

00366
17



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México



Efecto de los factores ambientales en la variación espacial y temporal de la densidad y la biomasa de la infauna macrobéntica en el sur del Golfo de México.

T E S I S

que para obtener el grado académico de

**MAESTRA EN CIENCIAS
(BIOLOGÍA MARINA)**

presenta

BIOL. PENÉLOPE RODRÍGUEZ PLIEGO

Directora de Tesis:	Dra. Elva Escobar Briones
Comité Tutorial:	Dra. Ma. Antonieta Aladro Lubel Dra. Vivianne Solís Weiss Dr. David A. Salas de León Dr. José Luis Carballo Cenizo

México, D.F. Enero, 2003

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**TESIS
CON
FALLA DE
ORIGEN**

Índice

Resumen	1
Abstract	ii
Introducción	1
Antecedentes	5
Área de estudio	8
Hipótesis	13
Objetivos	13
Metodología	15
1. Trabajo de campo	15
1.1 Muestreo biológico	
1.2 Muestreo ambiental	
2. Trabajo de laboratorio	16
2.1 Análisis de la estructura comunitaria	
2.2 Análisis ambiental	
2.3 Tratamiento de la información	
Resultados	21
Caracterización de los factores del sedimento	22
Caracterización de los factores de la columna de agua	30
Caracterización de la variación de la densidad, la biomasa y la composición taxonómica de la infauna	33
Discusión	52
Conclusiones	64
Literatura citada	66
Anexos	75

b

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Índice de tablas

Tabla 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo de la campaña PROMEBIO I.	15
Tabla 2. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo de la campaña PROMEBIO III.	15
Tabla 3. Valores de los factores ambientales para las estaciones correspondientes a la campaña PROMEBIO I	23
Tabla 4. Valores de los factores ambientales para las estaciones correspondientes a la campaña PROMEBIO III.	29
Tabla 5. Resultados del análisis de componentes principales.	33
Tabla 6. Composición taxonómica de los organismos identificados en las estaciones de muestreo de las campañas PROMEBIO I y III.	36
Tabla 7. Valores de densidad y biomasa promedio y desviación estándar (d.e.) para cada una de las estaciones de la campaña PROMEBIO I.	42
Tabla 8. Valores promedio de densidad y biomasa por zonas batimétricas y desviación estándar (d.e.) de las campañas PROMEBIO I y III.	44
Tabla 9. Valores de densidad y biomasa promedio y desviación estándar (d.e.) para cada una de las estaciones de la campaña PROMEBIO III.	45
Tabla 10. Correlaciones determinadas a partir del análisis canónico.	51
Tabla 11. Composición de la macrofauna identificada en diversas regiones del Golfo de México y del océano mundial.	57
Tabla 12. Valores de densidad ($\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$) para la macrofauna en diversas zonas del Golfo de México y otras regiones del océano mundial.	60
Tabla 13. Valores de biomasa ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) para la macrofauna en diversas zonas del Golfo de México y otras regiones del océano mundial.	61

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

C

Índice de figuras

Fig. 1 Ubicación de las estaciones de muestreo de las campañas PROMEBIO I y PROMEBIO III.	9
Fig. 2 Distribución vertical del oxígeno disuelto en el Golfo de México.	12
Fig. 3 Dendrograma del análisis de agrupamiento de las estaciones de las campañas PROMEBIO I y III en donde se muestran las cuatro zonas batimétricas identificadas.	21
Fig. 4 Campaña PROMEBIO I. Variación del porcentaje de carbono orgánico con: la profundidad (a); el tamaño de grano (b); la concentración de pigmentos en sedimento (c) y la variación del porcentaje de materia orgánica con la profundidad (d).	24
Fig. 5 Tipo de sedimento encontrado en cada una de las estaciones de muestreo de las campañas PROMEBIO I y III.	25
Fig. 6 Campaña PROMEBIO I. Variación de la concentración de pigmentos en sedimento (a) y de la temperatura de fondo (b) con respecto a la profundidad registrada en cada localidad. Campaña PROMEBIO III. Variación del porcentaje de carbono (c) y de materia orgánica en sedimento (d) con respecto a la profundidad registrada en cada localidad.	26
Fig. 7 Campaña PROMEBIO III. Variación de la concentración de pigmentos en sedimento con la profundidad (a) y con el tamaño de grano (b) y de la temperatura con respecto a la profundidad registrada (c). Masas y capa de agua identificadas (d).	31
Fig. 8 Campaña PROMEBIO I. Variación de la concentración de oxígeno disuelto con relación a la profundidad (a). Masa y capa de agua identificadas (b). Variación del número de taxa con relación a la profundidad registrada (c) y del número de taxa con la concentración de oxígeno disuelto (d).	32
Fig. 9 Campaña PROMEBIO I. Variación de la densidad promedio: con respecto a la profundidad registrada (a); con la concentración de oxígeno disuelto (b); con el tamaño de grano (c) y variación de la biomasa promedio con respecto a la profundidad registrada (d).	37

D

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 10 Campaña PROMEBIO I. Curvas del porcentaje acumulado de la densidad promedio (a) y biomasa promedio (b) representada por cada grupo dominante.	38
Fig. 11 Campaña PROMEBIO I. Porcentaje representado por cada uno de los grupos dominantes de: la densidad (a) y la biomasa (b) relativas. Campaña PROMEBIO III. Porcentaje representado por cada uno de los grupos dominantes de: la densidad (c) y la biomasa (d) relativas.	39
Fig. 12 Campaña PROMEBIO I. Porcentaje representado por zona batimétrica, por cada grupo dominante, de la densidad (a), y la biomasa (b) relativas. Campaña PROMEBIO III. Porcentaje representado por zona batimétrica, por cada grupo dominante, de la densidad (c) y la biomasa (d) relativas. ZI = plataforma continental; ZII = margen continental; ZIII = talud superior y ZIV = talud medio.	40
Fig. 13 Campaña PROMEBIO I. Variación de la biomasa promedio con la concentración de oxígeno disuelto (a). Campaña PROMEBIO III. Variación del número de taxa con el tamaño de grano (b); de la densidad promedio con respecto a la profundidad registrada (c) y de la densidad con la concentración de pigmentos en sedimento (d).	41
Fig. 14 Campaña PROMEBIO III. Curvas del porcentaje acumulado de la densidad promedio (a) y la biomasa promedio (b) representada para cada grupo dominante.	47
Fig. 15 Análisis de clasificación a partir de la matriz de similitud realizada con el índice de Bray-Curtis.	49
Fig. 16 Distribución de la densidad promedio de las estaciones de las campañas PROMEBIO I y III con base en los componentes identificados como principales. I = plataforma continental y reborde continental; II = talud continental.	50
Fig. 17 Distribución de la biomasa promedio de las estaciones de las campañas PROMEBIO I y III con base en los componentes identificados como principales. I = plataforma continental y reborde continental; II = talud continental.	50

INTRODUCCIÓN

Los factores físicos comúnmente interactúan en los ambientes acuáticos para moldear la estructura de la comunidad; por ejemplo, gradientes en la corriente o en la intensidad del oleaje frecuentemente conducen a una textura variable del sedimento que afecta su estabilidad y su contenido orgánico (Levin *et al.*, 1991). De manera directa el contenido orgánico del sedimento repercutirá en la productividad microbiana la cual está estrechamente ligada a la composición de la macrofauna al representar una fuente de alimento alterna para algunos de sus constituyentes (Levin *et al.*, 2000).

Las respuestas bénticas a los aportes de materia orgánica tales como cascadas de fitodetritos o enriquecimientos manipulados experimentalmente han sido examinados en regiones con fondos bien oxigenados del mar profundo, mientras que la influencia de la disminución de oxígeno en las comunidades ha sido examinada principalmente en bahías cerradas y en fiordos (Levin *et al.*, 1991) encontrando que diversos organismos estarán ausentes en aquellas zonas que presenten concentraciones por debajo de los 2 mg·L⁻¹ de O₂, pero en lugares en donde éstas sean mayores a dicho valor se podrá dar el desarrollo casi normal de la comunidad (Duplisea y Drgas, 1999; Rabalais *et al.*, 1999).

Autores como Parsons *et al.*, (1984) han observado una correlación muy pequeña entre la abundancia de la fauna y el carbono orgánico total en el sedimento por lo que han establecido la existencia de otros factores que controlan los patrones de distribución. Reforzando esta idea, Duplisea y Drgas (1999) señalan que no hay un solo factor que modifique a la comunidad béntica sino que la estructura de ésta está dada por diversos factores tróficos y no tróficos que representan el nicho multidimensional de cada especie. Estos autores destacan la productividad, el contenido de agua de los sedimentos, el contenido de nitrógeno, carbono y materia orgánica, la concentración de oxígeno presente en el agua intersticial, el tamaño del grano, la profundidad, las tasas de sedimentación, el transporte lateral de las aguas superficiales, la degradación bacteriana y la resuspensión de sedimentos como los factores no tróficos que podrían tener una gran relevancia en el establecimiento de la macroinfauna.

El papel que juega la naturaleza del sedimento en la estructuración de las comunidades bénticas es incuestionable, no obstante que en muchos ambientes de plataforma los efectos relacionados con el sedimento están frecuentemente enmascarados por variaciones con la profundidad y con la cantidad y calidad de la materia orgánica (Weston, 1988). Gran parte del éxito de asociar la variabilidad de la estructura de la comunidad

bentónica al tamaño de grano del sedimento ocurrió porque muchas características del sedimento están correlacionadas entre sí y la mayoría son resultado del ambiente hidrodinámico. Así pues, la aparente respuesta de la comunidad al tamaño de grano es probablemente una respuesta a otros factores correlacionados con el sedimento (Duplisea y Drgas, 1999). Un ejemplo muy claro es la relación inversa que se observa entre el tamaño del sedimento y el contenido de material orgánico, la cual refleja la gran área superficial de adsorción en depósitos de grano fino, los cuales forman sedimentos ricos en materia orgánica usualmente acumulados en áreas de depósito (Parsons *et al.*, 1984).

A escala local, de metros o menos, la variación del contenido orgánico afecta la abundancia, la composición, las historias de vida y la diversidad de la macroinfauna, debido a que el alimento no tiene una distribución uniforme en el fondo sino que se presenta en forma de parches y que su exportación hacia el fondo no se da a lo largo del año sino que está estrechamente relacionada con los periodos de mayor producción primaria de la superficie. Es importante señalar que desde el planteamiento teórico la relación entre la disponibilidad de alimento y la diversidad faunística se da de manera parabólica, lo cual involucra el incremento de la diversidad con el incremento de los nutrientes orgánicos hasta alcanzar valores intermedios y después declina con aportes orgánicos mayores (Levin y Gage, 1998).

Sin embargo, la agregación no aleatoria de los organismos bénticos no sólo responde a la forma en que se deposita el material orgánico, también está relacionada con factores fisicoquímicos como la concentración del oxígeno disuelto y el grado de reducción de los compuestos en el sedimento; o con factores biológicos como el efecto de la depredación, los efectos reproductivos, de dispersión y de reclutamiento, así como los efectos del desarrollo los cuales inducen movimiento y agregación de los grupos. Como ejemplo de dichas interacciones podemos citar a los organismos que se alimentan de material depositado los cuales tienden a concentrarse en áreas donde el sedimento es fino y contiene un porcentaje alto de material orgánico y arcillas; por otro lado los organismos filtradores se encontrarán mejor adaptados a aquellas áreas caracterizadas por arenas (Parsons *et al.*, 1984).

Algunos patrones registrados de densidad y biomasa de la comunidad béntica en la región indican una disminución exponencial a lo largo de un gradiente de profundidad y con la distancia a la línea de costa (Rowe, 1983; Escobar *et al.*, 1997) así como con el contenido de material orgánico disponible.

Por otro lado la diversidad específica muestra una distribución parabólica con la profundidad, presentando un incremento significativo sobre el talud continental con un máximo

en las profundidades del talud medio y decreciendo nuevamente en la zona de la planicie abisal (Gage, 1996). Las discusiones acerca de la causa de este patrón parabólico de la riqueza específica, se han centrado en gradientes de parámetros biológicos y físicos. Los factores biológicos que cambian con la profundidad pueden incluir, como ya se había dicho anteriormente, a la productividad, a la competencia y a la depredación; por su parte los factores físicos pueden incluir cambios en las características ambientales como el tamaño de grano del sedimento y la hidrodinámica (Rogers, 2000).

Una proporción significativa de todos los procesos biológicos y geológicos que se llevan a cabo en el Golfo de México está relacionada con el desarrollo y con el destino de las partículas de origen fotoautotrófico que se encuentran suspendidas dentro de la columna de agua. La mayoría de estas partículas están sujetas a corrientes y mezcla para contrarrestar su hundimiento. Como resultado el ambiente físico controla y restringe sus dimensiones a partir de la concentración de nutrientes y de la cantidad de luz (Kranck y Milligan, 1991).

Dentro de los sólidos que podemos encontrar en la columna de agua está la materia orgánica la cual está compuesta de una gran variedad de compuestos disueltos y particulados que en su mayoría derivan de la producción primaria del fitoplancton marino. Otras fuentes de materia orgánica pueden ser las descargas de los ríos, la contribución atmosférica, la resuspensión de la materia orgánica de los sedimentos del piso marino, la excreción de los organismos marinos y el petróleo (Kennish, 2001).

La mayoría de los compuestos orgánicos se sedimentan, llegando a conformar la principal fuente de alimento para los organismos que habitan en el fondo; estos compuestos alimenticios pueden presentarse en forma de materia orgánica particulada (restos de cadáveres de vertebrados, detrito de plantas costeras, heces fecales, mudas de animales planctónicos y agregados de fitoplancton) y de materia orgánica disuelta (materia disuelta en el agua intersticial) (Gage y Tyler, 1991). Entonces, ya que la comunidad benthica del mar profundo está determinada en su mayor parte por la producción de la capa eufótica, reflejada ésta en el aporte de materia orgánica hacia las capas inferiores, las zonas de mayor abundancia o biomasa en el mar profundo se han relacionado con las zonas superficiales de productividad elevada (Sanders, 1968). Es necesario tener en cuenta que el proceso de acumulación y preservación de este material orgánico en el sedimento marino está controlado por factores numerosos que permiten la producción y posterior deposición del alimento hacia el fondo (Ramalingeswara y Veerayya, 2000) y que van a determinar la riqueza de especies

macrobénticas en el mar profundo, razón por la cual resulta de gran interés la descripción de estos parámetros y su relación con la comunidad (Levin y Gage, 1998).

La determinación de los factores que modifican y limitan a la comunidad béntica es importante para la organización de los asentamientos biológicos. El reconocer los umbrales que a lo largo de los gradientes definidos representan un rompimiento natural de los patrones de dichos asentamientos es necesario para poder caracterizar las comunidades bénticas en cada región y conocer los patrones de distribución y organización de los individuos (Bergen *et al.*, 2001).

ANTECEDENTES

Los estudios prospectivos en el Golfo de México comenzaron durante los años treinta, a partir de entonces las capturas de macroinvertebrados bénticos continuaron realizándose hasta los años cincuenta (Pequegnat, 1983). En la década de los sesenta, la Universidad de Texas A&M inició estudios sistemáticos en el ambiente de mar profundo del Golfo de México y norte del Mar Caribe (Escobar-Briones *et al.*, 1999).

El bentos en la región norte del Golfo de México ha sido descrito más ampliamente dada la importancia de la exploración petrolera en el talud y la zona abisal (MacDonald *et al.*, 1994). En la región occidental se ha reconocido que factores de la columna de agua como son la producción primaria de la capa eufótica y la concentración de oxígeno disuelto en el agua de fondo determinan la biomasa de la macroinfauna (Hernández-Robles, 1999). Así mismo se ha descrito la variación de la estructura comunitaria de la meiofauna encontrándose que ésta se define por el porcentaje de carbono orgánico presenten en el sedimento como función de la profundidad (Díaz-Aguilar (2001).

En el sector occidental del Golfo de México la hipoxia y la anoxia en el sedimento y en aguas suprayacentes afectan los valores de densidad y biomasa (Escobar-Briones *et al.*, 1999), los cuales están en función de los aportes de material orgánico costero por la descarga fluvial (Escobar-Briones y Soto-González, 1997). En esta zona la distribución de la densidad y la biomasa de los anfípodos (Borja-Espejel, 1998) y otros macrocrustáceos (Quintana-Meza, 1999) disminuyó con el incremento de la profundidad de la zona de plataforma al reborde continental, registrándose las densidades mayores asociadas a las lagunas Madre y Tamiahua y a los ríos Soto La Marina y Carrizal. En el caso de la distribución de los moluscos (Cruz-Abrego *et al.*, 1991) ésta responde principalmente a las condiciones ambientales de las "plumas" de los principales ríos del Golfo de México.

Al comparar las provincias terrígena, al oeste y carbonatada, al este (Uchupi, 1975) la macroinfauna presentó cambios significativos en relación al tipo de sedimento, presentándose incluso valores de más del doble, tanto de densidad como de biomasa, en la zona carbonatada del Golfo con respecto a la zona terrígena (Castañeda-Sarabia, 1996). A su vez las densidades y biomasa de la meiofauna en la zona carbonatada fueron también elevadas con respecto a la zona terrígena (Escobar-Briones *et al.*, 1997).

La abundancia y biomasa de la microflora, la meiofauna y la macrofauna y el consumo de oxígeno en el suroeste del Golfo de México son mayores en aquellas áreas donde los

fondos presentan una influencia fluvial y en las zonas de transición en los sedimentos (Falcón, 1998).

Se ha reconocido que las comunidades de macroinvertebrados bénticos en la zona sur del Golfo de México dependen de la textura de los sedimentos en los fondos suaves de la Bahía y el Banco de Campeche y presentan cambios estacionales en sus abundancias (Vázquez-Bader, 1996).

Para el sur del Golfo de México se han realizado trabajos sobre las variaciones que presentan las comunidades bénticas con respecto a diversos factores ambientales como el tipo de sedimento, el contenido de materia orgánica, la concentración de oxígeno en el sedimento, la cercanía de las comunidades a la línea de costa y a la desembocadura de los sistemas fluviales.

Ejemplo de lo anterior es la afinidad que muestran la composición y la densidad de la comunidad de ostrácodos en la plataforma continental de la Sonda de Campeche con el tipo de sedimento; encontrándose que donde los sedimentos son gruesos se sostiene una pequeña fracción de la población siendo las arenas lodosas las que sostienen la mayor diversidad (Esparza-Castillo, 1992). De lo anterior se derivan cuatro asociaciones de especies de ostrácodos que representan zonas de profundidad y tipos de sedimentos (Gio-Argáez, 2000). Una relación similar se encontró entre los peracáridos de la plataforma continental del Banco de Campeche y la plataforma de Yucatán y el tamaño de grano (Escobedo-Bonilla, 1994).

Por otro lado, se ha observado que el contenido de materia orgánica en el sedimento superficial y su variación con respecto a la línea de costa influyen sobre los valores de densidad y de biomasa de la macrofauna (Rodríguez-Pliego, 1999); así la densidad y la riqueza de los poliquetos dependen de la variación de las comunidades con relación a el tipo de sedimento y al contenido de materia orgánica (Gómez-Rojas, 1998).

Para la zona de la plataforma continental externa de la zona sur y sureste del Golfo se ha encontrado que la composición específica de los poliquetos muestra un patrón de distribución relacionado al sedimento y a la concentración de la materia orgánica, además de relacionarse con la profundidad, con la temperatura y con la concentración de oxígeno disuelto (Miranda-Vázquez, 1993; Rodríguez-Villanueva, 1993). En esta misma área los trabajos de Granados-Barba (1991) y López-Granados (1993) encontraron que los factores ambientales más importantes en la distribución de los poliquetos son el tipo de sedimento y la profundidad.

Las variaciones temporales y espaciales para diversas zonas del Golfo de México se han relacionado con la condición hidrodinámica de la columna de agua y con los aportes de materia orgánica provenientes de los ríos, encontrando que en la época de lluvias la densidad y la biomasa de la macroinfauna se incrementa asociada al rompimiento de la estratificación de la columna de agua así como al mayor aporte de los ríos (Soto-González y Escobar-Briones, 1995).

Otros estudios describen las condiciones de circulación del sur del Golfo de México y destacan la presencia de un giro ciclónico en la zona que genera la variabilidad en los diversos factores ambientales (Shirasago-Germán, 1991; Alatorre *et al.*, 1989, Monreal-Gómez y Salas de León 1990; Salas de León *et al.*, 1992) y por ende los aportes de material lábil al fondo.

La estacionalidad se ha descrito así mismo como un factor que determina la riqueza de especies del bentos en los frentes fluviales Amieva-Obregón (1996) y Molina-Ruiz (1998).

La materia lábil presente en el sedimento superficial depende de factores como la herbivoría y la tasa de hundimiento las cuales generan variabilidad por mosaicos de ocurrencia de estos dos procesos Valiella (1984).

El conocimiento de la riqueza taxonómica en la región se sintetiza en los trabajos de Cruz-Abrego (1984); Hernández-Alcántara y Solís-Weiss (1991); Granados-Barba (1994); Solís-Weiss *et al.*, (1994); Granados-Barba (2001) para moluscos y poliquetos.

La interacción entre dos componentes de la infauna, la meio- y la macrofauna, en diversos estratos de profundidad en el suroeste del Golfo de México se describe a partir de la disminución en la densidad y la biomasa (Salas-Hernández, 2001). Esta interacción se vincula con niveles más altos de tallas mayores como es el caso de la megafauna de la plataforma continental en este zona (Soto-González y Escobar-Briones, 1995).

Además de los estudios faunísticos comentados, existen otros que se enfocan en la descripción de los aspectos sedimentológico de la Bahía de Campeche (Yañez-Correa, 1971; Ayala-Castañares y Gutiérrez-Estrada, 1990) que sugieren dos provincias: la terrígena, con sedimentos vertidos principalmente por los ríos; y la biogénica, que es el resultado de la productividad orgánica, en su mayoría béntica, de la Plataforma de Campeche. Los resultados anteriores difieren al trabajo propuesto por Carranza-Edwards *et al.*, (1993) quienes reconocen tres clases de sedimentos: los terrígenos, los transicionales y los carbonatados.

AREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en la Bahía de Campeche con colecta de muestras y registros oceanográficos de dos campañas. La campaña PROMEBIO I realizada entre los 19° 19' 58" y 19° 35' 23" de latitud norte y los 92° 20' 23" y 93° 20' 40" de longitud oeste situada frente a dos bocas, Tabasco; entre la plataforma continental y el talud superior, y la campaña PROMEBIO III realizada entre los 18° 39' 54" y 18° 39' 57" de latitud norte y los 94° 05' 13" y 94° 00' 05" de longitud oeste, situada frente a la desembocadura del Río Coatzacoalcos, Veracruz; entre la plataforma continental y el talud medio (Tablas 1 y 2; Fig. 1).

El Golfo de México ocupa un área de más de 1.5 millones de kilómetros cuadrados con una profundidad máxima de cerca de 3,700 m; sus plataformas continentales y taludes son complejas provincias geológicas que incorporan sedimentos terrígenos y depósitos carbonatados (Roberts *et al.*, 1999).

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

El talud cubre un área de más de 500,000 kilómetros cuadrados de suaves superficies inclinadas, prominentes escarpes, nodos, cañones submarinos y canales. Esta área, con una topografía y condiciones sedimentológicas extremadamente diversas, se extiende desde el margen continental, aproximadamente en la isóbata de los 200 m, hacia el límite superior del reborde continental a una profundidad de aproximadamente 2,800 m en el norte y 3,600 m en el Escarpe de Campeche (Thurman, 1997; Roberts, 1999).

Las aguas del Golfo de México se ven modificadas por las masas de aire provenientes de la región continental de América del Norte, las cuales influyen sobre el clima del Golfo de México generando una fuerte frontogénesis entre los meses de octubre y abril, mientras que la influencia de los vientos alisios en el verano otorga características tropicales y homogéneas al Golfo (Shirasago-Germán, 1991; Salas de León *et al.*, 1992). Además, la Bahía se ve afectada por tormentas tropicales y huracanes con vientos de hasta 350 km·h⁻¹ (Monreal-Gómez y Salas de León, 1990).

Los giros aislados o parcialmente aislados de la corriente de Lazo pueden disminuir en intensidad y desplazar su posición hacia la zona suroeste, al mismo tiempo se presenta la formación de giros ciclónicos que se desplazan hacia Florida y el Banco de Campeche. Los

giros que se configuran en abril y mayo se observan ligeramente más débiles en la Bahía de Campeche (Liepper, 1970; Pica-Granados y Pineda-López, 1991).

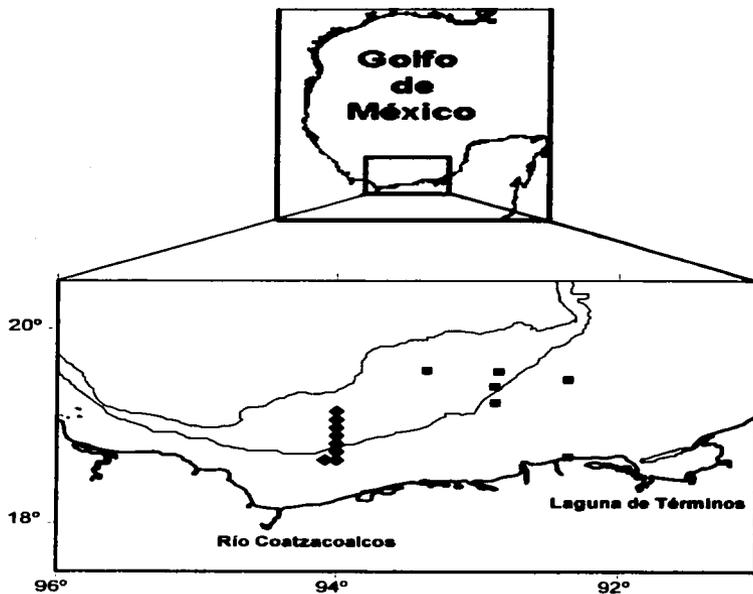


Fig. 1 Ubicación de las estaciones de muestreo de las campañas PROMEBIO I (cuadros) y PROMEBIO III (rombos).

El giro ciclónico identificado 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 provocando un decremento en la corriente en la costa sur al interior de la Bahía. En mayo, el giro desaparece completamente y la corriente se desplaza de este a oeste. Para junio la corriente se intensifica pero la formación del giro sólo comienza a desarrollarse en el mes de julio sobre la costa oeste de la Península de Yucatán. Hacia el mes 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 tiempo únicamente cambia la ubicación del centro del giro, el cual sufre un desplazamiento de este a oeste (Monreal-Gómez y Salas de León, 1990).

En el caso de la Sonda de Campeche, debido a su extensa plataforma somera, se espera que las corrientes generadas por los vientos sean importantes sobre la mayor parte de la plataforma. Las surgencias, y la productividad que las acompañan, se extienden alrededor del borde de la plataforma, en la sección este podemos mencionar a las interacciones de la Corriente de Lazo con la batimetría de la zona como la fuente de dichas surgencias (Paluszkiwicz y Atkinson, 1983; Wiseman y Sturges, 1999).

Tradicionalmente se consideran tres temporadas que contrastan las características climáticas en la Bahía de Campeche: 1) secas, de marzo a mayo; 2) lluvias, de junio a septiembre y 3) nortes, de octubre a febrero. Sin embargo, esta temporalidad resulta muy general ya que no se presenta un patrón con límites específicos sino que son comunes las variaciones que ocurren año con año (Yáñez-Arancibia y Sánchez Gil, 1983).

Otro fenómeno relevante en el Golfo de México son los sistemas fluviales que drenan la vertiente de la Bahía. En los estados de Tabasco y Campeche estos sistemas aportan sedimentos terrígenos de granulometría variada procedentes de la llanura costera y de la zona montañosa. Los sistemas hidrográficos más importantes en la región sur del Golfo son el Grijalva-Usumacinta y el Coatzacoalcos, los cuales constituyen una amplia red fluvial que ha formado en sus desembocaduras una llanura deltaica (Ayala-Castañares y Gutiérrez-Estrada, 1990). También se han asociado a estas descargas fluviales la producción primaria de la Bahía ya que la sobreproducción de fitoplancton ($1.3 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}$) está especialmente restringida a estas áreas someras. El valor de carga estimado para la producción primaria en la plataforma de la Bahía ($44.8 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$) tiende a indicar condiciones de oligotrofia, sin embargo esta

puede tener variabilidad tanto espacial como temporal, cambiando de oligotrófica a eutrófica dentro de la misma estación generada por frentes asociados a los grandes giros (Escobar-Briones y Soto-González, 1997).

La descarga fluvial promueve la presencia de sedimentos limo-arcillosos los cuales se distribuyen principalmente hacia las zonas más profundas de la plataforma aunque se ha observado que el aporte de sedimentos terrígenos hacia el suroeste es considerable y parece superar el transporte marino hacia el oeste de los materiales carbonatados procedentes del banco calcáreo (Ayala-Castañares y Gutiérrez-Estrada, 1990). Se espera que al menos los sedimentos que se encuentran cercanos a la costa estén muy relacionados a los sedimentos de las planicies costeras adyacentes, con excepción de las zonas cercanas a las bocas de los ríos mayores (Galtsoff, 1954).

Hacia la Sonda de Campeche, fuera de la laguna de Términos, encontramos una zona dinámica con influencia de los procesos costeros y de las aguas epicontinentales, así como la intrusión de aguas oceánicas en el norte del área, los cuales causan turbulencia y mezcla y donde la salinidad, la temperatura y el contenido de oxígeno disuelto en el agua son ligeramente variables sin mostrar un patrón estacional definido (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1983). Dichas zonas de escurrimientos superficiales promueven la productividad, la distribución y el intercambio de biota marina (Soto-González y Escobar-Briones, 1995) además de aportar sedimentos terrígenos, modificar la textura y composición química de los sedimentos y ocasionar procesos frontogenéticos costeros (Shirasago-Germán, 1991; Czitrom-Baus *et al.*, 1986), factores que promueven la alta diversidad de especies demersales y heterogeneidad de los hábitats encontrados (Yáñez-Arancibia y Sánchez-Gil, 1988).

De manera general los sedimentos de la Sonda de Campeche se han clasificados como terrígenos y biogénicos (Yáñez-Correa, 1971; Sánchez-Gil *et al.*, 1981; Mendoza-Cantú, 1994), aunque autores como Carranza-Edwards *et al.*, (1993) incluyen un tercer tipo denominado "sedimentos transicionales", encontrados entre la Bahía de Campeche y la Plataforma de Campeche. La clasificación de estos sedimentos es pobre, es decir, que aún cuando el porcentaje más alto de partículas corresponde a los lodos, estos se presentan con otras fracciones en proporción considerable por lo cual es posible caracterizarlos como sedimentos mixtos (González-Macias, 1989).

El contenido bajo de oxígeno disuelto en el Golfo de México incluye en el perfil vertical de la columna de agua una capa denominada de "oxígeno mínimo (2 ml·L⁻¹)". En el sureste y oeste del Golfo, la influencia de las aguas caribeñas está restringida el patrón de circulación en

la región, lo cual permite observar aguas características del Golfo que muestran una capa amplia de oxígeno mínimo registrada desde los 200 hasta los 700 m de profundidad (Fig. 2). La Bahía de Campeche es constante a lo largo de todo el año en su contenido de oxígeno disuelto; manteniendo niveles superficiales de 4 - 4.5 ml·L⁻¹, los cuales se reducirán (2.4 ml·L⁻¹) entre los 200 y 300 m (Nowlin, 1972; Ponce-Vélez *et al.*, 1991). Las variaciones de profundidad de la capa de oxígeno mínimo aparentemente están relacionadas con la circulación ya que los valores mínimos observados de 1.67 ml·L⁻¹ sugieren la presencia de un exceso de materia orgánica exportada del giro ciclónico permanente en la Bahía de Campeche (Nowlin, 1972).

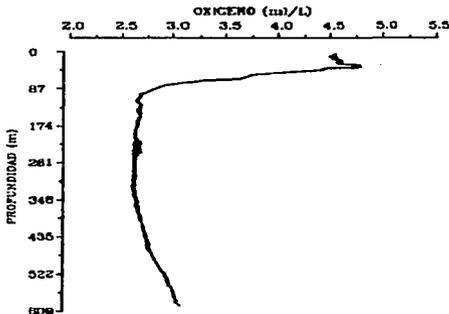


Fig. 2 Distribución vertical del oxígeno disuelto en el Golfo de México.
Tomada de Vidal-Lorandi *et al.*, (1994).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HIPÓTESIS

La estructura de la comunidad de la macroinfauna en los trópicos no está sujeta a estacionalidad marcada y por ende mostrará variaciones acordes a los cambios que presenten factores ambientales diversos en la profundidad, el sedimento y la columna de agua; éstos a su vez van a estar determinados por la zona geográfica en la que se presente la comunidad en estudio.

H₀. La estructura de la comunidad no mostrará cambios entre regiones geográficas y zonas batimétricas.

H₁. La estructura de la comunidad mostrará cambios entre regiones geográficas y zonas batimétricas.

OBJETIVOS

1. Describir las características del sedimento que han sido relacionadas con la variación de la infauna macrobéntica: porcentaje de carbono (% C); porcentaje de materia orgánica (% m.o.); tamaño de grano; concentración de pigmentos (mgChl·m⁻³) y temperatura de fondo.
2. Describir las características de la columna de agua que han sido relacionadas con la variación de la fauna béntica: pigmentos en la superficie y en el fondo (mgChl·m⁻³), salinidad de fondo (ups) y concentración de oxígeno disuelto en el fondo (ml·L⁻¹).

3. Describir el patrón de variación de la riqueza taxonómica, la densidad y la biomasa de la infauna macrobéntica, a partir de 14 estaciones de muestreo en el sur del Golfo de México, en:
 - a) el marco geográfico (un transecto al este y otro al oeste en la Bahía de Campeche) y
 - b) el plano batimétrico (entre las zonas batimétricas que ocurren entre los 50 y los 900 metros).

4. Identificar la relación que existe entre la riqueza taxonómica, la densidad y la biomasa de la infauna macrobéntica con los parámetros ambientales del sedimento y de la columna de agua que han sido relacionados con la variación en ésta.

METODOLOGÍA

1. TRABAJO DE CAMPO

El material se colectó durante las campañas oceanográficas PROMEBIO I (agosto de 1999) y PROMEBIO III (abril del 2000), respectivamente, a bordo del B/O Justo Sierra (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo de la campaña PROMEBIO I.

Estación	Latitud	Longitud	Profundidad (m)
	N	W	
51	19° 19' 58"	92° 20' 23"	57
52	19° 29' 52"	92° 20' 33"	100
66	19° 15' 40"	92° 51' 40"	190
65	19° 25' 47"	92° 51' 54"	454
78	19° 35' 23"	93° 20' 40"	654
64	19° 34' 42"	92° 50' 19"	659

Tabla 2. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo de la campaña PROMEBIO III.

Estación	Latitud	Longitud	Profundidad (m)
	N	W	
31	18° 45' 57"	94° 00' 05"	115
23	18° 39' 54"	94° 05' 13"	124
30	18° 45' 01"	94° 00' 02"	265
29	18° 50' 04"	94° 00' 07"	403
28	18° 50' 04"	94° 00' 02"	560
27	18° 59' 57"	94° 00' 05"	639
26	19° 04' 56"	94° 00' 02"	723
25	19° 10' 15"	94° 00' 04"	895

1.1 Muestreo biológico

El sedimento superficial se colectó con un nucleador de caja US-NEL con un área de 0.16m², se registró la temperatura del sedimento superficial al arribo a cubierta y se procedió a

submuestrear éste en cuatro partes iguales tomando solamente los 10 cm superiores. Cada submuestreo, con un área de 0.04m^2 , se procesó de la siguiente manera: tres submuestras fueron consideradas como réplicas del muestreo y de ellas se obtuvo la infauna macrobentónica. Cada réplica se tamizó a través de mallas de 1 mm, 0.5 mm y 0.25 mm de abertura de poro. Los organismos retenidos en el tamiz de 1 mm se preservaron en frascos con etanol previamente etiquetados. El resto del sedimento retenido en los tres tamices se colocó en bolsas de plástico etiquetadas y se fijó con etanol al 96 % y rosa de bengala como tinción vital.

1.2 Muestreo ambiental

En cada una de las localidades de muestreo se registraron la temperatura y salinidad de la columna de agua desde la superficie hasta 50 m sobre el fondo con una sonda CTD (General Oceanics Mark III WOOCE).

Se tomaron muestras de agua de fondo con la rosette para determinar la concentración del oxígeno disuelto por medio de un oxímetro YSI (modelo 51B y sensor YS modelo 5905) con precisión de $(0.1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1})$ y la concentración de pigmentos. Se recolectaron también muestras de agua de superficie con botellas Niskin para determinar la concentración de pigmentos. Las muestras tanto de superficie como de fondo se filtraron con filtros Whatman GF/F (glass-fiber filters) y se congelaron hasta su procesamiento en el laboratorio.

De la cuarta parte sobrante del sedimento obtenido con el nucleador se obtuvo el material para el análisis del tamaño del grano, del porcentaje de nitrógeno, del porcentaje de carbono, del porcentaje de materia orgánica y de la concentración de pigmentos. Todas estas muestras se congelaron para su posterior procesamiento en el laboratorio.

2. TRABAJO DE LABORATORIO

2.1 Análisis de la estructura comunitaria

Densidad. En el laboratorio las muestras se enjuagaron con agua corriente para eliminar el exceso de alcohol y se tamizaron a través de una malla de $125 \mu\text{m}$ para eliminar el sedimento más fino. Ya enjuagadas, se revisó el sedimento bajo un microscopio estereoscópico. Los organismos se cuantificaron para reconocer la abundancia en un área de 0.04m^2 . Posteriormente se calculó la densidad a partir de los valores de abundancia, para cada taxón por réplica, expresándola como el número de individuos presentes en un metro cuadrado ($\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$).

Biomasa. Los organismos que fueron separados se pesaron en una balanza analítica Sartorius (modelo H160) con 0.001g de precisión, para obtener los valores de peso húmedo fijado (phf). La biomasa se obtuvo transformando estos valores de phf a biomasa como carbono orgánico con base en las constantes propuestas por Rowe (1983) para componentes de la macrofauna. Finalmente se expresó en unidades de miligramos de carbono por metro cuadrado ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$).

Con los valores de densidad y de biomasa se procedió a realizar curvas de porcentaje acumulado para conocer cual era la variación que presentaban los grupos en las diferentes zonas batimétricas y en los diferentes transectos.

Riqueza taxonómica. Se procedió a la identificación de los organismos encontrados en grandes grupos (Phylum, subphylum, clase y orden) siguiendo las clasificaciones propuestas por Fauchald (1977) y Granados-Barba (1994) para los poliquetos; Schultz (1969) y Kensley y Schotte (1989) para los isópodos; Bousfield (1973) para los anfípodos y Larsen (1999) para los tanaidáceos; se utilizaron también las clasificaciones propuestas por Parker (1962), Brusca y Brusca (1990) y Pechenik (1991) para reconocer las generalidades de los grupos. Se identificaron a nivel de orden sólo los anélidos y los crustáceos con excepción de los ostrácodos. Todos los organismos se conservaron en etanol al 70 %, separados por taxa en viales de vidrio etiquetados.

2.2 Análisis ambiental

A) Pigmentos en sedimento. Las muestras de 5 ml de sedimento superficial se descongelaron a temperatura ambiente, una vez descongeladas se le agregó a cada muestra 10 ml de acetona al 90 % para comenzar la extracción. Los tubos se dejaron en la oscuridad a 4 °C por un periodo no mayor a 24 horas para evitar la degradación de los pigmentos. Posteriormente cada tubo se centrifugó a 1,700 r.p.m. durante 15 minutos. Con una pipeta se tomaron 8 ml del sobrenadante y se colocaron en cubetas de 8 ml para posteriormente tomar la lectura en un fluorómetro 10-AU Turner Designs, en el cual se analizaron las muestras vía fluorescencia, obteniendo los valores totales de clorofila en unidades de microgramos por litro ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) (Lorenzen y Jeffrey, 1980).

Algunas de las muestras presentaron concentraciones muy elevadas por lo que fue necesario realizar diluciones para que pudieran llevarse a cabo las lecturas, en estos casos la cantidad real de clorofila se obtuvo de acuerdo al siguiente protocolo:

- Al valor obtenido de la lectura del fluorómetro se le restó el valor del blanco (acetona al 90 %).
- El valor obtenido se dividió entre 1,000 para conocer el contenido de clorofilas por ml.
- El valor obtenido se multiplicó por 0.5 el mismo número de veces que las diluciones realizadas.
- El valor resultante se multiplicó por el volumen final del extracto con acetona y se dividió entre el volumen inicial de sedimento para conocer la cantidad de pigmento en cada muestra tomada.
- Finalmente se expresó la concentración de clorofila obtenida en miligramos por metro cúbico ($\text{mgChl}\cdot\text{m}^{-3}$)

B) Pigmentos en columna de agua. Los filtros GF/F con las muestras de superficie y fondo se homogeneizaron con 5 ml de acetona al 90 %, se dejaron en oscuridad a 4 °C por un periodo no mayor a 24 horas para evitar la degradación de los pigmentos. Posteriormente cada tubo se centrifugó a 1,700 r.p.m. durante 15 minutos. Con una pipeta se tomaron 8 ml del sobrenadante y se colocaron en cubetas de 8 ml para posteriormente tomar la lectura en un fluorómetro 10-AU Turner Designs, en el cual se analizaron las muestras vía fluorescencia, obteniendo los valores totales de clorofila ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$).

En este caso también algunas de las muestras presentaron concentraciones muy elevadas por lo que fue necesario realizar diluciones para que pudieran llevarse a cabo las lecturas, por lo cual se siguió el mismo protocolo utilizado para la cuantificación de clorofilas en sedimento.

Carbono, nitrógeno y materia orgánica. El sedimento se descongeló a temperatura ambiente en el laboratorio. El contenido de los tubos se colocó en cápsulas de porcelana y se aciduló con una solución de HCl al 0.1 N para eliminar los carbonatos. Posteriormente se enjuagaron con agua desionizada para eliminar el ácido. Cada muestra se dejó secar a temperatura ambiente en una campana de evaporación; aquellas muestras que presentaron una humedad excesiva se secaron adicionalmente en un horno a 40 °C hasta que quedaron completamente secas; posteriormente se tamizaron a través de una malla de 0.25 mm para analizar partículas homogéneas.

El sedimento homogeneizado se colocó en viales de vidrio debidamente etiquetados para el análisis elemental. El porcentaje de carbono y nitrógeno orgánico se determinó por triplicado en un analizador elemental FISIONS modelo EA1108.

El contenido de materia orgánica se obtuvo con base en el protocolo y constantes para la conversión a partir del porcentaje de nitrógeno orgánico propuestas por Stetson y Trask (1953) para el Golfo de México.

Sedimento. El sedimento se descongeló a temperatura ambiente en el laboratorio para realizar el análisis basado en la técnica de pipeteo de Folk (1969). Primero se agregó H_2O_2 a cada una de las muestras con el fin de eliminar por oxidación la materia orgánica presente, una vez que ésta se excluyó, se lavó la muestra y se tamizó a través de una malla con apertura de 4ϕ (phi). La parte retenida en el tamiz se colocó en una cápsula de porcelana y se secó a $60\text{ }^\circ\text{C}$. La parte tamizada se transfirió a una probeta de 1,000 ml y se aforó con agua destilada.

Una vez en la probeta se le agregó a la muestra 0.5 g de dispersante (hexametáfosfato de sodio ($Na_6P_6O_{40}$), se agitó durante 1 minuto y se tomaron las alícuotas, siguiendo la tabla de tiempos manejada en Lewis (1984), correspondientes a los tamaños del 4 al 11 ϕ (phi).

Cada alícuota se colocó en una cápsula de porcelana y se secó a $60\text{ }^\circ\text{C}$, una vez secas se pesaron en una balanza analítica y se calculó el porcentaje de cada tipo de sedimento (arenas, limos y arcillas). Posteriormente se elaboraron triángulos de clasificación, los histogramas y los análisis estadísticos del tamaño promedio de grano y kurtosis para conocer la clasificación de los sedimentos (Folk, 1969).

