



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS, BENTÓNICOS
Y OSTRÁCODOS EN SEDIMENTOS DEL SUR
DEL GOLFO DE MÉXICO Y SU RELACIÓN
CON LA PRODUCTIVIDAD

TESIS

Que Para Obtener el Título de
Biólogo

PRESENTA:

Benjamín Quiroz Martínez

Directora de Tesis:
Dra. Maria Luisa Machain Castillo

2005



m342114





UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Benjamín Quiroz Martínez
FECHA: 16/03/05
FIRMA: [Signature]

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: "Foraminíferos Planctónicos, Bentónicos y Ostrácodos en Sedimentos del Sur del Golfo de México y su Relación con la Productividad."

realizado por Benjamín Quiroz Martínez

con número de cuenta 96504035, quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Propietario Dra. María Luisa Machain Castillo *[Signature]*

Propietario Dr. David Alberto Salas de León *[Signature]*

Propietario Dr. Franck Raúl Gío Argáez *[Signature]*

Suplente Dra. Elva Guadalupe Escobar Briones *[Signature]*

Suplente Dra. Dora Azucena Herróz Zamorano *[Signature]*

Consejo Departamental de Biología

M en C Juan Manuel Rodríguez Chávez

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA DE BIOLOGÍA

A mis papás Amelia y Héctor

A mi hermano, a Sonia y a mi sobrin@

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, agradezco a mis papás por todo

A mi hermano Héctor

A la Dra. María Luisa Machain por todo su apoyo, paciencia y confianza

Al Dr. David Salas por todo el apoyo que me dio, todas las dudas aclaradas y por tantos comentarios que me ayudaron a recuperar la confianza

Al Dr. Raúl Gío por la confianza, las pláticas, las clases y sobre todo por haberme sacado de la Facultad de Ciencias y haberme traído al ICMYL.

A la Dra. Elva Escobar por su apoyo, por sus comentarios y sugerencias

A la Dra. Azucena Herróz por sus comentarios y su buen humor

A mis amigos y amigas de siempre. Misha (lo logré, ahora te toca a ti), Hippie, Green, Mon Dieu, Enrique, Christian, Nacho, Márquez, Luís D., Margara, Lorena, Pal, Ana, Mai. A todos por tantos años de amistad, apoyo y buena vida, por todo el cariño que les tengo.

A Doña Pau, que me apoyo en los momentos más difíciles de ésta tesis. Por todo, gracias Paom.

A mi prima Karla por ser mi hermana, mi compañera de juegos, de viajes, de fiestas. Por estar siempre conmigo, aunque ahorita estés lejos.

A mis queridísimas Elsa y Bárbara, ¿que puedo yo decir? Siempre tan buenas amigas. Por todos los días de buen humor y buena compañía y sobre todo por estar ahí conmigo. ¡Salud!

A Ma. Esther

A Bruno por todo el cariño

A mi familia

A todos los participantes del Proyecto PROMEBIO

A la tripulación de los Buques Oceanográficos “Justo Sierra” y “El Puma”

A Espergencia y a Gris.

A Todos.....

A la UNAM

¡Goya!

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
ÁREA DE ESTUDIO	6
GEOLOGÍA	7
Sedimentos	7
HIDROGRAFÍA	8
Masas de Agua	9
CIRCULACIÓN	9
ASPECTOS METEOROLÓGICOS	10
PARAMETROS FISICOQUÍMICOS	11
FITOPLANCTON Y PRODUCTIVIDAD PRIMARIA	12
METODOLOGÍA	14
TRABAJO DE CAMPO	14
TRABAJO DE LABORATORIO	19
DIVISIÓN DE LA MUESTRA	20
OBTENCIÓN DE LAS TESTAS	20
ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
GRANULOMETRÍA	23
ORGANISMOS	25
DISCUSIÓN	44
CONCLUSIONES	49
LITERATURA CITADA	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Bahía de Campeche	6
Figura 2. Estaciones Campaña PROMEBIO I	14
Figura 3. Estaciones Campaña PROMEBIO II	15
Figura 4. Estaciones Campaña PROMEBIO III	16
Figura 5. Estaciones Campaña PROMEBIO V	17
Figura 6. Estaciones Campaña PROMEBIO VI	18
Figura 7. Porcentaje de arenas en muestras colectadas PROMEBIO I	
Figura 8. Abundancia de foraminíferos planctónicos	25
Figura 9. Abundancia de foraminíferos bentónicos	26
Figura 10. Abundancia de ostrácodos PROMEBIO II	27
Figura 11. Abundancia de foraminíferos planctónicos	28
Figura 12. Abundancia de foraminíferos bentónicos	29
Figura 13. Abundancia de ostrácodos PROMEBIO III	30
Figura 14. Abundancia de foraminíferos planctónicos	32
Figura 15. Abundancia de foraminíferos bentónicos	33
Figura 16. Abundancia de ostrácodos PROMEBIO V	33
Figura 17. Abundancia de foraminíferos planctónicos	35
Figura 18. Abundancia de foraminíferos bentónicos	35
Figura 19. Abundancia de ostrácodos	36

PROMEBIO VI

Figura 20. Abundancia de foraminíferos planctónicos	37
Figura 21. Abundancia de foraminíferos bentónicos	38
Figura 22. Abundancia de ostrácodos	39
Figura 23. Abundancia de foraminíferos planctónicos en todas las estaciones del Proyecto PROMEBIO	40
Figura 24. Abundancia de foraminíferos bentónicos en todas las estaciones del Proyecto PROMEBIO	41
Figura 25. Abundancia de ostrácodos en todas las estaciones del Proyecto PROMEBIO	41
Figura 26. Valores de B/P con respecto a la profundidad	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas y profundidad de las estaciones de muestreo Campaña PROMEBIO I	15
Tabla 2. Coordenadas y profundidad de las estaciones de muestreo Campaña PROMEBIO II	16
Tabla 3. Coordenadas y profundidad de las estaciones de muestreo PROMEBIO III	16
Tabla 4. Coordenadas y profundidad de las estaciones de muestreo Campaña PROMEBIO V	17
Tabla 5. Coordenadas y profundidad de las estaciones de muestreo Campaña PROMEBIO VI	18
Tabla 6. Porcentaje de arenas y lodos de las muestras colectadas	23
Tabla 7. Abundancia de foraminíferos planctónicos, bentónicos y de ostrácodos en las muestras revisadas de la Campaña PROMEBIO I	24
Tabla 8. Abundancia de foraminíferos planctónicos, bentónicos y de ostrácodos en las muestras revisadas de la Campaña PROMEBIO II	28
Tabla 9. Abundancia de foraminíferos planctónicos, bentónicos y de ostrácodos en las muestras revisadas de la Campaña PROMEBIO III	31
Tabla 10. Abundancia de foraminíferos planctónicos, bentónicos y de ostrácodos en las muestras revisadas de la Campaña PROMEBIO V	34

Tabla 11. Abundancia de foraminíferos planctónicos, bentónicos y de ostrácodos en las muestras revisadas de la Campaña PROMEBIO VI **37**

Tabla 12. Valores calculados de B/P y de Productividad Primaria **43**

INTRODUCCIÓN

Los foraminíferos y los ostrácodos son organismos que se caracterizan por secretar una cubierta de carbonato de calcio y que se encuentran tanto en la columna de agua como en el fondo marino. El estudio de estos organismos, de sus patrones de distribución y abundancia ha permitido conocer algunas de las condiciones ecológicas y oceanográficas que determinan la producción biológica en los océanos (Goldstein, 1999).

La abundancia y distribución de foraminíferos planctónicos es el producto de una compleja interacción entre factores biológicos y fisicoquímicos, cómo la disponibilidad de alimento, temperatura, salinidad, cantidad de nutrientes, concentración de oxígeno y pH (Bé, 1977; Kennet, 1982). Por otro lado, la abundancia de los foraminíferos bentónicos y de los ostrácodos muestra una fuerte correlación con la profundidad ya que ésta última controla parámetros ambientales, como la disponibilidad de luz, la disponibilidad de nutrientes, temperatura, salinidad, presión y concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono (Pokorny, 1978; Kennet, 1982), que a su vez inciden en la distribución y abundancia de los organismos.

Los foraminíferos planctónicos son utilizados como indicadores de masas de agua, dinámica oceánica y productividad primaria, mientras que los organismos bentónicos indican las condiciones del fondo marino e indirectamente los patrones de productividad superficial. Siendo la productividad la síntesis de materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas por procesos de foto o quimiosíntesis (Garrison, 2005). Estos patrones responden a diversos procesos: bióticos, climáticos, oceánicos y antropogénicos y están sujetos a variables que actúan a diferentes escalas. Las descargas de ríos y sistemas estuarinos, la circulación costera, las surgencias, los frentes y los anillos ciclónicos son ejemplos de estos procesos que afectan la producción primaria (Barreiro Güemes *et al.*, 2003).

El Golfo de México juega un papel muy importante desde el punto de vista económico ya que contribuye con aproximadamente el 75% de la producción petrolera nacional

(Vázquez *et al.*, 2002) y las pesquerías de aguas profundas y litorales representan 40% de la producción pesquera nacional (Monreal Gómez *et al.*, 2004).

En el suroeste del golfo, los sistemas hidrológicos y la circulación ciclónica dominante producen variaciones espacio-temporales que dan a la región las características ecológicas únicas que sostienen importantes pesquerías del Golfo como la del camarón (Licea y Luna, 1999).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento de los patrones de distribución y abundancia de los foraminíferos planctónicos, bentónicos y ostrácodos en la Bahía de Campeche y su relación con la productividad superficial y los patrones de circulación.

ANTECEDENTES

Los foraminíferos, protistas ameboideos, fagótrofos ubicados en el Subphylum Sarcodina, clase Granuloreticulosa (Capriulo, 1990) son organismos casi exclusivamente marinos de amplia distribución, tanto batimétrica como geográfica, que abundan en los océanos modernos, donde se pueden encontrar desde zonas costeras hasta las zonas planctónicas y bentónicas del mar profundo (Goldstein, 1999).

Los foraminíferos planctónicos habitan la porción superior de la columna de agua de los océanos, en la capa de mezcla y parte superior de la termoclina donde pueden alimentarse de fitoplancton y de microzooplancton. La concentración de organismos es máxima a profundidades menores a 100 m y decrece rápidamente con el aumento en la profundidad (Vincent y Berger, 1981).

La distribución y ecología de los foraminíferos planctónicos es, en esencia, similar a la de otros organismos del zooplancton y dicha distribución está determinada por la disponibilidad de alimento, profundidad, temperatura, luz, turbulencia de las aguas, tamaño y tipo de sedimento.

En el caso de los foraminíferos bentónicos, se ha propuesto una variedad de factores que controlan su distribución, tales como la temperatura, la profundidad, la presión, la dinámica de las masas de agua y la consecuente tasa de sedimentación (Phleger, 1960; Murray, 1973).

Algunos autores proponen que la abundancia de foraminíferos bentónicos está íntimamente relacionada con el flujo de materia orgánica al fondo marino y por lo tanto con la profundidad y con la estacionalidad de la productividad superficial (Graf, 1989; Altenbach y Sarnthein, 1989; Gooday y Turley, 1990; Loubère, 1996).

Schnitker (1994), propone que el aporte de alimento y por lo tanto la productividad superficial, es un factor determinante en la abundancia faunística de estos organismos.

Numerosos estudios muestran que las zonas con altos índices de acumulación de materia orgánica en el fondo marino se encuentran por debajo de regiones con alta productividad primaria (Altenbach y Sarnthein, 1989) y que la composición faunística de esas regiones está íntimamente relacionada con la productividad primaria de las capas superficiales y con el aporte de materia orgánica al fondo (Lutze y Coulbourn, 1984). La profundidad y el flujo de materia orgánica al fondo están estrechamente relacionados, ya que la productividad es elevada en zonas costeras (Koblentz Mishke *et al.*, 1970) y hay un decremento exponencial del flujo vertical de materia orgánica con la profundidad (Suess, 1980; Betzer *et al.*, 1984). Como consecuencia de esta relación, la actividad bentónica decrece rápidamente lejos de las zonas costeras, descendiendo por el talud continental (Rowe, 1983; Smith y Hinga, 1983; Romankevich, 1984; Smetacek, 1984). Por lo tanto, las propiedades de las asociaciones bentónicas que parecen estar relacionadas con la profundidad están en realidad controladas por el flujo de materia orgánica al fondo. Un ejemplo de esto es la proporción entre foraminíferos bentónicos y foraminíferos planctónicos (B/P) que esta correlacionada con la profundidad (Grimsdale y Van Morkhoven, 1955; Stehli, 1966; Hallam, 1967) y con la productividad (Phleger, 1960; Diester Haass, 1978; Lutze, 1980).

Berger y Herguera (1992), mostraron que la producción de testas de foraminíferos bentónicos en el Pacífico Ecuatorial es directamente proporcional al flujo de materia orgánica al fondo marino. Trabajos recientes indican que este flujo es uno de los factores ambientales que controlan los hábitats de estos organismos (Fariduddin y Loubère, 1997) y que su ecología está controlada principalmente por dos parámetros: flujo de materia orgánica al fondo y concentración de oxígeno disuelto (Morigi *et al.*, 2001).

Los ostrácodos son pequeños crustáceos comprimidos lateralmente, protegidos por un caparazón formado por dos valvas calcificadas unidas en la región dorsal del cuerpo por un ligamento y/o por una charnela. La mayoría de los ostrácodos tienen una longitud entre 0.15 y 2 mm, aunque algunas formas planctónicas llegan a medir hasta 25 mm. Son organismos acuáticos que viven tanto en medios salobres como en dulceacuícolas y marinos encontrándose a profundidades hasta de 3800 m.

Numerosas especies de ostrácodos se alimentan de plantas marinas, algas y pequeños animales como anélidos, nemertinos y pequeños crustáceos, otros de detritos de tejido animal y vegetal, otros son limnóvoros (Pokorny, 1978).

La distribución de los ostrácodos está controlada en gran medida por factores bióticos y abióticos como el tamaño y forma de las partículas sedimentarias, su grado de compactación, temperatura, salinidad, luz, oxígeno y concentración de carbonato de calcio entre otros. Benson (1961) menciona que las variaciones de la salinidad en mar abierto no son lo suficientemente grandes como para afectar su abundancia.

Los ostrácodos bentónicos habitan sobre la superficie, sobre plantas o animales y dentro del sedimento formando parte de la infauna. En sedimentos arenosos, las poblaciones de ostrácodos son muy pequeñas mientras que en sedimentos lodo-arenosos la diversidad de organismos es mayor (Pokorny, 1978). La abundancia es mayor en aguas someras de la plataforma continental ya que los factores asociados a la profundidad, tales como disminución de la intensidad luminosa, la disminución de la vegetación, y la estabilidad y los cambios en la composición de los sedimentos afectan a estos organismos (Benson, 1961).

Machain Castillo (1989) ha reconocido que la distribución de los ostrácodos del Golfo de México es afectada por la profundidad, el tipo de sedimento y la descarga de los ríos.

ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de México, ocupa un área de más de 1.5 millones de Km², es un sistema semicerrado, con una entrada de agua oceánica superficial por el Canal de Yucatán y salida por el Estrecho de Florida. Está ubicado en la zona subtropical, entre 18° y 30° latitud N y 82° y 98° de longitud W; posee una plataforma continental que es muy amplia en las penínsulas de Yucatán y de Florida y muy angosta en la vertiente occidental, frente a Tamaulipas y Veracruz.

El Golfo de México alcanza una profundidad máxima de 3782 m en su región central y consta de pendientes pronunciadas a lo largo de los escarpes de Campeche y Florida. Gran parte de las plataformas se sumergen bajo las aguas del Golfo a profundidades menores de 200 m y el resto esta al nivel del mar formando las penínsulas de Yucatán y Florida (Bryant *et al.*, 1991).

La Bahía de Campeche está situada al Sur del Golfo de México entre los 18° 6' y los 22° de latitud norte y entre los 90° 26' y los 97° 30' de longitud oeste (Monreal Gómez y Salas de León, 1990) y tiene una superficie de 66,770 km². En la parte noreste de esta zona se encuentra una región topográficamente compleja, de origen tectónico, llamada Cañón de Campeche que tiene una profundidad aproximada de 160 m en la plataforma descendiendo a 2800 m en el talud (Salas de León *et al.*, 2004).

