atlántico Norte y Sur (aguas tropicales y subtropicales) (Bé y Tolderlund, 1971).

Límites de Temperatura: ? / ?

Límites de Salinidad: ? / ?

Límites de Profundidad: 0 a 250 m (Snyder, 1978) / Preferencial: ?

Género *GLOBIGERINITA* Bronnmann, 1951*Globigerinita glutinata* (Egger)

*Globigerinita glutinata* (Egger) = *Globigerina glutinata* Egger, 1893, p. 371, lám. 13, figs. 19-21.

Alcance Estratigráfico: Mioceno temprano al Holoceno (Thunell y Belyea, 1982).

Distribución Actual y Características Ambientales: Snyder (1978), la reporta como la segunda más abundante en los sedimentos superficiales del Golfo, con valores entre el 10 y 20% en su mayor parte; con valores de 5 a 10% en el extremo sureste y entre 20 y 25% en la porción norte. En el Atlántico se le encuentra desde el Antártico hasta aguas subárticas, normalmente con frecuencias bajas (menos del 5%), sus mayores abundancias se observan en áreas subtropicales, como en el Mar de los Sargazos, Corriente de las Antillas y Atlántico Ecuatorial; así como en un cinturón continuo de Brazil y Cabo de Buena Esperanza hasta las costas occidentales de Australia (Bé y Tolderlund, 1971).

Límites de Temperatura: 3 a 30°C / Preferencial: 24 a 27°C (Bé y Tolderlund, 1971).

Límites de Salinidad: 34 a 36 ppm (Snyder, 1978).

Límites de Profundidad: 0 a 750 m (Rögl y Bolli, 1973) / Preferencial: 0 a 50 m (Jones, 1968).

Género *GLOBIGERINOIDES* Cushman, 1927.

*Globigerinoides conglobatus* (Brady)

*Globigerinoides conglobatus* (Brady) = *Globigerina conglobata* Brady, 1879, p. 286.

Alcance Estratigráfico: Mioceno temprano al Holoceno (Lamb y Beard, 1972; Stainforth et al., 1975).

Distribución Actual y Características Ambientales: En el Golfo de México constituye menos del 1% de las asociaciones superficiales en casi toda su extensión, excepto en el área del cono del Mississippi (menor 1%) y un área entre los taludes de Campeche y Texas (1 a 2%) (Snyder, 1978). Esta especie subtropical habita las masas de agua centrales del Atlántico Norte y Sur, con sus límites entre las zonas Transicionales; es una especie importante en el Mar de los Sargazos, Corriente del Golfo y de las Canarias entre septiembre y enero, con máximas abundancias en una amplia zona del Atlántico Norte en octubre o noviembre. Sus mayores abundancias se tienen entre los 15 y 30° de latitud N y S (Bé, 1977).

Límites de Temperatura: 15 a 30°C / Preferencial: 21 a 29°C (Bé y Tolderlund, 1971).

Límites de Salinidad: mayor a 36 ppm (Snyder, 1978) / Preferencial: ?

Límites de Profundidad: 0 a 250 m (Rögl y Bolli, 1973) / Preferencial: 50 a 75 m (Jones, 1968).

*Globigerinoides elongatus* (d'Orbigny)

*Globigerinoides elongatus* (d'Orbigny) = *Globigerina elongata* d'Orbigny, 1826, p. 227.

Alcance Estratigráfico: Plioceno al Holoceno (Bolli y Saunders, 1985).

Distribución Actual y Características Ambientales: Actualmente constituye del 1 al 3% de las asociaciones en la mayor parte del Golfo de México, como es el caso de la Bahía de Campeche; pequeños parches de 3 a 10% se presentan en la región surcentral (Snyder, 1978). Su distribución en el Atlántico norte es similar a *G. ruber*, aunque más restringida; Cifelli y Smith (1976) la consideran como una especie subtropical que puede ser una variante de *G. ruber*. Cifelli (1963) la reporta en el Atlántico Norte, dentro de la Corriente del Golfo y Mar de los Sargazos.

Límites de Temperatura: mayor a 20°C (Snyder, 1978) / Preferencial: ?

Límites de Salinidad: mayor a 35.5 ppm (Snyder, op. cit.) / Preferencial: ?

Límites de Profundidad: 0 a 100 m. (Snyder, op. cit.) / Preferencial: ?