2.3 Tratamiento de la información

Los datos ambientales se agruparon por medio del índice de unión simple y la medida de distancia euclidiana (Quetglas *et al.*, 2000) para establecer los límites de cada zona batimétrica en las que se ubicaron las estaciones de muestreo de ambas campañas.

Las correlaciones de Spearman se realizaron con los datos ambientales (profundidad, temperatura, salinidad, porcentaje de carbono, porcentaje de materia orgánica, textura del sedimento y concentración de clorofilas en sedimento) para reconocer la existencia de relación entre los diversos parámetros ambientales.

Se calculó el promedio y la desviación estándar de los datos biológicos a partir de los datos obtenidos en cada una de las tres réplicas de cada estación para ambas campañas.

Por cada campaña se comprobó la homocedasticidad de los datos de densidad y biomasa (a partir de los valores de cada réplica) mediante la prueba de Hartley F_{\max} . Si los valores obtenidos de p eran mayores o iguales a 0.05 se optaría por una prueba de ANOVA, ya que se estaría aceptando la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas entre las varianzas; si los valores de p eran menores a 0.05 se optaría por una prueba no-paramétrica ya que las varianzas serían significativamente diferentes. Al encontrar que los valores de p fueron menores a 0.05 se procedió a realizar la prueba no-paramétrica, en este caso el análisis de varianza de una vía de Kruskal-Wallis (Wheatler y Cook, 2000).

Ya que se buscó conocer la existencia de diferencias significativas entre los valores de densidad y biomasa entre ambas campañas y entre las zonas batimétricas reconocidas en cada una de ellas, se procedió a realizar la prueba de Kruskal-Wallis comparando primero la densidad y la biomasa (con base en los valores obtenidos en cada réplica, $n = 3$) en ambas campañas, después comparando las zonas batimétricas reconocidas en una y otra campaña y, finalmente comparando los valores de densidad y biomasa obtenidos en las tres primeras zonas batimétricas (plataforma y reborde continental y talud superior) entre ambas campañas. El análisis se realizó tomando como variable independiente a la campaña o a la zona batimétrica. Si los valores obtenidos de H , con una $p \leq 0.05$, eran mayores a los de X^2 se consideraría que las diferencias entre las campañas eran significativas, (Wheatler y Cook, 2000).

Se realizó un análisis de componentes principales para conocer cual de variables ambientales representaba el mayor porcentaje de variación de los datos. Una vez identificadas estas variables se graficaron contra las densidades y las biomásas (promedio por cada réplica) para conocer la tendencia que éstas últimas presentaban en relación a estas variables (Manly, 1986).

Por medio de un análisis de correlación canónica se obtuvo la correlación existente entre las variables ambientales y las biológicas reconociéndose así la o las variables más importante para explicar los datos biológicos (Manly, 1986).

Para conocer la manera en que se agrupan las estaciones según su composición taxonómica se realizó un análisis de clasificación a partir de una matriz de similitud con el índice de Bray-Curtis, con una transformación previa del tipo raíz cuarta a los datos de densidad de cada réplica de los grupos identificados a nivel de orden (Field *et al.*, 1982).

RESULTADOS

• Zonación

Los resultados de la clasificación jerárquica de los factores profundidad, temperatura y salinidad permitieron identificar que, a una línea de corte de 100, las estaciones de las campañas PROMEBIO I y III se agruparon en cuatro zonas batimétricas (Fig. 3) las cuales se denominaron:

- Zona I ó de la plataforma continental, entre los 57 y los 265 m (estaciones 51, 52, 31, 23 y 30).
- Zona II ó de transición entre el reborde continental y el talud, entre los 403 y los 454 m (estaciones 65 y 29).
- Zona III ó del talud superior, entre los 560 y los 723 m (estaciones 78, 64, 28, 27 y 26).
- Zona IV ó del talud medio, a los 895 m (estación 25).

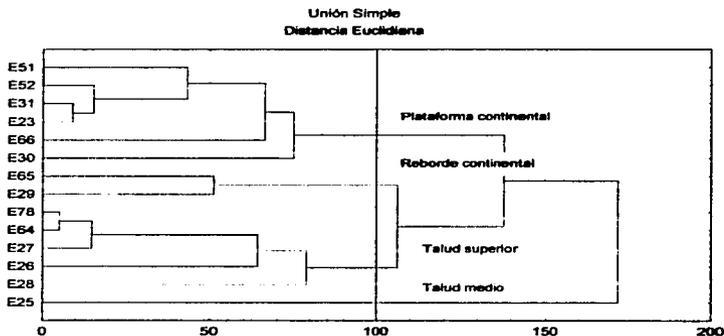


Fig. 3 Dendrograma del análisis de agrupamiento de las estaciones de las campañas PROMEBIO I y III en donde se muestran las cuatro zonas batimétricas identificadas.

Estas zonas identificadas se utilizarán a lo largo del texto en la descripción e interpretación de los datos ambientales y biológicos (composición taxonómica, densidad y biomasa).

• **Caracterización de los factores del sedimento**

Campaña PROMEBIO I

Porcentaje de carbono. El porcentaje de carbono orgánico en el sedimento superficial varió de 1.02 a 1.47% (Tabla 3). El porcentaje menor se registró a 654 m (E78), en un fondo de limo fino y el mayor a 454 m (E65), en un fondo de limo muy fino. La tendencia fue a disminuir con el incremento de la profundidad (Fig. 4a y b) y se correlacionó con la concentración de pigmentos en el sedimento, $r=0.88$; $p<0.01$ (Anexo 5; Fig. 4c).

Porcentaje de materia orgánica. El contenido de materia orgánica varió de 1.80 a 2.40% (Tabla 3). El patrón de disminución siguió la misma tendencia que el porcentaje de carbono orgánico con el valor menor registrado a 654 m (E78), en un fondo de limo fino y el mayor a 454 m (E65), en un fondo de limo muy fino (Fig. 4d). El porcentaje de materia orgánica disminuyó, al igual que el contenido de carbono orgánico, con el incremento de la profundidad y con el decremento en la concentración de pigmentos en el sedimento.

Tamaño de grano. El sedimento superficial de cada una de las estaciones de muestreo se clasificó, siguiendo la metodología de Folk (1969), de la siguiente manera:

Estación	Profundidad (m)	Valores de Mz (tamaño promedio)	Tamaño y clasificación del sedimento superficial
51	57	5.9	limo medio, mal clasificado
52	100	6.0	limo fino, mal clasificado
66	190	7.6	Limo muy fino, muy mal clasificado
65	454	7.8	Limo muy fino, mal clasificado
78	654	7.0	Limo fino, muy mal clasificado
64	659	7.6	Limo muy fino, mal clasificado

El sedimento fue más fino conforme se incrementó la profundidad pasando de un limo medio a uno muy fino (Fig. 5).

Pigmentos en sedimento. La concentración de pigmentos en sedimento varió de 42 a 772 mgChl-m⁻³ (Tabla 3). El valor menor se registró a 190 m (E66) y el mayor a 454 m (E65). En general la concentración de pigmentos tendió a disminuir conforme se incrementó la profundidad (Fig. 6a), sin embargo se reconoció que los cambios son locales.

Temperatura del sedimento. La temperatura disminuyó de 22 °C a 7 °C mostrando una correlación negativa con el incremento de la profundidad; $r=-0.88$; $p<0.01$ (Anexo 5) (Fig. 6b). La isoterma de 10 °C se registró entre los 350 y los 450 m en las estaciones 64 y 78. La termoclina se ubicó en todas las estaciones alrededor de los 40 m de profundidad mostrando una clara estratificación.

Tabla 3. Valores de los factores ambientales para las estaciones correspondientes a la campaña PROMEBIO I.

Estación	Zona Batimétrica	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)	Oxígeno (mg.L ⁻¹)	C (%)	N (%)	m.o. (%)	Pigmentos en sedimento (mgChl.m ⁻³)
51	I	57	22	36.37	4.33	1.31	0.14	2.10	368
52	I	100	16	36.61	2.27	1.39	0.13	1.95	322
66	I	190	15	35.96	2.37	1.11	0.13	1.95	42
65	II	454	16	35.52	2.32	1.47	0.16	2.40	772
78	III	654	7	34.89	2.58	1.02	0.12	1.80	59
64	III	659	7	34.63	2.73	1.17	0.14	2.10	219

Abreviaturas:

C	=	Porcentaje de carbono orgánico	I	=	Plataforma continental, entre los 57 y los 265 m.
N	=	Porcentaje de nitrógeno orgánico	II	=	Reborde continental, entre los 403 y los 454 m.
m.o.	=	Porcentaje de materia orgánica	III	=	Talud superior, entre los 560 y los 723 m.
ups	=	Unidades prácticas de salinidad	IV	=	Talud medio, a los 895 m.
d.e.	=	Desviación estandar			
n.d.	=	Valores no disponibles			

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

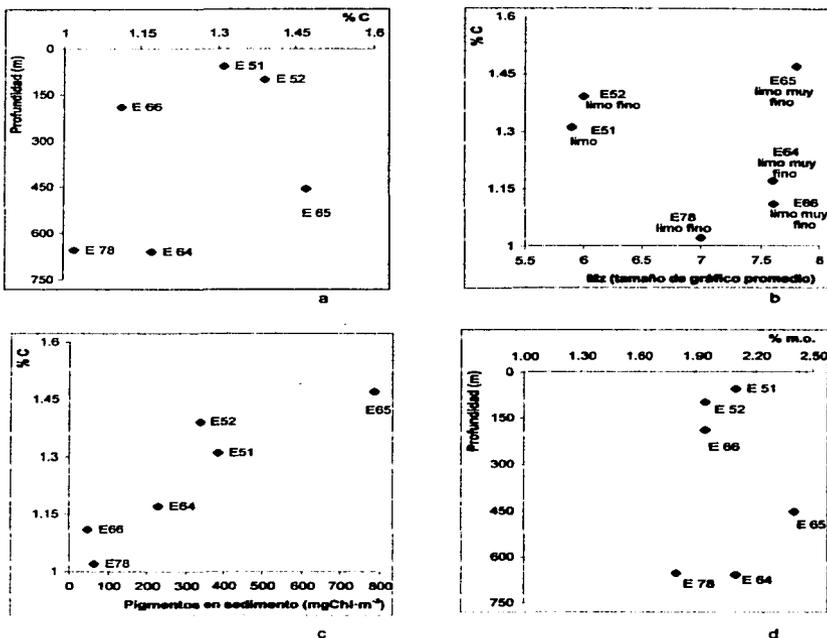


Fig. 4 Campaña PROMEBIO I. Variación del porcentaje de carbono orgánico con: la profundidad (a); el tamaño de grano (b); la concentración de pigmentos en sedimento (c) y la variación del porcentaje de materia orgánica con la profundidad (d).

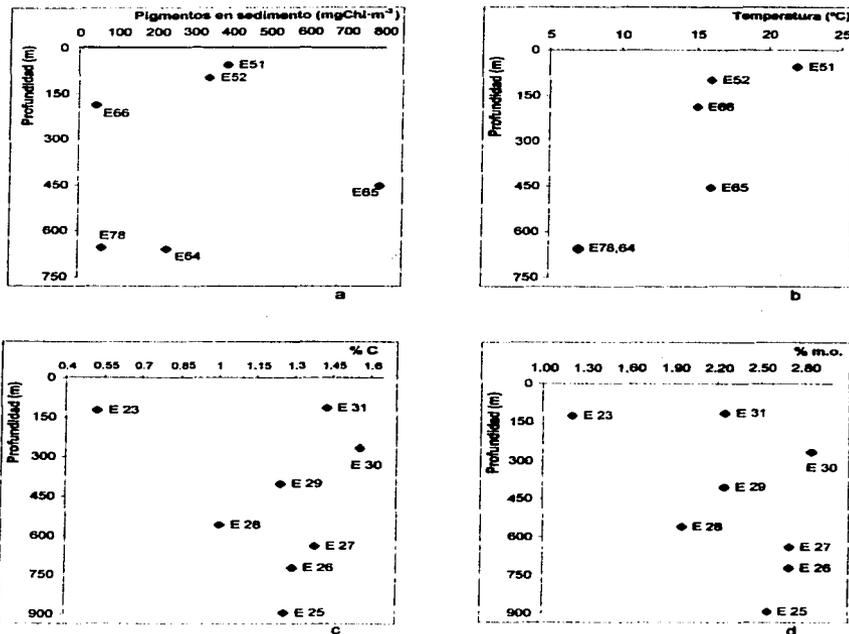


Fig. 6 Campaña PROMEBIO I. Variación de la concentración de pigmentos en sedimento (a) y de la temperatura de fondo (b) con respecto a la profundidad registrada en cada localidad.

Campaña PROMEBIO III. Variación del porcentaje de carbono (c) y de materia orgánica en sedimento (d) con respecto a la profundidad registrada en cada localidad.

Campaña PROMEBIO III

Porcentaje de carbono. El contenido de carbono orgánico en el sedimento superficial varió de 0.52 a 1.56 % (Tabla 4). El porcentaje menor se registró a 124 m (E23) en un fondo de limo fino y el mayor se registró a 265 m (E30) en un fondo de limo muy fino (Fig. 6c). Con excepción de la E23 el porcentaje de carbono no mostró grandes cambios conforme se incrementó la profundidad.

Se observó que los porcentajes promedio de carbono orgánico en la campaña PROMEBIO I aumentaron de la zona de plataforma hacia el margen continental para disminuir hacia el talud superior; una tendencia similar se registró en la campaña PROMEBIO III (Tablas 3 y 4).

Porcentaje de materia orgánica. El porcentaje de materia orgánica en el sedimento superficial varió de 1.20 a 2.85 % (Tabla 4). El patrón de distribución siguió la misma tendencia que el porcentaje de carbono orgánico con el valor menor registrado a 124 m (E23) en un fondo de limo fino y el mayor a 265 m (E30) en un fondo de limo muy fino (Fig. 6d). El porcentaje de materia orgánica tendió a aumentar conforme se incrementó la profundidad.

El porcentaje de materia orgánica en el sedimento recolectado en la campaña PROMEBIO I presentó un patrón similar al del porcentaje de carbono, aumentando de la plataforma al margen continental y disminuyendo hacia el talud superior. El porcentaje de materia orgánica en la campaña PROMEBIO III presentó un aumento a lo largo de todo el intervalo de profundidad, siendo el de la plataforma el menor y el del talud medio el mayor. Cabe señalar que en la campaña PROMEBIO I se presentaron valores superiores a los de la campaña PROMEBIO III en la zona del margen continental, en el porcentaje de carbono y en el de materia orgánica. En general el porcentaje de materia orgánica en PROMEBIO I fue inferior al de PROMEBIO III, pero en esta última se registraron los valores más bajos de carbono y materia orgánica en la estación más somera (0.52 %C y 1.20 % m.o.; E23) perteneciente a la zona de la plataforma continental.

Tamaño de grano. El sedimento de cada una de las estaciones de muestreo se clasificó, siguiendo la metodología de Folk (1969), de la siguiente manera:

Estación	Profundidad (m)	Valores de Mz (tamaño promedio)	Tamaño y clasificación del sedimento superficial.
31	115	6.9	Limo fino, mal clasificado.
23	124	6.4	Limo fino, muy mal clasificado
30	265	7.3	Limo muy fino, mal clasificado
29	403	8.0	Arcillas, mal clasificadas
28	560	8.0	Arcillas, mal clasificadas
27	639	6.3	Limo fino, mal clasificado
26	723	8.0	Arcillas, mal clasificadas
25	895	8.0	Arcillas, mal clasificadas

El sedimento superficial de esta campaña, al igual que en la campaña PROMEBIO I, tendió a ser más fino conforme se incrementó la profundidad pasando de un limo fino a arcillas (Fig. 5) a excepción de la E27 (639 m).

La proporción de sedimento más fino se incrementó con la profundidad. El tipo de sedimento predominante para el área de la campaña PROMEBIO I fue el limo muy fino, encontrado tanto en la zona del margen continental (116 m) como en el talud superior (657 m), mientras que las arcillas lo fueron para el área de la campaña PROMEBIO III, encontradas tanto en la zona del margen continental (403 m) como en el talud medio (641 m).

Pigmentos en sedimento. La concentración de pigmentos en el sedimento varió de 280 a 1,039 mgChl-m⁻³ (Tabla 4). El valor menor se registró a 639 m (E27) y el mayor a 403 m (E29). La tendencia general de la concentración fue a disminuir con el incremento de la profundidad, presentando con ésta una correlación negativa $r = -0.69$; $p = 0.05$ (Anexo 6) (Fig. 7a). El valor menor se encontró asociado con un fondo de limo fino mientras que el mayor se asoció a un fondo arcilloso (Fig. 7b).

Tanto PROMEBIO I como III presentaron la mayor concentración promedio de pigmentos en la zona del reborde continental y de igual manera se observó en ambas campañas una disminución, a partir de dicha zona, en las concentraciones de pigmentos conforme se incrementó la profundidad. Así, en la campaña PROMEBIO I se presentó la concentración más baja en el talud superior y en la campaña PROMEBIO III se presentó en el talud medio. En promedio, las concentraciones de pigmentos en la campaña PROMEBIO III

fueron dos veces mayores a las de la campaña PROMEBIO I, presentando diferencias significativas entre ambas campañas [H (1, N =14) = 4.67; $p < 0.05$]

Temperatura del sedimento. La temperatura disminuyó con el incremento de la profundidad de 21 °C a 5 °C mostrando una correlación negativa ($r = -0.97$; $p < 0.01$) (Anexo 6) (Fig. 7c). La isoterma de los 10 °C se registró entre los 350 y los 450 m en las estaciones 25, 26, 27 y 28. La termoclina se ubicó en todas las estaciones alrededor de los 40 m de profundidad.

Tabla 4. Valores de los factores ambientales para las estaciones correspondientes a la campaña PROMEBIO III.

Estación	Zona Batimétrica	Profundidad	Temperatura	Salinidad	C	N	m.o.	Pigmentos en columna (superficie)	Pigmentos en columna (fondo)	Pigmentos en sedimento
		(m)	(°C)	(ups)	(%)	(%)	(%)	(mgChl-L ⁻¹)	(mgChl-L ⁻¹)	(mgChl-m ⁻²)
31	I	115	20	36.31	1.42	0.15	2.25	0.021	0.036	781
23	I	124	21	36.30	0.52	0.08	1.20	0.038	0.164	566
30	I	265	14	35.70	1.56	0.19	2.85	0.015	0.012	781
29	II	403	11	35.23	1.24	0.15	2.25	0.026	0.005	1,039
28	III	560	8	34.89	1.00	0.13	1.95	0.011	0.003	565
27	III	639	7	34.80	1.38	0.16	2.70	0.013	0.004	260
26	III	723	5	34.77	1.29	0.16	2.70	n.d.	n.d.	486
25	IV	895	5	34.76	1.26	0.17	2.55	n.d.	n.d.	358

Abreviaturas:

C	=	Porcentaje de carbono orgánico	I	=	Plataforma continental, entre los 57 y los 265 m.
N	=	Porcentaje de nitrógeno orgánico	II	=	Reborde continental, entre los 403 y los 454 m.
m.o.	=	Porcentaje de materia orgánica	III	=	Talud superior, entre los 560 y los 723 m.
ups	=	Unidades prácticas de salinidad	IV	=	Talud medio, a los 895 m.
d.e.	=	Desviación estándar			
n.d.	=	Valores no disponibles			

• **Caracterización de los factores de la columna de agua**

Campaña PROMEBIO I

Pigmentos fotosintéticos. No se obtuvieron datos de pigmentos en columna de agua para las estaciones de esta campaña.

Salinidad. Los valores de salinidad de fondo variaron de 34.63 a 36.61 ups. El valor más bajo se registró a 659 m (E64) y el mayor a los 100 m (E52) (Tabla 3). Con base en la temperatura y la salinidad de cada estación se identificó: 1) la masa de agua subtropical subsuperficial y 2) la capa de oxígeno mínimo (Fig. 8b). Ambos factores presentaron una correlación positiva ($r=0.79$; $p=0.05$) (Anexo 5).

Concentración de oxígeno disuelto de fondo. La concentración de oxígeno disuelto en el agua de fondo varió de 2.27 a 4.33 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Tabla 3), éstos valores aunque bajos se encuentran en el intervalo normal de oxigenación. La concentración más baja se registró a 100 m (E52), ubicada dentro de la capa de mínimo oxígeno, y la más alta a los 57 m (E51) en la masa de agua subtropical subsuperficial (Fig. 8a).

Campaña PROMEBIO III

Pigmentos fotosintéticos. La concentración de pigmentos en la profundidad del máximo de clorofila varió de 0.011 a 0.038 $\text{mgChl}\cdot\text{L}^{-1}$, la concentración más baja se registró en la estación 28 y la mayor en la estación 23 (Tabla 4). La concentración de pigmentos en el fondo varió de 0.003 a 0.164 $\text{mgChl}\cdot\text{L}^{-1}$; la concentración más baja se registró a 500 m (E28) y la mayor a 115 m (E23). En las estaciones ubicadas sobre la plataforma las concentraciones de fondo fueron de casi el doble que las de la superficie. En contraste, los pigmentos del agua de fondo en las estaciones sobre el reborde y el talud continental mostraron valores significativamente menores con respecto a los pigmentos del agua de superficie.

Salinidad. Los valores de salinidad de fondo variaron de 34.76 a 36.31 ups (Tabla 4). El valor más bajo se registró a 895 m (E25) y el mayor a 115 m (E31)(Fig. 7d). Con base en la temperatura y la salinidad de cada estación se identificó a: 1) la masa de agua subtropical subsuperficial; 2) la capa de mínimo oxígeno y 3) a la masa de agua antártica intermedia. Ambos factores presentaron una correlación positiva ($r=0.97$; $p<0.01$) (Anexo 6).