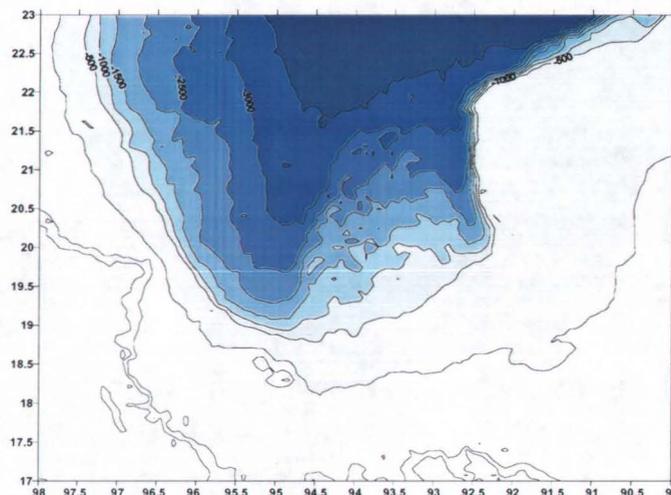


Figura 1. Bahía de Campeche

GEOLOGÍA

Sedimentos

En el suroeste del Golfo de México los sedimentos se caracterizan como de origen terrígeno debido al aporte del sistema fluvial Grijalva-Usumacinta y Coatzacoalcos (Saulwood y Morse, 1991). En la zona más profunda, los lodos terrígenos son el sedimento dominante y conforme se avanza hacia el este, en casi toda la plataforma continental de la península de Yucatán dominan las arenas carbonatadas. Existen también zonas pequeñas de arenas limosas carbonatadas ubicadas en los extremos noroeste y nordeste de la Bahía de Campeche (Lecuanda y Ramos, 1985).

La plataforma y el talud continental están conformados por complejas provincias geológicas que combinan la presencia de sedimentos terrígenos y depósitos carbonatados (Roberts *et al.*, 1999).

La plataforma continental se subdivide en plataforma interna y en plataforma externa y se encuentra cubierta por un sustrato que va, de este a oeste, de arenas carbonatadas y lodo a arenas silicoclásticas y lodo (Lecuanda y Ramos, 1985) formando una zona de transición desde la Laguna de Términos hacia mar adentro donde el contenido de carbonato de los sedimentos va desde valores menores de 25% a mayores de 50%. Esta transición representa adecuadamente las condiciones generales del área. Hacia el este de la bahía, el agua es clara con sedimentos carbonatados y contenido bajo de materia orgánica mientras que hacia el oeste, las aguas son más turbias, con un mayor contenido de materia orgánica y con sedimentos terrígenos (Yáñez Arancibia y Sánchez Gil, 1986).

El tipo de sedimento de la provincia del Banco de Campeche se modifica conforme se avanza hacia el este del Golfo de México. En la parte noreste, se pueden encontrar sedimentos finos de tipo terrígeno, junto con los cuales se distribuyen los de tipo biogénico y en las regiones más someras sedimentos carbonatados que evidencian la influencia de comunidades arrecifales dominadas por algas y corales (Logan *et al.*, 1969).

La materia orgánica es un componente menor de los sedimentos marinos donde se presenta en pequeños porcentajes en la mayoría de los depósitos de mar profundo y en porcentajes mayores en zonas de surgencia. Por lo que, las observaciones que refieren la relación entre los patrones de contenido orgánico de los sedimentos y los de productividad, son la base para el uso de éstos como indicadores de productividad superficial (Berger y Herguera, 1992).

HIDROGRAFÍA

En esta zona se presenta una morfología de plataforma suavemente inclinada; los procesos y eventos dominantes son las descargas de los ríos sobre la plataforma continental y la estratificación de la columna de agua en verano (Rabalais *et al.*, 1999).

Los sistemas hidrográficos más importantes que drenan en la vertiente de la Bahía de Campeche aportan sedimentos terrígenos de granulometría variada procedentes del continente. El sistema Grijalva-Usumacinta constituye una amplia red fluvial que ha formado en sus desembocaduras una llanura deltáica (Ayala Castañares y Gutiérrez Estrada, 1990).

La época de lluvias en verano provoca un gran aporte de agua dulce de los ríos que desembocan al Golfo de México principalmente del Grijalva - Usumacinta cuyo aporte equivale a un tercio del aporte total de todos los ríos de la República Mexicana (Carranza Edwards *et al.*, 1993).

El agua dulce provoca una disminución en la salinidad y una modificación en la temperatura de las aguas costeras. Esta mezcla de aguas dulce y salada da origen a la formación de un frente costero que se observa en verano (Czitrom *et al.*, 1986) y en otoño (Monreal Gómez y Salas de León, 1992).

Masas de Agua

Las masas de agua dentro del Golfo de México son: Agua Subtropical Subsuperficial del Caribe (AStSsC) de alta salinidad (36.6) y temperatura (22.5° C) que va desde las capas superiores hasta los 250 m de profundidad, entra al golfo por el Canal de Yucatán para formar la Corriente de Lazo de la cual se desprende un giro anticiclónico, en cuyo núcleo queda atrapada agua salina y caliente característica del AStSsC. En la periferia del giro se encuentran salinidades y temperaturas con valores de 36.4 y 22° C, que son las características típicas del Agua Subtropical Subsuperficial del Golfo de México (AstSsGM) (Nowlin, 1972). Estas dos masas de agua dan origen al Agua Común del Golfo (ACGM) cuyos valores de salinidad y temperatura son de 36.40 y 22.5° C, respectivamente.

El Agua Subtropical Subsuperficial (AstSs) y el Agua Común del Golfo (ACGM) se localizan generalmente en la capa superior de los 250 m (Monreal Gómez y Salas de León, 1997).

El Agua Intermedia Antártica (AIA) se ubica entre 250 y 900 m de profundidad en el Golfo de México, con valores de salinidad y temperatura de 34.88 y 6.20° C. Finalmente, a profundidades mayores a 900 m se encuentra el Agua Profunda Noratlántica (APNA) con valores de salinidad de 34.96 y de temperatura de 4° C.

CIRCULACIÓN

En la Bahía de Campeche la circulación del agua es una resultante de la Corriente de Yucatán donde la rama occidental de ésta pasa por la bahía y continúa su recorrido en la zona con una circulación predominantemente ciclónica.

El giro ciclónico observado en la Bahía de Campeche presenta un desplazamiento a lo largo del año extendiéndose durante el mes de febrero sobre toda la bahía y persistiendo hasta el mes de marzo cuando se desplaza ligeramente hacia el oeste e incrementa la magnitud de la corriente litoral. En el mes de abril, el giro se debilita y provoca un

decremento en la corriente en la costa sur de la bahía. En mayo, el giro desaparece completamente y la corriente se desplaza de este a oeste. Para junio, la corriente se intensifica; en el mes de julio el giro comienza a desarrollarse sobre la costa oeste de la península de Yucatán. Hacia los meses de agosto y septiembre el campo de las corrientes se modifica hasta llegar a formar el giro ciclónico que se extiende nuevamente en toda la bahía, persistiendo durante los meses de septiembre a diciembre. Durante este periodo, la ubicación del centro del giro es la única que cambia, desplazándose de este a oeste (Monreal Gómez y Salas de León, 1990).

Salas de León *et al.* (2004) sugieren la presencia de un giro anticiclónico de 70 Km de diámetro cuyo centro se localiza a 20° 39' N y 93° 00' W y de una surgencia subsuperficial en esa zona provocada por el choque de este giro con la plataforma continental que juegan un papel importante en la productividad biológica de la región. Salas de León *et al.* (En prensa) mostraron la presencia de corrientes costeras de oeste a este en la región frente a la desembocadura de los ríos y de norte a sur a lo largo de la Península de Yucatán. Ambas corrientes establecen una línea de convergencia que desvía la circulación hacia el oeste. Esta línea de convergencia representa una zona de acumulación de materiales en suspensión y de advección hacia el noroeste.

ASPECTOS METEOROLÓGICOS

Situado en el cinturón subtropical, el Golfo de México es una cuenca semicerrada, donde las condiciones atmosféricas son tales que el intercambio entre las masas de aire provenientes del continente y las masas de aire propias del Golfo (de origen marítimo y tropical) provocan una fuerte frontogénesis, principalmente entre los meses de octubre a abril (Tápanes y González Coya, 1980).

A lo largo del año, el comportamiento de los vientos es variable. De noviembre a marzo se presentan vientos del noroeste, en abril y mayo los vientos tienden a orientarse en dirección sur-norte, de junio a agosto los vientos soplan del sureste, en septiembre y

octubre soplan de este a oeste. En invierno, la Bahía de Campeche está expuesta a los fuertes vientos del noroeste o “Nortes” que cruzan el Golfo de México recogiendo humedad que posteriormente se precipita causando lluvias esporádicas.

Se han identificado tres condiciones climáticas bien definidas: secas (febrero a mayo), lluvias (junio a septiembre) y nortes (octubre a febrero) (Yáñez Arancibia y Day, 1982). De acuerdo con la clasificación de Köppen, el clima es predominantemente de tipo Amw, cálido, subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 27° C alcanzando 36° C en verano y 17° C en invierno y la precipitación pluvial alcanza valores que van de 900 a 2000 mm anuales.

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

La concentración de oxígeno disuelto en la Sonda de Campeche es constante a lo largo de todo el año, mantiene niveles superficiales de 4 a 4.5 mL L⁻¹, los cuales se reducen entre 200 y 300 m dando lugar a una capa de oxígeno mínimo (2 mL L⁻¹) entre 200 y 700 m (Nowlin, 1972; Ponce Vélez *et al.*, 1991).

En la zona de la Bahía de Campeche, los valores de salinidad se encuentran entre 36.4 y 36.6, siendo superiores a los del resto del golfo y de la Corriente del Caribe (Ponce Vélez *et al.*, 1991). El intervalo de salinidad en la Bahía de Campeche varía entre 34.3 y 34.7 (Czitrom *et al.*, 1986). A lo largo de todo el año se presentan variaciones; en general de mayo a junio se observan valores mayores a 36, en noviembre alrededor de 35 y en marzo de 35.5. Esto se debe a la evaporación y precipitación a la cual está sujeta la capa superficial en esta región. En verano, durante la época de lluvias, se da el periodo de máxima influencia de los ríos sobre la salinidad de la capa superficial, la cual se puede detectar hasta 100 Km mar adentro. Esto genera una capa delgada de baja salinidad (30) y temperatura de entre 27° y 28° C (Cahero Mendoza, 1990; Licea y Luna, 1999).

FITOPLANCTON Y PRODUCTIVIDAD PRIMARIA

Las aguas del Golfo de México son similares a las de otras regiones tropicales en cuanto a biomasa y producción fitoplanctónicas. El valor promedio de clorofila superficial alcanza 0.2 gm^{-3} , mientras que el de clorofila integrada en la capa eufótica es de 1.42 mgm^{-2} . La producción primaria promedio asciende a $0.35 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$ en superficie, en tanto que el valor integrado entre 0 y 100 m es de $6.63 \text{ mgCm}^{-2}\text{h}^{-1}$ (El Sayed *et al.*, 1972).

Basándose en datos generados por el Coastal Zone Color Scanner (CZCS), se obtuvieron valores promedio de 0.15 mgm^{-3} de clorofila para todo el golfo, si se incluye la plataforma continental este promedio asciende a 0.45 mgm^{-3} , los valores más altos ($> 0.18 \text{ mgm}^{-3}$) se presentan entre diciembre y febrero, mientras que los menores ($\sim 0.06 \text{ mgm}^{-3}$) ocurren entre mayo y junio. Valores mayores a 5 mgm^{-3} sólo se han encontrado en áreas costeras.

Las regiones donde persiste una alta concentración de clorofila se ubican en la costa de Florida, en el área de influencia del Río Mississippi, en las costas de Louisiana y Texas y sobre el Banco de Campeche (Müller Karger *et al.*, 1991).

Los ríos y lagunas que desembocan en la plataforma continental aportan cantidades considerables de nutrientes y de biomasa fitoplanctónica, esto se puede apreciar por las plumas visibles en las imágenes de CZCS. Se ha observado un gradiente de disminución de la concentración de clorofila desde las costas de Campeche y Yucatán hacia mar adentro (Segura, 1982). En tanto que Licea y Luna (1999), observaron que las mayores concentraciones de clorofila, frente a las desembocaduras de los ríos y lagunas costeras de Alvarado, Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta, se dieron en el verano y concluyeron que el gradiente de abundancia fue descendiendo desde la línea de costa hacia mar adentro como resultado de la atenuación de la influencia de los sistemas estuarinos sobre la plataforma continental.

La biomasa y la producción primaria, en las regiones costeras, suelen alcanzar valores elevados y tener fuertes variaciones (Jordan, 1972; Segura *et al.*, 1982; Flores Téllez, 1988; Licea y Luna, 1999) mientras que en las zonas oceánicas del centro del golfo, las concentraciones de clorofila son típicas de mares oligotróficos (Signoret *et al.*, 1998).

En cuanto a materia orgánica, la región centro-oriental del Banco de Campeche es la más productiva, en contraste con la región occidental donde la materia orgánica se acumula, al ser transportada por las corrientes (Bessonov, 1971).

Con el incremento de la profundidad y/o con el aumento en la distancia hacia la línea de costa, la productividad primaria en aguas superficiales y la variación estacional de la producción exportada decrece junto con la proporción relativa de materia orgánica superficial que se deposita en el fondo marino (Suess, 1980).

METODOLOGÍA

Trabajo de campo

Las 49 muestras de sedimento que se utilizaron para este estudio fueron colectadas en el Sur del Golfo de México durante cinco campañas oceanográficas del proyecto PROMEBIO que se llevaron a cabo entre agosto de 1999 y junio de 2002, a bordo del B/O "Justo Sierra" de la Universidad Nacional Autónoma de México. Las campañas oceanográficas PROMEBIO I, II, III, V y VI se llevaron a cabo en los meses de agosto de 1999, noviembre de 2000, abril de 2000, octubre de 2001 y junio de 2002 respectivamente.

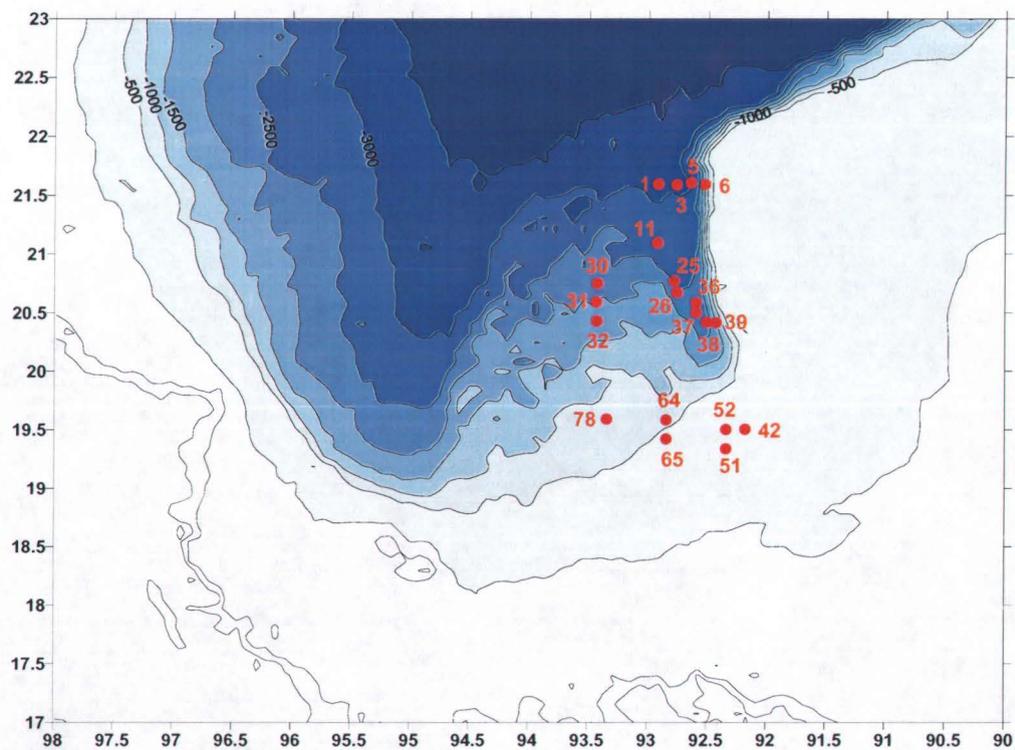


Figura 2. Ubicación de las estaciones de la Campaña PROMEBIO I

**Tabla 1. Coordenadas y profundidad de las estaciones de muestreo
Campaña PROMEBIO I**

Estación	Latitud N	Longitud W	Profundidad (m)
1	21.6	92.9	3200
3	21.6	92.8	3000
5	21.6	92.6	2500
6	21.6	92.5	720
11	21.1	92.9	2840
25	20.8	92.8	2640
26	20.7	92.8	2580
30	20.7	93.4	2240
31	20.6	93.4	2120
32	20.4	93.4	1500
36	20.6	92.6	2450
37	20.5	92.6	2430
38	20.4	92.5	2240
39	20.4	92.4	1420
42	19.5	92.2	54
51	19.3	92.3	57
52	19.5	92.3	98
64	19.6	92.8	682
65	19.4	92.8	208
78	19.6	93.3	753