*Globigerinoides ruber* (d'Orbigny)

*Globigerinoides ruber* (d'Orbigny) = *Globigerina rubra* d'Orbigny, 1839a, p. 82-83, lám. 4, figs. 12-14.

Alcance Estratigráfico: Mioceno al Holoceno (Bolli y Saunders, 1985).

**Distribución Actual y Características Ambientales:** Es la especie más abundante en los sedimentos superficiales del Golfo de México, presenta frecuencias de más del 25% en casi toda su extensión, disminuyendo sólo en las regiones más al norte, pero excediendo el 19% de las asociaciones (Snyder, 1978). Es la especie de aguas cálidas más prolífica en distribución y abundancia de las zonas subtropicales, mientras que en las tropicales sólo es superada por *G. trilobus*. Frecuencias sobre 50% se presentan en el Mar Caribe, Mar de los Sargazos, Corrientes de las Antillas, Canarias y del Golfo (Dé y Tolderlund, 1971). Sus máximas abundancias se reportan en regiones con salinidades altas (37 a 38 ppm.) como en el sur del Mar de los Sargazos y la Corriente de Brazil (Dé, 1977).

Límites de Temperatura: 14 a 30°C / Preferencial: 21 a 29°C (Dé y Tolderlund, 1971).

Límites de Salinidad: 34 a 37 ppm / Preferencial: mayor a 36 y menor a 34.5 ppm (Dé y Tolderlund, 1971).

Límites de Profundidad: 0 a 700 m (Rügl y Bolli, 1973) / Preferencial: 0 a 50 m (Jones, 1968).

Grupo Faunístico: Subtropical.

Observaciones: dentro de esta especie se consideraron los morfotipos blanco y rosa como conjunto ya que no se distinguieron tendencias aparentes individuales.

#### *Globigerinoides trilobus sacculifer* (Brady)

*Globigerinoides trilobus sacculifer* (Brady) = *Globigerina sacculifera* Brady, 1877, p. 535.

Alcance Estratigráfico: Mioceno temprano al Holoceno (Lamb y Beard, 1972).

**Distribución Actual y Características Ambientales:** En la mayor parte de los sedimentos superficiales del Golfo de México constituye entre el 1 y 3%, en la Bahía de Campeche alcanza valores de 3 al 5%, mientras que en la parte norte no alcanza el 1% (Snyder, 1978). Esta especie tropical es la más abundante y prolífica de áreas ecuatoriales del Atlántico, especialmente en la Cordillera Mesoatlántica y Mar Caribe. Se presenta ampliamente en áreas subtropicales, en frecuencias mayores al 20%. Su mayor desarrollo se encuentra entre los 20°N y 20°S, siendo aproximadamente los 40° de ambos hemisferios sus límites distribucionales (Dé y Tolderlund, 1971; Dé, 1977).

Límites de Temperatura: 15 a 30°C / Preferencial: 24 a 30°C (Dé y Tolderlund, 1971).

Límites de Salinidad: 34 a 37 ppm / Preferencial: 34.5 a 36 ppm (Dé y Tolderlund, 1971).

Límites de Profundidad: 0 a 150 m / Preferencial: 50 a 100 m (Jones, 1966 y 1968).

Asociación Climática: Aguas Marginales Cálidas / Conjunto Faunístico: Tropical.

#### *Globigerinoides trilobus trilobus* (Reuss)

*Globigerinoides trilobus trilobus* (Reuss) = *Globigerina triloba* Reuss, 1850, p. 347, fig.11.

Alcance Estratigráfico: Mioceno temprano al Holoceno (Lamb y Beard, 1972; Stainforth et al., 1975).

**Distribución Actual y Características Ambientales:** Esta especie presenta frecuencias por debajo del 3% en los sedimentos superficiales de las zonas norte, oeste y suroccidental del Golfo de México, observando valores entre el 3 y 10% en las zonas central y oriental (Snyder, 1978). Esta especie es incluida en *G. trilobus sacculifer* por Dé y Tolderlund (1971), Dé (1977), Cifelli y Smith (1970), por lo que se asume una misma distribución. En el Caribe *G. trilobus trilobus* es más abundante que la subespecie *sacculifer* hasta en un 98 a 1% (Jones, 1966).

Límites de Temperatura: 15 a 30°C / Preferencial: 122°C (Rügl y Bolli, 1973).