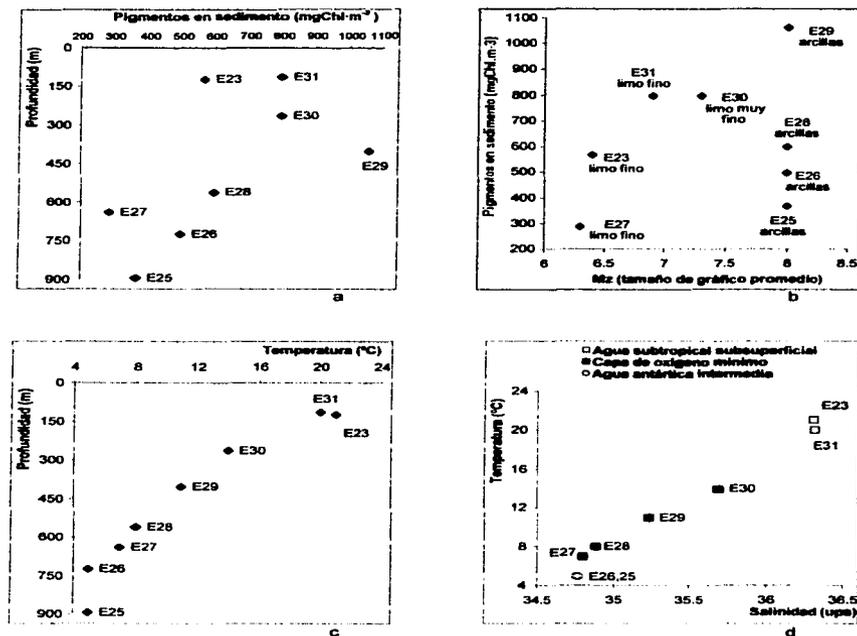


Fig. 7 Campaña PROMEBIO III. Variación de la concentración de pigmentos en sedimento con la profundidad (a) y con el tamaño de grano (b) y de la temperatura con respecto a la profundidad registrada (c). Masas y capa de agua identificadas (b)

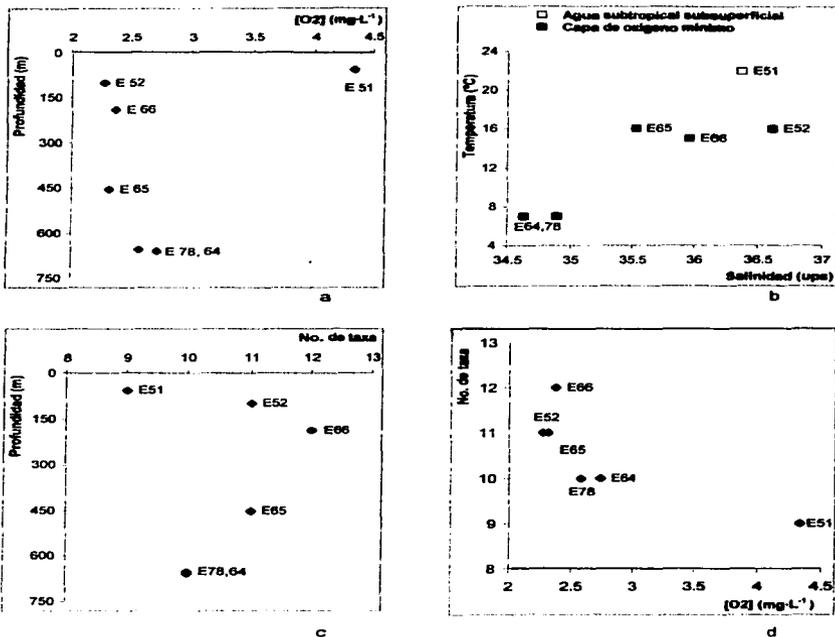


Fig. 8 Campaña PROMEBIO I. Variación de la concentración de oxígeno disuelto con relación a la profundidad registrada (a). Masa y capa de agua identificadas (b). Variación del número de taxa con relación a la profundidad registrada (c) y del número de taxa con la concentración de oxígeno disuelto (d).

Concentración de oxígeno disuelto de fondo. No se cuenta con datos de oxígeno disuelto para las estaciones de esta campaña.

Con base en el análisis de componentes principales se reconoció que las variables que explican la mayor proporción de la varianza son: la profundidad y el porcentaje de carbono orgánico en el sedimento (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados del análisis de componentes principales

	Factor 1	Factor 2
Profundidad	0.973361 *	-0.038266
Temperatura	0.966815	-0.045180
Salinidad	0.972697	-0.036460
Carbono	0.011575	0.931934 *
Nitrógeno	-0.381151	0.901363
Materia orgánica	-0.381151	0.901363
Clorofilas en sedimento	0.242547	0.493969
Sedimento	0.675276	-0.152925

*Resultados significativos.

- **Caracterización de la variación de la densidad, la biomasa y la composición taxonómica de la macroinfauna**

Campaña PROMEBIO I

Riqueza biológica. Se identificaron siete phyla para esta campaña (Echinodermata, Kinorhyncha, Nematoda, Sipuncula, Mollusca, Annelida y Arthropoda). De estos ocho grupos los anélidos, los nemátodos y los crustáceos fueron los que se presentaron como grupos dominantes. La riqueza varió, con relación a los ordenes identificados de anélidos y crustáceos, de nueve ordenes a 57 m (E51) a 12 ordenes a 190 m (E66) (Fig. 8c; Tabla 6). El número menor de ordenes se encontró asociado a la concentración menor de oxígeno disuelto (Fig. 8d; Tabla 3).

Densidad. Los valores promedio de densidad de la macroinfauna variaron de 231 ± 58 ind·m⁻² a 654 m (E78) a $1,018 \pm 187$ ind·m⁻² a 57 m (E51) (Tabla 7). La densidad disminuyó

con la profundidad (Fig. 9a), y con la disminución en la concentración del oxígeno disuelto (Fig. 9b). Con relación a los porcentajes de materia orgánica (% m.o.), de carbono orgánico (% C) y a la concentración de pigmentos en el sedimento ($\text{mgChl}\cdot\text{m}^{-3}$) la densidad presentó sus valores más bajos asociados a los porcentajes y concentraciones más bajas para cada uno de éstos parámetros (1.80 % m.o., 1.02 % C y $62 \text{ mgChl}\cdot\text{m}^{-3}$). Con relación al tamaño del grano, la densidad disminuyó presentando su valor más bajo ($231 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) asociado con un fondo de limo fino y el más alto ($1,018 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) asociado a un limo medio (Fig. 9c).

La densidad promedio registrada en la plataforma continental ($721 \pm 257 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) fue 2.4 veces superior a la registrada en el margen continental ($296 \pm 201 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) y tres veces superior a la del talud superior ($254 \pm 33 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) (Tabla 8). Estadísticamente se encontraron diferencias significativas [$H(1, N = 15) = 10.13; p < 0.01$] entre los valores de densidad registrados para las zonas de la plataforma continental y talud superior.

Proporción de la composición taxonómica con base en la densidad. La densidad promedio, de todos los taxa de la macrofauna, se encontró dominada por los anélidos en 44 al 83% (4075 y $13,450 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ respectivamente), nemátodos en 12 al 49% ($2,025$ y $2,300 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ respectivamente) y crustáceos en 5 al 17% (131 y $269 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ respectivamente). Estos grupos representaron más del 90% de la densidad total (Fig. 10a). El porcentaje más bajo (44%) de anélidos se encontró a 100 m (E52) y el más alto (83%) a 57 m (E51); el más bajo de los nemátodos (12%) a 57 m (E 51) y el más alto (49%) a los 454 m (E65); el más bajo de los crustáceos (5%) a 57 y 454 m (E51 y 65) y el más alto (17%) a 100 m (E52)(Fig. 11a).

Al analizar la composición por zonas batimétricas se encontró que los anélidos constituyeron de un 46% en el margen continental a un 67% en la plataforma continental; los nemátodos constituyeron de un 22% en la plataforma continental a un 49% en el margen continental y los crustáceos representaron de un 5% en el margen continental a un 12% en el talud superior (Fig. 12a).

Biomasa. Los valores promedio de biomasa de la macrofauna variaron de $96 \pm 59 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$ a 454 m (E65) a $476 \pm 138 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$ a 57 m (E51). La biomasa disminuyó con el incremento de la profundidad (Fig. 9d) así como con la disminución en la concentración de oxígeno disuelto (Fig. 13a). A diferencia de la densidad, la biomasa presentó los valores más bajos (96

$\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) asociados a los valores más altos de materia orgánica (2.40 %), de carbono (1.47 %) y de pigmentos en el sedimento ($787 \text{ mgChl}\cdot\text{m}^{-3}$). Con relación al tamaño del grano la biomasa disminuyó presentando su valor más bajo ($96 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) asociado con un fondo de limo medio y el más alto ($476 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) asociado a un limo muy fino.

La biomasa promedio registrada en la plataforma continental ($377 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) fue cuatro veces superior a la registrada en el margen continental ($96 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) y tres veces superior a la del talud superior ($134 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) (Tabla 8). Estadísticamente se encontraron diferencias significativas en los valores de biomasa registrados entre la plataforma y el margen continental [$H(1, N = 12) = 6.23; p = 0.01$] y entre la plataforma continental y el talud superior [$H(1, N = 15) = 10.16; p < 0.01$] en esta campaña.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

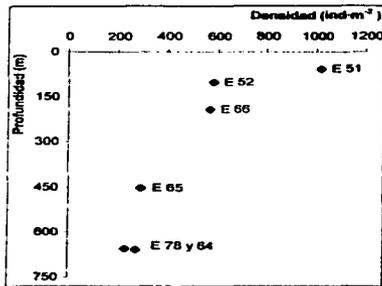
Tabla 6. Composición taxonómica de los organismos identificados en las estaciones de muestreo de las campañas PROMEBIO I y III.

Phylum	Subphylum	Clase	Subclase	Superorden	Orden
Echinodermata		Echinoidea ***	Ophiuroidea *		
Kinorhyncha *					
Nematoda					
Sipuncula		Sipunculida			
Mollusca		Aplacophora Gastropoda Bivalva Scaphopoda			
Annelida		Polychaeta			Amphinomida Spionida Cossurida Eunicida Phyllodoceida Ophelida Orbinida Capitellida Terebellida Flabelligerida ***
Arthropoda	Crustacea	Maxillopoda Malacostraca	Ostracoda Copepoda Eumalacostraca	Haplocarida Peracarida	Harpacticoida Stomatopoda *** Cumacea Tanaidacea Isopoda Amphipoda

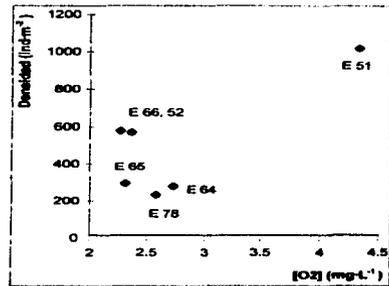
* Grupos identificados únicamente en la campaña PROMEBIO I.

*** Grupos identificados únicamente en la campaña PROMEBIO III.

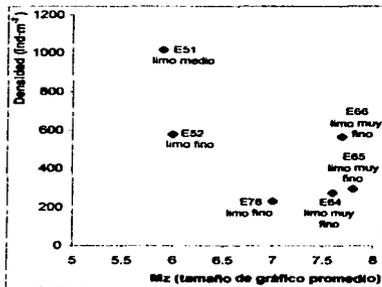
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



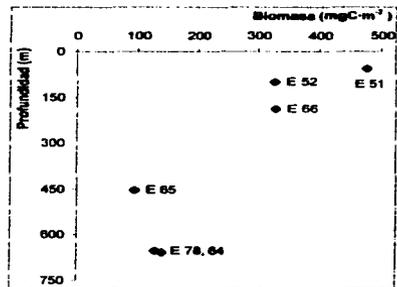
a



b



c



d

Fig. 9 Campaña PROMEBIO I. Variación de la densidad promedio: con respecto a la profundidad registrada (a); con la concentración de oxígeno disuelto (b); con el tamaño de grano (c) y variación de la biomasa promedio con respecto a la la profundidad registrada (d).

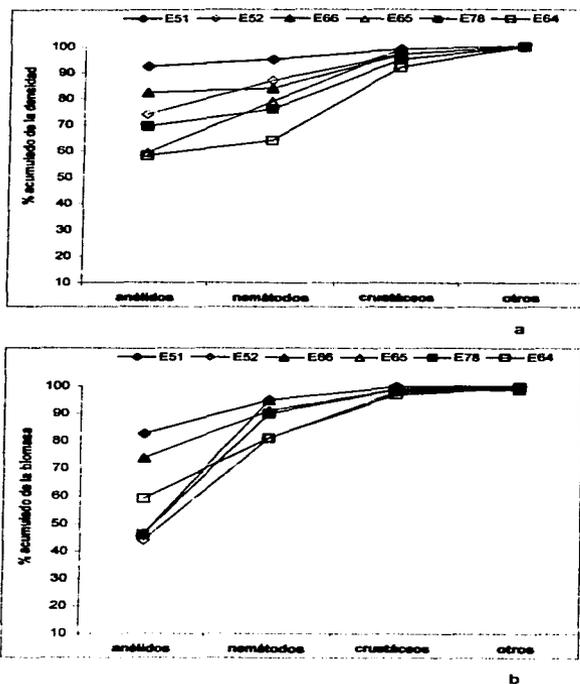
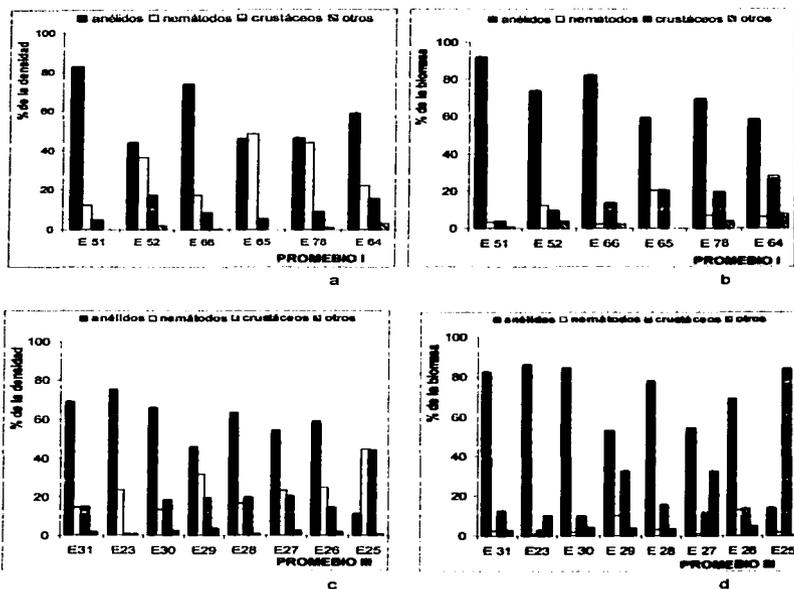


Fig. 10 Campaña PROMEBIO I. Curvas del porcentaje acumulado de la densidad promedio (a) y la biomasa promedio (b) representada por cada grupo dominante.



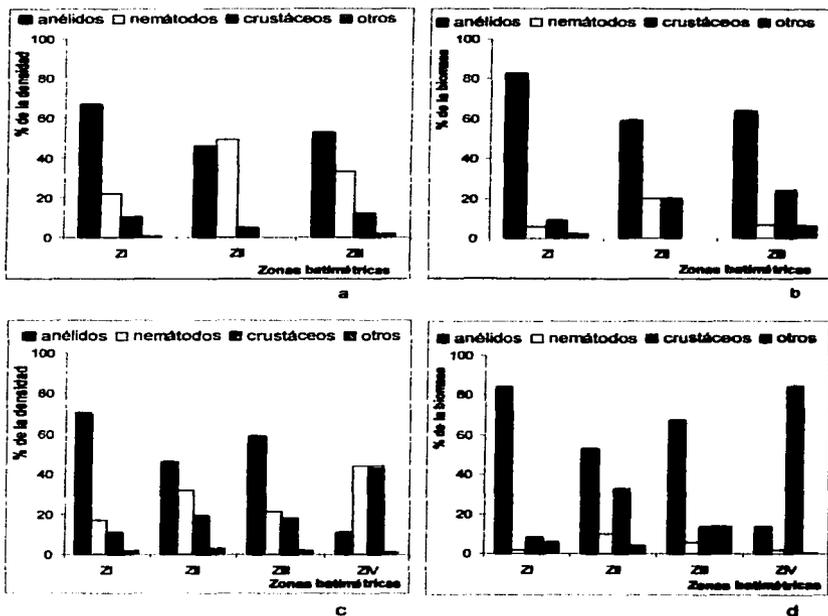


Fig. 12 Campaña PROMEBIO I. Porcentaje representado por zona batimétrica, por cada grupo dominante, de la densidad (a), y la biomasa (b) relativas.

Campaña PROMEBIO III. Porcentaje representado por zona batimétrica, por cada grupo dominante, de la densidad (c) y la biomasa (d) relativas. ZI=plataforma continental; ZII=margen continental; ZIII=talud superior y ZIV=talud medio.

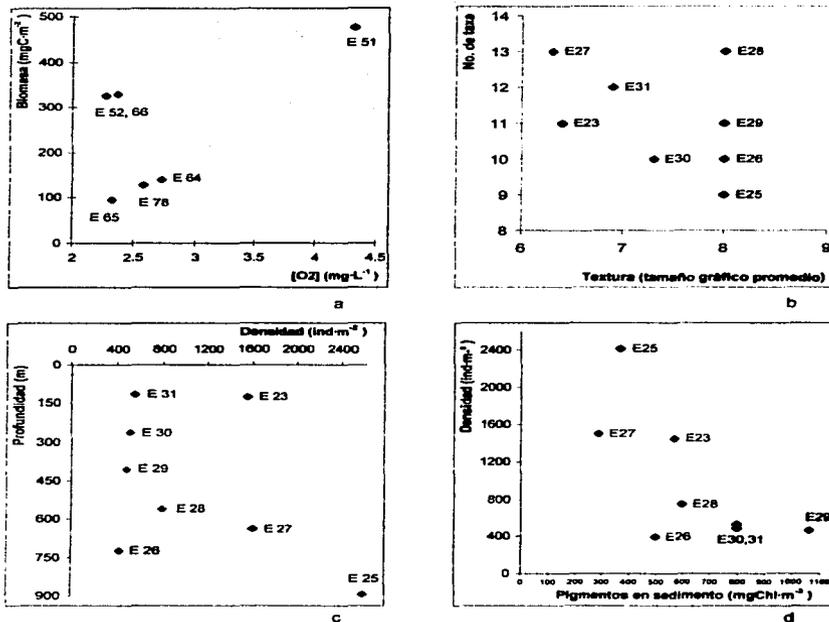


Fig. 13 Campaña PROMEBIO I. Variación de la biomasa promedio con la concentración de oxígeno disuelto (a).

Campaña PROMEBIO III. Variación del número de taxa con el tamaño de grano (b); de la densidad promedio con la profundidad (c) y de la densidad promedio con la concentración de pigmentos en sedimento (d).

Tabla 7. Valores de densidad y biomasa promedio y desviación estándar (d.e.) para cada una de las estaciones de la campaña PROMEBIO I.

Estación	Profundidad (m)	Zona Batimétrica	Densidad (Ind·m ⁻²)	d.e.	Biomasa (mgC·m ⁻²)	d.e.
51	57	I	1,018	187	476	138
52	100	I	579	244	326	126
66	190	I	567	111	329	105
65	454	II	296	201	96	59
78	654	III	231	58	128	31
64	659	III	277	100	140	67

Proporción de la composición taxonómica con base en la biomasa. La biomasa estuvo dominada, en promedio de todos los taxa, por anélidos (58 al 92%)(1,303 y 7,027 mgC·m⁻² respectivamente), crustáceos (4 al 28%)(51 y 108 mgC·m⁻² respectivamente) y nemátodos (2 al 20%)(113 y 312 mgC·m⁻² respectivamente). Estos representaron más del 90 % de la biomasa total (Fig. 10b). El porcentaje menor de anélidos (58 %) se encontró a 659 m (E64) y el mayor (92 %) a 57 m (E51); el menor de los crustáceos (4 %) a 57 m (E51) y el mayor (28 %) a 659 m (E64); el menor de los nemátodos (2 %) a 190 m (E66) y el mayor (20 %) a los 454 m (E65)(Fig. 11b). Se observó que la tendencia de los crustáceos fue a aumentar con la profundidad.

En cuanto a las zonas batimétricas, los anélidos constituyeron de un 59% en el margen continental a un 83% en la plataforma continental, los crustáceos constituyeron de un 9% en la plataforma continental a un 24% en el talud superior y los nemátodos representaron de un 6% en la plataforma continental a un 20% en el reborde continental (Fig. 12b).

Campaña PROMEBIO III

Riqueza biológica. Se identificaron siete phyla para esta campaña (Echinodermata, Kinorhyncha, Nematoda, Sipuncula, Mollusca, Annelida y Arthropoda) (Tabla 6). Los anélidos, los nemátodos y los crustáceos fueron también los grupos dominantes. La riqueza varió en relación a los ordenes identificados de nueve a 895 m (E25) a 13 a los 560 y 639 m (E28 y 27). En este caso tanto el número menor como el mayor de taxa se asociaron a un sedimento de tipo arcilloso (Fig. 13b).

Densidad. La densidad promedio de esta campaña fue dos veces superior a la de la campaña PROMEBIO I, presentándose diferencias significativas entre la densidad de ambas campañas [$H(1, N = 42) = 8.40; p < 0.01$]. Los valores promedio variaron de $417 \pm 167 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ a 723 m (E26) a $2,568 \pm 739 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ a 895 m (E25) (Tabla 9). La densidad tendió a aumentar de manera lineal con la profundidad (Fig. 13c) y a disminuir con la concentración de pigmentos en el sedimento (Fig. 13d). La densidad promedio registrada en el talud medio ($2,568 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) fue tres veces superior a la de la plataforma continental ($874 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$); cinco veces superior a la del margen continental ($487 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) y tres veces superior a la del talud superior ($933 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) (Tabla 8).