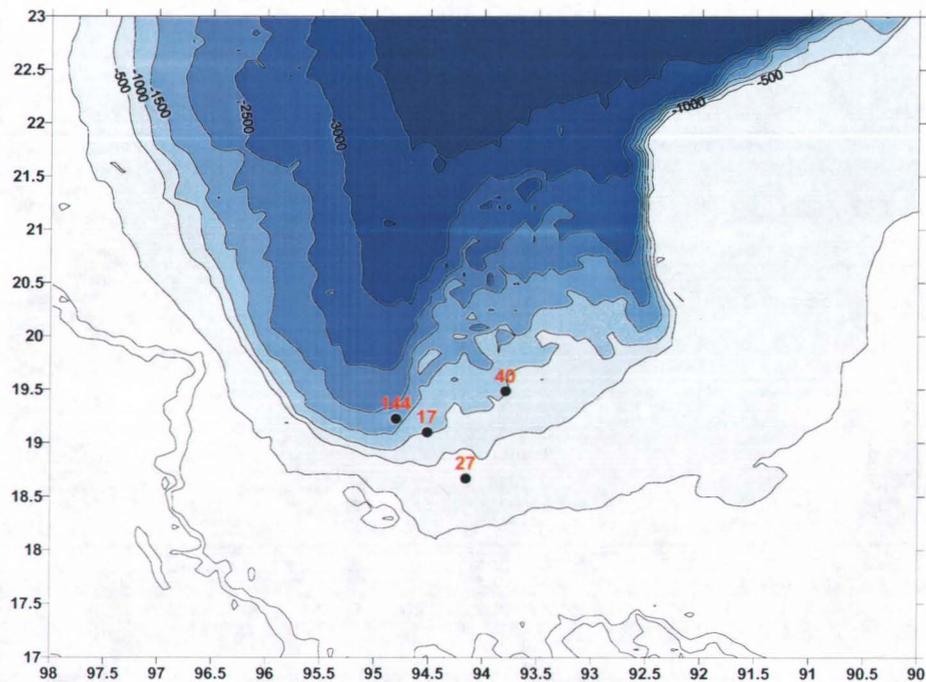


Figura 3. Estaciones Campaña PROMEBIO II

**Tabla 2. Coordenadas y profundidad de las estaciones de muestreo
Campaña PROMEBIO II**

Estación	Latitud N	Longitud W	Profundidad (m)
17	19.1	94.5	1094
27	18.7	94.2	122
40	19.5	93.8	1025
144	19.2	94.8	1758

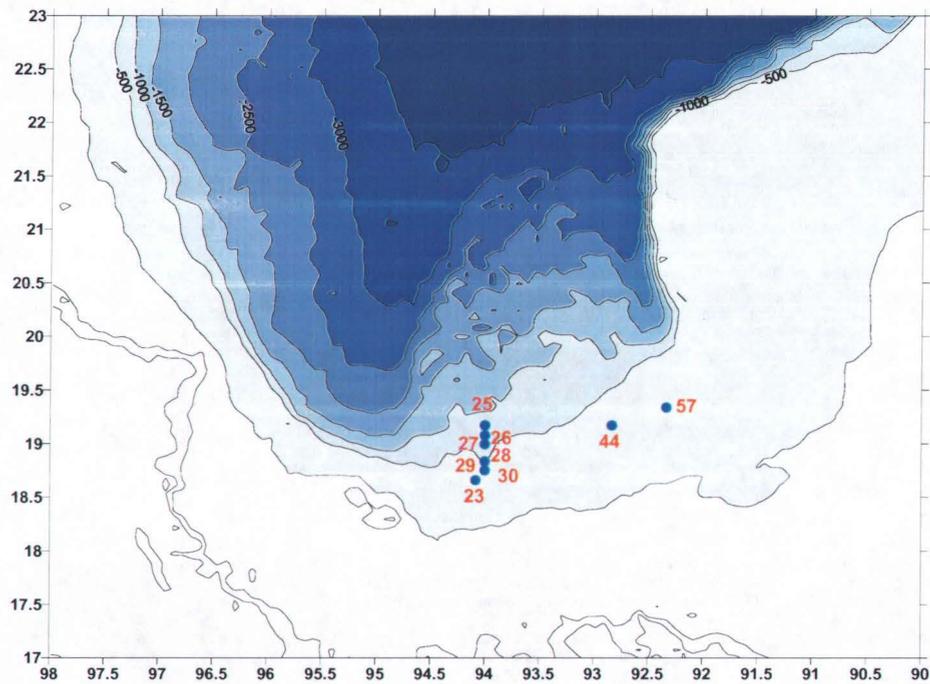


Figura 4. Estaciones Campaña PROMEBIO III

**Tabla 3. Coordenadas y profundidad de las estaciones de muestreo
Campaña PROMEBIO III**

Estación	Latitud N	Longitud W	Profundidad (m)
23	18.7	94.1	124
25	19.2	94.0	895
26	19.1	94.0	723
27	19.0	94.0	639
28	18.8	94.0	560
29	18.8	94.0	403
30	18.8	94.0	265
44	19.2	92.8	146
57	19.3	92.3	57

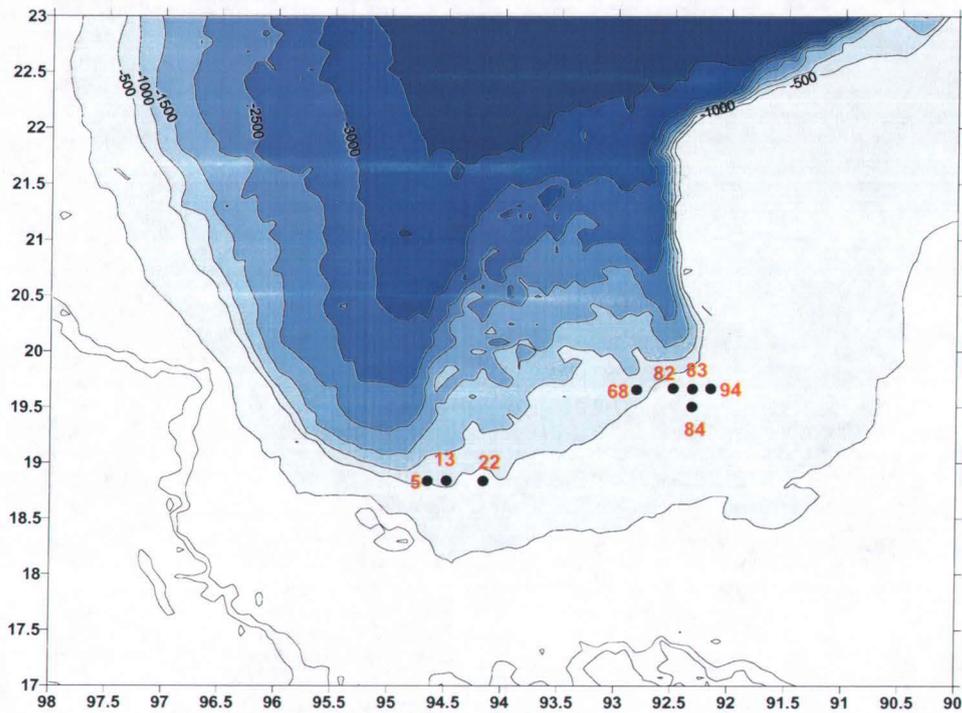


Figura 5. Estaciones Campaña PROMEBIO V

Tabla 4. Coordenadas y profundidad de las estaciones de muestreo Campaña PROMEBIO V

Estación	Latitud N	Longitud W	Profundidad (m)
5	18.8	94.7	618
13	18.8	94.5	583
22	18.8	94.2	418
68	19.7	92.8	811
82	19.7	92.5	170
83	19.7	92.3	115
84	19.5	92.3	94
94	19.7	92.2	84

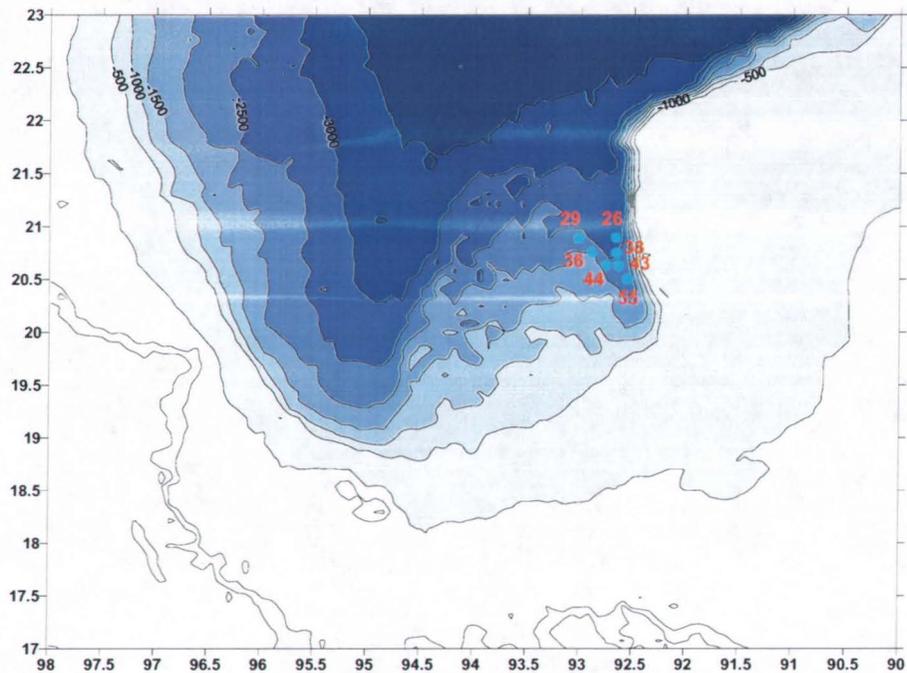


Figura 6. Estaciones Campaña PROMEBIO VI

Tabla 5. Coordenadas y profundidad de las estaciones de muestreo Campaña PROMEBIO VI

Estación	Latitud N	Longitud W	Profundidad (m)
26	20.5	92.5	2962
29	20.6	92.6	2360
36	20.7	92.7	1978
38	20.9	92.7	2550
43	20.9	93.0	2505
44	20.7	92.9	2370
55	20.6	92.8	2460

La ubicación geográfica de cada una de las estaciones de muestreo fue estimada usando el geoposicionador por satélite o GPS del buque y la profundidad por medio de una ecosonda.

Se registró la temperatura, la conductividad y la presión del agua mediante una sonda CTD y posteriormente se calculó la salinidad y la densidad potencial con el fin de determinar las masas de agua. Se tomaron muestras de agua de fondo con el fin de determinar la concentración de oxígeno disuelto por el método de "Winkler" (Strickland y

Parsons, 1972) y fueron comparadas con las que fueron registradas a través de un oxímetro.

Las muestras de sedimento se obtuvieron por medio de una caja Reineck de la cual se tomó, con una espátula, una porción del sedimento menos perturbado. Esta porción se guardó en un recipiente rotulado con el nombre de la campaña, la fecha y el número de la estación en que fue recolectada.

Trabajo de laboratorio

Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Ecología de Foraminíferos y Micropaleontología del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) de la UNAM, para ser procesadas.

Las muestras se pusieron a secar en cápsulas de porcelana con el fin de obtener el peso seco de ésta. Posteriormente se les volvió a agregar agua para facilitar la disgregación y el lavado de la muestra. Ésto se hizo con agua corriente sobre un tamiz de abertura de malla de 0.0625 mm (núm. 250 "Tyler Screen System") a fin de separar los sedimentos de tamaño arena de los sedimentos lodosos. Con el fin de evitar la contaminación de las muestras, el tamiz fue sumergido en una solución de azul de metileno después de cada muestra lavada, ésto se debe a que el carbonato de calcio de las testas se tiñe y permite identificar fácilmente los organismos de las muestras lavadas anteriormente. Después del lavado, las muestras se secaron y se pesaron nuevamente para obtener así el peso seco de la fracción arenosa. Esta fracción fue tamizada nuevamente con una malla de 0.0149 mm con el objetivo de aislar las formas juveniles de los foraminíferos que por su tamaño son difíciles de diferenciar. La fracción restante, llamada fracción gruesa, se revisó bajo un microscopio estereoscópico.

División de la muestra

Desde los años cincuenta, varias investigaciones se han realizado para el estudio cuantitativo de los foraminíferos y otros microfósiles marinos que llevan a la idea de que la diversidad dentro de las poblaciones de estos organismos, es fielmente representada a partir de 300 organismos (Bé, 1959; Bradshaw, 1959; Bandy, 1961; Parker, 1962; Boltovskoy, 1965). Por encima de este valor el número de especies susceptible de ser encontradas dentro de la muestra se mantiene prácticamente constante y la población es estadísticamente representativa.

Como en la mayoría de los casos la fracción gruesa a estudiar suele ser demasiado grande fue necesario fraccionar o cuartear la muestra con el fin de obtener una fracción donde fuera posible cuantificar entre 300 y 500 organismos. Este procedimiento se hizo mediante el uso de un fraccionador de Otto, aparato que divide la muestra en 2 o en más partes iguales. En los casos en los que la muestra estudiada fuera muy pequeña se contaron todos los organismos (foraminíferos planctónicos, foraminíferos bentónicos y ostrácodos) presentes dentro de éstas.

Obtención de las testas

Con un pincel muy fino y empleando el microscopio estereoscópico a diferentes aumentos (desde 1x a 6.3x) fueron extraídas las testas de foraminíferos y valvas de ostrácodos de las fracciones obtenidas después del cuarteo. Estas fueron colocadas en una placa micropaleontológica, rectángulo de cartón de 75 x 25 mm sostenido por un armazón de aluminio y cubierto por un cubre-objetos, impregnada con goma de tragacanto que adhiere los organismos.

Los datos de materia orgánica en sedimento fueron proporcionados por la Dra. Elva Escobar Briones de la Unidad Académica de Sistemas Oceanográficos y Costeros, mientras que los datos oceanográficos fueron proporcionados por el Dr. David Alberto

Salas de León del Laboratorio de Oceanografía Física, ambos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

Utilizando los modelos propuestos por Berger y Diester Haass (1988) y Berger y Herguera (1992) se calculó un índice de productividad a partir de la proporción entre foraminíferos bentónicos y foraminíferos planctónicos (B/P)*100 y la productividad primaria de la zona estudiada a partir del porcentaje de materia orgánica contenida en los sedimentos utilizando las fórmulas (1 y 2):

$$J = e^{((\log C + 0.24)/0.7)} \quad (1)$$

$$y \quad p = \left[\frac{50J}{\left(\frac{1}{z} + 0.025 \right)} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (2)$$

donde J es el flujo de materia orgánica al fondo, C es el porcentaje de materia orgánica en el sedimento y p es la productividad calculada en $\text{gCm}^{-2}\text{y}^{-1}$.

Análisis estadísticos

Utilizando los pesos de las muestras de sedimento antes y después de lavar, se calcularon los porcentajes de arenas y de lodos, se elaboró una clasificación granulométrica basada en la nomenclatura de los sedimentos terrígenos propuesta por Folk (1969).

Como este estudio se enfoca en los componentes biogénicos del sedimento, específicamente foraminíferos planctónicos (FP), foraminíferos bentónicos (FB) y ostrácodos (Ost), estos organismos se extrajeron de todas las muestras que se revisaron, a partir de estos resultados se elaboraron cuadros de abundancias y mapas de distribución.

También se realizaron análisis de correlación entre los resultados obtenidos y los diferentes factores que afectan la distribución y abundancia de los organismos marinos tales como la profundidad, el tipo de sedimento y la cantidad de materia orgánica en el sedimento.

En el caso de los valores de la proporción B/P se correlacionaron con la profundidad.

Se realizaron pruebas de t con el fin de comprobar si existen diferencias significativas entre los porcentajes de materia orgánica en sedimento de las diferentes regiones estudiadas en este trabajo así como entre las profundidades de las estaciones de la campaña PROMEBIO VI.

RESULTADOS

Granulometría

Los resultados muestran que 32 de las 48 estaciones tenían sedimentos de tipo lodoso ($\geq 90\%$ de lodo, $\leq 10\%$ de arena), que 11 tenían sedimentos de tipo lodo-arenoso ($\leq 50\%$ a 10% de arena) mientras que para las 6 restantes no se obtuvieron datos(Figura. 7, tabla 6).