Límites de Salinidad: 36 ppm (Rügl y Bolli, 1973) / Preferencial: ?

Límites de Profundidad: 0 a 150 m / Preferencial: 0 a 50 m (Jones, 1966).

Asociación Climática: Aguas Marginales Cálidas / Conjunto Faunístico: Tropical.

Género GLOBOROTALIA Cushman, 1927.

*Globorotalia crassaformis* (Galloway y Wissler)

*Globorotalia crassaformis* (Galloway y Wissler) = *Globigerina crassaformis* Galloway y Wissler, 1927, p. 41, lám. 7, fig. 12.

Alcance Estratigráfico: Plioceno temprano al Holoceno (Lamb y Beard, 1972; Stainforth et al., 1975).

Distribución Actual y Características Ambientales: En la mayor parte del Golfo de México, comprende menos del 1%, como es el caso de la Bahía de Campeche. En general observa una distribución irregular; ausente en grandes áreas del centro y norte de la cuenca (Snyder, 1978). Esta especie subtropical prefiere profundidades mayores a 100 m, siendo mesopelágica (Bé y Tolderlund, 1971). Jones (1967) encontró abundancias elevadas por debajo de la Corriente Ecuatorial Subsuperficial y Cifelli (1967), en la Corriente Sur Ecuatorial del Atlántico.

Límites de Temperatura: 16 a 27°C. (Bé y Tolderlund, 1971) / Preferencial: ?

Límites de Salinidad: mayor a 35.5 ppm (Snyder, 1978) / Preferencial: ?

Límites de Profundidad: 0 a 1500 m / Preferencial: > 100 m (Rögl y Bolli, 1973)

Asociación Climática: Aguas Marginales Frías / Conjunto Faunístico: Subtropical.

*Globorotalia inflata* (d'Orbigny)

*Globorotalia inflata* (d'Orbigny) = *Globigerina inflata* d'Orbigny, 1839a, en Barker-Webb y Berthelot, 1839, p. 134, lám. 2, figs. 7-9.

Alcance Estratigráfico: Plioceno medio al Holoceno (Lamb y Beard, 1972; Stainforth et al., 1975).

Distribución Actual y Características Ambientales: En el Atlántico, presenta una distribución norte-sur casi continua por su margen oriental, está ausente del Atlántico Ecuatorial Occidental, Mar Caribe y Golfo de México. Sus máximas abundancias se tienen entre los 35 y 45°N y los 25 y 50°S; es la única especie indígena de la Zona Transicional (Bé y Tolderlund, 1971; Bé, 1977). Esta especie fue excluida del Golfo de México desde el inicio del Holoceno (Kennett y Huddleston, 1972).

Límites de Temperatura: 1 a 27°C / Preferencial: 13 a 19°C (Bé y Tolderlund, 1971).

Límites de Salinidad: 34 a 36.6 ppm (Snyder, 1978) / Preferencial: ?

Límites de Profundidad: 0 a 1000 m (Rögl y Bolli, 1973) / Preferencial: 100 a 150 m (Snyder, 1978).

Asociación Climática: Aguas Frías / Conjunto Faunístico: Transicional.

*Globorotalia menardii menardii* (Parker, Jones y Brady, 1865) ex d'Orbigny

*Globorotalia menardii menardii* (Parker, Jones y Brady) = *Rotalia menardii* Parker, Jones y Brady, 1865, p. 20, lám. 3, fig. 81 (part).

Alcance Estratigráfico: Plioceno temprano al Holoceno (Lamb y Beard, 1972; Bolli y Saunders, 1985).

Distribución Actual y Características Ambientales: Constituye del 1 al 3% en la mayor parte del Golfo, con una zona de 3 a 5% en la región central y surcentral, y una de 5 a 10% en algunos parches del centro y sur del Golfo (Snyder, 1978). Esta especie tropical/ subtropical, muestra sus mayores densidades entre los 20°N y 10°S del Atlántico, habita preferentemente profundidades mayores a 50 m; altas concentraciones se han observado en la Corriente del Golfo y las Corrientes Mor y Contra Ecuatorial, así como la del Brazil (Bé y Tolderlund, 1971; Cifelli y Smith, 1970; Jones, 1967).

Límites de Temperatura: 16 a 30°C / Preferencial: 20 a 25°C (Bé y Tolderlund, 1971).

Límites de Salinidad: mayor a 36 ppm (Snyder, 1978) / Preferencial: ?