Proporción de la composición taxonómica con base en la densidad. La densidad de la macrofauna se encontró dominada por anélidos en 11 al 75% ($5,413$ y $14,725 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ respectivamente), nemátodos en 13 al 44% ($1,050$ y $23,288 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ respectivamente) y crustáceos en 1 al 44% (211 y $2,583 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ respectivamente). Estos grupos representaron más del 90% de la densidad total (Fig. 14a). El menor porcentaje de anélidos (11%) se encontró a 895 m (E25) y el mayor (75%) a 124 m (E23); el menor (13%) de los nemátodos a 265 m (E30) y el mayor (44%) a los 895 m (E25); el menor de los crustáceos (1%) a 124 m (E23) y el mayor (44%) a 895 m (E25). La tendencia general tanto de los nemátodos como de los crustáceos fue a presentar un mayor porcentaje conforme se incrementó la profundidad (Fig. 11c).

Al realizar la comparación entre las zonas batimétricas observamos que los anélidos constituyeron de un 11% en el talud medio a un 70% la plataforma continental, los nemátodos constituyeron de un 17% en la plataforma continental a un 44% en el talud medio y los crustáceos representaron de un 11 a un 44% mostrando el mismo comportamiento que los nemátodos (Fig. 12c).

Al comparar en ambas campañas el porcentaje representado por cada grupo en cada zona batimétrica observamos que en la zona del margen continental el porcentaje de los nemátodos fue 1.5 veces mayor en la campaña PROMEBIO I (49%) con respecto a la campaña PROMEBIO III (32%) y que los crustáceos representaron 3.8 veces mayor porcentaje en la campaña PROMEBIO III (19%) que en la campaña PROMEBIO I (5%). En la

zona del talud superior los nemátodos representaron 1.5 mayor porcentaje en la campaña PROMEBIO I (33%) que en la campaña PROMEBIO III (21%).

Tabla 8. Valores promedio de densidad y biomasa por zonas batimétricas y desviación estándar (d.e.) de las campañas PROMEBIO I y III.

Zona Batimétrica	Campaña	Número de estaciones	Profundidad promedio (m)	Densidad promedio (Ind·m ⁻²)	d.e.	Biomasa Promedio (mgC·m ⁻²)	d.e.
I	PROM I	3	116	721	257	377	86
	PROM III	3	168	874	581	1,546	1,667
II	PROM I	1	454	296	201	96	59
	PROM III	1	403	487	72	227	102
III	PROM I	2	657	254	33	134	8
	PROM III	3	641	933	602	744	642
IV	PROM III	1	895	2,568	739	3,788	3,577

Abreviaturas:

- I = Plataforma continental PROM I = Campaña PROMEBIO I
 II = Reborde continental PROM III = Campaña PROMEBIO III
 III = Talud superior
 IV = Talud medio

Biomasa. La biomasa promedio de esta campaña fue cinco veces superior a la registrada en la campaña PROMEBIO I. Los valores variaron de 227 ± 102 mgC·m⁻² a 403 m (E29) a $3,788 \pm 3,577$ mgC·m⁻² a 895 m (E25) (Tabla 9). La biomasa promedio por zona registrada en el talud medio ($3,788$ mgC·m⁻²) fue 2.5 veces superior a la registrada en la plataforma continental ($1,546$ mgC·m⁻²); 17 veces superior a la del reborde continental (227 mgC·m⁻²) y cinco veces superior a la del talud superior (744 mgC·m⁻²) (Tabla 8). Se identificó a los crustáceos como el grupo que constituyó mayoritariamente a la biomasa alta en la zona del talud medio.

Al comparar la densidad promedio de ambas campañas encontramos diferencias significativas entre ellas [H (1, N = 42) = 8.40; p < 0.01]. Al realizar la comparación de la densidad de cada una de las zonas podemos notar que en ambos cruceros se presentaron

densidades muy similares en la plataforma continental, mientras que en el reborde continental en la campaña PROMEBIO III se presentaron valores de casi el doble ($x = 487 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) a los registrados para la campaña PROMEBIO I ($x = 296 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$). En el caso del talud superior se observó que la densidad de la campaña PROMEBIO III ($x = 933 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) llegó a ser casi cuatro veces superior a la de la campaña PROMEBIO I ($x = 254 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$). No fue posible realizar la comparación de los valores del talud medio ya que durante la campaña PROMEBIO I no se muestreó estación alguna ubicada en esta zona batimétrica (Tabla 8).

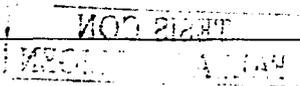
En cuanto a los valores de biomasa promedio se encontraron diferencias significativas entre ambas campañas [H (1, N = 42) = 11.70; $p < 0.01$]. Al realizar el análisis por zonas batimétricas se observó que los valores de la plataforma continental fueron cuatro veces superiores en la campaña PROMEBIO III (1,546 $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) que en la campaña PROMEBIO I (377 $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$); en el reborde continental la campaña PROMEBIO III presentó valores dos veces mayores (227 $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) a los registrados en la campaña PROMEBIO I (96 $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) y en el talud superior la proporción fue casi seis veces mayor en la campaña PROMEBIO III (744 $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) con respecto a la campaña PROMEBIO I (134 $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$), encontrándose diferencias significativas entre las biomásas de esta última zona en ambas campañas [H (1, N = 15) = 10.16; $p < 0.01$] (Tabla 8).

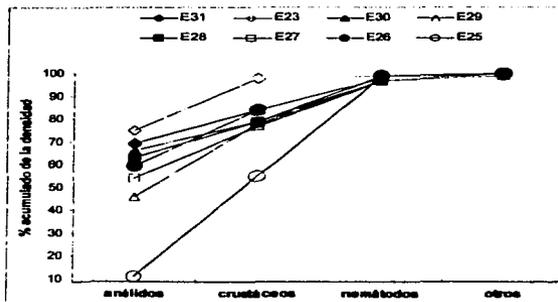
Tabla 9. Valores de densidad y biomasa promedio y desviación estándar (d.e.) para cada una de las estaciones de la campaña PROMEBIO III.

Estación	Profundidad (m)	Zona Batimétrica	Densidad ($\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$)	d.e.	Biomasa ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$)	d.e.
31	115	I	558	100	393	201
23	124	I	1,544	386	3,458	4,203
30	265	I	520	237	788	717
29	403	II	487	72	227	102
28	560	III	789	318	406	201
27	639	III	1594	338	1,484	1,089
26	723	III	417	167	342	177
25	895	IV	2,568	739	3,788	3,577

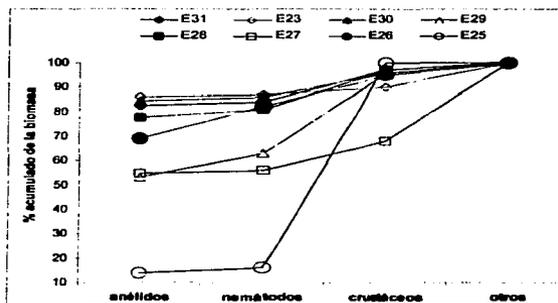
Proporción de la composición taxonómica con base en la biomasa. La biomasa de la macroinfauna se encontró dominada por anélidos (14 al 86%)(12,155 y 63,325 mgC·m⁻² respectivamente), crustáceos (3 al 84%)(158 y 10,237 mgC·m⁻² respectivamente) y nemátodos (1 al 13%)(234 y 723 mgC·m⁻² respectivamente). Estos grupos representaron más del 90% de la biomasa total (Fig. 14b). El porcentaje más bajo de anélidos (14%) se encontró a 895 m (E25) y el más alto (86%) a 124 m (E23); el más bajo (3%) de los crustáceos a 124 m (E23) y el más alto (84%) a 895 m (E25) y el más bajo de los nemátodos (1%) a 124 y 639 m (E23 y 27) y el más alto (13%) a los 723 m (E26)(Fig. 11d).

Al realizar una comparación entre las zonas batimétricas observamos que los anélidos constituyeron de un 14% en el talud medio a un 84% en la plataforma continental, los nemátodos representaron del 2% en la plataforma continental al 10% en el talud superior y los crustáceos del 8% en la plataforma continental al 84% en el talud medio (Fig. 12d).





a



b

Fig. 14 Campaña PROMEBIO III. Curvas del porcentaje acumulado de la densidad promedio (a) y la biomasa promedio (b), representada por cada grupo dominante.

Al comparar el porcentaje representado por cada grupo en cada zona batimétrica en ambas campañas observamos que la proporción de los nemátodos fue tres veces superior en la campaña PROMEBIO I (6%) que en la campaña PROMEBIO III (2%). En la zona del borde continental el porcentaje de los nemátodos fue del doble en la campaña PROMEBIO I (20%) con respecto a la campaña PROMEBIO III (10%) y el porcentaje de los crustáceos fue 1.6 veces superior en la campaña PROMEBIO III (33%) que en la campaña PROMEBIO I (20%). La zona del talud superior mostró que el porcentaje de los crustáceos fue 1.7 veces superior en la campaña PROMEBIO I (24%) que en la campaña PROMEBIO III (14%). Cabe señalar que tanto en la campaña PROMEBIO I como en la campaña PROMEBIO III el porcentaje representado por los crustáceos, tanto en la densidad como en la biomasa, se incrementó conforme aumentó la profundidad.

En cuanto a la composición taxonómica encontramos que el análisis de clasificación nos unió, al 75 % de similitud, a las estaciones en dos grandes grupos, los cuales separan las campañas estudiadas, PROMEBIO I y PROMEBIO III, con excepción de la estación 64 la cual está estrechamente unida a la estación 26 con la cual comparte un 90.6% de similitud. En términos de grupos estas estaciones están conformadas por exactamente los mismos órdenes en igual proporción. Hay que señalar que ambas estaciones forman parte de la misma zona batimétrica (talud superior) y representan profundidades de 659 y 725 m respectivamente (Fig. 15).

La estación 28 (560 m) y la 31 (115 m) resultaron similares en su composición aún cuando éstas presentan profundidades muy diferentes, al compararlas con el resto de las estaciones que conforman el grupo (E29, E30 y E23) sólo difieren en cinco órdenes, cuatro de anélidos (Amphinomida, Capitellida, Flabelligerida y Opheliida) y uno de crustáceos (Cumacea), a diferencia del grupo más cercano, conformado por las estaciones 54 y 26, con el cual difieren en ocho grupos. Por su parte la estación 25 (895 m) se mantiene como la estación más disímil del grupo.

En cuanto al grupo conformado por las estaciones de la campaña PROMEBIO I notamos que las estaciones 78 y 65 presentan un 89.7% de similitud, difiriendo sólo en un orden (Capitellida) y ambas en un orden con la estación 66 (Amphinomida). Las estaciones 51 y 52 se presentan con una menor similitud entre ellas y con el grupo principal (Fig. 15).

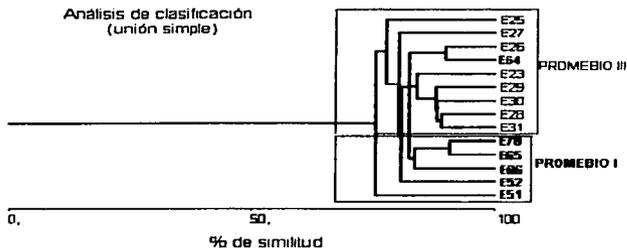


Fig. 15 Análisis de clasificación a partir de la matriz de similitud realizada con el índice de Bray-Curtis.

El análisis de componentes principales unió las estaciones, tanto en términos de densidad como de biomasa, principalmente con base en su profundidad. El ordenamiento reconoce dos grupos, el primero conformado por las estaciones de la plataforma continental y del reborde continental; el segundo grupo agrupa las estaciones 26, 28, 64, 66 y 78 pertenecientes al talud superior con excepción de la estación 66 (plataforma continental); la estación 25, ubicada en la zona del talud medio, quedó excluida de los dos grupos (Figs. 16 y 17).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

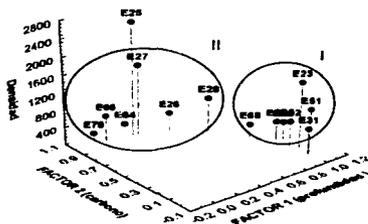


Fig. 16 Distribución de la densidad promedio de las estaciones de las campañas PROMEBIO I y III con base en los componentes identificados como principales. I = plataforma continental y reborde continental; II = talud continental.

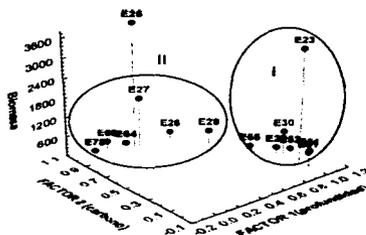


Fig. 17 Distribución de la biomasa promedio de las estaciones de las campañas PROMEBIO I y III con base en los componentes identificados como principales. I = plataforma continental y reborde continental; II = talud continental.

Con base en el análisis de correlación canónica se encontró que la densidad de ambas campañas se correlaciona significativamente con la profundidad y con el carbono, mismo patrón que se observa para los valores de biomasa. Es importante señalar que aunque existe la correlación entre la densidad y la biomasa y los ambientales antes señalados (Tabla 10) está no es significativa.

Tabla 10. Correlaciones determinadas a partir del análisis canónico.

	Densidad	Biomasa
Profundidad	0.239758	0.175557
Temperatura	-0.099187	-0.015803
Salinidad	-0.083777	-0.017182
Carbono	-0.213645	-0.425175
Nitrógeno	0.038816	-0.144544
Materia orgánica	0.038816	-0.144544
Clorofilas en sedimento	-0.125307	-0.050604
Sedimento	-0.140448	-0.095066

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Discusión

Se sabe que en los sistemas marinos el aporte de alimento hacia el fondo es provisto por sedimentación del material orgánico producido en la zona eufótica que se encuentra en la columna de agua (Gray, 1981), dicho acoplamiento ha sido identificado también para la zona sur del Golfo de México en trabajos como los de Soto-González y Escobar-Briones (1995) y Escobar-Briones *et al.*, (1997). El material orgánico disponible va a estar constituido por células libres, heces fecales, restos de zooplancton y pigmentos, todos ellos presentando un alto contenido orgánico que va a ser degradado o utilizado en el fondo marino convirtiéndose en la fuente principal de carbono orgánico y de nitrógeno (Honjo *et al.*, 1982; Boon y Duineveld, 1998; Fütterer, 2000), por lo cual las altas concentraciones de material orgánico en el sedimento van a estar asociadas generalmente a zonas de alta productividad en las cuales el carbono biogénico es utilizado por herbívoros o se sedimenta por ausencia de los mismos. Debido a esto se ha llegado a considerar al carbono orgánico y al contenido de clorofilas en el sedimento como indicadores de la presencia de alimento potencial para la macrofauna (Levin y Gage, 1998; Hansen y Josefson, 2001).

Ya que la materia orgánica que se sedimenta puede ser considerada como un aporte importante de energía para los organismos bénticos, es posible establecer que el aprovechamiento de dicho aporte va a estar directamente relacionado con la descomposición de la materia orgánica, con tiempos de residencia cortos en el sedimento (la fracción más reactiva), y con la dispersión/retención de la sedimentación con respecto a las condiciones del flujo en la interfase agua-sedimento (Vidal y Morgui, 2000).

Tahey *et al.*, (1994), registraron una concentración mayor de clorofilas en el sedimento con relación a la concentración existente en la columna de agua después de un periodo de sedimentación del material. Esta sedimentación es más fácil de observar en zonas en donde se han reconocido florecimientos ya que la materia orgánica que no ha sido consumida es transportada al sedimento incrementando considerablemente los valores de clorofilas en el fondo (Buscail *et al.*, 1990). Esta tendencia se observó en la campaña PROMEBIO III ya que los valores de clorofila en el sedimento fueron mayores a los registrados en la columna de agua. A su vez los valores promedio de clorofila en la parte superficial de la columna de agua (0.02 mgChlL^{-1}) fueron para esta zona casi 16 veces mayores a los registrados por Dortch *et al.*, (1994) para la zona de la plataforma de Louisiana ($0.00125 \text{ mgChlL}^{-1}$) lo cual nos habla de una mayor producción primaria generada en la zona sur del Golfo de México. No fue posible comparar los valores promedio de clorofila en el agua de fondo ($0.038 \text{ mgChlL}^{-1}$) pero éstos al

ser comparados con los del agua superficial nos indican una gran depositación en el fondo de la producción primaria ya que llegan a ser casi dos veces mayores a los de la parte superficial de la columna de agua.

Otro factor que promueve el incremento de clorofilas en el sedimento es la fotosíntesis de microfotobentos que se lleva a cabo en aquellas zonas someras en donde la poca profundidad permite que haya una penetración suficiente de luz. De hecho no sólo se ha observado el incremento en la concentraciones de clorofila sino que también se ha podido constatar un incremento en las concentraciones de carbono orgánico disuelto (Alperin *et al.*, 1999).

En ese estudio se encontró que en la campaña PROMEBIO I se presentaron los porcentajes más altos de carbono orgánico, de materia orgánica y de clorofilas en el sedimento asociados a la zona del margen continental; esto puede estar, en primer lugar, en función de que éstas zonas han sido clasificadas como áreas claves para la transferencia dinámica de la materia particulada entre las masas continentales y los fondos oceánicos, encontrándose en ellas hasta un 2% del carbono orgánico e incluso relacionándose con zonas altamente productivas (Buscail *et al.*, 1990; Tahey *et al.*, 1994). En segundo lugar ésta concentración alta puede deberse a los frentes que se presentan en el reborde de la plataforma, los cuales son el resultado de las corrientes generadas por los vientos y algunas interacciones de la corriente de Lazo con la batimetría de la zona (Paluszdziewicz y Atkinson, 1983; Ramalingeswara-Rao y Veerayya, 2000), dichos frentes van a ocasionar una resuspensión del material sedimentado que puede ser fuente de fitodetrito y de materia orgánica (Buscail *et al.*, 1990; Christensen y Kanneworff, 1986).

En el caso de la campaña PROMEBIO III, los porcentajes más altos de carbono orgánico y de materia orgánica se registraron en la zona del talud medio, esto puede presentarse como respuesta al transporte, de hasta un 50%, de la producción primaria entre la plataforma y el talud (Buscail *et al.*, 1990), debido a que sólo alrededor de un 30% es utilizado por los organismos benthicos de la plataforma y 10% se acumula en los sedimentos. Autores como Anderson *et al.*, (1994) registran que hasta un 80% del carbono orgánico depositado en el talud superior se origina en la plataforma continental.

El transporte de material orgánico de la plataforma al talud está dado por la resuspensión de sedimentos en las corrientes de turbidez, y por el hundimiento de los sedimentos que facilitan el movimiento y redistribuyen el sedimento talud abajo (Kennish, 2001). El tamaño de grano da un mayor control físico en el contenido de carbono orgánico

(Alperin *et al.*, 1999), por lo que aquellas zonas con porcentajes altos de partículas finas (limos y arcillas) sostienen una concentración elevada de material orgánico (Rowe *et al.*, 1977) dada por su gran capacidad de absorción (Ansari *et al.*, 1986) y su baja permeabilidad lo cual es responsable de una baja degradación y una mayor preservación del material orgánico (Snelgrove y Butman, 1994; Boon *et al.*, 1999). La relación entre la concentración de material orgánico y el tipo de sedimento concuerda con los resultados obtenidos para este estudio, tanto en PROMEBIO I como en PROMEBIO III, donde las zonas con porcentajes mayores de carbono y de materia orgánica correspondieron a aquellas que presentaron sedimento más fino, de tipo limoso.

Al analizar la concentración de clorofila en el sedimento, se reconoció que el valor más alto ocurre en el reborde continental. Lo anterior se explica por la exportación de carbono biogénico asociado a la frontogénesis de la zona facilitando el flujo de clorofilas hacia el fondo y una consecuente disminución en la concentración de oxígeno en el agua. Aún cuando la exportación de material orgánico que se produce en la zona eufótica es la principal fuente de carbono biogénico hacia las zonas profundas, no es la única que se puede encontrar. Por un lado, la biomasa microbiana béntica contribuye también energéticamente a la comunidad béntica, principalmente en los fondos oceánicos y en los mares tropicales (Ritzrau y Graf, 1992) y, por otro lado, el aporte de carbono transportado por los ríos constituye una fuente importante de alimento en las áreas someras (Escobar-Briones *et al.*, 1997).

Las proporciones isotópicas de carbono y nitrógeno nos permiten conocer el origen del material orgánico en el sedimento al igual que los bioindicadores y el cociente (C/N). Los valores cercanos o superiores a 10 indican una influencia terrestre que puede traducirse como material degradado o altamente mineralizado con un valor nutritivo bajo (Buscail *et al.*, 1990), mientras que la relación con valores inferiores a 10 refiere a un material originado del plancton, por ejemplo heces fecales y otros compuestos de origen nerítico o pelágico fácilmente degradables y con un valor nutritivo elevado (Ramalingeswara-Rao y Veerayya, 2000). En la zona de estudio se pudo apreciar que las estaciones de ambas campañas ubicadas a menos de 200 m presentaron una relación C/N entre 6 y 9, describiendo un origen planctónico del material orgánico. Las estaciones ubicadas entre los 50 y los 115 m presentaron relaciones C/N superiores a 9.3 con lo cual podemos inferir una posible influencia de material terrígeno en las estaciones más someras y más cercanas a la Laguna de Términos, PROMEBIO I y al río Coatzacoalcos, PROMEBIO III.

Aunque no se contó con los valores de la concentración de oxígeno disuelto para la campaña PROMEBIO III se sabe, por referencia bibliográfica (Pica-Granados y Pineda-López, 1991; Vidal-Lorandi *et al.*, 1994), que existe una capa de agua con concentración mínima de oxígeno en la Bahía de Campeche (zona de mínimo oxígeno, ZMO) con valores que van de 2.31 a 2.80 mg·L⁻¹, que llega a extenderse entre los 100 y los 600 m. La amplitud de este intervalo varía sobre el área del talud dependiendo de la época del año (Vidal-Lorandi *et al.*, 1994). Dichas concentraciones coincidieron con las registradas para la campaña PROMEBIO I (Tabla 3) en la zona reconocida como de oxígeno mínimo e incluso son similares a las reportadas por Escobar-Briones *et al.*, (1999) para el oeste del Golfo de México (2.8 y 3.0 mg·L⁻¹ a 200 y 500 m respectivamente) y por Turner y Allen (1982) para la desembocadura del río Mississippi (< 3 mg·L⁻¹ a profundidades superiores a 400 m).