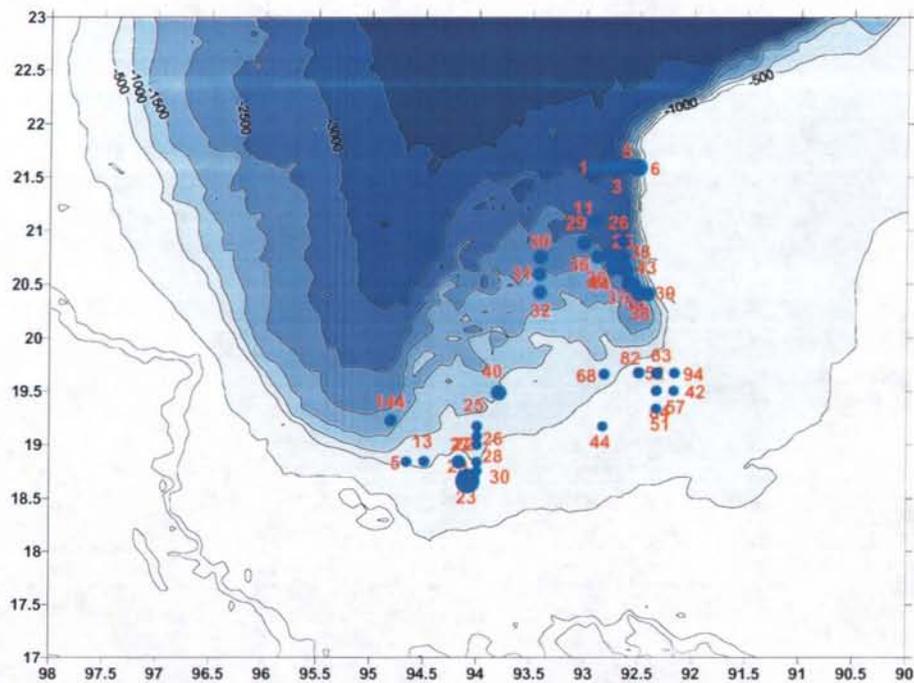


Figura 7. Porcentaje de arenas en muestras colectadas

Tabla 6. Porcentaje de arenas y lodos de las muestras de sedimento recolectadas durante las campañas PROMEBIO

	Estación	% de arenas	% de lodos		Estación	% de arenas	% de lodos
PROMEBIO 1	1	6.16	93.84	PROMEBIO 3	23	33.99	66.01
	3	14.51	85.49		25	1.23	98.77
	5	7.16	92.84		26	0.65	99.35
	6	19.39	80.61		27	0.43	99.57
	11	5.10	94.90		28	0.69	99.31
	25	10.12	89.88		29	0.70	99.30
	26	11.91	88.09		30	0.34	99.66
	30	8.42	91.58		44	0.53	99.47
	31	7.77	92.23		57	0.44	99.56
	32	7.92	92.08		5	1.52	98.48
	36	nd	nd	PROMEBIO 5	13	1.95	98.05
	37	14.18	85.82		22	9.01	90.99
	38	12.48	87.52		68	1.95	98.05
	39	11.61	88.39		82	3.86	96.14
	42	0.61	99.39		83	4.43	95.57
	51	0.45	99.55		84	1.05	98.95
	52	0.93	99.07	PROMEBIO 6	94	1.61	98.39
	64	nd	nd		26	5.75	94.25
	65	nd	nd		29	13.00	87.00
	78	nd	nd		36	8.27	91.73
PROMEBIO 2	17	nd	nd		38	3.89	96.11
	27	nd	nd		43	10.68	89.32
	40	12.22	87.78		44	8.27	91.73
	144	4.73	95.27		55	4.92	95.08

Estos resultados se correlacionaron con la profundidad y se encontró que la relación es positiva y significativa ($r^2=0.103$, $p<0.05$), esto es, que a mayor profundidad se encuentran más sedimentos de tamaño arena (> de $63\mu\text{m}$). Esta aparente contradicción se debe a que los sedimentos pueden tener 2 orígenes diferentes: terrígenos, derivados del continente y biogénicos, conformados primordialmente por los restos de organismos y que a los organismos en estudio forman mayoritariamente la fracción arenosa (en particular de los foraminíferos planctónicos) en las zonas profundas.

Organismos

Tabla 7. Abundancia de foraminíferos planctónicos, bentónicos y de ostrácodos en las muestras revisadas de la campaña PROMEBIO I

Estación	Foraminíferos		Ostrácodos gr ⁻¹ .	Total ind gr ⁻¹ .	% de materia orgánica
	Planctónicos gr ⁻¹ .	Bentónicos gr ⁻¹ .			
1	17231	504	67	17802	3.84
3	14907	333	0	15240	1.80
5	7294	142	32	7468	0.98
6	7230	953	64	8247	9.16
11	11802	146	21	11970	1.38
25	16393	350	0	16744	1.72
26	7254	223	0	7477	2.27
30	15141	315	110	15567	1.86
31	12763	230	172	13166	1.82
32	9648	258	290	10197	1.60
36	21792	519	94	22406	1.52
37	7150	312	74	7536	1.81
38	5945	415	0	6359	1.80
39	3424	625	15	4064	2.17
42	3880	5585	1018	10483	2.98
51	8902	4413	208	13523	2.61
52	576	2409	583	3568	2.78
64	6046	3350	16	9412	2.34
65	10984	7920	25	18929	2.94
78	20530	3039	0	23569	2.04

Para los foraminíferos planctónicos durante la campaña PROMEBIO 1 (Tabla 7, fig. 8) podemos observar que en las zonas más profundas y más alejadas de la costa, que corresponden a la región en la cual se encuentra el Cañón de Campeche, se obtuvieron mayores abundancias que en las zonas más someras de la plataforma interna del golfo. En la zona del Cañón de Campeche donde la profundidad va desde 720 a 3200 m, el número de foraminíferos planctónicos (FP) obtenidos, por gramo de muestra, oscila entre los 3424 y los 21792 mientras que en la región cuyas profundidades van desde 1500 a 2240 m (estaciones 30, 31 y 32), el número de organismos por gramo de muestra oscila entre 9648 y 15141. En el caso de la región donde las profundidades van de 54 a 750 m se observó que, en las estaciones más someras y más cercanas a la costa, la abundancia de FP era menor (entre 576 y 8902 FP por gramo de muestra), en

comparación con la de estaciones más profundas de la misma región donde la abundancia va desde 6046 a 20530 organismos por gramo de muestra.

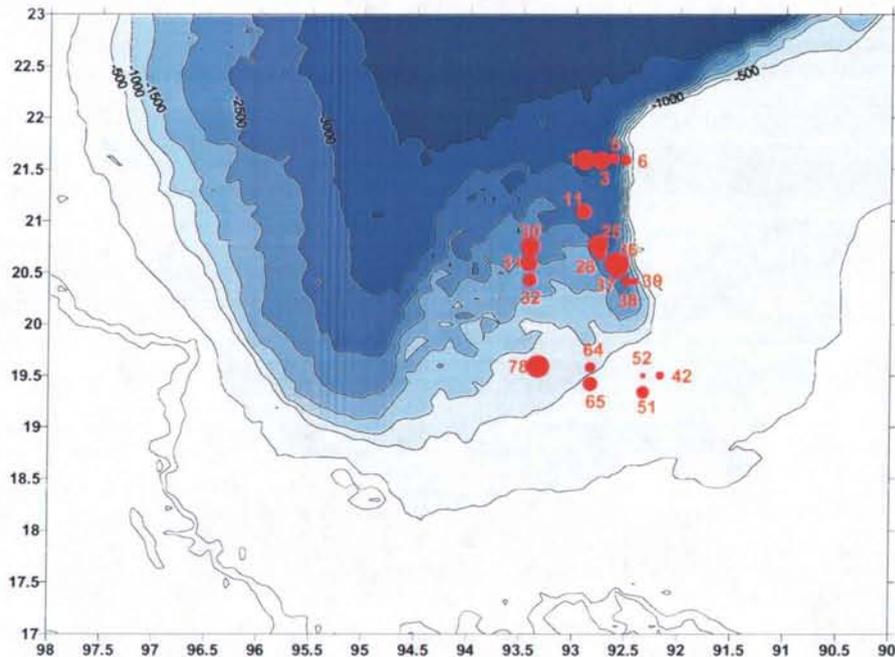


Figura 8. Abundancia de foraminíferos planctónicos

Se observa que la mayor cantidad de organismos se encontró en las estaciones de mayor profundidad lo que dió como resultado una correlación positiva, significativa entre las abundancias y la profundidad ($r^2=0.2$, $p<0.05$), esto es que, a mayores profundidades habrá un mayor número de organismos por gramo de muestra.

La correlación entre los datos de abundancia y los de porcentaje de arenas mostró que, aunque positiva, no es estadísticamente significativa ($r^2= 0.175$, $p>0.05$) por lo que no existe relación lineal entre estas dos series de datos, ya que como se mencionó anteriormente los sedimentos arenosos pueden ser tanto de origen biogénico como terrígeno o una mezcla de ambos.

En lo que concierne a los foraminíferos bentónicos (FB) también se encontraron organismos en todas las estaciones siendo las de menor profundidad las que contaban con una mayor abundancia de foraminíferos (Tabla 7, fig. 9). A profundidades mayores de

720 m y alejadas de la costa, el número de organismos encontrados osciló entre 146 y 953 ind gr⁻¹ de muestra. Por su parte, a profundidades que van de 54 a 753 m y más cercanas a la costa la abundancia de foraminíferos fue de 2409 a 5585 ind gr⁻¹.

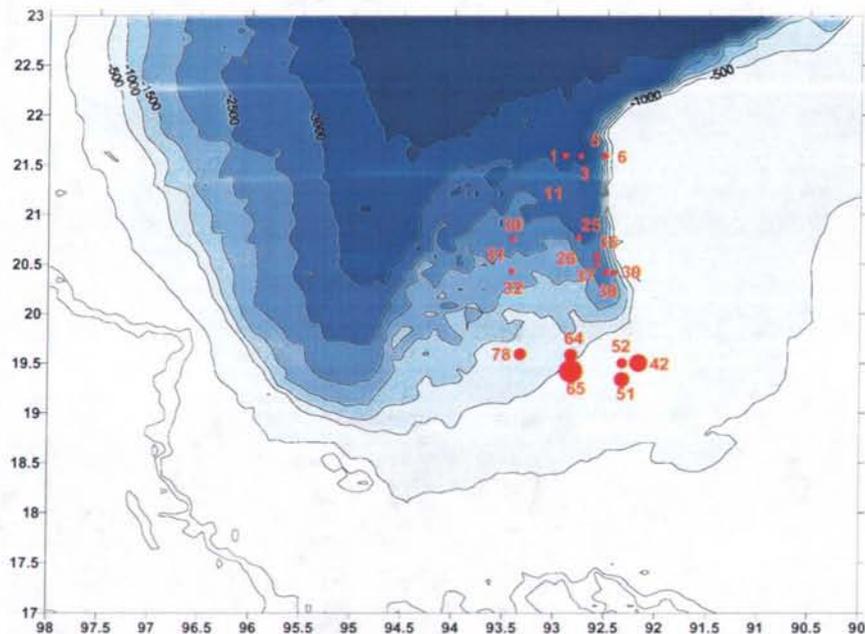


Figura 9. Abundancia de Foraminíferos Bentónicos

Al igual que para los foraminíferos planctónicos, se calculó el índice de correlación entre la profundidad y la abundancia para los foraminíferos bentónicos y se determinó que existía una relación negativa y significativa entre estas dos series de datos ($r^2=0.632$, $p<0.05$), esto quiere decir que a menor profundidad mayor es la abundancia de organismos. Se hizo la misma prueba para los datos de porcentaje de arenas y la abundancia y se encontró que la relación era negativa y significativa ($r^2=0.406$, $p <0.05$).

Finalmente para los ostrácodos se observó que en las estaciones más someras fue mayor la abundancia que en las más profundas (Tabla 7, fig. 10). Para la estaciones 1, 3, 5, 6, 11, 25, 26, 30, 31, 32, 36, 37, 38 y 39, el número de ostrácodos por gramo de fluctuó entre 0 y 290, mientras que para las estaciones 42, 51, 52, 64, 65 y 78 fluctuó entre 0 y 1018, este último valor se encontró en la estación más somera (Estación 42 a 54 m).

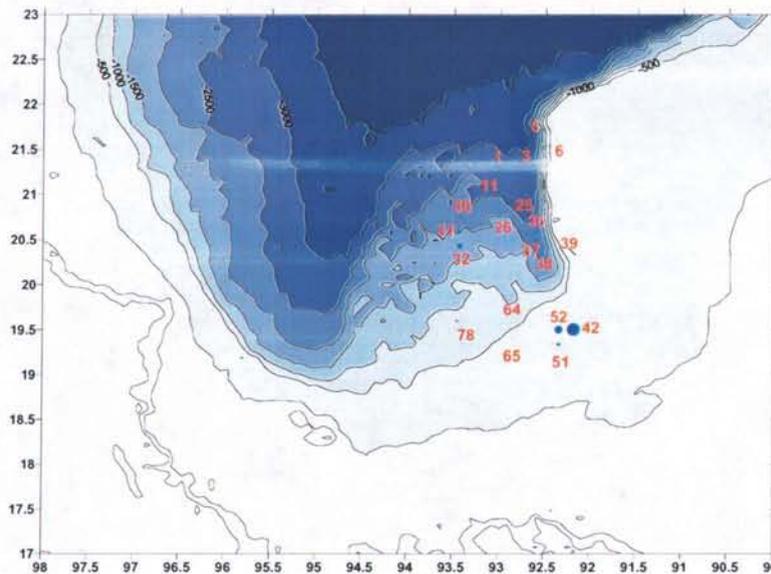


Figura 10. Abundancia de Ostrácodos

La correlación entre la profundidad y la abundancia de ostrácodos dió un índice negativo, significativo ($r^2=0.27$, $p<0.05$). En el caso de la abundancia y el porcentaje de arenas el índice de correlación fue negativo y fue significativo ($r^2=0.405$, $p<0.05$).

En cuanto a la cantidad de materia orgánica en sedimento, los valores van desde 1.52% a 3.84% en las estaciones que se localizan en la zona del Cañón de Campeche. Sin embargo en esa misma zona encontramos valores de 0.98% y de 9.16% en las estaciones 5 y 6 respectivamente. En las estaciones cercanas a la costa, los valores van desde 2.04% a 2.98 % de materia orgánica en sedimento. Podemos observar que estos valores no varían demasiado de estación a estación exceptuando en las estaciones 5 y 6. De acuerdo con los resultados de la prueba de *t* esto puede indicar que la cantidad de materia orgánica que se deposita en el fondo en las dos regiones es relativamente igual.

La correlación entre la profundidad y el porcentaje de materia orgánica en sedimento resulto negativa y no significativa ($r^2=0.121$, $p>0.05$) y entre el porcentaje de arenas y el de materia orgánica fue positiva pero no significativa ($r^2=0.132$, $p>0.05$).

Para la campaña PROMEBIO II, el estudio resultó únicamente descriptivo ya que, debido a la escasez de datos, los análisis estadísticos no resultaron significativos, aún así

podemos observar que en el caso de los FP en las estaciones 17, 40 y 144, que son las de mayor profundidad, se encontró mayor cantidad de organismos (6713, 5840 y 62492 respectivamente) que en la estación 27 (2669 ind gr^{-1} de muestra) de menor profundidad (122 m) y más cercana a la costa (Tabla 8, Fig. 11).

Tabla 8. Abundancia de foraminíferos planctónicos, bentónicos y de ostrácodos en las muestras de la Campaña PROMEBIO II

Estación	Foraminíferos		Ostrácodos gr^{-1} .	Total ind gr^{-1} .	% de Materia Orgánica
	Planctónicos gr^{-1} .	Bentónicos gr^{-1} .			
17	6713	6713	80	13506	2.07
27	2669	415	90	3174	3.01
40	5840	2996	19	8855	2.35
144	62492	4741	0	67233	2.74

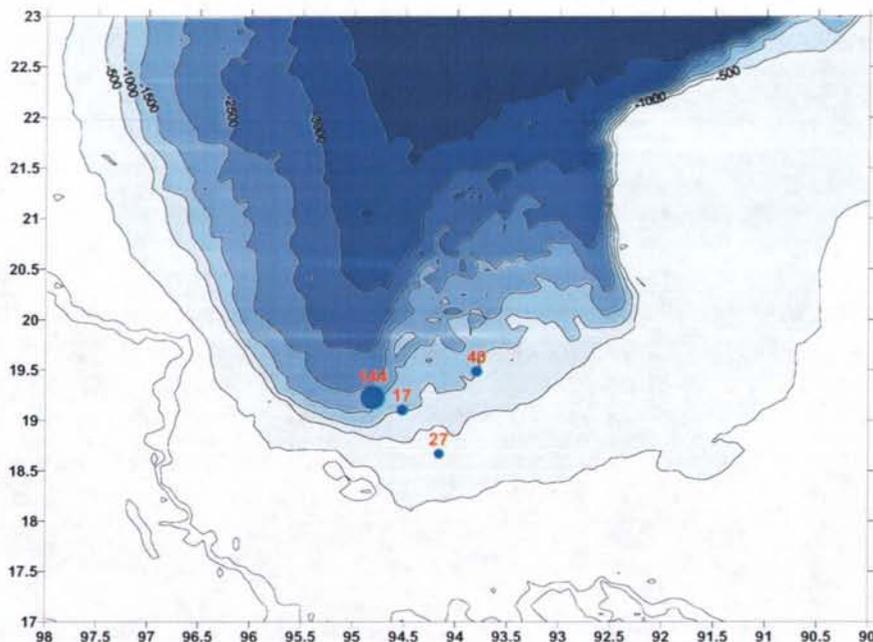


Figura 11. Abundancia de foraminíferos planctónicos

La mayor abundancia de foraminíferos bentónicos se encontró en la estación 17 (6713 ind gr^{-1}) mientras que en las estaciones 40 y 144 se contaron 2996 y 4741 ind gr^{-1} respectivamente y en la estación 27 la abundancia fue la menor con 415 ind gr^{-1} de muestra (Tabla 8, Fig. 12).

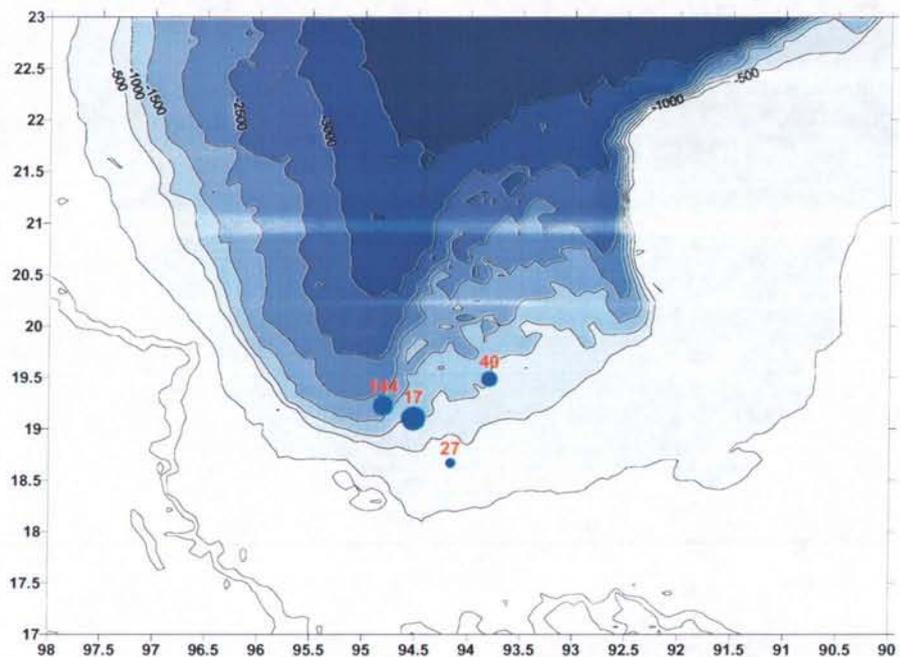


Figura 12. Abundancia de foraminíferos bentónicos

En cuanto a los ostrácodos, la estación 27 fue la de mayor abundancia con 90 ind gr^{-1} de muestra mientras que en las estaciones 17, 40 y 144 las abundancias fueron de 80, 19 y 0 ind gr^{-1} de muestra (Tabla 8, Fig. 13).

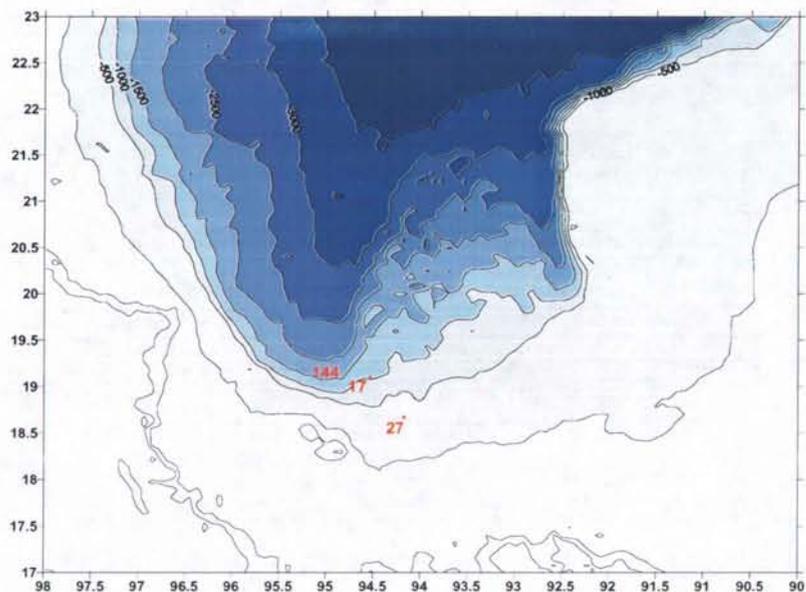


Figura 13. Abundancia de Ostrácodos

Dada su cercanía a la costa, estas estaciones pueden ser afectadas por la descarga del río Coatzacoalcos que aporta sedimentos de origen terrígeno y provoca la “dilución” de los organismos.

En el caso de la materia orgánica en el sedimento, se encontraron valores de 2.07%, 3.01%, 2.35% y 2.74% en las estaciones 17, 27, 40 y 144, respectivamente. En estas estaciones que se localizan sobre la plataforma y el talud continental, podemos observar que estos valores no varían con respecto a los que se encontraron en las estaciones profundas de la campaña PROMEBIO I.

Las estaciones de la campaña PROMEBIO III se encuentran a una distancia menor de la costa y por lo tanto están a profundidad menor siendo la estación 25 la más profunda a 895 m.

Tabla 9. Abundancia de foraminíferos planctónicos, bentónicos y de ostrácodos en las muestras revisadas de la Campaña PROMEBIO III

Estación	Foraminíferos		Ostrácodos gr ⁻¹ .	Total ind gr ⁻¹ .	% de Materia Orgánica
	Planctónicos gr ⁻¹ .	Bentónicos gr ⁻¹ .			
23	292	158	3	453	1.03
25	1653	4812	46	6510	2.51
26	2067	4174	0	6241	2.57
27	1968	5756	0	7724	2.76
28	404	2645	0	3049	1.99
29	715	2623	0	3339	2.47
30	204	1056	37	1296	3.12
44	3009	7701	15	10725	2.25
57	45	45	136	227	3.59

En esta campaña la abundancia de foraminíferos planctónicos fue muy baja en comparación con las campañas anteriores (Tabla 9, Fig. 14). La estación en la que mayor número de organismos se encontraron fue en la 44 con 3009 ind gr⁻¹ de muestra, mientras que en las estaciones 25, 26 y 27 que le siguen en abundancia se registraron 1653, 2067 y 1968 ind gr⁻¹ de muestra. Para las demás estaciones el número de organismos fue pequeño siendo la estación 29 la que mayor abundancia presentó con 715 ind gr⁻¹ de muestra.

En el caso de la estación 23 el número de organismos fue bajo pero también se pudo observar que el porcentaje de arena en esta estación fue muy alto, esto se puede deber al aporte, por la descarga de los ríos, de sedimentos terrígenos que pudieran “diluir” la cantidad de organismos encontrados en la muestra. La cercanía de la costa de estas estaciones puede ser una de las razones importantes por la cual la abundancia de organismos planctónicos es baja dado que las condiciones de estas zonas son más inestables que las que imperan en zonas más profundas y más alejadas de la costa.

La correlación entre abundancia y profundidad resultó positiva y no significativa ($r^2=0.128$, $p>0.05$) mientras que el índice de correlación entre porcentaje de arena y la abundancia resultó negativo y no significativo ($r^2= 0.092$, $p>0.05$).

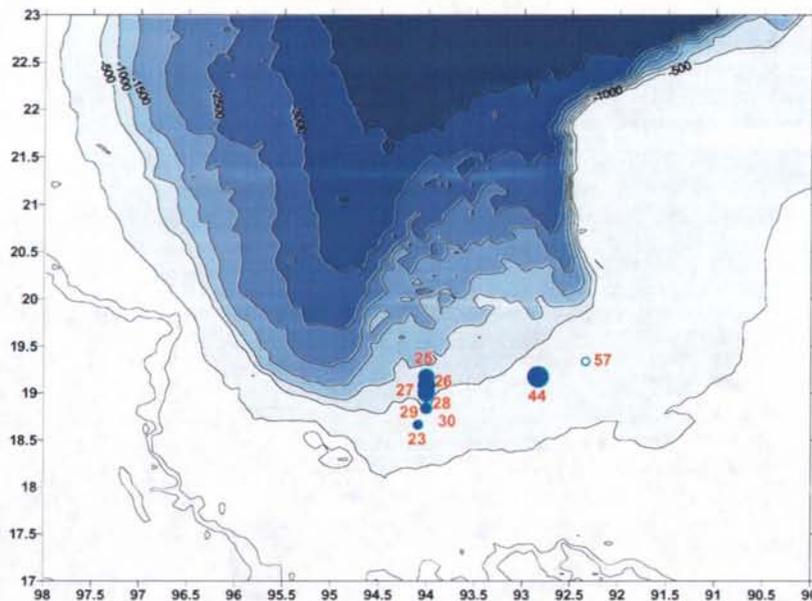


Figura 14. Abundancia de foraminíferos planctónicos

Para los FB, la abundancia fue relativamente alta en las estaciones 25 a 44, con un número máximo de organismos en la última estación con 7701 ind gr^{-1} , las estaciones con menores abundancias fueron la 23 con 158 y la 57 con 45 ind gr^{-1} (Tabla 9, Fig. 15).

La abundancia baja de FB en la estación 23 puede deberse a las mismas razones por las cuales los planctónicos son poco abundantes, ésto es que pudieran ser diluidos debido al aporte de terrígenos por la descarga de los ríos.

La correlación entre la profundidad y la abundancia fue positiva y no significativa ($r^2=0.189$, $p>0.05$), y entre la abundancia y el porcentaje de arenas fue negativa pero no significativa ($r^2=0.188$, $p>0.05$).

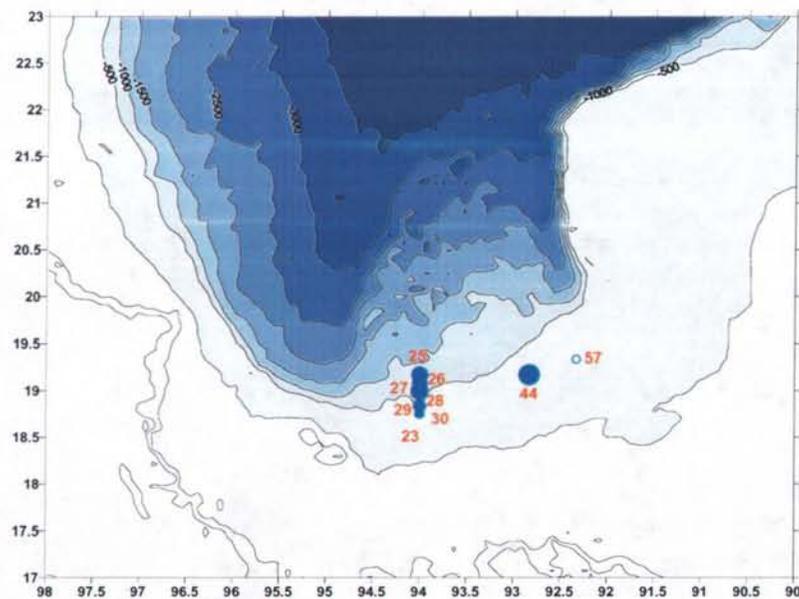


Figura 15. Abundancia de foraminíferos bentónicos

La abundancia de ostrácodos fue baja siendo la estación 57 la que mayor abundancia presentó con 136 ind gr^{-1} de muestra, le siguieron las estaciones 25 y 30 con 46 y 37 ind gr^{-1} respectivamente (Tabla 9, Fig. 16).

La correlación entre la profundidad y la abundancia fue negativa y no significativa ($r^2=0.136$, $p>0.05$) al igual que entre la abundancia y el porcentaje de arenas ($r^2=0.039$, $p>0.05$).

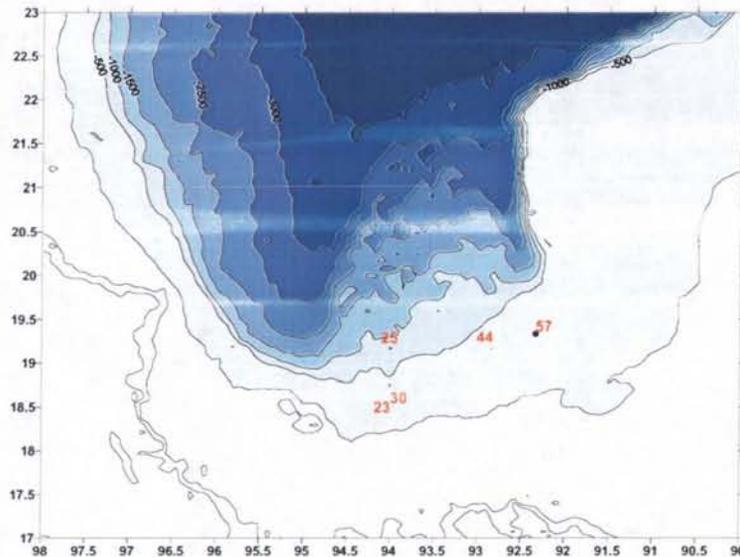


Figura 16. Abundancia de ostrácodos

Los porcentajes de materia orgánica en las estaciones de esta campaña fueron de 1.03% a 3.59% con el valor mayor en la estación 57 y el menor en la 23. Estos datos no parecen mostraron diferencias significativas con los datos de las campañas PROMEBIO I y II.

Como en el caso de las estaciones de la campaña PROMEBIO III, las estaciones muestreadas durante la campaña PROMEBIO V son relativamente someras y cercanas a la costa. Estas se pueden dividir en 2 grupos (Tabla 10, fig.15). Las estaciones 5, 13 y 22 que se localizan cercanas a la desembocadura del Río Coatzacoalcos y las estaciones 68, 82, 83, 84 y 94 ubicadas cercanas a la desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta.

Tabla 10. Abundancia de foraminíferos planctónicos, bentónicos y de ostrácodos en las muestras revisadas de la Campaña PROMEBIO V

Estación	Foraminíferos		Ostrácodos gr ⁻¹ .	Total gr ⁻¹ .
	Planctónicos gr ⁻¹ .	Bentónicos gr ⁻¹ .		
5	1265	452	65	1781
13	2022	1060	12	3094
22	830	497	12	1339
68	7757	3489	87	11333
82	1080	1141	161	2382
83	3837	1815	551	6203
84	4670	3902	874	9446
94	4255	2584	957	7796

La abundancia de FP es, en la mayoría de las estaciones de esta campaña, superior a 1000 ind gr⁻¹ a excepción de la estación 22 (Tabla 10, fig.17). La distribución de los organismos no mostró un patrón muy claro, si bien podemos observar que la mayor abundancia se encontró en la estación 68 que es la más profunda. Debido a la época del año es posible que la descarga de los ríos sea menor y que eso implique que las condiciones en estas dos regiones sean más estables.

La correlación entre la abundancia y la profundidad fue positiva pero no significativa ($r^2=0.023$, $p>0.05$) mientras que entre el porcentaje de arenas y la abundancia éste índice fue negativo pero no significativo ($r^2=0.211$, $p>0.05$).

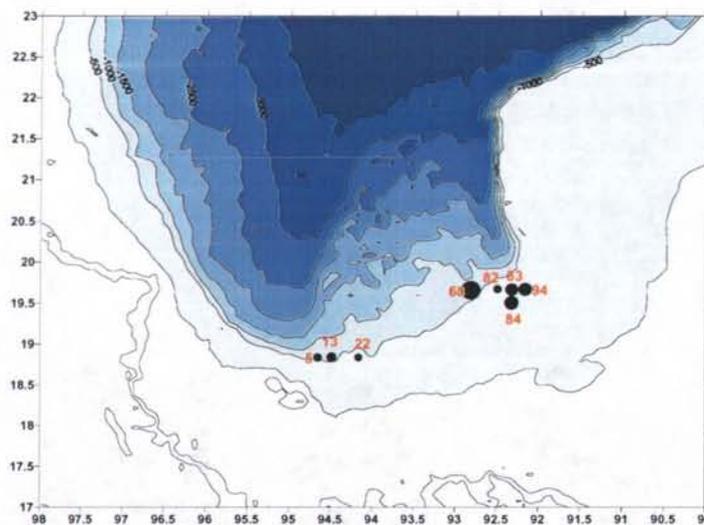


Figura 17. Abundancia de foraminíferos planctónicos

La abundancia de FB es relativamente alta, siendo las estaciones 68 y 84 en las que se encontró mayor número de organismos (Tabla 10, fig.18). Las estaciones 5 y 22 por su parte tuvieron una abundancia baja (452 y 497 ind gr⁻¹). En las estaciones 68 a 94 se encontró una mayor cantidad de FB (para todos los casos mayores a 1000 ind gr⁻¹ de muestra).

Las correlaciones entre abundancia y profundidad y entre abundancia y porcentaje de arenas resultaron negativas y no significativas ($r^2=0.33$, $p>0.05$ y $r^2=0.266$, $p>0.05$ respectivamente).

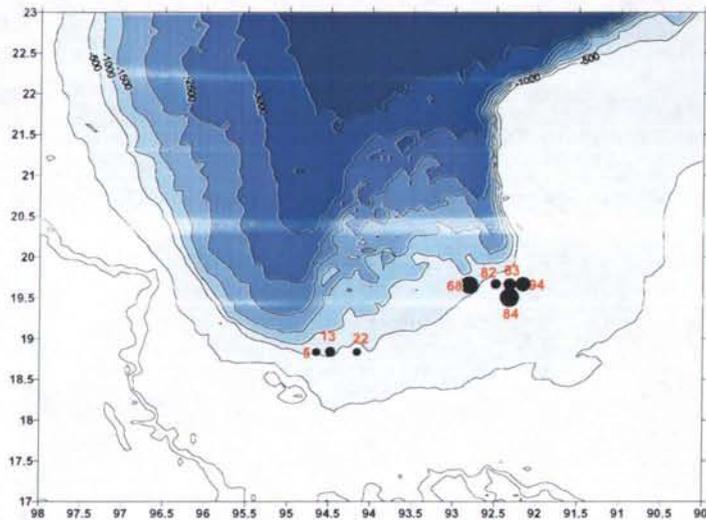


Figura 18. Abundancia de foraminíferos bentónicos

Los ostrácodos se distribuyen principalmente hacia las zonas más someras y cercanas a la costa siendo las estaciones 84 y 94 (94 y 84 m de profundidad) las que mayor abundancia de organismos presentan (874 y 957 ind gr⁻¹) (Tabla 10, fig.19).

La correlación de los datos de abundancia con la profundidad dió una correlación negativa y significativa ($r^2= 0.594$, $p<0.05$). Esto quiere decir que conforme la profundidad aumenta la abundancia de ostrácodos disminuye.

En cuanto a la correlación entre la abundancia de ostrácodos y el porcentaje de arenas esta resultó negativa y no significativa ($r^2=0.137$, $p>0.05$).

En el caso de esta campaña no se obtuvieron datos de materia orgánica en el sedimento.

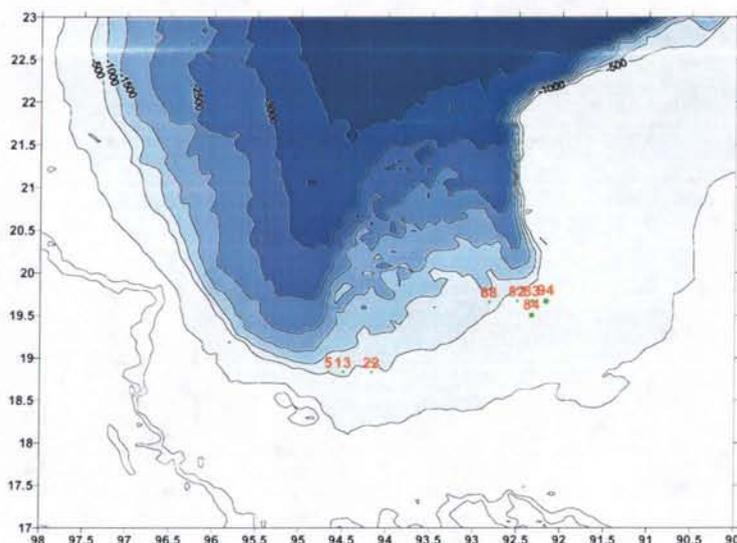


Figura 19. Abundancia de ostrácodos

En el caso de la campaña PROMEBIO VI, todas las estaciones se localizan a una profundidad mayor a los 1900 m dentro de la zona del Cañón de Campeche (Tabla 11, fig. 20). En esta región podemos observar que la abundancia de FP en la totalidad de las estaciones fue mayor a 10000 ind gr^{-1} de muestra siendo la estación 29 la que presenta un mayor número de organismos con 37483 ind gr^{-1} de muestra. Estos valores están por encima de los obtenidos en estaciones más someras y más cercanas a la costa, donde la menor estabilidad del medio provoca una menor abundancia de estos organismos que en zonas de mayor profundidad y más alejadas de la costa.

Tabla 11. Abundancia de foraminíferos planctónicos, bentónicos y de ostrácodos en las muestras revisadas de la Campaña PROMEBIO VI

Estación	Foraminíferos		Ostrácodos gr^{-1}	Totales gr^{-1}	% de Materia Orgánica
	Planctónicos gr^{-1}	Bentónicos gr^{-1}			
26	10195	1217	120	11531	2.70
29	37483	373	280	38135	2.22
36	18299	213	0	18513	2.02
38	15150	361	0	15510	2.72
43	11136	110	0	11246	3.30
44	17917	269	0	18187	2.32
55	16995	368	0	17363	2.35

La correlación entre la profundidad y el número de organismos resultó negativa y no significativa ($r^2=0.169$, $p>0.05$), pero esto puede deberse al hecho de que todas las

estaciones se encuentran a grandes profundidades y no existen diferencias significativas entre éstas ($t=0$, g.l.= 6, $p>0.05$).

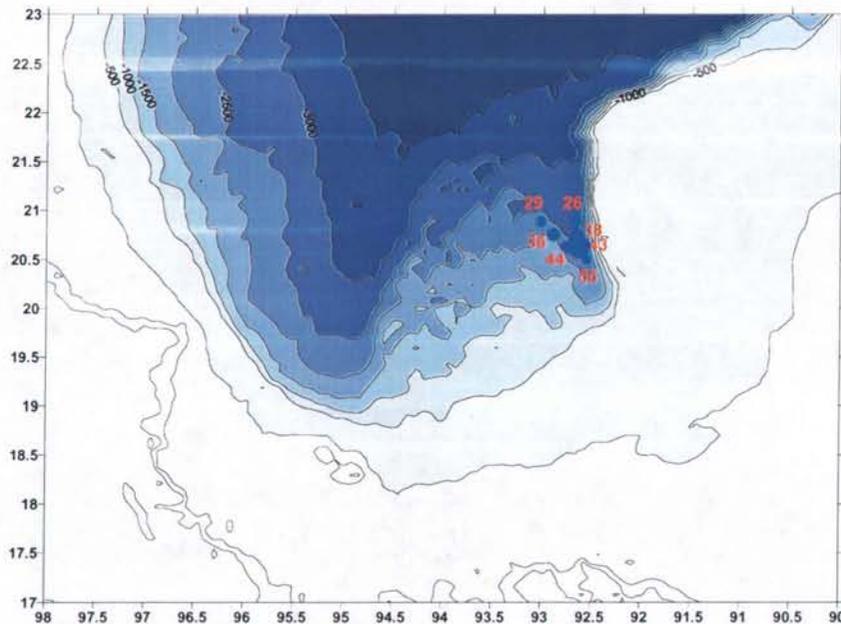


Figura 20. Abundancia de foraminíferos planctónicos

La correlación entre el porcentaje de arenas y la abundancia fue positiva pero no significativa ($r^2=0.395$, $p>0.05$)

La abundancia de foraminíferos bentónicos fue baja en la mayoría de las estaciones, siendo la estación 26 en la que mayor número de organismos fue encontrado (1217 ind gr^{-1}) (Tabla 11, fig. 21). De nuevo se observa una cierta tendencia de estos organismos a acumularse en bajas cantidades en las zonas más profundas del golfo. Si bien la estación más profunda es en la que el mayor número de foraminíferos se encontraron. La correlación entre la abundancia y la profundidad resultó positiva y significativa ($r^2=0.603$, $p<0.05$), pero ésto una vez más, puede deberse al hecho de que no hay diferencias significativas entre las profundidades.

La correlación entre el porcentaje de arenas y la abundancia fue negativa pero no significativa ($r^2=0.128$, $p>0.05$).

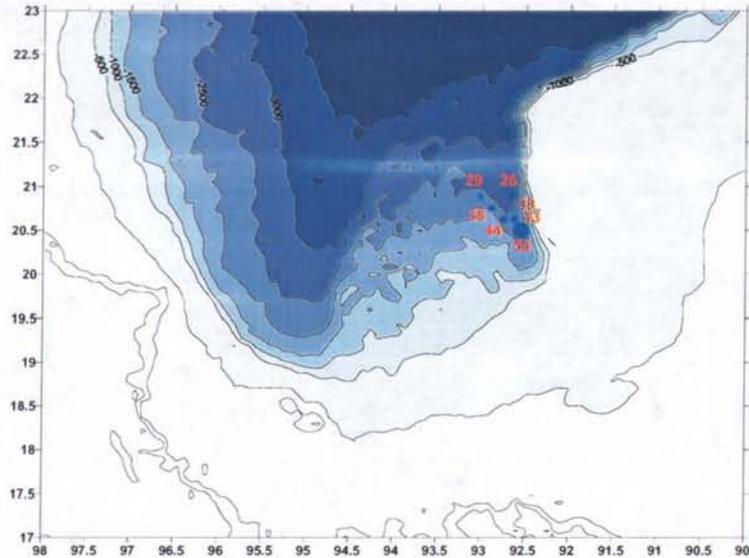


Figura 21. Abundancia de foraminíferos bentónicos

La abundancia de ostrácodos en esta zona fue muy baja, solamente se encontraron organismos en dos estaciones (Estaciones 26 y 29) de las siete totales y en los dos casos el número de ostrácodos fue menor a 280 ind gr⁻¹ de muestra (Tabla 11, fig. 22).

Las correlación entre número de organismos y profundidad así entre el número de organismos y el porcentaje de arenas resultaron negativas y no significativas ($r^2=0.033$, $p>0.05$ y $r^2=0.324$, $p>0.05$).

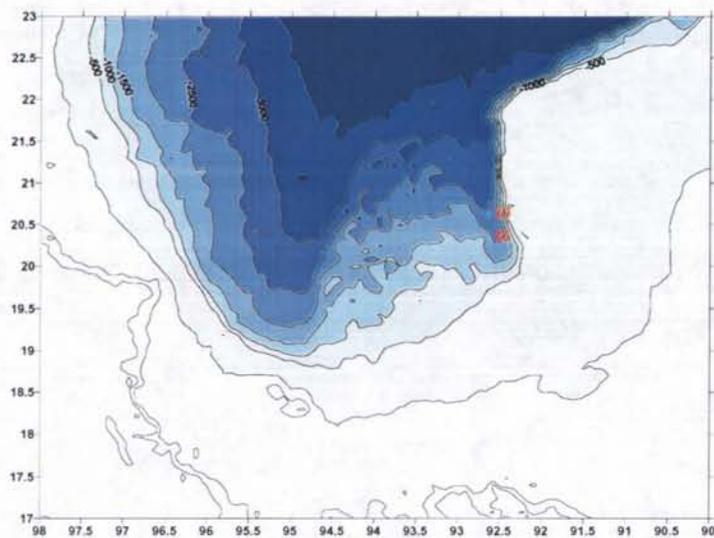


Figura 22. Abundancia de ostrácodos

Al hacer una correlación general entre la profundidad y la abundancia de FP para todas las estaciones de todas las campañas se obtuvo que ésta fue positiva y significativa ($r^2=0.256$, $p<0.05$). Esto significa que la profundidad es un factor que incide directamente en la abundancia de FP que tienden a acumularse en las zonas más profundas del Golfo de México. El mismo análisis se hizo entre la abundancia y el porcentaje de arenas y en este caso el resultado fue positivo pero no significativo ($r^2=0.018$, $p>0.05$). (figs. 23, 24, 25).

En el caso de los FB, la correlación entre profundidad y abundancia resultó negativa y significativa ($r^2=0.265$, $p<0.05$), ésto es que estos organismos bentónicos tienden a acumularse principalmente en las zonas menos profundas del Golfo de México por lo que menor profundidad mayor será el número de FB. En cuanto al porcentaje de arenas, la relación resultó igualmente negativa y significativa ($r^2=0.250$, $p<0.05$).

Las correlaciones para los ostrácodos resultaron, negativa y significativa ($r^2=0.136$, $p<0.05$) en el caso de la abundancia y la profundidad y positiva pero no significativa ($r^2=0.077$, $p>0.05$) en el caso del porcentaje de arenas y la abundancia.

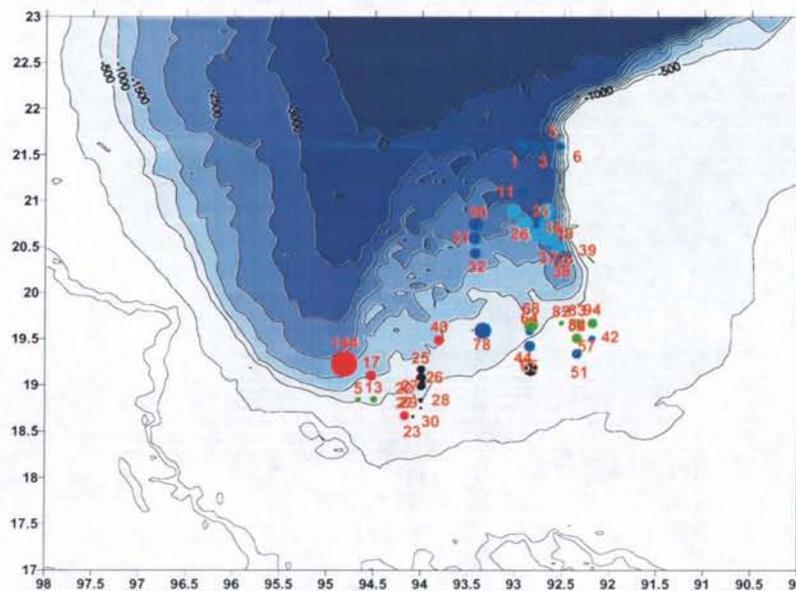


Figura 23. Abundancia de foraminíferos planctónicos en todas las estaciones del Proyecto PROMEBIO

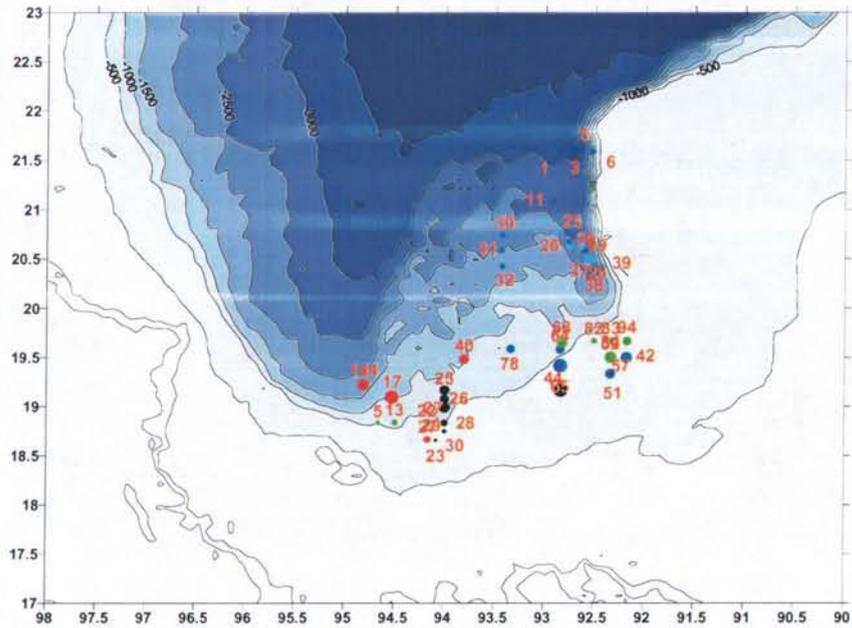


Figura 24. Abundancia de foraminíferos bentónicos en todas las estaciones del Proyecto PROMEBIO

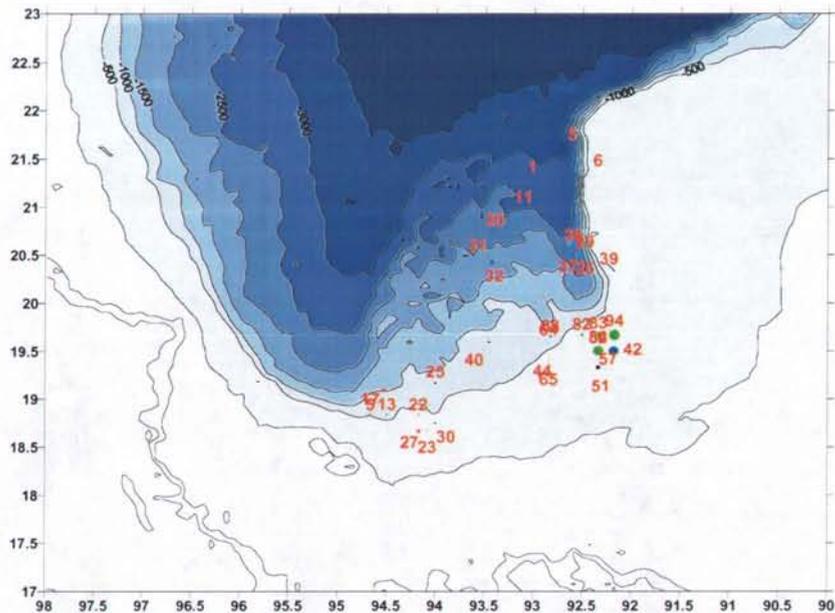


Figura 25. Abundancia de ostrácodos en todas las estaciones del Proyecto PROMEBIO

Los valores de materia orgánica en sedimento tuvieron valores que fueron desde 2.02% en la estación 36 a 3.30% en la estación 43, como fue el caso en las demás campañas los valores no variaron significativamente entre zonas profundas y someras.

La prueba de t realizada a partir de todos los datos de materia orgánica en sedimento para todas las estaciones del Proyecto PROMEBIO mostró que estos valores no presentaban diferencias significativas entre ellos ($t=0.03$, g.l.= 39, $p<0.05$).

En lo que respecta a la proporción B/P, podemos observar que las muestras más someras tienden a tener valores de B/P mayores que los de las estaciones más profundas. Esto significa que la abundancia de foraminíferos bentónicos es mayor en las regiones más someras que en las profundas (Tabla 12, Fig 25).

La correlación entre los valores de la proporción B/P y la profundidad fue negativa y significativa ($r^2= 0.272$, $p<0.05$).

Los valores de productividad calculados a partir del modelo propuesto por Berger y Herguera (1992) mostraron ser mayores en las zonas de mar profundo que en las zonas costeras, específicamente en la región del Cañón de Campeche. Se observó que estos valores decrecieron a menor profundidad (Tabla 12).

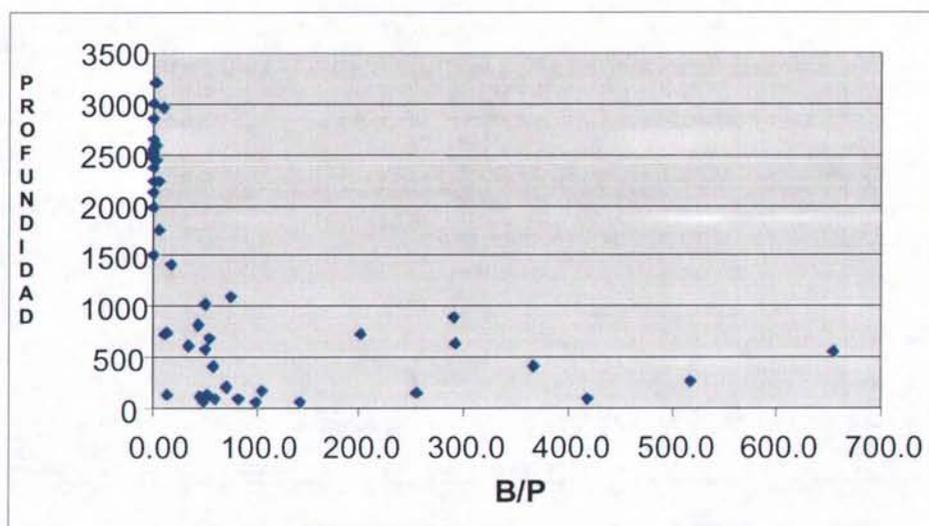


Figura 26. Valores de B/P con respecto a la profundidad

Tabla 12. Valores calculados de B/P y de Productividad Primaria

PROMEBIO 1	Estación	B/P*100	PP	PROMEBIO 3	Estación	B/P*100	PP
	1	2.9	96.41		23	54.2	15.64
	3	2.2	92.66		25	291.2	52.82
	5	2.0	85.50		26	201.9	46.95
	6	13.2	48.62		27	292.5	43.82
	11	1.2	90.36		28	654.5	40.34
	25	2.1	88.07		29	366.7	33.29
	26	3.1	87.68		30	518.2	25.84
	30	2.1	82.38		44	255.9	17.58
	31	1.8	80.42		57	100.0	9.62
	32	2.7	68.43	PROMEBIO 5	5	35.7	nd
	36	2.4	85.27		13	52.4	nd
	37	4.4	85.21		22	59.9	nd
	38	7.0	82.34		68	45.0	nd
	39	18.3	66.95		82	105.7	nd
	42	143.9	9.25		83	47.3	nd
	51	49.6	9.55		84	83.6	nd
	52	418.2	13.64		94	60.7	nd
	64	55.4	45.34	PROMEBIO 6	26	11.9	92.89
	65	72.1	22.16		29	1.0	84.48
	78	14.8	47.83		36	1.2	78.13
PROMEBIO 2	17	75.4	58.60		38	2.4	87.57
	27	15.5	15.75		43	1.0	87.30
	40	51.3	56.75		44	1.5	84.69
	144	7.6	74.48		55	2.2	86.04

DISCUSIÓN

Con el fin de facilitar la discusión de los resultados, estos se analizarán por zonas geográficas comunes.

La circulación general de la Bahía de Campeche y sus cambios estacionales constituyen un factor importante en la distribución de los foraminíferos planctónicos. La presencia del giro ciclónico en la bahía puede promover el transporte de la producción primaria desde la plataforma continental hacia la plataforma media, lo que explicaría las elevadas abundancias de foraminíferos planctónicos en esa área.

Monreal Gómez y Salas de León (2004) sugieren, que la presencia de un giro anticiclónico de 70 Km de diámetro cuyo centro se localiza a 20° 39' N y 93° 00' W y de una surgencia subsuperficial en esa zona, provocada por el choque de este giro con la plataforma continental, juega un papel importante en la productividad biológica de la región.

Dadas las características del giro anticiclónico, la materia orgánica suspendida es atrapada por el giro y llevada al centro de éste, donde la circulación vertical es descendente y provoca el hundimiento de las masas de agua y de las partículas en suspensión (p.e. foraminíferos planctónicos) que se depositan en las regiones cercanas a esta zona.

En cuanto a las abundancias de foraminíferos bentónicos, se observa que el número de testas disminuye al aumentar la profundidad. La cantidad de materia orgánica que llega al fondo del cañón es muy poca en comparación con las zonas más someras de la bahía, aunque en esta zona exista una surgencia subsuperficial. Berger y Herguera (1992), mostraron que la producción de testas de foraminíferos bentónicos era directamente proporcional al flujo de materia orgánica al fondo marino.

En las regiones costeras, tanto la biomasa como la producción primaria suelen tener fuertes variaciones y alcanzar valores altos. Algunos patrones de distribución de clorofila y de producción primaria están fuertemente asociados a las descargas de sistemas como la laguna de Términos, el sistema de ríos Grijalva-Usumacinta, el Río Papaloapan, entre otros (Barreiro Guemes *et al.*, 2003).

En las estaciones someras, la mayor abundancia de zooplancton se localizó en la zona nerítica, específicamente frente a la desembocadura del sistema Grijalva-Usumacinta, donde el aporte de nutrientes de dicho sistema, favorece el desarrollo del zooplancton (Salas de León *et al.*, 1996).

En la primavera, la corriente que entra por el Canal de Yucatán se extiende hacia la bahía, desde el Banco de Campeche hacia el oeste, desplazando en esa dirección el frente del sistema Grijalva-Usumacinta. Este efecto influye en la distribución de la biomasa zooplanctónica (Salas de León *et al.*, 1996).

En verano, la corriente mantiene una orientación este - oeste y un giro ciclónico comienza a formarse en el sureste de la Bahía. En esta zona la corriente costera es débil y el aporte de agua del Grijalva-Usumacinta es grande, formándose un frente muy intenso delante a la desembocadura. Esto provoca que la concentración de partículas en suspensión sea mayor en estas regiones y por lo tanto que las abundancias de organismos zooplanctónicos sean altas (Czitrom *et al.*, 1986; Salas de León *et al.*, 1996).

Salas de León *et al.* (1996) muestran que la distribución general del zooplancton muestra los valores mayores en la zona nerítica y los menores sobre el talud continental y la zona oceánica. En la provincia nerítica, los valores más altos fueron observados en las zonas cercanas al Sistema de ríos Grijalva-Usumuacinta. El aporte de nutrientes por esos ríos (Carranza-Edwards *et al.*, 1993) favorece el desarrollo del zooplancton en la zona costera.

La distribución de los organismos en la región frente a la desembocadura del sistema Grijalva - Usumacinta sugiere la presencia de un giro anticiclónico que es corroborada por un modelo numérico desarrollado por Salas de León *et al.* (En Prensa). Mientras que la abundancia puede deberse al frente generado por la descarga del sistema de ríos Grijalva-Usumacinta que promueve una alta productividad primaria en esa región y por lo tanto un aumento en la abundancia de organismos planctónicos y bentónicos.

Los foraminíferos planctónicos disminuyen en abundancia cerca del continente debido a la dilución provocada por la gran cantidad de sedimentos terrígenos. Estas condiciones suceden generalmente en plataformas continentales o en áreas donde la influencia de los ríos es muy grande (Bé, 1977). Este mismo autor (Bé, 1977) menciona que, en regiones donde las corrientes superficiales y subsuperficiales son muy intensas, las testas vacías de foraminíferos planctónicos pueden ser transportadas a distancias considerables de su hábitat original.

Estos organismos son más escasos en las zonas someras debido al aporte de los sistemas fluviales que enturbian el agua y provocan que el medio sea menos estable, con menor luz y con constantes variaciones de temperatura.

En las estaciones más someras se observan mayores abundancias de FB debido al aporte de materia orgánica que se deposita en el bentos. La abundancia de estos organismos esta en función de la cantidad de materia orgánica que llegue al fondo (Rowe, 1983).

Se considera que la proporción entre foraminíferos planctónicos y bentónicos (B/P) es indicadora de la profundidad de depósito (Haake *et al.*, 1982; van der Zwaan *et al.*, 1990), esto se da por que la cantidad de materia orgánica disponible decrece hacia mar adentro. La productividad primaria es menor en mar abierto que en zonas costeras y la pérdida de materia orgánica durante el depósito es mayor en zonas profundas que en zonas costeras (Berger y Herguera, 1992). Sin embargo, la distribución de los foraminíferos bentónicos está directamente relacionada con el flujo de materia orgánica hacia el fondo y

de forma indirecta a la productividad primaria. Por lo tanto, si se considera una producción primaria relativamente constante, el flujo de materia orgánica esta en función, principalmente, de la profundidad (Kuhnt *et al.*, 1999). En el caso de las campañas estudiadas en este trabajo las variaciones entre los porcentajes de materia orgánica en sedimento de zonas profundas y zonas someras no son muy grandes por lo que, al parecer, se podría pensar que la cantidad de materia orgánica que cae al fondo es la misma en estas dos regiones.

Berger y Herguera (1992) y Kuhnt (1999) proponen que la cantidad de materia orgánica que se deposita en el fondo es una función de la profundidad y de la productividad primaria, por lo que a mayores profundidades se depositaría menor cantidad de materia orgánica si la producción primaria se mantuviera constante en la zona.

Sin embargo, en las estaciones estudiadas en este trabajo los porcentajes de materia parecen no mostrar diferencias significativas entre las zonas someras y de mar profundo debido a que la productividad y la cantidad de materia orgánica en la zonas someras son producto de los nutrientes introducidos por los ríos mientras que en las zonas de mar profundo estas son producto de la dinámica oceánica. Esto hace que en esta última zona se encuentren valores semejantes de materia orgánica a los de la plataforma continental.

Salas de León *et al.* (2004) proponen que la zona del Cañón de Campeche presenta una elevada productividad primaria debido a la presencia un par ciclón-anticiclón y de una surgencia subsuperficial. Estos valores altos de productividad podrían explicar los valores de materia orgánica en el sedimento. Como se mencionó anteriormente, el giro anticiclónico atrapa la materia orgánica suspendida y la lleva hacia el centro de éste donde la circulación es descendente.

Vetter y Dayton (1998) mencionan también, que los cañones submarinos son características comunes en los márgenes continentales y parecen ser sitios de producción secundaria elevada, que proveen una gran diversidad de hábitats y que actúan como conductos de los detritos costeros hacia el mar profundo.

Los valores de productividad calculados a partir del modelo propuesto por Berger y Herguera son mayores en zonas profundas que en zonas costeras. Como este cálculo se hace a partir del porcentaje de materia orgánica en el sedimento y de la profundidad, ésta contradicción aparente podría explicarse por el aporte de terrígenos de origen continental por los ríos que drenan al golfo, al igual que por la presencia del giro anticiclónico en el Cañón de Campeche que atrapa las partículas en suspensión y las deposita en el fondo (Salas de León *et al.*, 2004). Éste modelo, además, fue propuesto para mar profundo y no para zonas costeras donde aumenta la importancia de la sedimentación de terrígenos (Herguera, com. pers.).

Algunos factores relacionados con la profundidad (variabilidad de las aguas profundas, concentraciones de clorofila en la parte superior de la columna de agua y sus variaciones) también fueron asociados a la estructura de las comunidades bentónicas. Los hábitats bentónicos someros son más variables y menos predecibles en cuanto a cambios ambientales y por lo tanto son dominados por pocas especies. Mar adentro, densidades menores y poblaciones distribuidas con más regularidad fueron asociadas con aguas profundas más estables y con menores, aunque menos variables, niveles de biomasa fitoplanctónica en aguas superficiales (Rabalais *et al.*, 1999).

En el caso de los ostrácodos se observó que son más abundantes en las zonas más someras del Golfo de México. Machain *et al.* (1990) encontraron que las asociaciones más abundantes se encontraban en las regiones someras donde hay mayor aporte de materia orgánica.

La comunidad de ostrácodos en la plataforma continental de la Sonda de Campeche muestra una afinidad con el tipo de sedimento; donde los sedimentos son gruesos y por consiguiente con poco contenido de materia orgánica, se encuentra una fracción pequeña de la población, mientras que la mayor parte de ésta se encuentra en arenas lodosas con mayor retención de materia orgánica (Esparza Castillo, 1992).

CONCLUSIONES

Las mayores abundancias de foraminíferos planctónicos se obtuvieron en las zonas más profundas del área estudiada mientras que las de foraminíferos bentónicos y de ostrácodos se localizaron en las zonas de menor profundidad.

En la zona del Cañón de Campeche, la distribución y abundancia de los organismos descritos en este estudio se ve determinada por la presencia de un giro anticiclónico en la zona y de una surgencia subsuperficial que juegan un papel importante en la productividad biológica de la región.

En la plataforma interna, los organismos se ven afectados por las descargas de los ríos que drenan hacia el Golfo de México.

El frente generado en la desembocadura del sistema de ríos Grijalva-Usumacinta promueve una alta productividad primaria en esa región y por lo tanto un aumento en la abundancia de organismos planctónicos y bentónicos. La presencia de un giro anticiclónico de menor escala promueve el depósito de las partículas en suspensión.

Las corrientes de convergencia en la zona de las desembocaduras de los ríos representan un factor que promueve la acumulación de materiales en suspensión y su posterior depósito.

Los valores de B/P tendieron a ser mayores en las estaciones menos profundas que en las estaciones más profundas. Esto corrobora que la abundancia de foraminíferos bentónicos sea mayor en las regiones someras que en las profundas.

Los valores de productividad calculados a partir del modelo propuesto por Berger y Herguera (1992) mostraron ser mayores en las zonas de mar profundo que en las zonas costeras, notablemente en la región del Cañón de Campeche. Esto puede deberse al gran aporte de materia orgánica al fondo promovido por el giro anticiclónico.

LITERATURA CITADA

Altenbach, A. V., M. Sarnthein. 1989. Productivity Record in Benthic Foraminifera. In: Berger, W.H., V.S. Smetacek and G. Wefer (Eds). *Productivity of the Ocean: Past and Present*. John Wiley and Sons Limited. pp. 255-269.

Ayala Castañares, A., M. Gutiérrez-Estrada. 1990. Morfología y sedimentos superficiales de la plataforma continental frente a Tabasco y Campeche, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*. 17(2): 163-190.

Bandy Orville, L. 1961. Distribution of foraminifera, radiolaria and diatoms in sediments of the Gulf of California. *Micropaleontology*. 7(1): 1-26.

Barrerío Güemes, M. T., M. Signoret Poillon y C. Bulit Gámez. 2003. Patrones de distribución de biomasa y producción primaria fitopláctica en el Golfo de México, Cap. 6: 125-142. En: Barreiro Güemes, M. T., M. E. Meave del Castillo, M. Signoret Poillon y M. G. Figueroa Torres. (Eds.) *Planctología Mexicana*, 300p. Sociedad Mexicana de Planctología, A.C. México.

Bé, A.W.H. 1959. Ecology of recent planktonic foraminifera: Part 1 – Areal distribution in the Western North Atlantic. *Micropaleontology*. 5(1):7-100

Bé, A. W.H. 1977. 1. An Ecological Zoogeographic and Taxonomic Review of Recent Planktonic Foraminifera. Ramsay, A.T.S. (ed.), Reimpresión de *Oceanic Micropaleontology*. Academic Press, London. Vol. 1, cap 1: p. 1-100.

Benson, R.H. 1961. Ecology of Ostracode Assemblages. In: Moore, R.C. (Ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Geological Society of America and University of Kansas Press.

Berger, W.H., and L. Diester-Haass. 1988. Paleoproductivity: the benthic/planktonic ratio in foraminifera as a productivity index. *Marine Geology*, 81:15.

Berger, W.H., and J.C. Herguera. 1992. Reading the sedimentary record of the ocean's productivity. In: Falkowski, P.G., A.D. Woodhead, (Eds). *Primary Productivity and biogeochemical Cycles in the Sea*. Plenum Press. New York.

Bessonov, N., O. González, y A. Elizarov. 1971. Oceanografía Química. En: de la Lanza, G. E. (comp.). *Oceanografía de mares mexicanos. Golfo de México y Mar Caribe*. AGT, México. pp 79-106.

Betzer, P.R., W.J. Showers, E.A. Laws, C.D. Winn, G.R. DiTullio, and P.M. Kroopnick. 1984. Primary productivity and particle fluxes on a transect of the equator at 153°W in the Pacific Ocean. *Deep-sea Research*, 31:1-11.

Boersma, A. 1978. Calcareous Microfossils. In: Haq, B.U., A. Boersma (eds.). *Introduction to Marine Micropaleontology*. Elsevier. New York. 350 p.

Boltovskoy, E. 1965. *Los Foraminíferos recientes. Biología, métodos de estudio, aplicación oceanográfica*. Edit. Eudeba. Buenos Aires. 510 p.

Bradshaw, J. S. 1959. Ecology of living planktonic foraminifera in the North and Equatorial Pacific Ocean. *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*. X (2):25-64

Bryant, W.R., J. Lugo, C. Córdova and A. Salvador. 1991. Physiography and Bathymetry. In: Salvador, A. (Ed.). *The Gulf of México Basin*. Boulder, Colorado. Geological Society of America. The Geology of North America. Vol. J. pp. 13-30.

Cahero Mendoza,. 1990. Variación Estacional de Los Nutrientes Limitantes en el Sureste del Golfo de México (1985-1986). Sría. De Marina, Dirección General de Oceanografía Naval. Est. Camp., 90, 69 p.

Capriulo, G.M. 1990. *Ecology of Marine Protozoa*. Oxford University Press. New York. 366 p.p

Carranza Edwards A., L. Rosales Hoz, and A. Monreal Gómez. 1993. Suspended sediments in the southeastern Gulf of México. *Marine Geology*. 112: 257-259.

Czitrom, S .P. R., F. Ruíz, M. A. Alatorre, and A. R. Padilla. 1986. Preliminary study of a front in the Bay of Campeche, México. In: Nihoul, J. C. J. (Ed.). *Marine Interfaces Ecohydrodynamics*. Elsevier, Amsterdam, 301-311.

Diester Haass, L. 1978. Sediments as indicators of upwelling. In: Boje, R., and M. Tomczak (Eds.). *Upwelling Ecosystems*. Springer. Heidelberg. 261-281.

Douglas, R.G., F. Woodruff. 1981. Deep sea benthic Foraminifera. In: Emiliani, C. (Ed.). *The Sea: The Oceanic Lithosphere*. Wiley-Interscience Publication, USA. Vol. 7, Cap. 25: p. 1025-1120.

El-Sayed, S.Z., W.M. Sacket, L.M. Jeffrey, A.D. Fredericks. R.P. Saunders, P.S. Conger, G.A. Fryxell, K.A. Steidinger and S.A. Earle. 1972. *Serial Atlas of Marine Environment, Chemistry, Primary Productivity and Benthonic Algae of the Gulf of México*. Folio 22. American Geographical Society, New York. 29 p. 6 plates.

Esparza Castillo, L. 1992. *Variación estacional de la microfauna de Ostrácodos de la zona de Plataformas Petroleras del Sur del Golfo de México*. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 92 pp.

Fariduddin, M., P. Loubère. 1997. The surface ocean productivity response of deeper water benthic foraminifera in the Atlantic Ocean. *Marine Micropaleontology*. 32: 289-310.

Flores Téllez, M. L. 1988 Contribución al estudio de la productividad primaria en la Plataforma y Canal de Yucatán. *Investigaciones Oceanográficas/ F. Q: 4(1):70-103*

Folk, R. L. 1969. *Petrología de Rocas Sedimentarias*. Trad. por Schlaepfer, C. y R.M. Schmitter. Instituto de Geología. UNAM. 405 p.

García, E. (Ed). 1981. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. UNAM. 3ª ed. México, 252 p.

Garrison, T. 2005. *Oceanography: An Introduction to Marine Science*. 5th Ed. Brooks Cole. USA. 522 p.

Goldstein. S. F. 1999. Foraminifera: A biological overview. In: Sen Gupta, B. K. (Ed.). *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers. Cap. 3 p. 37-55.

Gooday, A.J., C.M. Turley. 1990. Responses by benthic organisms to inputs of organic material to the ocean floor: A review. *Philos. Trans. R. Soc. London*. A331: 119-138.

Graf, G., 1989. Benthic-pelagic coupling in a deep-sea benthic community. *Nature*. 341: 437-439.

Grimsdale, T. F., and F. P.C. M. Van Morkhoven. 1955. The ratio between pelagic and benthonic foraminifera as a means of estimating depth of deposition of sedimentary rocks. *Proc. World Pet. Cong.* 4th. Rome. Sect. 1/D4. 473-491.

Haake, F. W., W.T. Coulbourn, and W.H. Berger. 1982. Benthic foraminifera: depth, distribution and redistribution. In: von Rad, U., K. Hinz, M Sarnthein, and E. Seibold. (Eds) *Geology of the Northwest African Continental Margin*. Springer-Verlag, Heidelberg.

Hallam, A. (Ed.). 1967. Depth indicators in marine sedimentary environments. *Marine Geology*. 5: 329-555.

Jordan, E. 1972. Comparación entre dos métodos para estimar productividad primaria en aguas litorales del Golfo de México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*. 43(1):21-32.

Kennet, J. 1982. *Marine Geology*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. N. J. USA. 813 p.

Koblitz Mishke, O.I., V.V.Volkovinsky, and J.G. Kabanova. 1970. Plankton primary production of the world ocean. In: Wooster, K. (Ed.) *Scientific Exploration of the South Pacific*. Nat. Acad. Sci., Washington D.C., pp. 183-193.

Kuhnt, W., S. Hess, and Z. Jian. 1999. Quantitative composition of benthic foraminiferal assemblages as a proxy indicator for organic carbon flux rates in the South China Sea. *Marine Geology*. 156: 123-157.

Lecuanda, R. y F. Ramos. 1985. Oceanografía Geológica. En: de la Lanza, G. E. (comp.). *Oceanografía de mares mexicanos. Golfo de México y Mar Caribe*. AGT, México. pp. 3-29.

Licea, S. and R. Luna, 1999. Spatio-temporal variation of phytoplankton on the continental margin in the SW Gulf of México. *Rev. Soc. Mex.Hist. Nat.*, 49: 83-99.

Logan, B.W., J.L. Harding, W.M. Ahr, J.D. Williams and R.G. Shead. 1969. Carbonate Sediments and reefs, Yucatán shelf, México, Part I, Late Quaternary sediments. *Mem. Am. Assoc. Petrol. Geol.* 11: 1-128.

Lohrenz, S.E, D.A. Wisenburt, R.A. Arnone and X. Chen. 1999. What controls primary production in the Gulf of México? In: Kumpf, H. K. Steidinger and K. Sherman, (Eds.). *The Gulf of México, Large Marine Ecosystem. Assessment, sustainability and management*. Blackwell Science. Cap. 9. pp. 151-169.

Longhurst, A. 1998. *Ecological Geography of the Sea*. Academic Press. (Ed.), San Diego, 398 p.

Loubère, P. 1994. Quantitative estimation of surface ocean productivity and bottom water oxygen concentration using benthic foraminifera. *Paleoceanography*. 9: 723-737.

Loubère, P. 1996. The surface ocean productivity and bottom water oxygen signals in deep water benthic foraminiferal assemblages. *Marine Micropaleontology*. 28: 247-262.

Loubère, P., and M. Fariduddin. 1999. Benthic Foraminifera and the flux of organic carbon to the seabed. In: Sen Gupta, B. K. (Ed.). *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers. Cap. 11 p. 181-199.

Lutze, G. 1980. Depth distribution of benthic foraminifera on the continental margin off NW Africa. *Meteor Forschungsergeb. Reihe C*. 32: 21-80.

Lutze, G., and W. Coulbourn. 1984. Recent benthic foraminifera from the continental margin off northwest Africa: community structure and distribution. *Marine Micropaleontology*. 8: 361-401.

Machain Castillo, M.L. 1989. Ostracode assemblages in the southern Gulf of México: An Overview. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM*. México. 16(1): 119-134.

Machain Castillo, M. L., A. M. Pérez Guzmán, and R. F. Maddocks. 1990. Ostracoda of the terrigenous continental platform of the southern Gulf of México. In: Whatley, R., C. Maybury. (Ed.). *Ostracoda and Global Events*. Chapman and Hall. Cap. 26. 341-353.

Martínez López, B. y A. Parés Sierra. 1998. Circulación del Golfo de México inducida por mareas, viento y la corriente de Yucatán. *Ciencias Marinas*. 24 (1): 65-93.

Monreal Gómez, M. A., D.A. Salas de León. 1990. Simulación de la circulación de la Bahía de Campeche. *Geofís. Int.* 29, 2: 101-111

Monreal Gómez, M. A., D. A. Salas de León, A. R. Padilla Pilotze, y M. A. Alatorre Mendieta. 1992. Hidrografía y estimación de corrientes de densidad en el Sur de la Bahía de Campeche, México. *Ciencias Marinas.* 18 (4): 115-133.

Monreal Gómez, M. A. y D.A. Salas de León. 1997. Circulación y estructura termohalina del Golfo de México. En: M. F. Lavín, (Ed.). *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*, Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana, p. 183-199.

Monreal Gómez, M. A., D. A. Salas de León, y A. Gracia Gasca. 2004. Golfo de México, circulación y productividad. *Ciencias.* 76: 24-33.

Morigi, C., F.J. Jorissen, A. Gervais, S. Guichard, and A.M. Borsetti. 2001. Benthic Foraminiferal faunas in surface sediments off NW Africa: Relationship with organic Flux to the Ocean Floor. *Journal of Foraminiferal Research.* 31. (4) :p. 350-368.

Müller Karger, F.E., J.J. Walsh, R.H. Evans, and M.B. Meyers. 1991. On the Seasonal Phytoplankton Concentration and Sea-surface Temperature Cycles of the Gulf of México As Determined By Satellites. *Journal of Geophysical Research- Oceans* 96 (C7): 12645-12665.

Murray, W. M. 1973. *Distribution and Ecology of Living Benthic Foraminiferids.* London. Heinemann.

Nowlin, W.D. Jr.. 1972. Winter circulation patterns and property distributions. In: L.R.A. Capurro and J.L. Reid. (Eds). *Contributions on the Physical Oceanography of the Gulf of México.* Gulf Pub. Co. Houston, p. 3-15.

Parker, F.L. 1962. Planktonic foraminiferal species in Pacific sediments. *Micropaleontology*. 8(2):219-254.

Phleger, FB 1960. *Ecology and Distribution of Recent Foraminifera*. Johns Hopkins Press, Baltimore, 297 pp.

Poag, W.C., 1981. *Ecologic Atlas of Benthic Foraminifera of the Gulf of México*. Hutchinson Ross Pub. Co. USA, 175 pp.

Pokorný, V. 1978. Ostracodes. In: Haq, B.U., and A. Boersma (eds.) *Introduction to Marine Micropaleontology*. Elsevier. New York. 350 pp

Ponce Vélez, M. G., R. Pineda López y Y. Pica Granados. 1991. Oceanografía Química. En: de la Lanza, G. E. (comp.). *Oceanografía de mares mexicanos. Golfo de México y Mar Caribe*. AGT, México., pp. 79-111.

Rabalais, N. N., R. S. Carney, and E. G. Escobar Briones. 1999. Overview of Continental Shelf Benthic Communities of the Gulf of México. In: Kumpf, H. K. Steidinger and K. Sherman, (Eds.). *The Gulf of México, Large Marine Ecosystem. Assessment, sustainability and management*. Blackwell Science. Cap. 10.

Roberts, H.H., R.A. McBride, and J.M. Coleman. 1999. Outer Shelf and slope geology of the Gulf of México: An overview. In: Kumpf, H. K. Steidinger and K. Sherman, (Eds.) *The Gulf of México, Large Marine Ecosystem. Assessment, sustainability and management*. Blackwell Science. Cap. 6. pp. 99-112.

Romankevich, E. A. 1984. *Geochemistry of Organic Matter in the Ocean*. Springer. Heidelberg. 334 pp.

Rowe, G.T. 1983. Biomass and production of the deep sea macrobenthos. In: Rowe, G.T. (Ed.). *Deep Sea Biology. The Sea*. Vol. 8. Wiley-Interscience. N.Y. pp. 97-121.

Salas de León, D.A., M.A. Monreal-Gómez, L. Sanvicente Añorve, et C. Flores Coto. 1996. Influence de la circulation à long terme sur la répartition des organismes zooplanctoniques dans la Baie de Campeche, México. *Oceanologica Acta*. 21, (1): 87-93. Elsevier, Paris.

Salas de León, D. A., M. A. Monreal Gómez, M. Signoret Poillon, and J. Aldeco Ramirez. 2004. Anticyclonic-cyclonic eddies and their impact on near-surface Chlorophyll stocks and oxygen supersaturation over the Campeche Canyon, Gulf of México. *J. Geophys. Res.*, 109, doi: 10.1029/2003JC0011614.

Salas de León, D. A., M. A. Monreal Gómez, H. Velasco Mendoza, M. A. Díaz Flores, y J. Aldeco Ramírez. En prensa. Modelación hidrodinámica y trayectoria de partículas en suspensión en el Sur del Golfo de México. En: Soto, L. A. (Ed.). *PEMEX y la Salud Ambiental de la Sonda de Campeche*. I.M.P.- PEMEX.

Saulwood, L., and J.W. Morse. 1991. Sulfate reduction and iron sulfide mineral formation in the Gulf of México anoxic sediments. *Amer. J. Sci.* 291: 55-89.

Schnitker, D. 1994. Deep-Sea Benthic Foraminifers: Food and Bottom Water Masses. In: Zhan, R. (Ed.). *Carbon Cycling in the Glacial Ocean: Constraints on the Ocean's Role in Global Change*. NATO ASI Series, Vol. 117. Springer-Verlag. Berlin. pp. 539-554.

Sen Gupta, B.K. (Ed.). 1999. *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Pub. The Netherlands. 371 p.

Segura Gortáez, M.J., E. Batllori Sampedro, V. Olvera Viascán, y S. Domínguez Ruiz. 1982. Productividad primaria en la región Sur-Este del Golfo de México, (Mayo de 1982). *Biología Marina* 1 (5):237-276. Dirección de Oceanografía. Secretaria de Marina.

Shiller, A.M. 1999. An Overview of the Marine Chemistry of the Gulf of México. In: Kumpf, H. K. Steidinger and K. Sherman, (Eds.). *The Gulf of México, Large Marine Ecosystem. Assessment, sustainability and management*. Blackwell Science. Cap. 8. pp. 132-148.

Signoret, M., C. Bulit, y R. Pérez. 1998. Patrones de distribución de clorofila *a* y producción primaria en aguas del Golfo de México y del Mar Caribe. *Hidrobiológica*. 8 (2): 81-88.

Smetacek, V. 1984. The supply of food to the benthos. In: Fasham, M.J. (Ed.). *Flows of Energy and Materials in Marine Ecosystems.: Theory and Practice*. Plenum Press. New York. pp. 517-548.

Smith, K.L., and K. R. Hinga. 1983. Sediment community respiration in the deep sea. In: Rowe, G.T. (Ed.). *Deep Sea Biology. The Sea*. Vol. 8. Wiley-Interscience, N.Y. pp. 331-371.

Stehli, F.G. 1966. Some applications of foraminiferal ecology. *Proc. Sect. West Africa Micropalaeontol., Colloc.*, Ibadan, Lieden. pp. 223-239.

Strickland, J. H. D., and T. R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. *Fisheries Research Board of Canada Bulletin*. 167: 310 p.

Suess, E. 1980. Particulate organic carbon flux in the oceans surface productivity and oxygen utilisation. *Nature*. 288: 260-263.

Tápanes, J.J., y F. González Coya, 1980. Hidrometeorología del Golfo de México y Banco de Campeche. *Geofísica Internacional*, 19(4): 335-354.

Van der Zwaan, G.L., F.J. Jorissen, and H.C. De Stigter. 1990. The depth-dependency of planktonic/benthic foraminiferal ratios; constraints and applications. *Marine Geology*. 95: 1-16.

Vázquez, F. G., V. K. Sharma, and L. Pérez Cruz. 2002. Concentrations of elements and metals in sediments of the southeastern Gulf of México. *Environmental Geology*. 42. Doi: 10.1007/s 00254-001-0522-7.

Vetter, E. W., and P.K. Dayton. 1998. Macrofaunal communities within and adjacent to detritus-rich submarine canyon system. *Deep-Sea Research II*. 45, 25-54.

Vincent, E., and W.H. Berger. 1981. Planktonic foraminifera and their use in paleoceanography. In: Emiliani, C. (Ed.). *The Sea: The Oceanic Lithosphere*. Wiley-Interscience Publication, USA. Vol. 7, Cap. 25: p. 1025-1120.

Wiseman, W.J. Jr., and W. Sturges. 1999. Physical Oceanography of the Gulf of México: Processes that Regulate its Biology. In: H. Kumpf, K. Steidinger y K. Sherman, (Eds.). *The Gulf of México, Large Marine Ecosystem. Assessment, sustainability and management*. Blackwell Science. Cap. 5. pp. 77-92.

Yañez Arancibia, A., and J. W. Day Jr. 1982. Ecological Characterization of the Terminos Lagoon: a tropical Lagoon estuarine system in the Southern Gulf of México. *Oceanologica Acta*. 5: 431-500.

Yañez Arancibia, A., y P. Sánchez Gil. 1986. Los peces demersales de la Plataforma Continental del sur del Golfo de México. 1. Caracterización ambiental, ecología y evaluación de especies, poblaciones y comunidades. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. México. Publ. Esp. 9: 1-230.