Límites de Profundidad: 0 a 1000 m (Rögl y Bolli, 1973) / Preferencial: 100 a 150 m (Snyder, 1978).

Asociación Climática: Aguas Cálidas / Conjunto Faunístico: Tropical.

*Globorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny)

*Globorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny) = *Rotalia truncatulinoides* d'Orbigny, 1839a, p. 132, lám. 2, figs. 25-27.

Alcance Estratigráfico: Pleistoceno temprano al Holoceno (Lamb y Beard, 1972; Stainforth et al., 1975).

Distribución Actual y Características Ambientales: En la Bahía de Campeche y en una amplia zona del noroeste del Golfo de México, comprende entre el 1 y 3%, en el sureste menos del 1% y de 3 a 10% en las regiones surcentral y noroeste (Snyder, 1978). Esta especie es más abundante en masas de agua centrales en el Atlántico norte y sur; se le encuentra desde la Zona Transicional Norte hasta el frente Polar Antártico (De y Tolderlund, 1971; De, 1977). Sus morfotipos muestran una distribución distintiva, las formas levógiras prefieren aguas más frías y latitudes mayores; en el Atlántico Norte se tienen dos provincias dextrógiras y una central de carácter levógira, una de las dextrógiras comprende el Atlántico Ecuatorial, Caribe y Golfo de México (Ericson et al., 1954; De, 1977).

Límites de Temperatura: 4 a 27°C / Preferencial: 17 a 24°C (De y Tolderlund, 1971)

Límites de Salinidad: 35 a 37 ppm (Snyder, 1978) / Preferencial: ?

Límites de Profundidad: 0 a 350 m / Preferencial: 150 a 250 m (Jones, 1968; Snyder, 1978).

Asociación Climática: Aguas Marginales Cálidas / Conjunto Faunístico: Subtropical.

*Globorotalia tumida tumida* (Brady)

*Globorotalia tumida tumida* (Brady) = *Palvaulinia menardii* (d'Orbigny) var. *tumida* Brady, 1877, p. 335.

Alcance Estratigráfico: Plioceno al Holoceno (Lamb y Beard, 1972; Stainforth et al., 1975).

Distribución Actual y Características Ambientales: En la mayor parte del Golfo de México constituye menos del 1% en los sedimentos superficiales, excepto en un área grande de la porción suroriental (1 a 3%) (Snyder, 1978). Su distribución en el Atlántico, es la misma que *G. menardii menardii*.

Límites de Temperatura: 19 a 31°C / Preferencial: 29 a 31°C (Rügl y Bolli, 1973).

Límites de Salinidad: ? / ?

Límites de Profundidad: 0 a 1000 m (Rügl y Bolli, 1973) / Preferencial: 0 a 300 m (Snyder, 1978).

Asociación Climática: Aguas Cálidas / Conjunto Faunístico: Tropical

Género *HASTIGERINA* Thompson, 1974

*Hastigerina siphonifera* (d'Orbigny)

*Hastigerina siphonifera* (d'Orbigny) = *Sinbigerina siphonifera* d'Orbigny, 1839b, p. 83, lám. 4, figs. 15-18.

Alcance Estratigráfico: Mioceno medio al Holoceno (Bolli y Saunders, 1985).

Distribución Actual y Características Ambientales: En el Golfo de México conforma entre el 5 y 19% en casi toda su extensión (Snyder, 1978). Su distribución en el Atlántico es similar a la descrita para *G. calida*.

Límites de Temperatura: 12 a 30°C / Preferencial: 18 a 24°C (De y Tolderlund, 1971; De, 1977).

Límites de Salinidad: mayor a 36 ppm (Snyder, 1978) / Preferencial: ?

Límites de Profundidad: 0 a 750 m (Rügl y Bolli, 1973) / Preferencial: 50 a 100 m (Jones, 1968).

Asociación Climática: Aguas Marginales Frías / Conjunto Faunístico: Subtropical.

Género *Neogloboquadrina* Bandy, Freerichs y Vincent, 1967.

*Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny)

*Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny) = *Globoquadrina dutertrei* d'Orbigny, 1839a, p. 84, lám. 4, figs. 19-21.

Alcance Estratigráfico: Pleistoceno al Holoceno (Lamb y Beard, 1972; Stainforth et al., 1975).