Los factores ambientales diversos tanto del sedimento como de la columna de agua tienen influencia en la estructura y composición de la comunidad béntica. La concentración de oxígeno disuelto es uno de ellos y en las ZMO genera cimas vinculadas con la materia orgánica por el asentamiento de partículas originadas de la productividad primaria (Llanés, 1991; Levin y Gage, 1998; Levin *et al.*, 2000) y la remineralización de la materia orgánica en el sedimento. Las alteraciones de la comunidad se dan principalmente porque algunas especies toman ventaja numérica de las condiciones cambiantes del aumento en el aporte de alimento (Ansari *et al.*, 1986) y la limitación de oxígeno (Levin *et al.*, 2000).

Los poliquetos han sido determinados como el grupo taxonómico más resistente a las condiciones generadas en las zonas con bajas concentraciones de oxígeno disuelto y enriquecimiento orgánico estableciéndose incluso en el núcleo de las mismas. Los crustáceos resultan menos tolerantes por lo que se presentan en la zona cercana al límite superior de la zona de oxígeno mínimo. En contraste los bivalvos son más sensibles y por lo general se ubican por debajo del límite inferior de las ZMO. En el caso de la meiofauna, los nemátodos han sido considerados los organismos más resistentes (Cook *et al.*, 2000), mientras que muchos taxa, especialmente aquellos con conchas calcificadas y exoesqueletos tienden a estar ausentes en las zonas de oxígeno mínimo, como los equinodermos que son más abundantes en el límite superior de la ZMO (Mullins *et al.*, 1985; Levin y Gage, 1998; Rogers, 2000).

Los gradientes de oxígeno y de materia orgánica en el sedimento por arriba y por debajo de la zona de mínimo oxígeno generan, en adición a la temperatura, una zonación en

la distribución de la macroinfauna con máximos de abundancia y patrones de diversidad significativamente diferentes (Rogers, 2000).

Los poliquetos son en la mayoría de los casos el grupo dominante en número y algunas veces en biomasa, aún cuando son generalmente pequeños con un promedio de peso húmedo por individuo de entre 0.1 y 0.4 mg, su alta densidad hace que su contribución a la biomasa llegue a ser substancial (Brown, 1991). Esta dominancia de los poliquetos fue observada en este trabajo en ambas campañas a excepción de la zona batimétrica más profunda (IV), lo cual corresponde con la disminución en la densidad que se ha reconocido para este grupo en zonas por debajo de los 800 m de profundidad (Mullins *et al.*, 1985).

El resultado de una densidad menor de los poliquetos es un decremento en la competencia ya sea por el espacio y/o por el alimento, lo cual ocasiona que los grupos que antes eran menos representativos aprovechen de mejor manera los recursos e incrementen su representatividad dentro de la comunidad. Los nemátodos representan más del 20% en aquellas zonas (II, III) en contraste, los crustáceos presentan un aumento paulatino hacia la zona (IV) ubicada por debajo de la ZMO, lo cual es consistente con trabajos diversos incluyendo el de Levin *et al.*, (2000) en el que se reconoce que tanto los crustáceos como los moluscos incrementan en número significativamente en las zonas en donde las concentraciones de oxígeno tienden a ser mayores. El presente trabajo muestra que hacia el límite inferior de la ZMO (E78 y 64 de la campaña PROMEBIO I) y por debajo de ese límite (E25 de la campaña PROMEBIO III) es posible observar una diversidad mayor (Anexos 1 y 3).

De manera general se reconoce que los anélidos dominan la composición de la infauna en ambas campañas, seguido por los nemátodos y los crustáceos para posteriormente registrar moluscos y equinodermos. Dicha tendencia resulta consistente con otros estudios realizados en el Golfo de México (Escobar-Briones y Soto-González, 1997; Escobar-Briones *et al.*, 1999; Hernández-Robles, 1999) y en el océano mundial (Cosson *et al.*, 1997; Levin *et al.*, 2000) (Tabla 11). Resulta conveniente aclarar que para el caso de los moluscos y los equinodermos no podríamos tomar en cuenta el problema que representa el tipo de muestreo utilizado ya que, aún cuando estos grupos presentan una mayor movilidad, sólo nos estamos enfocando a organismos pequeños que se encuentran dentro del sedimento y no a aquellos que forman parte de la megafauna.

En la Bahía de Campeche las estaciones con mayor profundidad presentaron a los grupos taxonómicos más homogéneamente distribuidos, lo que permite reconocer que éstos contribuyen a una diversidad mayor y en partes proporcionales a los valores de densidad,

mientras que en las zonas someras los anélidos están sobreexpresado numéricamente provocando una asimetría en la densidad de los otros grupos representados.

La densidad promedio de la campaña PROMEBIO I decreció abruptamente de la plataforma continental ($721 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) al margen continental ($296 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) y a la vez hacia la zona del talud continental ($254 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$), patrón que puede reflejar un gradiente de la disponibilidad de alimento en la escala espacial y batimétrica grandes (Murrell y Fleeger, 1989; Hansen y Josefson, 2001). En el caso de la campaña PROMEBIO III la densidad inferior ($487 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) se asoció al núcleo de la zona de oxígeno mínimo (profundidad = 403 m) y la superior a la zona del talud medio ($2,568 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) hacia el cual se observó un incremento en la proporción representada por los crustáceos debido a que este grupo se distribuye mejor en aquellas zonas en donde las concentraciones de oxígeno son mayores. Estos resultados sugieren que de transecto a transecto y de una época a otra existen procesos distintos que definen los patrones de distribución de la densidad y la biomasa.

Tabla 11. Composición de la macroinfauna identificada en diversas regiones del Golfo de México y el océano mundial.

Región	Profundidad (m)	Grupos dominantes	Referencia
GOLFO DE MÉXICO			
Oeste	< 224	Anélidos, crustáceos, moluscos y equinodermos (biomasa)	Escobar-Briones y Solo-González, 1997
Oeste	< 1,500	Anélidos, nemátodos y crustáceos (densidad)	Escobar-Briones <i>et al.</i> , 1999
Norte	300 a 3,000	Anélidos, crustáceos y moluscos (densidad)	Pequegnat <i>et al.</i> , 1990
Noroeste	200 a 3,760	Anélidos, nemátodos y crustáceos	Hernández-Robles, 1999
Suroeste	21 a 2,300	Crustáceos, anélidos y nemátodos	Rodríguez-Piiego, 1999
OTRAS REGIONES			
Noreste del Atlántico	1,700 m	Anélidos, crustáceos y gastrópodos (densidad)	Cosson <i>et al.</i> , 1997
Océano Índico	400 a 850	Anélidos, crustáceos y moluscos	Levin and Gage, 1996 (zona de oxígeno mínimo)
Mar Arábico	400 a 850	Anélidos, crustáceos y otros grupos	Levin <i>et al.</i> , 2000 (zona de oxígeno mínimo)

En el caso de la biomasa las campañas PROMEBIO I y III registraron los valores menores (96 y 227 mgC·m⁻² respectivamente) en la zona de oxígeno mínimo. Lo anterior se explica por las adaptaciones limitadas de grupos de organismos para tolerar la concentración baja de oxígeno, las cuales resultan energéticamente costosas y ocasionan una disminución en las tasas de reproducción y crecimiento de los organismos. Un reflejo de lo anterior es la talla más pequeña y por consiguiente un menor peso (Harper *et al.*, 1981; Rowe *et al.*, 1990; Diaz y Rosenberg, 1995). Estas biomazas bajas están ligadas también a la productividad alta causada por la presencia de la ZMO en el reborde que, aunada a las bajas concentraciones de oxígeno, reducen la utilización de la producción primaria por parte de los consumidores (Levin y Gage, 1998; Levin *et al.*, 2000).

El tamaño corporal se relaciona con un intervalo amplio de factores ecológicos (concentración baja de oxígeno, temperatura alta, baja concentración de alimento) e influye sobre la densidad y la diversidad taxonómica. La asociación entre el tamaño del cuerpo y los factores ecológicos no es sorprendente debido a que la talla está fuertemente correlacionada con la historia de vida (McClain y Rex, 2001). La comparación de los valores de densidad obtenidos para la campaña PROMEBIO I con otros registrados para el área del Golfo de México denota que en general éstos son menores a los reconocidos por otros autores en los tres intervalos de profundidad reconocidos, lo mismo sucede al comparar con otros estudios realizados en diversas regiones del océano mundial (Tabla 12). Por su parte la densidad reconocida en la campaña PROMEBIO III también es menor en los dos intervalos que se encuentran por debajo de los 500 m en el Golfo de México y en todos los intervalos de otras regiones del océano mundial (Tabla 12); sin embargo, los intervalos entre los 500 y los 895 m, comparados con las zonas norte y suroeste del Golfo de México presentan densidades superiores (Tabla 12).

Por su parte, los valores de biomasa en ambas campañas resultaron superiores a los registrados en otras regiones del Golfo de México en la mayoría de los intervalos de profundidad reconocidos, sólo fueron inferiores a las biomazas registradas por Soto-González y Escobar-Briones (1995), en el intervalo menor a los 300 m de profundidad, durante la temporada de lluvias en la zona suroeste del Golfo (Tabla 13). De igual manera las biomasa de ambas campañas fueron menores a las registradas, en los diferentes intervalos, para diversas zonas del océano mundial (Tabla 13). Estos resultados permiten reconocer una dinámica estacional e interanual en la zona. Las diferencias en los valores de densidad y biomasa de este estudio con los de otras regiones del Golfo de México podrían atribuirse a

diferentes factores tanto ambientales como biológicos. Dentro del primer grupo podemos señalar las diferencias provocadas por las distintas regiones geográficas que se analizan, entre las cuales están los diferentes procesos hidrodinámicos en la columna de agua, la presencia de descargas fluviales las cuales se asocian a variaciones en la concentración de materia orgánica disponible para la macroinfauna, el ancho de la plataforma continental, la distancia a la línea de costa y los diferentes tipos de sedimento que se presentan; existen también las variaciones en las condiciones hidrodinámicas las cuales están dadas principalmente por las temporadas durante las cuales se hayan realizado los estudios, lo cual nos habla de estacionalidad que afecta directamente a la comunidad béntica principalmente en el aporte de alimento de origen fotoautotrófico que se exporta hacia el fondo. Los procesos de mesoescala como los giros y los frentes ocasionan la resuspensión y transporte de material orgánico y contribuyen significativamente a las condiciones del fondo (Rowe y Menzel, 1971; Pica-Granados y Pineda-López, 1991; Antoine, 1972; Escobar-Briones *et al.*, 1997). Por otro lado, las interacciones biológicas estructuran a la comunidad con base en los grupos dominantes ya que éstos aprovechan al máximo los recursos y promueven la presencia de grupos con estrategias de supervivencia diferentes que no llegan a alcanzar porcentajes de representación elevados.

La comparación entre los valores de densidad y biomasa de nuestro estudio con otras regiones a escala mundial (Tablas 12 y 13) nos revela que éste presenta valores muy bajos. Esta pobreza puede ser atribuida a los niveles bajos de productividad primaria que hay en la superficie ($44.8 \text{ gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$) y al rápido reciclamiento del carbono orgánico generado por las altas temperaturas ($28.5 \text{ }^\circ\text{C}$ como máximo) de las aguas superficiales del Golfo (Rowe y Menzel, 1971); debido a la baja producción el Golfo de México ésta cuenca ha sido comparado con el Mar Mediterráneo aunque esto es un error debido a que las condiciones ambientales en ambos sistemas son muy distintas (Escobar-Briones *et al.*, 1999).

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARÍTIMAS Y COSTERAS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 12. Valores de densidad ($\text{Ind}\cdot\text{m}^{-2}$) para la macroinfauna en diversas zonas del Golfo de México y otras regiones del océano mundial.

Región / Profundidad (m)	≤ 300	300 - 500	500 - 750	≤ 895	Referencia
GOLFO DE MÉXICO					
Norte	6,614	2,561	668	n.d.	Rowe <i>et al.</i> , 1974
Norte	n.d.	1,982	1,787	n.d.	Pequegnat <i>et al.</i> , 1990
Noroeste	370	446	n.d.	n.d.	Castañeda-Sarabia, 1996
Noroeste	1,888	1,850	n.d.	n.d.	Hernández-Robles, 1999
Oeste	1,933	1,866	n.d.	n.d.	Escobar-Briones <i>et al.</i> , 1999
Suroeste	4,628	1,050	n.d.	1,653	Rodríguez-Piñero, 1999
Sur	721	298	254	n.d.	Este estudio, PROMEBIO I.
Sur	874	487	933	2,568	Este estudio, PROMEBIO III.
OTRAS REGIONES					
Pacífico este	n.d.	n.d.	n.d.	5,156	Levin <i>et al.</i> , 1991
Bahía de NY y Cañón de Hudson	121,440	9,820	n.d.	n.d.	Rowe <i>et al.</i> , 1982
Transecto Gray Head-Bermuda	n.d.	n.d.	n.d.	14,500	Rex, 1983.
Sahara Española	9,898	5,052	n.d.	n.d.	Nichols y Rowe, 1977
Mar de Arabia	n.d.	12,363	19,096	n.d.	Cook <i>et al.</i> , 2000
Mar de Arabia NW	n.d.	12,362	16,383	19,183	Levin <i>et al.</i> , 2000

Abreviatura:

n.d. = dato no disponible

Los organismos que sobreviven tanto en el perfil horizontal como en el vertical del sedimento dependen de la porosidad y permeabilidad del mismo (Bergen *et al.*, 2001) así como de la selección de las partículas que realizan al presentar diversos mecanismos de alimentación (Cossou *et al.*, 1997). La selección generada por organismos excavadores distribuye sedimentos por talla creando regímenes hidrodinámicos que inducen la deposición de un mayor intervalo en el tamaño de las partículas. Es incluso posible que la correlación refleje factores proximales más importantes como la disponibilidad de alimento y la hidrodinámica (Etter y Grassle, 1992).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 13. Valores de biomasa ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) para la macrofauna en diversas zonas del Golfo de México y otras regiones del océano mundial.

Región / Profundidad (m)	≤ 300	300 - 500	500 - 750	≤ 895	Referencia
GOLFO DE MÉXICO					
Noroeste	54	58	n.d.	n.d.	Castañeda-Sarabia, 1996
Noroeste	62	93	n.d.	n.d.	Hernández-Robles, 1999
Suroeste	350	n.d.	n.d.	n.d.	Soto-González y Escobar-Briones, 1995 (secas)
Suroeste	620	n.d.	n.d.	n.d.	Soto-González y Escobar-Briones, 1995 (lluvias)
Suroeste	150	n.d.	n.d.	n.d.	Soto-González y Escobar-Briones, 1995 (invierno)
Suroeste	160	80	80	90	Rodríguez-Pliego, 1999
Sur	377	98	134	n.d.	Este estudio, PROMEBIO I.
Sur	1,548	227	744	3,788	Este estudio, PROMEBIO III.
OTRAS REGIONES					
Sahara Español	27,243	25,248	n.d.	n.d.	Nichols y Rowe, 1977
Mar de Arabia NW	n.d.	15,000	59,700	18,000	Levin <i>et al.</i> , 2000

Abreviatura:

n.d. = dato no disponible

Al alterar los organismos el sedimento mediante la bioturbación promueven la biodeposición de partículas suspendidas y su reintegración al sedimento, al transporte de agua intersticial y de los solutos asociados (Parsons *et al.*, 1984). Los procesos más relacionados con las modificaciones físicas del sedimento incluyen la alimentación selectiva en la interfase sedimento-agua, el grado de movilidad, la talla, la profundidad de excavación y la densidad de los organismos. La distribución de la macrofauna se debe en parte a la intensa actividad en la escala pequeña (Cosson *et al.*, 1997) ya que la construcción de galerías incide en la estructura de la comunidad al incrementar la supervivencia de muchas especies pequeñas al promover la oxigenación del sedimento profundo por irrigación y al cambiar las condiciones bioquímicas del sedimento (Gerino *et al.*, 1995). Por otro lado dicha distribución variable en la escala pequeña puede verse estimulada por la presencia de restos de organismos mayores, como peces o mamíferos, los cuales representan una fuente de alimento, aunque rara, que promueve el desarrollo de la comunidad que ahí se encontrará o

incluso la formación de una nueva comunidad; lo mismo ocurre con las mudas de crustáceos que representan una fuente de alimento para las bacterias degradadoras de quitina, las cuales a su vez se convertirán en fuente de alimento disponible para la infauna (Lalli y Parsons, 1993).

Lo anterior puede explicar la variedad de grupos taxonómicos en este estudio y como esta variedad se mantiene en diferentes zonas batimétricas. Los organismos con estrategias de alimentación diferentes incluyeron poliquetos con una alimentación estrictamente carnívora (como los silidos y los eunicidos), aquellos con alimentación directa del sedimento (como los capitélidos y los ofétidos), los que se alimentan indirectamente de material depositado (como los ciratúlidos y los espionidos). En cuanto a los crustáceos, se registraron aquellos grupos rapaces (tanaidáceos) los que se alimentan indirectamente del material depositado (curmáceos) y los que lo hacen de manera directa sobre la carroña (isópodos). La mayoría de estos grupos ejercen una influencia directa sobre el sedimento permitiendo la presencia de una diversidad de organismos al desarrollar un sustrato heterogéneo que permite la presencia de más especies pequeñas en los intersticios (Thistle y Eckman, 1990). Aunque hay que tener en cuenta que dicha heterogeneidad también responde a la estacionalidad y a los pulsos en el suministro de alimento combinados con la hidrodinámica y la topografía (Palmer *et al.*, 1996; Cossou *et al.*, 1997).

La velocidad del flujo de agua modifica la comunidad bántica tanto directa como indirectamente a través de la alteración de otros factores ambientales (Gage, 1996) que incluyen aquellos resultado del intercambio químico entre sedimentos y la columna de agua, los procesos geofísicos incluyendo el transporte de partículas en la zona del borde bántico e incluso modificando procesos biológicos como el crecimiento de poblaciones bacterianas autotróficas y heterotróficas, la regulación de niveles de competencia, depredación y estrés fisiológico y el reclutamiento (Levin *et al.*, 2001) así como a las estrategias de alimentación (Taghon y Greene, 1992).

La alteración del pieo marino por procesos físicos como la resuspensión puede cambiar la estructura de los sedimentos influyendo indirectamente sobre la riqueza de grupos y la abundancia relativa de estos debido a la homogenización del hábitat (Levin *et al.*, 2001). A manera de conclusión, a mayor energía de las corrientes mayor será la velocidad y las partículas del sedimento que son removidas serán mayores llegando a interrumpir la alimentación de los organismos, transportándolos e incluso cambiando la comunidad a otro punto de estabilidad (Paterson y Lamshead, 1995). La energía de las corrientes está ligada a

la profundidad siendo la energía en el fondo usualmente mayor en áreas someras y decreciendo conforme la distancia entre la superficie y el fondo se incrementa (Bergen *et al.*, 2001).

Se ha visto entonces que la variación de la comunidad béntica va a responder a diversos factores, en el caso de este estudio podemos decir que las diferencias encontradas en la densidad y la biomasa entre ambas campañas y entre las zonas de plataforma y reborde continental y plataforma y talud superior de la campaña PROMEBIO I pueden deberse, en el primer caso, a los cambios observados en la concentración de clorofilas, que como ya se ha manejado, nos da una idea de la cantidad de alimento que se encuentra disponible para la comunidad; también pueden estar relacionadas con las descargas de los ríos, las cuales en el caso de la campaña PROMEBIO III de alguna manera nos explican las altas concentraciones de clorofilas en las zonas más someras.

En cuanto a las diferencias encontradas dentro de las zonas reconocidas en la campaña PROMEBIO I estas pueden estar relacionadas a la distancia de la línea de costa y a la amplitud de la plataforma ya que ambos factores están ejerciendo una influencia directa sobre la cantidad del alimento; incluso es posible explicar estas variaciones en función de las fluctuaciones que se dan en la escala pequeña dentro del área (Soto-González y Escobar-Briones, 1995) las cuales están relacionadas con la intrusión oceánica, con los afluentes de los ríos y con las características sedimentológicas de la zona.

Se puede establecer a partir de los resultados de este estudio que la densidad, la biomasa y la estructura de la comunidad béntica puede variar, además de con el cambio en los factores ambientales o biológicos, en respuesta a los cambios locales y temporales ya que las modificaciones que se generan en una escala menor van a propiciar cambios en cascada que modificarán en conjunto a los procesos locales y a la comunidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Conclusiones

- Las características del sedimento variaron en la campaña PROMEBIO I de 1.02 a 1.47% de carbono orgánico; de 1.80 a 2.40% de materia orgánica; de 42 a 772 mgChl·m⁻³; de 22 a 7 °C y de un limo medio a un limo muy fino. En la campaña PROMEBIO III variaron de 0.52 a 1.56% carbono orgánico; de 1.20 a 2.85 % de materia orgánica; de 280 a 1,039 mgChl·m⁻³; de 21 a 5 °C y de un limo fino a arcillas.
- Las características de la columna de agua variaron en la campaña PROMEBIO I de una salinidad de 34.63 a 36.61 ups y de una concentración de oxígeno disuelto de 4.33 a 2.27 mg·L⁻¹. En la campaña PROMEBIO III variaron de una salinidad de 34.77 a 36.31 ups; 0.011 a 0.021 mgChl·L⁻¹ en el agua superficial y de 0.003 a 0.164 mgChl·L⁻¹ en el agua de fondo.
- Los componentes faunísticos que representaron mas del 90% de la densidad y de la biomasa en ambas campañas fueron los anélidos, los nemátodos y los crustáceos.
- A mayor profundidad los diferentes grupos taxonómicos se distribuyeron más heterogéneamente mientras que en las zonas más someras se observó la sobreexpresión numérica de los anélidos. Los crustáceos tendieron a aumentar sus valores de densidad en la campaña PROMEBIO I y de densidad y biomasa en la campaña PROMEBIO III, hacia la zona más profunda.
- La densidad promedio registrada en la campaña PROMEBIO III fue dos veces superior a la registrada en la campaña PROMEBIO I; mientras que la biomasa promedio registrada en la campaña PROMEBIO III fue cinco veces superior a la registrada en la campaña PROMEBIO I.
- En la campaña PROMEBIO I la densidad promedio superior (721 ± 257 ind·m⁻²) se registró en la plataforma continental y la inferior (254 ± 33 ind·m⁻²) en el talud superior; en el caso de la campaña PROMEBIO III la densidad promedio superior (2568 ± 739 ind·m⁻²) se registró en el talud medio y la inferior (487 ± 72 ind·m⁻²) en la zona de transición entre la plataforma y el talud.

- En la campaña PROMEBIO I la biomasa promedio superior ($377 \pm 86 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) se registró en la plataforma continental y la inferior ($96 \pm 59 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) en la zona de transición entre la plataforma y el talud; en el caso de la campaña PROMEBIO III la biomasa promedio superior ($3,788 \pm 3,577 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) se registró en el talud medio y la inferior ($227 \pm 102 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) en la zona de transición entre la plataforma y el talud.
- Se reconoció que la composición taxonómica fue diferente en ambas campañas.
- Tanto los valores de densidad como de biomasa tuvieron una correlación baja con los diversos parámetros ambientales estudiados, siendo las correlaciones más significativas las que se presentaron con la profundidad y con el porcentaje de carbono orgánico.
- Este estudio concluye que la estructura de la comunidad béntica, la densidad y la biomasa varían en forma dinámica en respuesta a cambios locales y estacionales. Las modificaciones en uno o varios factores no son lineales y propician cambios en cascada que al unirse modifican a la comunidad béntica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LITERATURA CITADA

(Formato de Deep-Sea Research)

- Alatorre, M.A., Ruiz, F. y Salas de León, D.A. (1989) Efectos del paso de frentes atmosféricos sobre la Bahía de Campeche. In: González, J., Medina, F., Romo, M. y Martínez, M. (Eds.) *Memorias de la Reunión de la Unión Geofísica Mexicana*, 1987. pp. 186-193.
- Alperin, M.J., Martens, C.S., Albert, D.B., Suayah, I.B., Benninger, L.K., Blair, N.E. y Jahnke, R.A. (1999) Benthic fluxes and porewater concentration profiles of dissolved organic carbon in sediments from the North Carolina continental slope. *Geochim Cosmochim Acta*. 63(3-4):427-448.
- Amieva-Obregón, M.P. (1996) Los poliquetos (Anélida: Polychaeta) de los órdenes Orbiniida, Spionida y Cossurida, asociados a los abanicos costeros de los principales ríos del Golfo de México: taxonomía, distribución, abundancia y algunos aspectos biogeográficos. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 124 pp.
- Anderson, R.F., Rowe, G.T., Kemp, P.F., Trumbore, S. y Biscaye, P.E. (1994) Carbon budget for the mid-slope center of the Middle Atlantic Bight. *Deep-sea Res.* 41:669-703.
- Ansañ, Z.A., Ingole, B.S. y Parulekar, A.H. (1986) Effect of high organic enrichment of benthic polychaete population in an estuary. *Mar. Poll. Bull.* 17(8):361-365.
- Antoine, J.W. (1972) Structure of the Gulf of México. In: Rezac, R. y Henry, V.J. (Eds.). *Contributions on the geological and geophysical oceanography of the Gulf of Mexico*. Vol. 3. Texas A&M University. pp. 1-34.
- Ayala-Castañares, A. y Gutiérrez-Estrada, M. (1990) Morfología y sedimentos superficiales de la plataforma continental frente a Tabasco y Campeche. *México, An. Inst. Cien. del Mar y Limnol. Universidad Nacional Autónoma de México*. 17(2):163-190.
- Bergen, M., Wieberg, S.B., Smith, R.W., Cadien, D.B., Dalkey, A., Montagne, D.E., Stull, J.K., Velarde, R.G. y Ranasinghe, J.A. (2001) Relationship between depth, sediment, latitude, and the structure of benthic infaunal assemblages on the mainland shelf of southern California. *Mar. Biol.* 138:637-647.
- Boon, A.R. y Duineveld, G.C.A. (1998) Chlorophyll a as a marker for bioturbation and carbon flux in southern and central North-Sea sediments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 162:33-43.
- Boon, A.R., Duineveld, G.C.A. y Kok, A. (1999) Benthic organic matter supply and metabolism at depositional and non-depositional areas in the north sea. *Est. Coast. Shelf Sci.* 49:747-761.
- Borja-Espejel, M. (1998) Anfibios de la plataforma continental del Golfo de México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 67 pp.
- Bousfield, E.L. (1973) Shallow-water gammaridean amphipoda of New England. Cornell University Press. London. 290 pp.

- Brown, B. (1991) Biomass of deep-sea benthic communities: polychaetes and other invertebrates. *Bull. Mar. Sci.* 48(2):401-411.
- Brusca, R. y Brusca, G. (1990) Invertebrates. Sinauer Assoc. Inc. Pub. Sunderland, M.A. 922 pp.
- Buscail, R., Pocklington, R., Daumas, R. y Guidi, L. (1990) Fluxes and budget of organic matter in the benthic boundary layer over the northwestern Mediterranean margin. *Cont. Shelf Res.* 10(9-11):1089-1122.
- Carranza-Edwards, A.L., Rosales-Hoz, A. y Monreal-Gómez, A. (1993) Suspended sediments in the southeastern Gulf of Mexico. *Marine Geology.* 112:257-269.
- Castañeda-Sarabia, O. (1996) Contribución al conocimiento del macrobenthos de la infauna del margen continental del Golfo de México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 85 pp.
- Christensen, H. y Kanneworff, E. (1986) Sedimentation of phytoplankton during a spring bloom in the resound. *Ophelia.* 26:109-122.
- Cook, A.A., Lamshead, P.J.D., Hawkins, L.E., Mitchell, N. y Levin, L.A. (2000) Nematode abundance at the oxygen minimum zone in the Arabian Sea. *Deep-sea Res. II* 47:75-85.
- Cosson, N., Sibuet, M. y Galeron, J. (1997) Community structure and spatial heterogeneity of the deep-sea macrofauna at three contrasting stations in the tropical northeast Atlantic. *Deep-sea Res.* 44(2):247-269.
- Cruz-Abrego, F.M. (1984) Sistemática y algunos aspectos ecológicos de los moluscos de la Sonda de Campeche. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 123 pp.
- Cruz-Abrego, F.M., Flores-Andolais, F. y Solís-Weiss, V. (1991) Distribución de moluscos y caracterización ambiental en zonas de descargas de aguas continentales del Golfo de México. *Ann. Inst. Cienc. Mar. Limnol. UNAM.* 18(2)
- Czitrom-Baus, S.P., Ruiz, F., Alatorre-Mendieta, M.A. y Padilla-Pilotz, A.R. (1986) Preliminary study of a front in the Bay of Campeche, Mexico In: Nihoul, J.C.J. (Ed.). *Marine Interfaces Ecohydrodynamics. Elsevier Oceanography Series.* 42:291-311.
- Díaz-Aguilar, C. (2001) Patrón de distribución de la riqueza taxonómica, densidad y biomasa de la meiofauna en un gradiente batimétrico del sector occidental del Golfo de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 61 pp.
- Díaz, R.J. y Rosenberg, R. (1995) Marine benthic hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.* 33:245-303.
- Dortch, Q., Rabalais, N.N., Turner, R.E. y Rowe, G.T. (1994) Respiration rates and hypoxia on the Louisiana Shelf. *Estuaries.* 17(4):862-872.
- Duplisea, D.E. y Drgas, A. (1999) Sensitivity of a benthic, metazoan, biomass size spectrum to differences in sediment granulometry. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 177:73-81.

- Escobar-Briones, E., López, M., Soto, L.A. y Signoret, M. (1997) Densidad y biomasa de la meiofauna del talud continental superior en dos regiones del Golfo de México. *Cienc. Mari.* 23(4):463-489.
- Escobar-Briones, E. y Soto-González, L.A. (1997) Continental shelf benthic biomass in the western Gulf of Mexico. *Cont. Shelf. Res.* 17:585-604.
- Escobar-Briones, E., Signoret, M. y Hernández, D. (1999) Variación de la densidad de la irfauna macrobéntica en un gradiente batimétrico: Oeste del Golfo de México. *Cienc. Mari.* 25:193-212.
- Escobedo-Bonilla, C.M. (1994) Algunos aspectos ecológicos de las comunidades bentónicas del superorden peracárida (Crustácea: Malacostraca) en la plataforma continental del Golfo de México en el otoño de 1990. Tesis Profesional, ENEP-Iztacala, UNAM. México.
- 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.
- Etter, R.J. y Grassle, F. (1992) Patterns of species diversity in the deep sea as a function of sediment particle size diversity. *Nature.* 360:576-578.
- Falcón, L.I. (1998) Consumo de oxígeno y biomasa de la irfauna del ambiente de plataforma continental del suroeste del Golfo de México y Península de Yucatán. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 78 pp.
- Fauchald, K. (1977) The polychaete worm: definitions and keys to the orders, families and genera. *Nat. Hist. Mus. Los Angeles. Sci. Ser.* 28:1-190.
- Field, J.G., Clarke, K.R. y Warwick, R.M. (1982) A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 8:37-52.
- Folk, R.L. (1969) Petrology of sedimentary rocks. Hemphill. Austin, Texas. 182 pp.
- Fütterer, D. (2000) The solid phase of marine sediments. In: Schulz, H.D. y Zabel, M (Eds.). *Marine Geochemistry.* I Springer-Verlog, Berlin. p 1-25.
- Gage, D.J. y Tyler, P.A. (1991) Deep sea biology a natural history of organisms at the deep sea floor. Cambridge Univ. Press. 504 pp.
- Gage, D.J. (1996) Why are there so many species in deep-sea sediments? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 200:257-286.
- Galtsoff, P.S. 1954. Gulf of Mexico. Its origin, waters and Marine life. Fishery Bulletin of the fish and Wildlife Service. Vol. 55. USA, Washington. Fish. Bull. 89. 604 pp.
- Gerino, M., Stora, G., Poydenot, F. y Bourcier, M. (1995) Benthic fauna and bioturbation on the Mediterranean continental slope: Toulon Canyon. *Cont. Shelf Res.* 15(11-12):1483-1496.
- Gio-Argáez, F.R. (2000) Distribución y sistemática de los ostrácodos de la Bahía de Campeche, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. 109 pp.

- Gómez-Rojas, J.C. (1998) Distribución y abundancia de la fauna poliquetológica (Anélida) localizada frente a la zona costera de Tabasco y Campeche (Golfo de México). Tesis Profesional, ENEP-Iztacala, UNAM, México.
- González-Macias, M.C. (1989) Las comunidades bentónicas y su relación con afloramientos naturales de hidrocarburos en el Golfo de México: Crucero CHAPO I. Universidad y Ciencia. 6(11):17-28.
- Granados-Barba, A. (1991) Algunos aspectos ecológicos de los Anélidos Poliquetos (Orden: Eunicida), de la región de plataformas petroleras y áreas adyacentes en la Sonda de Campeche, Golfo de México. Tesis Profesional, ENEP-Iztacala, UNAM, México. 99 pp.
- Granados-Barba, A. (1994) Estudio sistemático de los poliquetos (Anélida: polychaeta) de la región de plataformas petroleras del sur del Golfo de México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 140 pp.
- Granados-Barba, A. (2001) Los poliquetos bénticos de la región petrolera del suroeste del Golfo de México: estructura comunitaria e impacto ambiental. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 149 pp.
- Granados-Barba, A y Solís-Weiss, V. (1994) New records of the polychaetus annelids (Order: Eunicida) from the southeastern Gulf of Mexico. Bull. Mar. Sci., 5482:420-427.
- Gray, J.S. (1981) The ecology of marine sediments. An introduction to the structure and function of benthic communities. Cambridge University Press. 185 pp.
- Harper, E.D., McKinney, L.D., Salzer, R.R. y Case, R.J. (1981) The occurrence of hypoxic bottom water off the upper Texas coast and its effects on the benthic biota. Cont. Mar. Sci. 24:53-79.
- Hansen, J.L.S. y Josefson, A.B. (2001) Pools of chlorophyll and live planktonic diatoms in aphotic marine sediments. Mar. Biol. 139:289-299.
- Hernández-Alcántara, P. y Solís-Weiss, V. (1991) Ecological aspects of the polychaete populations associated with the red mangrove *Rhizophora mangle* at Laguna de Términos, southern part of the Gulf of Mexico. Ophelia suppl. 5:451-462.
- Hernández-Robles, D. (1999) Riqueza taxonómica, densidad y biomasa de la infauna macrobéntica a lo largo de un gradiente batimétrico en el sector occidental del Golfo de México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM, México, 43 pp.
- Honjo, S., Manganini, S.J. y Cole, J.J. (1982) Sedimentation of biogenic matter in the deep ocean. Deep-sea Res. 29(5A):609-625.
- Kennish, M.J. (2001) Practical handbook of marine science. Third edition. CRC Press. USA. 876pp.
- Kensley, B. y Schotte, M. (1989) Guide to the marine isopod crustaceans of the Caribbean. Smithsonian Institution Press. Washington, USA. 308 pp.

- Kranck, K. y Milligan, T.G. (1991) Grain size in oceanography. In: Syvitski, J.P.M. (Ed.). Principles, methods and application of particle size analysis. Cambridge Univ. Press. Cambridge. pp. 332-345.
- Lalli, C.M. y Parsons, T.R. (1993) Biological oceanography. An introduction. Pergamon press. USA. 301 pp.
- Larsen, K. (1999) Deep-sea tanaidaceans (Crustacea: Peracarida) from the Albatross cruises 1885-86 with keys to the suborder Neotanaidomorpha. J. Nat. Hist. 33(8):1107-1132.
- Levin, L.A. y Gage, J.D. (1998) Relationships between oxygen, organic matter and the diversity of bathyal macrofauna. Deep-sea Res. II. 45:129-163.
- Levin, A.L., Huggett, L.C. y Wishner, F.K. (1991) Control of deep-sea benthic gradients in the eastern Pacific Ocean. Mar. Res. 49:763-800.
- Levin, L.A., Gage, J.D., Martin, C. y Lamont, P.A. (2000) Macrobenthic community structure within and beneath the oxygen minimum zone, NW Arabian Sea. Deep-sea Res. II 47:189-226.
- Levin, L.A., Etter, R.J., Rex, M.A., Gooday, A.J., Smith, C.R., Pineda, J., Stuart, C.T., Hessler, R.R. y Pawson, D. (2001) Environmental influences on regional deep-sea species diversity. Annu. Rev. Ecol. Syst. 32:51-93.
- Lewis, D.W. (1984) Practical sedimentology. Hutchinson Ross Publishing. U.S.A. 229 pp.
- Liepper, D.F. (1970) A sequence of current patterns in the Gulf of Mexico. J. Geophys. Res. 75 (3):637-657.
- Llansó, R.J. (1991) Tolerance of low dissolved oxygen and hydrogen sulfide by the polychaete *Streblospio benedicti* (Webster). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 153:165-178.
- Lopez-Granados, E.M. (1993) Estudio ecológico de los poliquetos (Annelida: Polichaeta) de las familias Spionidae, Nephthyidae y Nereididae de la sonda de Campeche, México. Tesis Profesional, ENEP-Iztacala, UNAM. México. 90 pp.
- Lorenzen, C.J. y Jeffrey, S.W. (1980) Determination of chlorophyll in seawater. Report of intercalibration tests. UNESCO 35.
- MacDonald, I.R., Guinasso, N.L., Sassen, R., Brooks, J.M., Lee, L. y Scott, K.T. (1994) Gas hydrate that breaches the sea floor on the continental slope of the Gulf of Mexico. Geology. 22:699-702.
- Manly, B.F.J. (1986) Multivariate statistical methods. A primer. Chapman & Hall. New Zealand. pp. 159.
- McClain, C.R. y Rex, M.A. (2001) The relationship between dissolved oxygen concentration and maximum size in deep-sea turrid gastropods: an application of quantile regression. Mar. Biol. 139:681-685.

- Mendoza-Cantú, M.E. (1994) Estudio geomorfológico de la porción sureste del golfo de México. Tesis Profesional, Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía, UNAM. México. 69 pp.
- Miranda-Vázquez, L.A. (1993) Estudio de las comunidades de poliquetos (Anélida, Polychaeta) de la plataforma continental externa del sur del Golfo de México. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 148 pp.
- Molina-Ruiz, M.A. (1998) Riqueza de especies, abundancia y distribución de crustáceos peracáridos asociados a los principales abanicos costeros del suroeste del Golfo de México. Tesis Profesional, ENEP-Iztacala, UNAM. México. 75 pp.
- Monreal-Gómez, M.A. y Salas de León, D.A. (1990) Simulación de la circulación de la Bahía de Campeche. *Geof. Internacional*. 29(2):101-111.
- Mullins, H.T.; Thompson, J.B.; McDougall, K. y Vercoutere, T.L. (1985) Oxygen-minimum zone edge effects: evidence from the central California coastal upwelling system. *Geology*. 13:491-494.
- Murrell, M.C. y Floeger, J.W. (1989) Meiofauna abundance on the Gulf of México continental shelf affected by hypoxia. *Cont. Shelf Res.* 9(12):1049-1062.
- Nichols, J.W. y Rowe, G.T. (1977) Infaunal macrobenthos of Cap Blanc, Spanish Sahara. *J. Mar. Res.* 35:525-536.
- Nowlin, W.D. (1972) Winter circulation patterns and property distributions. In: Capurro, L.R.A. y Reis, J.L. (Eds.). *Contribution to the physical oceanography of the Gulf of Mexico*. Gulf Publishing Co. Houston, Texas. pp. 3-52.
- Palmer, M.A., Allan, J.D. y Butman, C.A. (1996) Despersal as a regional process affecting the local dynamics of marine and stream benthic invertebrates. *Tree*. 11(8):322-326.
- Paluszkiwicz, T. y Atkinson, L.P. (1983) Observations of a loop current frontal eddy intrusion onto the west Florida shelf. *J. Geophys. Res.* 88(C14):9639-3651.
- Parker, S.P. (1982) *Synopsis and classification of living organisms*. McGraw Hill. Co. pp. 245-249.
- Parsons, T.R., Takahashi, M. y Hargrave, B. (1984) *Biological oceanographic processes*. 3rd. Edition. Butterworth-Heinemann, U.K. pp. 169-247.
- Paterson, G.L.J. y Lamshead, P.J.D. (1995) Bathymetric patterns of polychaete diversity in the Rockall Trough, northeast Atlantic. *Deep-sea Res.* 47(7):1199-1214.
- Pechenik, J.A. (1991) *Biology of the invertebrates*. Wm.C.Brown Publishers. 2nd. Edition. U.S.A. 567 pp.
- Pequegnat, W.E. (1983) *The ecological communities of the continental slope and adjacent regimes of the northern Gulf of Mexico*. Report of Contract AA851-CT1-12. Mineral Management Service, USA. 398 pp.

- Pequegnat, W.E., Gallaway, B.J. y Pequegnat, L.H. (1990) Aspects of the ecology of the deep-water fauna of the Gulf of Mexico. *Amer. Zool.* 30:45-64.
- Pica-Granados, Y. y Pineda-López, R. (1991) Oceanografía física. En: de la Lanza, G. (Comp.). *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor. México. pp. 31-74.
- Ponce-Vélez, M.G., Pineda-López, R. y Pica-Granados, Y. (1991) Oceanografía química. En: de la Lanza, G. (Comp.). *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT Editor. México. pp. 79-111.
- Quetglas, A., Carbonell, A. y Sánchez, P. (2000) Demersal continental shelf and upper slope cephalopod assemblages from the Balearic Sea (North-Western Mediterranean). *Biological aspects of some deep-sea species*. *Est. Coast. and Shelf Sci.* 50:739-749.
- Quintana-Meza, P.I. (1999) Macrocrustáceos de la infauna del ambiente de plataforma continental del oeste del Golfo de México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 65 pp.
- Rabalais, N.N., Carney, R.S. y Escobar-Briones, E. (1999) Overview of continental shelf benthic communities of the Gulf of Mexico. In: Kumpf, H., Dteidinger, K. y Sherman, K. (Eds.) *The Gulf of Mexico large marine ecosystem*. Blackwell science. USA. 740 pp.
- Ramalingeswara-Rao, B. y Veerayya, M. (2000) Influence of marginal highs on the accumulation of organic carbon along the continental slope off western India. *Deep-sea Res. II.* 47:303-327.
- Rex, M.A. (1983) Geographic patterns of species diversity in deep-sea benthos. In: Rowe, G.T. (Ed.). *Deep-Sea Biology. The sea. Vol. 8*. Wiley-Interscience publication. pp. 453-472.
- Ritzrau, W. y Graf, G. (1992) Increase of microbial biomass in the benthic turbidity zone of Kiel Bight after resuspension by a storm event. *Limnol. Oceanogr.* 37(5):1081-1086.
- Roberts, H.H, McBride, R.A. y Coleman, J.M. (1999) Outer shelf and slope geology of the Gulf of Mexico: an overview. In: Kumpf, H., Dteidinger, K. and Sherman, K. (Eds.) *The Gulf of Mexico large marine ecosystem*. Blackwell science. USA. pp. 93-112.
- Rogers, A.D. (2000) The role of the oceanic oxygen minima in generating biodiversity in the deep sea. *Deep-sea Res. II.* 47:119-148.
- Rodríguez-Pliego, P. (1999) Variación de la densidad y la biomasa a lo largo del gradiente batimétrico en el suroeste del Golfo de México. Tesis de licenciatura. ENEP Izcatlala. UNAM. México 49 pp.
- Rodríguez-Villanueva, L.V. (1993) Los poliquetos (Annelida: Polychaeta) de la plataforma continental interna del sur del Golfo de México: abundancia, distribución y diversidad. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 128 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*. J. Wiley, N.Y. 560 pp.
- Rowe, G.T. y Menzel, D.W. (1971) Quantitative benthic samples from the deep Gulf of Mexico with some comments on the measurement of deep-sea biomass. *Bull. Mar. Sci.* 21:556-566.