Distribución Actual y Características Ambientales: En los sedimentos superficiales del Golfo de México, esta especie comprende entre el 1 y 3% en casi toda la región occidental, así como del sureste; mientras que en gran parte de la zona oriental presenta entre el 3 y 5% y en las áreas norcentral y nororiental presenta frecuencias mayores al 5% (Snyder, 1978). Esta especie subtropical-tropical, presenta sus límites de distribución entre las Zonas Transicionales; es abundante en los grandes sistemas de corrientes cercanos a los márgenes continentales y en zonas de surgencias (de y Tolderlund, 1971). En el Atlántico Ecuatorial, es abundante entre los 50 y 100 m de profundidad, dentro de la Corriente Subsuperficial (Jones, 19667). En el Caribe solo alcanza un 5% (Jones, 1968).

Límites de Temperatura: 9 a 30°C / Preferencial: 16 a 24°C (de y Tolderlund, 1971).

Límites de Salinidad Preferencial: 35.5 a 36 ppm (Snyder, 1978).

Límites de Profundidad: 0 a 750 m (Rügl y Bolli, 1973) / Preferencial: 50 a 100 m (Jones, 1967).

Asociación Climática: Aguas Marginales Cálidas / Conjunto Faunístico: Subtropical.

Observaciones: Los criterios utilizados para su diferenciación de *G. pachyderma* fueron: presencia de diente umbilical, sin importar el número de cámaras. En ausencia de éste: región umbilical grande, abierta y profunda, así como cinco o más cámaras en el último enrollamiento.

Género *ORBULINA* d'Orbigny, 1839.

*Orbulina universa* d'Orbigny

*Orbulina universa* d'Orbigny, 1839a, p.2, lám. 1, fig. 1.

Alcance Estratigráfico: Mioceno medio al Holoceno (Stainforth et al., 1975; Bolli y Saunders, 1985).

Distribución Actual y Características Ambientales: Constituye del 1 al 3% de las asociaciones en los sedimentos superficiales de casi todo el Golfo de México, con algunos parches aislados entre el 3 y 5% (Snyder, 1978). Se le encuentra desde aguas tropicales hasta transicionales, es abundante en sistemas de corrientes fuertes y zonas de surgencia de orígenes continentales; sus máximas abundancias están asociadas a las regiones orientales de las corrientes oceánicas como en las Corrientes de Portugal, Benguela, Nor y Contra Ecuatorial (de y Tolderlund, 1971; de, 1977).

Límites de Temperatura: 10 a 30°C / Preferencial: 17 a 23°C (de y Tolderlund, 1971).

Límites de Salinidad: mayor a 36 ppm (Snyder, 1978) / Preferencial: ?

Límites de Profundidad: 0 a 600 m / Preferencial: 0 a 100 m (Jones, 1968).

Género *PULLIENIATINA* Cushman, 1927

*Pullieniatina obliquimaculata* (Parker y Jones)

*Pullieniatina obliquimaculata* (Parker y Jones) = *Pullinia obliquimaculata* Parker y Jones, en Carpenter, 1842, p. 183 (nomen nudum).

Alcance Estratigráfico: Plioceno medio al Holoceno (Stainforth et al., 1975).

Distribución Actual y Características Ambientales: Dentro del Golfo de México esta especie constituye en los sedimentos recientes, del 5 al 10% en la región centroccidental; entre el 3 y 5% en la oriental, suroccidental y extremo

noroeste; 1 a 3% en la central y menos del 1% a lo largo del talud norte (Sayder, 1978). Sus mayores abundancias se presentan entre los 10° de latitud N y S, coincidiendo con los sistemas de Corrientes Ecuatoriales del Atlántico; abundancias altas (mayor al 5%) se observan en la Corriente del Golfo y en el noroeste del Mar de los Sargases (Bé y Tolderlund, 1971). Esta es una especie índice de las Corrientes Ecuatorial Subsuperficial y Contra Corriente Ecuatorial del Atlántico (Jones, 1967).

Límites de Temperatura: 19 a 30°C / Preferencial: 22 a 24°C (Bé y Tolderlund, 1971).

Límites de Salinidad: mayor a 36 ppm (Sayder, 1978) / Preferencial: ?.

Límites de Profundidad: 0 a 300 m / Preferencial: 0 a 150 m (Sayder, 1978).

Asociación Climática: Aguas Cálidas / Conjunto Faunístico: Tropical.