- Rowe, G.T., Polloni, P.T. y Horner, S.G. (1974) Benthic biomass estimates from the northwestern Atlantic Ocean and the northern Gulf of Mexico. *Deep-Sea Res.* 21:641-650.
- Rowe, G.T., Clifford, C.H. y Smith, K.L. (1977) Nutrient regeneration in sediments off Cap Blanc, Spanish Sahara. *Deep-sea Res.* 24:57-63.
- Rowe, G.T., Polloni, P.T. y Haedrich, R.L. (1982) The deep-sea macrobenthos on the continental margin of the northwest Atlantic Ocean. *Deep-sea Res.* 29(2A):257-278.
- Rowe, G.T., Sibuet, M., Deming, J., Tietjen, J. y Khrpounoff, A (1990) Organic carbon turnover time in deep-sea benthos. *Prog. Oceanog.* 24:141-160.
- Sanders, H.L. (1968) Marine benthic diversity: a comparative study. *Am. Nat.* 102:243-282.
- Salas-Hernández, J.A. (2001) Variación espacial y batimétrica de la biomasa de meiofauna del suroeste del Golfo de México. Tesis de licenciatura. ENEP Iztacala. UNAM. México, 50 pp.
- Salas de León, D.S., Monreal-Gómez, M. A. y Colunga-Enriquez, G. (1992) Hidrografía de la Bahía de Campeche. *Geofísica Internacional.* 31(3):315-323.
- Sánchez-Gil, P., Yáñez-Arancibia, A. y Amezcua-Linares, F. (1981) Diversidad, distribución y abundancia de las especies y poblaciones de peces demersales de la Sonda de Campeche (verano, 1978). *An. Inst. Cienc. del Mar Limnol. UNAM.* 8(1):209-240.
- Shirasago-Germán, B. (1991) Hidrografía y análisis frontogénico en el sur de la Bahía de Campeche. Tesis Maestría, UACPyP - CCH - UNAM. México. 141 pp.
- Shultz, G.A. (1969) How to know the marine isopod crustaceans. Brown Company Publishers. USA. 359 pp.
- Snelgrove, P.V.R. y Butman, C.A. (1994) Animal-sediment relationships revisited: cause versus effect. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.* 32:111-177.
- Solis-Weiss, V., Rodríguez-Villanueva, V., Granados-Barba, A., Ochoa-Rivera, V. Miranda-Vázquez, L., y Hernández-Alcántara, P. (1994) The annelid polychaete populations of the order Eunicida from the southern Gulf of Mexico. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.* 162:559-566.
- Soto-González, L.A. y Escobar-Briones, E. (1995) Coupling mechanisms related to benthic production in the SW of Mexico. pp. 234-242. In: Eleftheriou *et al.* (Ed.) *Biology and Ecology of shallow coastal waters.* 28 EMBS Symposium, Crete, Greek. Publ. Olsen and Olsen, Denmark.
- Stetson, J.L. y Trask, P.D. (1953) The sediments of the western Gulf of Mexico. Part II. Chemical studies of sediments of the western Gulf of Mexico. American Association Petrology and Geophysics. Tulsa, Oklahoma. 566 pp.
- Taghon, G.L. y Greene, R.R. (1992) Utilization of deposited and suspended particulate matter by benthic "interface" feeders. *Limnol. Oceanogr.* 37(7):1370-1391.

- Tahey, T.M., Duineveld, G.C.A., Berghuis, E.M. y Helder, W. 1994. Relation between sediment water fluxes of oxygen and silicate and faunal abundance at continental shelf, slope and deep water stations in the northwest Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 104:119-130.
- Thistle, D. y Eckman, J.E. (1990) The effect of biologically produced structure on the benthic copepods of a deep-sea site. *Deep-sea Res.* 37:541-554.
- Thurman, H.V. (1997) *Introductory oceanography*. Eight edition. Prentice Hall. USA. 544 pp.
- Turner, R.E. y Allen, R.L. (1982) Bottom water oxygen concentration in the Mississippi river delta bight. *Cont. Mar. Sci.* 25:161-172.
- Uchupi, E. (1975) Physiography of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. In: Naim, A.E.M. y Stehili, F.G. (Eds.). *The ocean basins and margins*. Vol. 3. Plenum Press, London. 706 pp.
- Valiella, Y. (1984) *Marine ecological processes*. Springer-Verlag, N.Y. 546 pp.
- Vázquez-Bader, A.R. (1996) *Comunidades de macroinvertebrados bentónicos en el suroeste del Golfo de México*. Tesis Doctoral, UACPY-CCH, UNAM. México. 279 pp.
- Vidal-Lorandi, V.M.V., Vidal-Lorandi, F.V., Hernández-Ochoa, A.F., Meza-Conde, E. y Zambrano-Salgado, L. (1994) *Atlas oceanográfico del Golfo de México*. Vol. II. Grupo de estudios oceanográficos. Instituto de Investigaciones eléctricas, Cuernavaca, Mor. México. 586 pp.
- Vidal, M. y Morgui, J.A. (2000) Close and delayed benthic-pelagic coupling in coastal ecosystems: the role of physical constraints. *Hydrobiologia*. 429:105-113.
- Wheatler, C.P. y Cook, P.A. (2000) *Using statistics to understand the environment*. Routledge. pp. 246.
- Wiseman, W.J. y Sturges, W. (1999) *Physical oceanography of the Gulf of Mexico; Processes that regulate its biology*. In: Kumpf, H., Steidinger, K y Sherman, K. (Eds.) *The Gulf of Mexico large marine ecosystem*. Blackwell science. USA. 704 pp.
- Weston, D.P. (1988) *Macrobenthos-sediment relationships on the continental shelf off Cape Hatteras, North Carolina*. *Cont. Shelf. Res.* 8(3):267-286.
- Yañez-Arancibia, A. y Sánchez-Gil, P. (1983) *Environment behavior of Campeche Sound ecological system, off Terminos Lagoon, Mexico: preliminary results*. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol., UNAM.* 10 (1): 117-136.
- Yañez-Arancibia, A. y Sánchez-Gil, P. (1988) *Caracterización ambiental de la Sonda de Campeche frente a la Laguna de Términos*. En: Yañez-Arancibia, A. y Day, J.W. (Eds.). *Ecología de los ecosistemas costeros del sur del Golfo de México: La región de la Laguna de Términos*. *Inst. Cienc. del Mar Limnol., UNAM. Coastal Ecol. Inst., L.S.U. Editorial Universitaria, México.* pp. 41-50.
- Yañez-Correa, A. (1971) *Procesos costeros y sedimentos recientes de la plataforma continental al sur de la Bahía de Campeche*. *Bol. Soc. Geol. Mexicana.* 32(2): 75-115.

Anexo 1. Densidad (ind·m⁻²) de cada una de las estaciones de la campaña PROMEBIO I

	E51		E52		E64		E65		E66		E78	
	x		x	σ	X	σ	x	σ	x	σ	x	σ
Anélidos	13450	2069	4075	1853	2625	965	2183	1313	6692	1343	1717	469
Nemátodos	2025	738	3383	2719	983	126	2300	1783	1575	651	1625	353
Sipuncúlidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	14
Aplacóforos	0	0	125	50	108	80	0	0	0	0	0	0
Bivalvos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	29
Escafópodos	0	0	0	0	25	43	0	0	33	14	8	14
Gasterópodos	0	0	0	0	0	0	0	0	8	14	0	0
Anfipodos	8	14	0	0	25	25	17	14	33	14	17	29
Copépodos	583	288	1125	671	167	118	92	76	117	101	58	14
Cumáceos	0	0	17	14	0	0	0	0	33	38	0	0
Isópodos	0	0	58	101	67	29	42	52	0	0	33	38
Ostrácodos	192	104	375	87	225	164	67	95	400	270	75	25
Tanaidáceos	0	0	42	14	200	175	42	38	183	52	142	38
Ofiuros	25	25	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0
Kinorincos	0	0	8	14	0	0	0	0	0	0	0	0

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Anexo 2. Biomasa ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) de cada una de las estaciones de la campaña PROMEBIO I

	E51		E52		E54		E55		E66		E78	
	X	σ	X	σ	X	σ	X	σ	X	σ	X	σ
Anélidos	7027	1847	3853	1014	1303	428	907	498	4335	1169	1417	98
Nemátodos	255	170	652	627	142	49	312	245	113	49	142	49
Sipuncúlidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	49
Aplacóforos	0	0	85	0	113	49	0	0	0	0	0	0
Bivalvos	0	0	0	0	28	49	0	0	0	0	28	49
Escalípodos	0	0	0	0	28	49	0	0	85	0	28	49
Gasterópodos	0	0	0	0	0	0	0	0	28	49	0	0
Anfípodos	28	49	0	0	57	49	57	49	198	98	28	49
Copépodos	142	49	142	98	113	49	85	0	85	0	85	0
Cumáceos	0	0	57	49	0	0	0	0	57	49	0	0
Isópodos	0	0	28	49	85	0	57	49	28	49	57	49
Ostrácodos	113	49	198	49	113	49	57	49	255	225	85	0
Tanaidáceos	0	0	85	0	227	245	57	49	85	0	142	98
Ofiuros	57	49	85	85	0	0	0	0	0	0	0	0
Kinonincos	0	0	28	49	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 3. Densidad (ind·m⁻²) de cada una de las estaciones de la campaña PROMEBIO III

	E23		E25		E26		E27		E28		E29		E30		E31	
	x	σ	x	σ	x	σ	X	σ	x	σ	x	σ	x	σ	x	σ
Anélidos	14725	5462	5413	2264	3050	1754	15750	3123	5850	3843	3600	138	5263	3896	6788	1067
Nemátodos	3925	3113	23288	17191	1613	866	5288	1304	1838	450	2225	487	1050	572	1225	210
Sipuncúlidos	13	14	13	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equinodermos	38	25	13	14	0	0	25	29	0	0	13	14	0	14	0	0
Aplacóforos	113	109	50	52	100	52	475	181	75	25	150	138	38	88	125	63
Bivalvos	13	14	0	0	0	0	63	66	0	0	0	0	0	0	0	0
Escafópodos	25	14	50	52	0	0	25	25	13	14	0	72	38	14	50	29
Gasterópodos	25	14	0	0	0	0	38	25	0	0	0	0	13	14	0	0
Artrópodos	438	260	22288	11933	638	494	1188	832	288	217	325	118	288	151	238	90
Copépodos	438	123	700	126	138	38	1925	594	675	651	775	202	638	572	788	319
Cumáceos	50	38	0	0	0	0	63	72	13	14	13	14	0	0	13	14
Isópodos	0	0	0	0	25	14	325	328	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostrácodos	263	376	100	63	0	0	913	52	175	520	413	347	225	63	388	118
Tanaidáceos	13	14	63	14	175	63	225	218	625	275	263	109	300	300	63	66
Estomatópodos	0	0	13	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 4. Biomasa ($\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$) de cada una de las estaciones de la campaña PROMEBIO III

	E23		E25		E26		E27		E28		E29		E30		E31	
	x	σ	x	σ	x	σ	x	σ	x	σ	x	σ	x	σ	x	σ
Anélidos	63325	56445	12155	11333	4463	1403	14705	3863	3655	2411	1785	644	10753	9819	6503	2635
Nemátodos	255	595	1403	723	723	553	213	49	170	49	425	98	170	98	128	49
Sipuncúlidos	85	98	43	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equinodermos	468	273	43	49	0	0	43	49	0	0	43	49	0	294	0	0
Aplósiforos	213	177	43	49	255	85	383	130	170	85	85	0	128	214	85	0
Bivalvos	7183	8294	0	0	0	0	85	8343	0	0	0	0	0	0	0	0
Escafópodos	85	49	43	49	0	0	43	49	43	49	0	49	85	0	85	0
Gasterópodos	425	245	0	0	0	0	3655	3930	0	0	0	0	43	49	0	0
Antípodos	638	531	71103	44589	723	736	723	273	340	85	128	49	425	273	383	214
Copépodos	255	196	170	49	85	0	765	49	213	147	638	177	128	49	85	0
Cumáceos	85	49	0	0	0	0	85	98	43	49	43	49	0	0	43	49
Isópodos	0	0	0	0	85	49	43	49	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostrácodos	85	245	85	49	0	0	765	49	85	294	383	322	85	294	255	85
Tanaidáceos	43	49	255	196	85	0	85	491	128	49	85	196	170	383	170	177
Estomatópodos	0	0	43	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 5. Valores de la correlación múltiple de Spearman realizada con los factores ambientales de la campaña PROMEBIO I.

	N	R	T (N-2)	P-level
PROF y PROF				
PROF y Temp.	6	-.8827	-3.7574	.0188 *
PROF y SAL	6	-.9429	-5.6595	.0048 *
PROF y CARBONO	6	-.3714	-.8001	.4685
PROF y M.O.	6	-.02942	-.0589	.9559
PROF y CLORSED	6	-.6000	-1.5000	.2080
PROF y SED	6	.5429	1.2928	.2657
Temp. y PROF	6	-.8827	-3.757	.01882 *
Temp. y Temp.				
Temp. y SAL	6	.7945	2.6163	.05903 *
Temp. y CARBONO	6	.7062	1.9948	.1168
Temp. y M.O.	6	.4545	1.0206	.3651
Temp. y CLORSED	6	.8827	3.7574	.01882 *
Temp. y SED	6	-.3531	-.7548	.4924
SAL y PROF	6	-.9429	-5.6595	.00480 *
SAL y Temp.	6	.7945	2.6163	.05803 *
SAL y SAL				
SAL y CARBONO	6	.4286	.9487	.3965
SAL y M.O.	6	-.0883	-.1772	.8679
SAL y CLORSED	6	.5429	1.2928	.2657
SAL y SED	6	-.4857	-1.1113	.3287
CARBONO y PROF	6	-.3714	-.8001	.4685
CARBONO y Temp.	6	.7062	1.9948	.1168
CARBONO y SAL	6	.4286	.9487	.3965
CARBONO y CARBONO				
CARBONO y M.O.	6	.7356	2.1719	.0956
CARBONO y CLORSED	6	.8857	3.8158	.0188 *
CARBONO y SED	6	.0857	.1721	.8717
M.O. y PROF	6	-.0294	-.0589	.9559
M.O. y Temp.	6	.4545	1.0206	.3651
M.O. y SAL	6	-.0883	-.1772	.8679
M.O. y CARBONO	6	.7356	2.1719	.0956
M.O. y M.O.				
M.O. y CLORSED	6	.7356	2.1719	.0956
M.O. y SED	6	.3237	.6842	.5315
CLORSED y PROF	6	-.6000	-1.5000	.2080
CLORSED y Temp.	6	.8827	3.7574	.0188 *
CLORSED y SAL	6	.5429	1.2928	.2657
CLORSED y CARBONO	6	.8857	3.8158	.0188 *
CLORSED y M.O.	6	.7356	2.1719	.0956
CLORSED y CLORSED				
CLORSED y SED	6	.0857	.1721	.8717
SED y PROF	6	.5429	1.2928	.2657
SED y Temp.	6	-.3531	-.7548	.4924
SED y SAL	6	-.4857	-1.1113	.3287
SED y CARBONO	6	.0857	.1721	.8717
SED y M.O.	6	.3237	.6842	.5314
SED y CLORSED	6	.0857	.1721	.8717
SED y SED				

* correlaciones significativas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Anexo 6. Valores de la correlación múltiple de Spearman realizada con los factores ambientales de la campaña PROMEBIO III.

	N	R	t(N-2)	p-level
PROF y PROF				
PROF y Temp.	8	-.9701	-9.7868	.000085 *
PROF y SAL	8	-1.000		
PROF y CARBONO	8	-.0852	-.2344	.8225
PROF y M.O.	8	-.3856	1.0236	.3455
PROF y CLORSED	8	-.8904	-2.3382	.0579 *
PROF y SED	8	.4819	1.3474	.2265
Temp. y PROF	8	-.9701	-9.7868	.000085 *
Temp. y Temp.				
Temp. y SAL	8	.9701	9.7868	.000085 *
Temp. y CARBONO	8	-.0599	-.1469	.8879
Temp. y M.O.	8	-.4667	-1.2925	.2437
Temp. y CLORSED	8	.6108	1.8895	.1077
Temp. y SED	8	-.5104	-1.4538	.1982
SAL y PROF	8	-1.0000		
SAL y Temp.	8	.9701	9.7868	.000065 *
SAL y SAL				
SAL y CARBONO	8	.0952	.2343	.8225
SAL y M.O.	8	-.3856	-1.0236	.3455
SAL y CLORSED	8	.6905	2.3382	.0579 *
SAL y SED	8	-.4819	-1.3474	.2265
CARBONO y PROF	8	-.0952	-.2344	.8225
CARBONO y Temp.	8	-.0599	-.1469	.8879
CARBONO y SAL	8	.0952	.2344	.8225
CARBONO y CARBONO				
CARBONO y M.O.	8	.8073	3.3507	.0154 *
CARBONO y CLORSED	8	.0476	.1168	.9108
CARBONO y SED	8	-.2537	-.6424	.5444
M.O. y PROF	8	-.3856	1.0236	.3455
M.O. y Temp.	8	-.4667	-1.2925	.2437
M.O. y SAL	8	-.3856	-1.0236	.3455
M.O. y CARBONO	8	.8073	3.3507	.0154 *
M.O. y M.O.				
M.O. y CLORSED	8	-.2771	-.7065	.5064
M.O. y SED	8	-.0128	-.0315	.9759
CLORSED y PROF	8	-.8905	-2.3381	.0579 *
CLORSED y Temp.	8	.6108	1.8895	.1077
CLORSED y SAL	8	.8905	2.3382	.0579 *
CLORSED y CARBONO	8	.0476	.1168	.9108
CLORSED y M.O.	8	-.2771	-.7065	.5064
CLORSED y CLORSED				
CLORSED y SED	8	.2283	.5744	.5886
SED y PROF	8	.4819	1.3474	.2265
SED y Temp.	8	-.5104	-1.4538	.1982
SED y SAL	8	-.4819	-1.3474	.2265

SED y CARBONO	8	-.2537	-.6424	.5444
SED y M.O.	8	-.0128	-.0315	.9759
SED y CLORSED	8	.2283	.5744	.5866
SED y SED				

* correlaciones significativas

Abreviaturas utilizadas en ambas campañas:

PROF = profundidad.

Temp. = temperatura del sedimento.

SAL = salinidad del agua de fondo.

CARBONO = porcentaje de carbono orgánico en el sedimento superficial.

M.O. = porcentaje de material orgánica en el sedimento superficial.

CLORSED = concentración de clorofilas en el sedimento superficial.

SED = tipo de sedimento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Agradecimientos

- Al apoyo institucional del ICMyL, UNAM durante la gestión del Dr. Adolfo García Gasca.
- Al Dr. Luis A. Soto González, jefe del Laboratorio de Ecología del Bentos en el ICMyL, UNAM, por brindarme el espacio físico y las facilidades para realizar la mayor parte del trabajo en el laboratorio.
- Al Dr. Ismael Ledesma Mateos por el espacio físico en la FES-Iztacala.
- A la tripulación del B/O Justo Sierra por el gran apoyo brindado durante las campañas oceanográficas y por todo el conocimiento que nos regalan en cada una de sus pláticas.
- Al CONACyT por el financiamiento de investigación que cubrió el costo de tiempo de buque en el proyecto G-27777B.
- Al CONACyT por el otorgamiento de la beca de maestría y a la DGEF, UNAM por el otorgamiento de la beca complementaria de maestría, ambas durante el período febrero del 2000 a enero del 2002.
- Al CONACyT por el financiamiento de beca para la conclusión de la tesis de maestría otorgado por el proyecto: "Procesos Oceánicos y Mecanismos de Producción Biológica en el Sur del Golfo de México" , CONACyT G-27777B.
- A la Dra. Elva Escobar Briones por la correcta dirección del presente trabajo.
- A los miembros del Comité Tutoral: Dra. Ma. Antonieta Aladro Lubel, Facultad de Ciencias; Dra. Vivianne Solís Weias y Dr. David Salas de León, ambos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, C.U. y Dr. José Luis Carballo Cenizo, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Mazatlán, por sus comentarios, recomendaciones y correcciones al presente trabajo.
- Al Dr. Antonio Z. Márquez García de la UAM-Iztapalapa, por su gran ayuda en la elaboración del análisis de los sedimentos.
- Al Dr. Alejandro Granados Barba por su ayuda en la identificación de los anélidos y por enseñarme la verdad de las instituciones.
- Al Dr. Sergio Cházaro FES-Iztacala, por su invaluable ayuda en la realización de los análisis estadísticos.
- A la M. en C. Diana R. Hernández Robles por su ayuda en la determinación de los Tanalidaceos.
- Al Biol. Carlos Illescas, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM, por su ayuda en la realización del presente trabajo.

82

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

-
- Al Biol. Felipe de Jesús Cruz López por su ayuda en la determinación de los moluscos.
 - A los Biol. Laura Peralta y Luis Oseguera por su ayuda en la realización de los análisis de clorofilas y por molerse las manos conmigo.
 - Al Biol. Cesar Ordóñez Salanueva por su apoyo para la realización de los análisis estadísticos.
 - Al Biol. Luis A. Hernández por su confianza para ingresar al cuerpo docente de la FES-Iztacala
 - Al Dr. Ismael Ledesma Mateos, al M. en F.C. Fabricio González Soriano y al M. en H. Rafael Guevara Fefer por darme la oportunidad de conocer y comprender como trabaja esta cosa que llamamos "ciencia" y por las mejores pláticas que he tenido y escuchado.
 - A mis alumnos.
 - A Georgina, Nohemí, Iván, Fabricio y Cesar por el apoyo en cuerpo y alma que permite que las cosas sigan girando.
 - A los observadores estelares del B/O Justo Sierra por los inolvidables momentos.
 - A mis compañeros de laboratorio: Diana, Citlali, Zusette, Brenda, Erika, Antonio, Manuel y Alejandro porque aunque las circunstancias nos separen seguiremos siempre juntos.
 - Al Dr. David A. Salas de León por enseñarme que la vida hay que disfrutarla, vivirla y pedirle más día tras día.
 - A mis padres, Margarita y Antonio, porque siguen aquí apoyándome día con día, por todo su cariño y su confianza y sobre todo por su infinita paciencia.
 - A Circe porque da sentido a muchas de las cosas que realizo; por su compañía en las largas noches y en los días difíciles.
 - A Fabricio porque a pesar de todo es, ha sido y será de lo mejor de mi vida. ¡Vamos, pronto todo se hará realidad!

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN