

122



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES IZTACALA

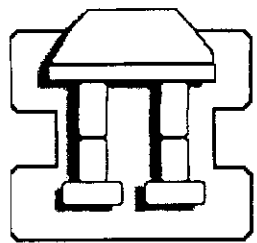
VARIACION ESPACIAL Y BATIMETRICA DE LA BIOMASA DE MEIOFAUNA DEL SUROESTE DEL GOLFO DE MEXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A
JUAN ANTONIO SALAS HERNANDEZ



291081

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. ELVA G. ESCOBAR BRIONES



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MEXICO

2001

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



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.

*Dedico este trabajo*

*a Mis Padres*

*(María S. Hernández A. y Marcos J. Salas C.)*

*Gracias Totales.*

*Los sueños se alcanzan*

*cuando damos alas a los deseos*

*para poder volar.*

*Y cuando volteamos hacia atrás*

*para ver el trabajo realizado,*

*nos damos cuenta*

*que puede representar*

*sólo el principio*

*de un interminable final.*

*J.A.S.H.*

## Indice

Indice de cuadros.....	i
Indice de figuras.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Introducción.....	1
Antecedentes.....	5
Area de estudio.....	7
Objetivos.....	10
Hipótesis y Fundamento.....	10
Material y Método.....	11
Trabajo de campo.....	11
Trabajo de gabinete.....	11
Resultados.....	14
Parámetros ambientales.....	14
Zonación.....	16
Estructura de la comunidad.....	16
Composición taxonómica.....	16
Densidad.....	21
Biomasa.....	28
Discusión.....	34
Conclusiones.....	40
Literatura citada.....	41
Apéndices.....	47
I.- Valores de la abundancia promedio por estación.....	47
II.- Valores de la densidad (ind.m <sup>2</sup> ) promedio por estación.....	48
III.- Valores de la biomasa (gC.m <sup>2</sup> ) promedio.....	49
Agradecimientos.....	50

## Indice de cuadros

Cuadro 1. Ubicación y características ambientales de las estaciones de muestreo.....	18
Cuadro 2. Riqueza taxonómica de los organismos en las estaciones de muestreo.....	20
Cuadro 3. Valores promedio de número de taxa, densidad ( $\text{ind.m}^{-2}$ ) y biomasa ( $\text{gC.m}^{-2}$ ) por estación.....	23
Cuadro 4. Composición porcentual de la densidad y biomasa por Phylum en cada zona batimétrica y cada transecto.....	24
Cuadro 5. Datos comparativos de densidad ( $\text{ind.m}^{-2}$ ) y biomasa ( $\text{gC.m}^{-2}$ ) de la meiofauna en diversas zonas del Golfo de México y otras regiones del Océano mundial tropical.....	39

## Índice de figuras

Figura 1. Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo.....	8
Figura 2. Variación de la temperatura, carbono orgánico y materia orgánica a lo largo del gradiente batimétrico.....	15
Figura 3. Análisis de agrupamiento y validación de las zonas reconocidas para la biomasa ( $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$ ) de la meiofauna.....	17
Figura 4. Variación de los valores promedio del número de taxa respecto a la profundidad. Caracterización por su frecuencia y abundancia. Porcentaje acumulativo de la abundancia promedio de los Phyla.....	19
Figura 5. Variación de la densidad promedio ( $\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$ ) de la meiofauna con respecto al gradiente batimétrico y el porcentaje de carbono orgánico.....	25
Figura 6. Porcentaje de densidad ( $\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$ ) que representan globalmente los Phyla dominantes, los grupos dominantes y la proporción copépodos-nemátodos.....	26
Figura 7. Porcentajes de densidad ( $\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$ ) que representan los Phyla dominantes por transecto en cada zona batimétrica.....	27
Figura 8. Variación de la biomasa promedio ( $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$ ) de la meiofauna con respecto al gradiente batimétrico y el porcentaje de carbono orgánico.....	28
Figura 9. Variación espacial y batimétrica de la biomasa ( $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$ ) de la meiofauna en el suroeste del Golfo de México.....	29
Figura 10. Porcentajes de biomasa ( $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}$ ) que representan los Phyla dominantes en cada zona batimétrica y por transecto.....	31
Figura 11. Relación entre la biomasa de la meiofauna y la macrofauna en el suroeste del Golfo de México.....	32
Figura 12. Modelo conceptual de la interacción trófica meiofauna-macrofauna.....	33



---

## RESUMEN

El presente estudio analizó el patrón de la distribución de la biomasa de meiofauna a lo largo del gradiente batimétrico (21-2,230 m) en cuatro transectos desde de la plataforma continental hasta la zona abisal. La meiofauna se obtuvo de la recolecta de sedimento realizada a bordo del B/O Justo Sierra, en la región suroeste del Golfo de México. Los Phyla que contribuyeron con más del 90 % de los valores de biomasa promedio fueron Annelida (42 %), Arthropoda (32 %) y Nematoda (23 %). El valor promedio mayor de biomasa ( $35.1 \pm 42.6 \text{ mgC.m}^{-2}$ ) se registró en la zona de plataforma-reborde continental (zona I) y el mínimo ( $6.0 \pm 7.9 \text{ mgC.m}^{-2}$ ) en la zona de elevación continental-planicie abisal (zona V). La profundidad, hidrodinámica y concentración del carbono orgánico particulado (COP) ejercen una influencia significativa sobre la biomasa de la meiofauna del sistema bentónico del reborde continental y las zonas profundas. En esta región, la depredación ejercida por la macrofauna parece controlar la biomasa de la meiofauna de manera significativa  $B_M = 4.32(B_m) + 14.76$ . Los valores de biomasa reconocidos en el área de estudio mostraron que registros previos son menores que los del presente trabajo, en tanto que otros son mucho mayores, tanto en el Golfo de México como en hábitats similares del océano mundial tropical.





---

## ABSTRACT

The pattern of distribution of meiofaunal biomass was analyzed in a depth gradient (21 to 2,230 m) at four transects that included the continental shelf to the abyssal plain. The meiofaunal samples were obtained from sediment collected on board the R/V Justo Sierra in the southwestern Gulf of Mexico. The Phyla that contributed with more than 90 % of the biomass values were Annelida (42 %), Arthropoda (32 %) and Nematoda (23 %). The largest mean biomass value ( $35.1 \pm 42.6 \text{ mgC.m}^{-2}$ ) was recorded on the continental shelf-shelf break zone (zone I) and the lowest mean biomass value ( $6.0 \pm 7.9 \text{ mgC.m}^{-2}$ ) was recorded on the continental rise-abyssal plain zone (zone V). The depth, the hydrodynamics and the concentration of the particulate organic carbon (POC) exert a significant influence on the meiofaunal biomass of the benthic system in zones from the shelf break to depth. In this geographic region, predation by macrofauna may control the meiofaunal biomass in a significant way  $B_M = 4.32(B_m) + 14.76$ . The biomass values recorded in the area of study are higher than previous records for the Gulf, however the literature presents as well larger values for both the Gulf of Mexico and other similar habitats in the tropical world ocean.



## INTRODUCCION

En la plataforma continental, talud y en la región abisal de los mares, habita una gran diversidad de organismos denominados fauna béntica por su vinculación al sustrato y cuya fuente alimenticia proviene principalmente de la producción que se genera en la columna de agua en la capa eufótica (Vegas, 1980). Estos organismos bénticos están compuestos por grupos diversos de invertebrados que dependen para su nutrición de material alóctono del compartimento pelágico (fotosíntesis) y litoral (carbono orgánico particulado), en su mayor parte y del autóctono (producción bacteriana y metabolitos de la producción secundaria), en menor grado (Soto y Escobar, 1995).

Todos aquellos organismos del bentos que habitan dentro del sedimento se denominan infauna, incluyendo a organismos tanto procariontes como eucariontes; encontrándose aquí tres tallas: microfauna ( $\approx 1\mu\text{m}$ ), meiofauna -término que proviene del griego "meio" que significa pequeño- ( $> 63\mu\text{m} - 0.5\text{ mm}$ ) y macrofauna ( $> 0.5\text{ mm}$ ). La epifauna son todos aquellos organismos que viven sobre el sustrato y que forman parte de la megafauna ( $> 1\text{ cm}$ ) (Wigley y McIntyre, 1964; Rowe, 1983).

Los términos macro y microfauna habían sido ya establecidos, pero no fue sino hasta 1942 que el término "meiofauna" fue usado por Mare para definir una asociación de invertebrados bénticos móviles o semi-sésiles (meiobentos), que se distinguen del macrobentos por su talla mucho más pequeña (Flint y Rabalais, 1981; Higgins y Thiel, 1992; Giere, 1993). La clasificación más aceptada para estos organismos, es la que los separa por los tamaños retenidos en diferentes aperturas de malla de tamices (Thiel, 1975). Esta clasificación varía dependiendo del ambiente estudiado y la anterior es la más usada en estudios del bentos de la plataforma continental. La meiofauna es un componente poco estudiado dentro de las investigaciones bénticas, a pesar del hecho de que los organismos meiobénticos habían sido conocidos desde los primeros días de la microscopía (Giere, 1993).

Hoy en día, la talla límite del meiobentos se basa en los organismos que pasan la malla de  $500\mu\text{m}$  y son retenidos en la de  $54\mu\text{m}$ . Estudios recientes, han sugerido que la apertura de malla inferior debería ser de  $42\mu\text{m}$  para la meiofauna del mar profundo y así poder retener organismos más pequeños (entre ellos nemátodos). La finalidad de lo anterior es para que un gran número de invertebrados bénticos pueda ser considerados en más estudios, así como ampliar el espectro de composición taxonómica de la fauna meiobéntica marina (Giere, 1993).

Por su permanencia en el sedimento y el intervalo de talla que presentan los organismos, se distingue la meiofauna permanente y la temporal (Flint y Rabalais, 1981). El primer tipo se refiere a los organismos que llevan a cabo todo su ciclo de vida en el ambiente intersticial, y el segundo, a aquellos que pasan sólo las fases iniciales de su desarrollo en el sedimento, y al alcanzar etapas de desarrollo posteriores se incorporan a otras categorías (macrofauna y megabentos), según el grupo taxonómico del que se trate (Coull *et al.*, 1982; Navarrete, 1993). Los grupos taxonómicos que integran a la meiofauna son muy variados, se pueden encontrar isópodos, tanaidáceos, poliquetos, anfipodos, nemátodos, copépodos, foraminíferos y grupos menos comunes como los loricíferos y priapulidos, entre otros (Aller y Stupakoff, 1996; López, 1996).

Se ha observado en estudios recientes (De Bovée *et al.*, 1990; Escobar *et al.*, 1997) que los nemátodos, los copépodos harpacticoides y los foraminíferos son los componentes más abundantes y debido a su gran sensibilidad, rápida reacción a los cambios ambientales (1 semana a 2 meses), su reducida movilidad y su estrategia reproductiva permiten caracterizar el efecto de las perturbaciones en el bentos.

La variabilidad y abundancia de la infauna meiobéntica pueden estar correlacionadas a la influencia de diversos factores ambientales (De Morais y Bodiou, 1984; Thistle, 1988), entre los que destacan la profundidad de la columna de agua (Levinton, 1995) y la cantidad y calidad de la materia orgánica (Tietjen, 1984; De Bovée *et al.*, 1990). El meiobentos presenta un patrón característico de disminución exponencial de la densidad y la biomasa con el incremento de la profundidad (Rowe, 1983), ocasionando ésta la baja cantidad y calidad del alimento disponible para la comunidad, ya que a mayor distancia de la costa habrá una producción primaria más baja (Gage y Tyler, 1991), un alcance del aporte terrígeno menor y, por consiguiente una depositación menor en el fondo (McConaughey, 1978).

Así mismo, el tipo de sedimento en el que habita la infauna tiene influencia sobre la comunidad, ya que éste no sólo varía en el tamaño de las partículas y de espacios intersticiales, sino también en factores como el contenido de materia orgánica. La relación entre el individuo y el sustrato involucra una selección de la larva o del adulto para establecer sitios adecuados para el desarrollo de las poblaciones (Gray, 1974).

En el ambiente de plataforma, la fuente alimenticia principal del bentos son los aportes costeros de carbono orgánico particulado (COP) y nitrógeno orgánico particulado (NOP) aunados al aporte de partículas procedentes de la columna de agua. Conforme aumenta la profundidad y la distancia a la costa, el alimento llega al talud continental y planicie abisal a través del transporte escalonado dependiendo de la producción primaria y secundaria de la columna de agua (Rowe, 1983; López, 1996). El aporte terrígeno de materia orgánica y

detritus costero en forma de restos de macro o microalgas que en la plataforma continental aumentan la producción primaria hasta niveles de 100 a 300  $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$  (Mann, 1982), constituye una entrada rápida de materia y energía hacia el fondo marino (Griggs *et al.*, 1969; Gage, 1996). Dentro de los materiales que se aportan, hasta en un 30 por ciento por debajo de la zona eufótica, se puede mencionar a organismos del fitoplancton vivos o muertos, las heces fecales de copépodos y peces pelágicos, las mudas del zooplancton y los cadáveres de animales planctónicos o nectónicos (McLusky y McIntyre, 1988; Marshall, 1973). Los organismos del bentos que no tienen la capacidad de migrar verticalmente con fines alimenticios y que dependen de la llegada exógena de partículas alimenticias al fondo, son en su mayor parte componentes del meiobentos (Maya, 1993).

La importancia del estudio de la meiofauna, radica en el papel ecológico que juega, ya que utiliza en gran medida el carbono orgánico particulado de origen fotoautotrófico que convierte a su vez en tejido, el cual constituye el alimento de organismos tróficos superiores (Longhurst y Pauly, 1987). Provee también sustancias xenobióticas remineralizadas por bacterias en el sedimento superficial (Escobar *et al.*, 1997) y subsuperficial (Coull *et al.*, 1977), las cuales a manera de nutrientes ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{SiO}_4$ , etcétera), son transportados vía surgencias a la superficie, promoviendo la producción del fitoplancton (Edwards, 1973).

La estructura trófica de una comunidad tiene que ver con el concepto de cadena alimenticia, que agrupa a los organismos en categorías o niveles tróficos (productores, descomponedores y consumidores) y así facilitar la comprensión de la transferencia de energía en el sistema. El análisis se realiza determinando la cantidad de energía en forma de materia orgánica que se consume, asimila y excreta por los distintos organismos, más la cantidad de energía requerida para el crecimiento y las actividades de mantenimiento, como la respiración (la oxidación del alimento), entre otras. Para lograr lo anterior se han realizado distintos trabajos que pretenden plantear modelos sobre ese flujo de energía a lo largo de las comunidades, y que se expresa en cadenas alimenticias sencillas con flujos directos de un nivel a otro (Strong *et al.*, 1984; Eltringham, 1991).

No obstante en la actualidad se ha direccionado la investigación ecológica a la construcción de modelos tróficos en los cuales se expresa la forma en que la energía es utilizada. Para ello se proponen tramas alimenticias en las que se reconoce la complejidad estructural en relaciones alimenticias más complejas, por ejemplo, donde los organismos se alimentan de distintos niveles tróficos, reconociéndose además distintas estrategias alimenticias empleadas por los organismos de acuerdo a sus requerimientos originándose la existencia de interconexiones entre productores, descomponedores y consumidores (Parsons *et al.*, 1984). Gracias a la construcción de todos estos modelos se sabe que la energía potencial perdida en cada nivel trófico generalmente es del 80 al 90 % por lo que la longitud de una

cadena se limita a tres o cuatro niveles tróficos, y para explicarlo se ha propuesto que: 1) las especies en los niveles superiores requieren de un mínimo de energía y que, 2) el número de niveles tróficos presentes en una cadena reflejan la cantidad de energía que entra en la base de la cadena (Valiela, 1995).

Por otra parte los estudios de las comunidades del bentos marino sirven de modelo para evaluar la producción secundaria. Así mismo, definen el flujo de materia y energía basada en el detrito depositado en el sedimento. Estudios previos en el suroeste del Golfo de México han reconocido las interacciones inseparables del meiobentos con las pesquerías de la plataforma continental, entre las que resaltan la del camarón, la jaiba y peces demersales (Soto y Escobar, 1995; Escobar *et al.*, 1997).



---

## ANTECEDENTES

Las investigaciones zoológicas y descripciones taxonómicas acerca de la fauna bentónica a nivel mundial se empezaron a publicar durante la mitad del siglo XIX. Uno de los primeros descubrimientos realizado por Dujardin en 1851 fue el grupo de los kinorincoos. En 1901, Kovalevsky estudió los gasterópodos en el este del Mediterráneo y en 1904 Giard describió el primer arquianélido (*Protodrilus*), en la costa de Normandía (Higgins y Thiel, 1992; Giere, 1993).

Es hasta 1930 que el Bureau of Commercial Fisheries, Fish and Wildlife Service realizó una prospección a lo largo del gradiente batimétrico en el Golfo de México. Las recolecciones de macroinvertebrados bentónicos continuaron 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 *et al.*, 1999). Posteriormente, y gracias a los trabajos del investigador alemán Remane, surgieron numerosos investigadores tanto alemanes como ingleses interesados en el estudio del meioentos. Durante las décadas de los 50's y 60's los trabajos de los científicos austriacos Weiser & Riedel en su estancia en los Estados Unidos, contribuyeron e impulsaron las investigaciones sobre el meioentos del Golfo de México, el cual era un campo de investigación aún joven. En 1969, McIntyre realizó la primera compilación de estudios en meiofauna (*The Ecology of Marine Meiobenthos*), en la cual se incluyen datos sobre las áreas tropicales (Giere, 1993). La importancia de la exploración petrolera en el talud y zona abisal así como la localización de sitios idóneos para el aislamiento de desechos permitieron que el bentos en la región norte haya sido descrito más ampliamente (Escobar *et al.*, 1999).

Los resultados de los estudios oceanográficos realizados durante casi tres décadas en la zona norte y de más de una en la región sur del Golfo de México, han revelado la complejidad de los procesos que en él ocurren. La variabilidad de la producción espacial y estacional del bentos de la plataforma y del reborde externo reflejan los procesos que se llevan a cabo en la columna de agua como una propiedad conservativa (Rowe y Menzel, 1971; Soto y Escobar, 1995; Escobar y Soto, 1997). Lo anterior se atribuye a que las tallas más pequeñas del bentos, por ejemplo la meiofauna, dependen de la cantidad y calidad de la materia orgánica en el fondo. Cosson *et al.* (1997) estudiaron la respuesta bentónica en ambientes contrastantes de suministro de carbono orgánico en zonas eutróficas y mesotróficas (1,700 y 3,100 m, respectivamente). La densidad alta observada en la zona eutrófica es respuesta al flujo elevado de materia orgánica y a la profundidad relativamente baja. En cambio, un aumento de profundidad ocasiona el decremento de hasta casi una tercera parte en la densidad, reconociéndose claramente que la materia lábil en el sedimento superficial depende de factores como la profundidad (Escobar *et al.*, 1999), la proximidad a las fuentes de aporte en la costa (Relaxans *et al.*, 1996), la productividad primaria (Graf *et al.*, 1995) y su hundimiento

(Wassman, 1984), lo que conlleva a que exista una variabilidad a lo largo de ambientes diversos. La relación entre la densidad del bentos, la variabilidad ambiental y el flujo de carbono al sedimento han sido documentados anteriormente por diversos autores (Lampitt, 1985; Tselepidis y Eleftheriou, 1992), así como los estudios que vinculan la dinámica del bentos con la productividad de la columna de agua (Rowe y Menzel, 1971; Graf *et al.*, 1995; Wassman, 1984).

Se ha observado que la meiofauna de las zonas templadas presenta una disminución exponencial con el incremento de la profundidad (Rowe, 1983) así como con la distancia a la costa (Gage y Tyler, 1991). La información de esta naturaleza es escasa para los ambientes tropicales (Coull *et al.*, 1982; Alongi, 1989; Avilés, 2000). Para el caso de nuestro país, los registros sobre densidad y biomasa de meiofauna en la plataforma y talud son escasos. Los primeros trabajos sobre la meiofauna en el Golfo de México inician en 1954 con Chitwood y Timm (Escobar *et al.*, 1997). Posteriormente aparecen los trabajos de Rowe y Menzel (1971) sobre la distribución de la biomasa de la meio y macrofauna en el Escarpe de Campeche a profundidades mayores de 200 m; un estudio ecológico sobre la meio y macrofauna del talud continental de Veracruz y Tamaulipas (Gettleston, 1976); el de Kennedy (1976) en la porción suroccidental; Herrera y Sánchez (1982) en el ambiente de plataforma continental de la porción oriental del Golfo; los trabajos de Maya (1993) sobre la distribución de la meiofauna en un gradiente latitudinal y de profundidad en la región occidental; la composición de meiofauna de dos ambientes sedimentológicos de López (1996); el de Castañeda (1996), Escobar *et al.* (1997), Falcón (1998) y Hernández (1999) sobre la densidad y biomasa de la meio y macrofauna desde la línea de costa hasta el talud continental en su parte superior de los sectores oeste y sur del Golfo de México y el de Avilés (2000) en el arrecife Alacrán.

Este estudio responde a la necesidad de reconocer los parámetros que determinan la estructura comunitaria del bentos por debajo de los 200 m de profundidad en el sector sur del Golfo de México ya que la mayoría de los trabajos han mostrado valores empobrecidos de densidad y biomasa en comparación con otras regiones similares del mundo (Pequegnat *et al.*, 1990) y que le han valido su ubicación dentro de las cuencas oligotróficas (Rowe y Menzel, 1971; Rowe *et al.*, 1974). El desarrollo de este tipo de estudios es relevante a largo plazo para reconocer las variaciones espaciales, estacionales y los impactos antropogénicos sobre estas comunidades.



---

## ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de México es una cuenca semicerrada, pequeña, rodeada por masas continentales (Nairn y Stheli, 1975), cuyo margen continental es estructuralmente complejo y en algunos casos único (Antoine *et al.*, 1974). Se extiende en un área total de 1,768,000 km<sup>2</sup> con regiones de profundidad mayor a 3,400 m (Pica *et al.*, 1991).

El área de estudio (Fig. 1) incluye el reborde y el talud continental, la elevación continental y parte de la planicie abisal del sector suroeste del Golfo de México frente al estado de Veracruz. En esta zona la plataforma se va haciendo angosta en su trayectoria hacia el sur hasta alcanzar 33-37 km en el paralelo 23° formando una ladera de poca pendiente (1 - 2°) y su talud encuentra la base a una profundidad próxima de 3,000 m. A partir de este paralelo la plataforma nuevamente se flexiona al suroeste y llega a la zona volcánica de San Andrés Tuxtla en Veracruz, para alcanzar su amplitud mínima de 6 a 16 km, donde aumenta su pendiente (2°) y en áreas muy localizadas hasta 15°; hacia el este del área la plataforma se ensancha un poco dentro de lo que es la Bahía de Campeche (Pica y Pineda, 1991; Bryant *et al.*, 1991). Cerca de los 95° longitud oeste y bajo varios kilómetros de sedimento, la plataforma está influenciada por depósitos de diapiros salinos (Antoine *et al.*, 1974; Escobar *et al.*, 1999) pertenecientes a la cuenca salina Tabasco-Campeche (Antoine, 1972). El talud continental en esta parte se extiende hacia el mar hasta llegar a lo que se conoce como Lengüeta-Veracruz, la cual en su límite este está flanqueada por la topografía irregular de los nodos de Campeche. La plataforma continental adyacente a la Lengüeta-Veracruz es la más estrecha en el Golfo de México (Bryant *et al.*, 1991). El área de estudio se caracteriza por lodos de origen terrígeno, cuya presencia se debe a los ríos Tuxpan, Tecolutla, Nautla, La Antigua, Jamapa, Papaloapan y Coatzacoalcos que desembocan en esta parte del Golfo de México y contribuyen a la formación de limos arenosos terrígenos cercanos a la costa, con un contenido de carbonatos menor a 25% (Pica *et al.*, 1991).

La zona de estudio recibe la influencia de la compleja hidrodinámica superficial controlada por la topografía, velocidad y dirección del viento y los aportes de agua epicontinental, en la que se refleja el efecto de la circulación ciclónica sobre la plataforma de la Bahía de Campeche, la cual además de generar una productividad primaria elevada con la surgencia de agua, se ha reconocido como promotora de la producción béntica a lo largo de la plataforma continental exterior y el talud superior (Vidal *et al.*, 1990, 1994).



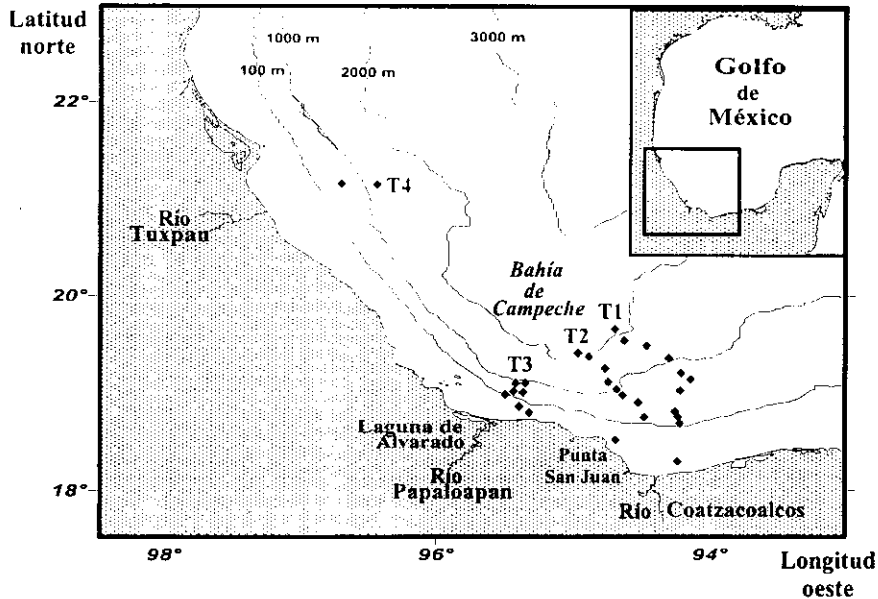


Fig 1.- Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo (◆). Abreviatura: T= Transecto

Estudios hidrográficos han permitido clasificar las masas de agua de la capa superficial en cinco tipos, de las cuales tres son costeras, caracterizadas por salinidades y temperaturas elevadas (Monreal-Gómez y Salas-de-León, 1997).

La capa superficial de la columna de agua es conocida como capa de mezcla. Normalmente ocupa los primeros 100 ó 150 m, por lo que es afectada en sus características físicas y circulación promovida por fenómenos climáticos atmosféricos, principalmente vientos. La Masa de Agua Subtropical Subsuperficial del Caribe (ASSC) ocupa la columna de agua de los 150 a los 250 m de profundidad. Esta está caracterizada por la salinidad máxima en el perfil vertical de las aguas del Golfo (36.6 ups<sup>1</sup>) y temperatura de alrededor de 22.5° C (Pineda y Pica, 1991). Por debajo de ésta se encuentra el Agua Subtropical Subsuperficial del Golfo de México (ASSGM) con salinidad y temperatura con valores de 36.4 ups y de 22° C, respectivamente. El proceso de mezcla constituye uno de los mecanismos de formación de esta masa de agua, ya que los movimientos convectivos afectan la máxima estabilidad estática asociada con la parte superior de la termoclina principal (Elliott, 1982).

<sup>1</sup>ups= Unidades prácticas de salinidad.

Después de los 900 m y hasta los 1,050 m aproximadamente, la salinidad disminuye y alcanza un mínimo de 34.9 ups asociada a temperatura de 6.2° C. Esta masa de agua se reconoce como el Agua Intermédia Antártica (AIA), la cual se origina entre los 45 y 50° de latitud sur en el Atlántico y fluyen hacia el norte hasta alcanzar el Mar Caribe y atravesar la frontera batimétrica del Estrecho de Yucatán (Nowlin y McLellan, 1967). A profundidades mayores el Golfo de México está ocupado por Agua Profunda Noratlántica (APNA), con 4.4° C de temperatura y salinidad de 34.9 ups (Vidal *et al.*, 1994).

Si bien es cierto que la circulación del Golfo de México está determinada por la Corriente de Lazo y por el gran giro anticiclónico en el oeste, es notoria además la existencia de giros fríos o ciclónicos, los cuales se encuentran en la Bahía de Campeche, sobre la plataforma continental de Texas-Louisiana, en la plataforma oeste de Florida y en la periferia de la Corriente de Lazo. Estos giros son más pequeños que el anticiclón del oeste del Golfo, pues alcanzan diámetros máximos de aproximadamente 150 km. No obstante que las corrientes en los giros ciclónicos presentan velocidades más elevadas que en los anticiclónicos, éstos contienen más energía (Monreal-Gómez y Salas-de-León, 1997).

Los giros tienen influencia sobre la hidrodinámica del área de estudio, ya que la Bahía de Campeche, situada en la región suroeste del Golfo de México, presenta una circulación ciclónica durante el otoño. Esta corriente tiene un transporte de 3Sv<sup>2</sup> (Monreal-Gómez y Salas-de-León, 1997). Los datos sinópticos y los mapas de topografía de altura dinámica, obtenidos por Nowlin (1972) han puesto en evidencia, el carácter ciclónico de la circulación de esta bahía durante los meses de agosto y septiembre (Monreal-Gómez y Salas-de-León, 1997). El ecosistema de la plataforma de la Bahía de Campeche está modulado por dos periodos climáticos en el año: el de lluvias de verano y el de nortes (secas). Hay un incremento significativo de la biomasa de la infauna durante la estación de lluvias de verano atribuido a la producción primaria depositada durante el periodo de nortes. Durante las tormentas de invierno la inestabilidad del sedimento en el interior de la plataforma causa una reducción en la biomasa de la infauna. Estos valores bajos son así mismo atribuidos a la cantidad reducida de materia orgánica restante por la estratificación térmica del verano (Rodríguez, 1999).

---

<sup>2</sup>1Sv= un Sverdrup, es una unidad de medida de flujo usada en oceanografía y que equivale a 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>.



---

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Describir la variación espacial de la riqueza taxonómica, la densidad y la biomasa de la meiofauna a lo largo de un gradiente batimétrico (21 a 2, 230 m) y geográfico (Río Tuxpan a Río Coatzacoalcos) en el sector suroeste del Golfo de México.

### Objetivos particulares

- 1) Describir la temperatura y salinidad de la columna de agua, así como los factores del sedimento (tamaño de grano, porcentaje de carbono orgánico y contenido de materia orgánica) a lo largo del gradiente espacial y batimétrico.
- 2) Validar con valores de la meiofauna la zonación reconocida para la macrofauna.
- 3) Determinar la composición taxonómica de la meiofauna, caracterizarla por su frecuencia y abundancia; describir el patrón de cambio de la composición en el gradiente espacial y batimétrico.
- 4) Describir la variación espacial y batimétrica de la densidad y la biomasa de la meiofauna.
- 5) Evaluar la relación de la biomasa de la meiofauna con los parámetros ambientales y la macrofauna.

## HIPOTESIS

La estructura comunitaria de la meiofauna (riqueza taxonómica, densidad y biomasa) está determinada espacialmente por los factores ambientales e hidrodinámica de la zona, así como por las interacciones biológicas con el nivel trófico superior.

## FUNDAMENTO

El presente trabajo contribuye al conocimiento de la fauna del fondo marino en los trópicos y permite reconocer los factores ambientales que determinan su variación natural. La información incluida en este trabajo es la línea base para la detección de cambios ejercidos por efectos antropogénicos y permite alimentar modelos predictivos.



---

## MATERIAL Y METODO

**Trabajo de campo.** Las muestras se recolectaron durante la campaña oceanográfica *OGMEX 16*, que se llevó a cabo del 19 al 26 de septiembre de 1997 a bordo del B/O Justo Sierra. El estudio abarcó 29 estaciones en la región suroeste del Golfo de México localizadas entre los 18°24' y 21°00' latitud N y los 93°22' y 96°45' longitud W. La posición de cada localidad (Cuadro 1) se realizó con un navegador satelital (GPS) Magnavox MX1107.

Las estaciones de muestreo se ubicaron a lo largo de cuatro transectos perpendiculares a la línea de costa. El transecto número 1 (T1) se ubica frente al río Coatzacoalcos y abarca de la estación 2 a la 12; el transecto número 2 (T2) se ubica frente a Punta San Juan y abarca de la estación 13 a la 23; el transecto número 3 (T3) se encuentra frente a la Laguna de Alvarado y comprende las estaciones 24 a la 30 y el transecto número 4 (T4) ubicado frente al río Tuxpan abarca las estaciones 32 y 33 (Fig. 1).

**Recolecta de datos y materiales.** En cada una de las localidades de muestreo se registraron temperatura y salinidad con una sonda CTD Delta Mark III C-24" WOOCE de General Oceanic, S/N 02-549 calibrado el 24.06.97. La recolecta de sedimento se hizo mediante el uso de un nucleador de caja tipo US-NEL. La meiofauna se obtuvo por submuestreo de los primeros 10 cm superficiales del sedimento mediante el uso de jeringas de 60 ml (con un área de 0.0006 m<sup>2</sup>) tomándose tres réplicas por cada estación de muestreo; cada una de las cuales fue tamizada a bordo por separado a través de una malla con abertura de poro de 54 µm, con lo cual se retuvo la meiofauna contenida en el sedimento. Las muestras se preservaron en frascos previamente etiquetados con capacidad de 60 ml, con formalina al 10% y Rosa de Bengala como tinción vital. Del sedimento superficial se tomaron submuestras para analizar el tamaño de grano y evaluar el contenido de nitrógeno y carbono orgánico. Estas se congelaron para su posterior análisis en el laboratorio.

**Trabajo de gabinete.** En el laboratorio, las muestras biológicas se enjuagaron con agua corriente para quitar el exceso de formalina. Una vez enjuagadas las muestras, se analizaron bajo el microscopio estereoscópico y los organismos que se encontraron fueron separados e identificados a nivel de Phylum, subphylum, clase, orden e infraorden basados en la clasificación propuesta por Brusca y Brusca (1990). Por grupo taxonómico se determinó la abundancia (número de individuos). Los individuos se preservaron por taxon en viales con etanol al 70%. Los datos obtenidos se registraron en bitácoras de laboratorio y se integraron en una base de datos correspondiente a la campaña oceanográfica. Un análisis de componentes principales (García de León, 1988) sirvió para caracterizar a los grupos taxonómicos en componentes dominantes, indicadores, raros y constantes dentro de la comunidad del sedimento.

A partir de la abundancia se calculó la densidad ( $\text{ind.m}^{-2}$ ) para cada taxon. El peso individual de los componentes de la meiofauna se estimó a partir de las constantes de peso húmedo fijado (phf) propuestos para el Golfo de México por Gattleson (1976); posteriormente estos valores se transformaron a biomasa expresada como  $\text{mgC.m}^{-2}$  conforme las constantes por taxon propuestas por Rowe (1983). Con los datos de cada muestra se realizó un cuadro de datos conteniendo la abundancia total, los valores de densidad ( $\text{ind.m}^{-2}$ ) y de biomasa ( $\text{mgC.m}^{-2}$ ) promedio (Apéndices I, II, III).

El análisis granulométrico del sedimento superficial se realizó pesando una porción húmeda de éste (100 gr) y secándolo a  $60^{\circ}\text{C}$  para después rehidratarlo y tamizarlo a través de una malla de abertura de poro de 4 *phi* (*o*). éste se volvió a secar para reconocer las proporciones de lodos y arenas a partir de la diferencia en peso reconocida con el peso seco inicial de cada muestra. Las determinaciones de nitrógeno y carbono orgánico elemental requirieron de 3 mg de sedimento seco a  $60^{\circ}\text{C}$  y acidificado con solución 0.3N de HCl con objeto de eliminar los carbonatos. La muestra, por triplicado, se calcinó a  $1,040^{\circ}\text{C}$  en presencia de oxígeno en viales de latón. Se evaluó el contenido de carbono y nitrógeno orgánicos en un analizador elemental Carlo Erba, modelo 1106. La calibración se hizo con soluciones estándar de acetanilido y blancos y se expresó en % del peso seco del sedimento. El contenido de materia orgánica se realizó con base en el protocolo y constantes de conversión propuestas para el Golfo de México por Stetson y Trask (1953), empleando los valores de nitrógeno orgánico.

Los datos obtenidos de biomasa de meiofauna permitieron validar la zonación reconocida por Rodríguez (1999) para observar su consistencia y uso en este estudio. Para ello se empleó un análisis de clasificación de los valores transformados en  $\log_{10}$  de la biomasa total por estación. El análisis usó el método de unión total y distancia euclidiana para conformar los grupos en los cuales se ubicaron las localidades. La variación de la estructura comunitaria (riqueza taxonómica, densidad y biomasa) se describe en la sección de resultados con base en esta zonación.

Se aplicó un análisis de correlación múltiple para establecer el grado de correlación entre las variables ambientales tales como profundidad, temperatura, salinidad, porcentaje de carbono orgánico, porcentaje de materia orgánica, así como la biomasa ( $\text{mgC.m}^{-2}$ ) de la macroinfauna con respecto a la biomasa de la meiofauna. Otro análisis del mismo tipo, permitió establecer los factores ambientales que definen los cambios de la densidad y la biomasa en el gradiente batimétrico. Para estas correlaciones se consideró un nivel de confianza de  $p < 0.05$ , y sólo se presentaron las que resultaron más significativas.

El porcentaje de carbono orgánico se aplicó en una visión de control biológico de abajo hacia arriba ("bottom-up control") y la biomasa de macrofauna (Rodríguez, 1999) como control biológico de arriba hacia abajo ("top-down control") sobre la meiofauna a partir del cual se generó un diagrama de flujo de energía expresada en  $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$ . El porcentaje de carbono orgánico fue transformado a unidades consistentes con los compartimentos de biomasa ( $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$ ) con base en De Bovée y Labat (1993).

Se realizó un análisis de varianza para evaluar la presencia de diferencias significativas entre los valores encontrados por zonas en cada transecto.



## RESULTADOS

### Parámetros ambientales

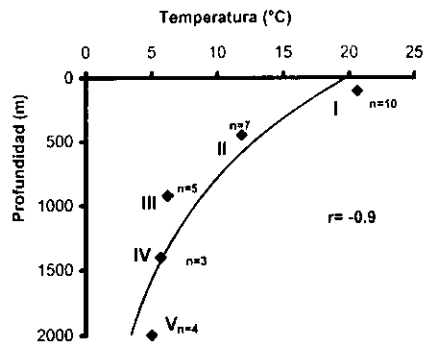
*Temperatura:* La temperatura de fondo disminuye conforme aumenta la profundidad; encontrándose el valor máximo, 29°C, a una profundidad de 21 m (estación 24) y el mínimo, 5°C, a partir de los 1,470 y hasta los 2,230 m (Cuadro 1). Por zonas el promedio en las localidades someras fue de 20.6 °C (zona I) y de 5 °C en la zona V (Cuadro 1, Fig. 2a). Existe una correlación inversa entre la profundidad y la temperatura ( $r = -0.9$ ,  $p = 0.00$ ).

*Salinidad:* La salinidad promedio no presentó correlación con la profundidad. A partir de la temperatura y la salinidad se reconocieron cinco masas de agua en el área de estudio:

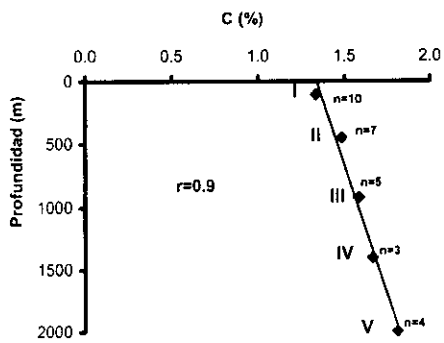
- 1.- la masa superficial o de mezcla, con una salinidad que va de los 36 a los 35.6 ups y una temperatura de entre 18 y 26 °C, presentándose entre los 21 y 116 m de profundidad;
- 2.- la masa de Agua Subtropical Subsuperficial, con una salinidad de los 36.7 a los 36.4 ups y una temperatura de 17 °C, se presentó entre 185 y 380 m de profundidad;
- 3.- la masa de oxígeno mínimo, con una salinidad de 36 a 35 ups y una temperatura de 18 a 6 °C, presentándose entre los 390 y 700 m de profundidad;
- 4.- la masa de Agua Antártica Intermedia, con una salinidad que va de los 34.89 a 34.86 ups y temperatura menor a los 6 °C, presentándose entre los 800 y los 900 m de profundidad, y
- 5.- la masa de Agua Profunda Norteamericana, con salinidad de 34.96 ups y una temperatura menor o igual a 5 °C, presentándose a más de 1,000 m de profundidad.

*Tamaño de grano:* El porcentaje de arenas disminuyó en forma parabólica al aumentar la profundidad y al irse alejando de la línea de costa. El promedio más alto de arenas (32.9 %) se registró en las localidades más someras de la plataforma-reborde continental (zona I). El porcentaje más bajo de arenas se reconoció en el talud superior y talud medio (zonas II y III), con 20.3 y 14.0 % respectivamente para incrementar nuevamente en las zonas más profundas como el talud inferior y la elevación continental-planicie abisal (IV y V) con porcentajes promedio de 23.0 y 23.7 % en el contenido de arenas (Cuadro 1).

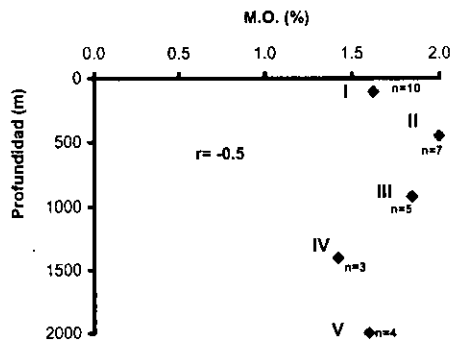
*Carbono orgánico:* El porcentaje de carbono orgánico fluctuó en un intervalo de 0.1 % a una profundidad de 21 m (estación 24) a 2.6 % a una profundidad de 101 m (estación 25). De manera general, el promedio de carbono orgánico varió de 1.3 % en la de plataforma-reborde continental (zona I) a 1.8 % en la elevación continental-planicie abisal (zona V), mostrando claramente una tendencia de aumento con respecto a la profundidad (Cuadro 1; Fig. 2b).



a)



b)



c)

Fig. 2.- Variación de los valores promedio, por zonas, a lo largo del gradiente batimétrico para: a) temperatura de fondo; b) porcentaje de carbono orgánico en sedimento, y c) porcentaje de materia orgánica en sedimento. Los números romanos indican las zonas reconocidas en el gradiente batimétrico (Cuadro I).



*Materia orgánica:* Los valores de materia orgánica en el sedimento superficial presentaron una variación de 0.2 % a 21 m (estación 24) a 2.3 % a una profundidad de 550 m (estación 7), (Cuadro 1). Con el incremento de la profundidad la materia orgánica mostró un patrón en forma parabólica con valores mínimos de 1.4 % en la zona de talud inferior (IV), en tanto que el porcentaje mayor (2.3 %) se observó en el talud superior (zona II) (Cuadro 1; Fig. 2c). El contenido de materia orgánica presentó una relación inversa con respecto al porcentaje de arenas ya que al disminuir la proporción de arenas la materia orgánica en sedimento aumenta.

*Zonación:* El resultado del ejercicio de validación de la zonación en el área de estudio permitió establecer la presencia de cinco zonas generadas con base en la biomasa de meiofauna. Las tres zonas más profundas (talud medio, talud inferior y elevación continental-planicie abisal) fueron consistentes y confirman las reconocidas con base en la macroinfauna. Las zonas más someras (plataforma continental, reborde continental y talud superior) se agruparon en dos complejos que incluyen las estaciones de la plataforma-reborde continental, la primera, y talud superior, la segunda. La figura 3 muestra las cinco zonas reconocidas a una línea de corte de 500 unidades de unión en el dendrograma generado por unión total con la agrupación de estaciones descrita a continuación:

- Zona I.- Plataforma-reborde continental entre los 21 y los 400 m de profundidad;
- Zona II.- Talud superior entre 550 y 600 m de profundidad;
- Zona III.- Talud medio entre 818 y 1,059 m de profundidad;
- Zona IV.- Talud inferior entre 1,265 y 1,478 m de profundidad;
- Zona V.- Elevación continental y planicie abisal superior entre 1,820 y 2,230 m de profundidad.

Con base en esta zonación se realizará la descripción de la composición taxonómica, variación de la densidad y biomasa.

### **Estructura comunitaria**

*Composición taxonómica:* El meiobentos estuvo compuesto por 14 taxa, los cuales se agruparon en ocho Phyla, (Cuadro 2). De los 14 taxa reconocidos, sólo uno se identificó hasta infraorden (Brachyura), seis se identificaron hasta orden (Foraminiferida, Actinaria, Acari, Harpacticoida, Isopoda y Amphipoda), un taxa a nivel subclase (Ostracoda), tres a nivel clase (Polychaeta, Oligochaeta y Bivalva), y por la complejidad del grupo dentro de la meiofauna tres taxa a nivel Phylum (Kinorhyncha, Nematoda, Tardigrada).

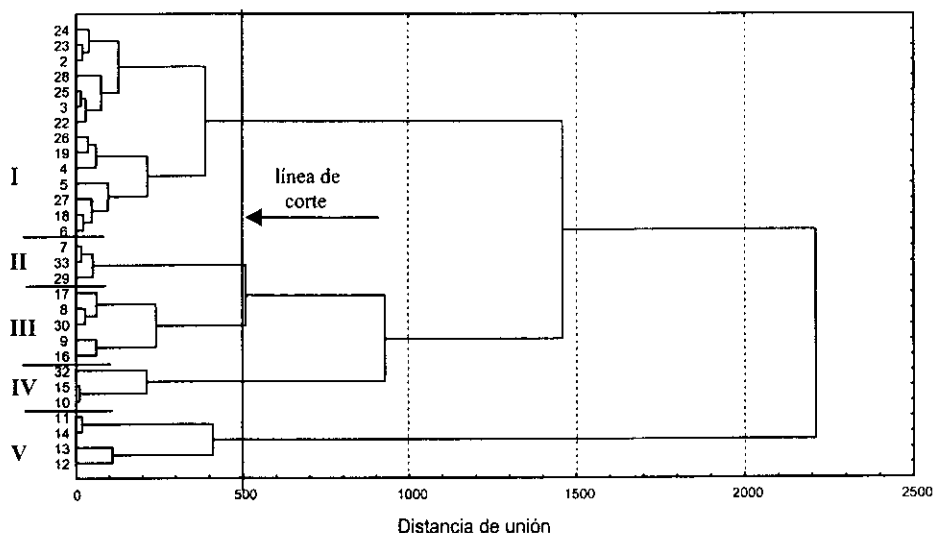


Fig. 3.- Análisis de agrupamiento para las biomazas del crucero OGMEX-16. Zonas batimétricas: I (Plataforma-reborde continental); II (Talud superior); III (Talud medio); IV (Talud inferior) y V (Elevación continental-planicie abisal superior).

La riqueza taxonómica mayor (10 taxa), se presentó en la estación 23 en la plataforma-reborde continental (zona I) a 25 m; en tanto que la estación 13 presentó un sólo taxón (Nematoda) a una profundidad de 2,120 m ubicada en la elevación continental-planicie abisal superior (zona V) (Cuadro 3).

Se observó que en las cinco zonas reconocidas el número promedio de taxa disminuyó con el incremento de la profundidad ( $r = -0.9$ ,  $p = 0.013$ ) (Fig. 4a); los nemátodos y copépodos conformaron el 80% de la abundancia.

La comunidad bentónica se dividió por su abundancia y frecuencia de ocurrencia en dos grupos: componentes dominantes y raros. Los grupos taxonómicos con abundancia elevada y frecuentes fueron: nemátodos, copépodos, poliquetos y foraminíferos. Los grupos taxonómicos considerados raros, por su abundancia baja y ocasional ocurrencia, fueron: ostrácodos, anémonas, kinorincos, oligoquetos, ácaros, braquiuros, isópodos, anfípodos, tardígrados y moluscos (Fig. 4b). La curva de porcentaje acumulativo por Phyla, muestra que los artrópodos, nemátodos y anélidos (Phyla dominantes) aportan más del 90% de la abundancia total (Fig. 4c).

Zona batimétrica	E	Transecto	Latitud (N)	Longitud (W)	Prof. (m)	Temp. (°C)	Salinidad (ups)	Arenas (%)	C.O (%)	M.O. (%)
I	24	3	18°83'	94°87'	21	29	34.90	98	0.1	0.2
	23	2	18°45'	94°72'	25	29	34.90	86	1.1	1.2
	2	1	18°38'	94°27'	44	29	36.08	98	1.3	2.3
	28	3	18°83'	95°47'	47	10	34.90	4	1.1	2.0
	25	3	18°96'	95°52'	101	20	34.75	4	2.6	1.5
	3	1	18°96'	94°27'	106	21	36.29	22	1.3	2.3
	22	2	18°66'	94°06'	116	22	34.90	4	0.2	0.5
	26	3	19°01'	95°48'	185	16	34.95	2	2.3	2.0
	4	1	18°68'	94°27'	200	15	36.17	9	1.4	2.3
	19	2	18°76'	94°70'	213	15	34.97	3	1.9	2.0
Promedio Zona I (n=30) (desviación estándar)					106 (73.0)	20.6 (6.8)	35.28 (0.63)	32.9 (42.7)	1.3 (0.8)	1.62 (0.77)
II	5	1	18°73'	94°28'	302	18	36.24	55	1.3	2.3
	27	3	19°06'	95°48'	354	12	34.90	20	1.4	1.8
	18	2	18°82'	94°70'	381	15	36.20	19	1.5	1.8
	6	1	18°73'	94°32'	400	11	36.16	29	1.6	2.0
	7	1	18°96'	94°27'	550	11	35.70	12	1.3	2.3
	33	4	21°00'	96°65'	564	9	34.97	4	0.9	1.7
	29	3	19°00'	95°45'	600	7	34.96	3	2.5	2.1
Promedio Zona II (n=21) (desviación estándar)					450 (118.2)	11.9 (3.7)	35.73 (0.56)	20.3 (17.8)	1.5 (0.5)	2.0 (0.22)
III	17	2	18°92'	94°70'	818	6	34.95	4	1.3	1.8
	8	1	19°13'	94°32'	854	6	36.50	13	1.6	2.1
	30	3	19°05'	95°38'	878	7	34.90	24	2.4	1.5
	9	1	19°28'	94°40'	1000	7	35.75	4	1.5	1.8
	16	2	18°98'	94°73'	1059	5	35.00	26	1.2	1.8
Promedio Zona III (n=15) (desviación estándar)					922 (102.7)	6.2 (0.8)	35.42 (0.70)	14.0 (10.5)	1.6 (0.5)	1.82 (0.22)
IV	32	4	21°00'	96°47'	1265	7	34.90	9	1.8	1.2
	15	2	19°04'	94°77'	1470	5	35.25	34	1.3	1.5
	10	1	19°04'	94°47'	1478	5	35.55	26	2.0	1.5
Promedio Zona IV (n=9) (desviación estándar)					1404 (120.7)	5.7 (1.2)	35.23 (0.33)	23.0 (12.6)	1.7 (0.3)	1.4 (0.17)
V	11	1	19°05'	94°63'	1820	5	35.53	23	2.1	1.5
	14	2	19°36'	94°85'	1830	5	35.53	35	1.5	1.5
	13	2	19°38'	95°00'	2120	5	35.19	7	2.2	1.5
	12	1	19°62'	94°77'	2230	5	35.60	30	1.5	1.8
Promedio Zona V (n=12) (desviación estándar)					2000 (207.0)	5.0 (0.0)	35.46 (0.18)	23.7 (11.9)	1.8 (0.4)	1.60 (0.15)

Cuadro 1.- Ubicación y características ambientales de las localidades de muestreo para la campaña OGMEX-16. Abreviaturas. E: Estación de muestreo; n: número de estaciones por zona batimétrica; Prof: profundidad; Temp: temperatura de fondo; % C.O.: Carbono orgánico; M.O.: Contenido de materia orgánica en el sedimento superficial.

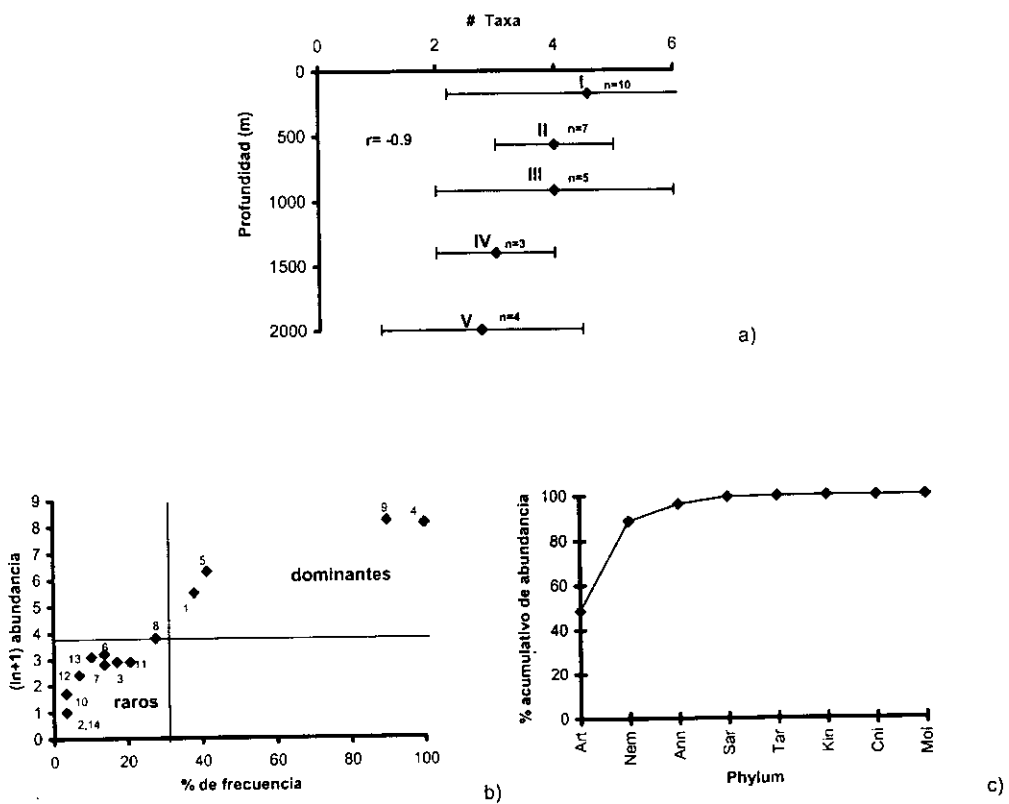


Fig. 4. - a) Variación de los valores promedio del número de taxa con respecto a la profundidad. Zonas con base en Cuadro 1; b) caracterización de los grupos taxonómicos por su frecuencia y abundancia; c) porcentaje acumulativo de la abundancia promedio de los Phyla en el área de estudio. Abreviaturas y numeración de los grupos taxonómicos con base en el Cuadro 2.

<i>Phylum</i>	<i>Subphylum</i>	<i>Superclase</i>	<i>Clase</i>	<i>Subclase</i>	<i>Superorden</i>	<i>Orden</i>	<i>Suborden</i>	<i>Infraorden</i>	<i>Nombre común</i>
(SAR) Sarcostigophora	Sarcodina	Rhizopoda	Granuloreticulosa			Foraminiferida			1. Foraminíferos
(CNI) Cnidaria			Anthozoa	Hexacorallia		Actinaria			2. Anémone
(KIN) Kinorhyncha									3. Kinorhínco
(NEM) Nematoda			Polychaeta						4. Nematodo
(ANN) Annelida			Oligochaeta						5. Poliqueto
			Chelicerata	Arachnida		Acari			6. Oligoqueto
(ART) Arthropoda	Cheliceriformes		Maxillopoda	Ostracoda					7. Ácaro
	Crustacea		Malacostraca	Copepoda					8. Ostrácodo
				Eumalacostraca	Eucarida				9. Copépodo
					Peracarida				10. Braquiuro
(TAR) Tardigrada									11. Isópodo
(MOL) Mollusca									12. Anfípodo
									13. Tardigrado
			Bivalvia						14. Bivalvo

Cuadro 2.- Composición taxonómica de la metofauna en el suroeste del Golfo de México. Clasificación según Brusca & Brusca (1990).

*Densidad:* La densidad promedio varió de  $76,309 \pm 82,283 \text{ ind.m}^{-2}$  en la plataforma-reborde continental (zona I) a  $23,055 \pm 32,642$  en la zona de elevación continental-planicie abisal superior (zona V) y fue 2.5 veces mayor a los de las demás zonas en su conjunto (Cuadro 3), reconociéndose una disminución marcada en el talud superior (zona II). Esta disminución coincide con el aumento en el porcentaje de materia orgánica en sedimento en la misma zona. A pesar de la disminución de la materia orgánica y la densidad con respecto a la profundidad, no se apreció correlación. La tendencia general de la densidad fue disminuir con la profundidad, presentando una correlación inversa con ésta ( $r = -0.9$ ,  $p = 0.037$ ) (Fig. 5a). La correlación con el contenido de carbono orgánico en el sedimento también resultó negativa ( $r = -0.9$ ,  $p = 0.037$ ) (Fig. 5b).

Frente al río Coatzacoalcos (T1), se presentó una diferencia significativa entre la zona de plataforma-reborde continental (zona I) y la elevación continental-planicie abisal superior (zona V) [ $H(1, N = 21) = 10.22$   $p = .001$ ]; en el resto de los transectos no se presentaron diferencias significativas entre las zonas batimétricas.

En las cinco zonas batimétricas la densidad estuvo dominada por el Phylum Nematoda (40 a 64 %), seguido por los Phyla Arthropoda (28 a 47 %) y Sarcomastigophora (0.1 a 28 %). Los registros más importantes de éste último fueron en el talud superior, medio e inferior (zonas II, III y IV respectivamente), pero en la zona de elevación continental-planicie abisal superior (zona V) no se presentaron. Estos tres Phyla contribuyeron con más del 90% de la densidad total en cada zona (Cuadro 4; Fig. 6a). Cabe mencionar que los artrópodos, fueron el segundo Phylum con mayor densidad y estuvieron compuestos en su mayor parte por copépodos. Conforme aumentó la profundidad los copépodos disminuyeron (Fig. 6b) y los nemátodos aumentaron, por lo cual la proporción copépodos/nemátodos cambió drásticamente (Fig. 6c). El Phylum Annelida estuvo compuesto principalmente por el grupo taxonómico de los poliquetos.

*Variación espacial:* La zona de plataforma-reborde continental (zona I) estuvo dominada por el Phylum Arthropoda frente al río Coatzacoalcos (T1) (56 %) y frente a Punta San Juan (T2) (49 %). Frente a la laguna de Alvarado (T3) dominó el Phylum Nematoda (53 %), observándose una tendencia de este a oeste con un reemplazo de los artrópodos por los nemátodos. Hacia el este predominaron los artrópodos y hacia el oeste los nemátodos, en tanto que el grupo de los poliquetos se mantuvo (Cuadro 4; Fig. 7a). En el talud superior (zona II), se observó la misma tendencia de este a oeste; el Phylum con mayor densidad (52 %) fue el Arthropoda frente al río Coatzacoalcos (T1). En los transectos 3 y 4 frente a la laguna de Alvarado y río Tuxpan respectivamente, el Phylum dominante fue el Nematoda, siendo hasta tres veces mayor en comparación con el Arthropoda frente al río Tuxpan (T4), en este caso el grupo de los foraminíferos fue el que se mantuvo (Cuadro 4; Fig. 7b). La zona del talud medio (zona III), frente al río Coatzacoalcos (T1) estuvo caracterizada por el Phylum Arthropoda (73 %). Frente a Punta San Juan (T2) y laguna de Alvarado (T3) el Phylum dominante fue el

Nematoda con 45 y 49 % respectivamente, los nemátodos siguieron predominando al oeste y los artrópodos al este (Cuadro 4; Fig. 7c). En el talud inferior (zona IV) se presentó un patrón opuesto al observado en aguas someras, ya que los nemátodos ahora dominaron hacia el este y los artrópodos hacia el oeste, manteniéndose este comportamiento en la zona abisal. El Phylum Nematoda dominó frente al río Coatzacoalcos (T1) (79 %). Frente a Punta San Juan (T2) esta zona estuvo dominada por el Phylum Arthropoda (62 %) y frente al río Tuxpan (T4) los foraminíferos dominaron sobre los artrópodos y nemátodos con una densidad de 67 %, siendo éste el porcentaje más alto que registró el Phylum Sarcostigophora en todas las zonas batimétricas. Este Phylum reemplazó en densidad a los anélidos en el talud continental inferior. (Fig. 7d). La zona de elevación continental-planicie abisal superior (zona V), se caracterizó por los Phyla Nematoda y Arthropoda quienes dominaron a grandes profundidades frente al río Coatzacoalcos (T1) y frente a Punta San Juan (T2) (Cuadro 4; Fig. 7e).

Zona batimétrica	E	Transecto	Profundidad (m)	Número promedio de Taxa	Densidad promedio (ind.m <sup>-2</sup> )	Biomasa promedio (mgC.m <sup>-2</sup> )
	24	3	21	8	20,3331	88.85
	23	2	25	10	166,665	113.12
	2	1	44	6	253,331	119.39
	28	3	47	3	10,000	2.74
	25	3	101	4	15,555	7.72
	3	1	106	4	76,666	20.87
I	22	2	116	7	143,887	32.40
	26	3	185	4	68,888	24.38
	4	1	200	4	31,111	60.06
	19	2	213	3	8,333	2.30
	5	1	302	3	33,333	6.96
	27	3	354	3	3,889	0.82
	18	2	381	1	4,444	0.98
	6	1	400	4	48,888	11.13
	Promedio Zona I (n=42)			5	76,309	35.1
	(desviación estándar)			(2.4)	(82,283)	(42.6)
	7	1	550	5	46,111	9.57
II	33	4	564	3	10,000	2.13
	29	3	600	4	40,555	11.08
	Promedio Zona II (n=9)			4	32,222	7.6
	(desviación estándar)			(1.0)	(19,444)	(4.8)
	17	2	818	5	32,222	8.80
	8	1	854	2	67,777	11.36
III	30	3	878	7	64,999	23.41
	9	1	1,000	3	72,222	11.00
	16	2	1,059	3	6,111	1.61
	Promedio Zona III (n=15)			4	35,555	11.2
	(desviación estándar)			(2.0)	(28,584)	(7.9)
	32	4	1,265	2	5,000	1.43
IV	15	2	1,470	4	59,999	11.96
	10	1	1,478	3	26,111	5.82
	Promedio Zona IV (n=9)			3	30,370	6.4
	(desviación estándar)			(1.0)	(27,746)	(5.3)
	11	1	1,820	3	7,778	3.67
V	14	2	1,830	5	71,666	17.69
	13	2	2,120	1	1,667	0.37
	12	1	2,230	2	11,111	2.35
	Promedio Zona V (n=12)			3	23,055	6.0
	(desviación estándar)			(1.7)	(32,642)	(7.9)

Cuadro 3.- Valores promedio de número de taxa, densidad (ind.m<sup>-2</sup>) y biomasa (mgC.m<sup>-2</sup>) por estación (E) para la campaña OGMEX-16. Abreviaturas: n: número de réplicas por zona batimétrica. Zonación reconocida para la descripción de la estructura comunitaria, con base en la Fig. 3.



Zona Batimétrica	n	T	Taxón																					
			Sarcostomastigóforos		Chidarios		Kinorincos		Nemátodos		Anélidos		Artrópodos		Tardigrados		Moluscos							
			Dens.	Biom.	%	Dens.	Biom.	%	Dens.	Biom.	%	Dens.	Biom.	%	Dens.	Biom.	%	Dens.	Biom.	%	Dens.	Biom.	%	
I	(42)	1	0	0	0	0	0.1	0.1	33.5	15.0	9.4	41.8	56.4	41.9	0.6	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	2.2	1.6	0.2	0.1	0.3	0.2	36.3	17.4	11.3	54.0	49.1	26.5	0.5	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	0.4	0.3	0	0	0.2	0.2	53.2	28.5	11.0	58.6	35.0	12.3	0	0	0	0.2	0.1					
II	(9)	1	8.4	13.7	0	0	0	0	38.6	41.1	1.2	12.6	51.8	32.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	6.8	8.1	0	0	0	0	49.3	39.6	4.1	33.3	39.7	18.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		4	11.1	18.2	0	0	0	0	66.7	68.2	0	0	22.2	13.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
III	(15)	1	0	0	0	0	0	0	26.6	36.7	0	0	73.4	63.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	37.7	46.2	0	0	1.5	1.9	44.9	36.5	0	0	15.9	15.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	12.8	12	0	0	1.7	1.3	48.7	29.9	6.0	36.3	30.8	20.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IV	(9)	1	10.6	15.5	0	0	0	0	78.7	77.6	0	0	10.6	6.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	6.5	10.8	0	0	0	0	31.5	35.0	0	0	62.4	54.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		4	66.7	78.6	0	0	0	0	22.2	14.3	0	0	11.1	7.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V	(12)	1	0	0	0	0	0	0	85.3	59.0	0	0	14.7	41.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	0	0	0	0	0	0	39.4	35.6	0.8	6.7	59.8	57.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 4.- Composición porcentual de la densidad y biomasa por Phylum en cada zona batimétrica y en cada transecto. Abreviaturas n= número de réplicas por zona batimétrica, T= transecto, Dens.= Densidad promedio (ind.m<sup>-2</sup>) y Biom.= Biomasa promedio (mgC.m<sup>-2</sup>).

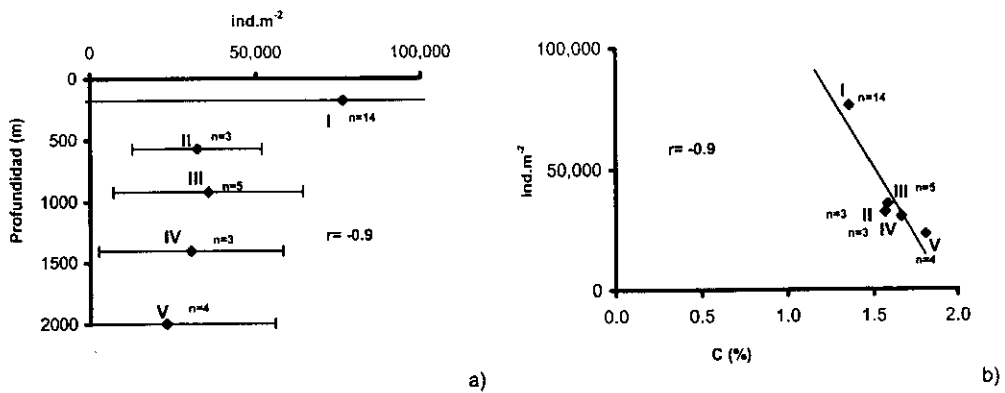
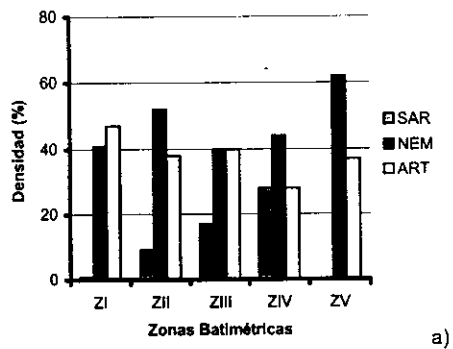


Fig. 5.- Variación de la densidad promedio de la meiofauna del suroeste del Golfo de México con respecto al: a) gradiente batimétrico y b) porcentaje de carbono orgánico.



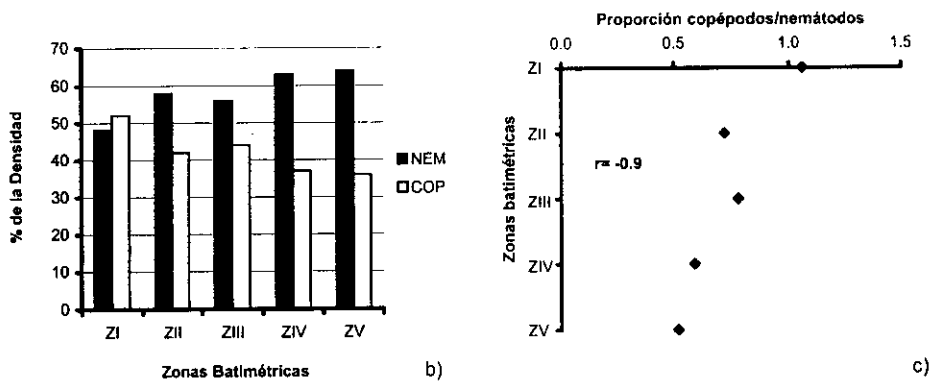
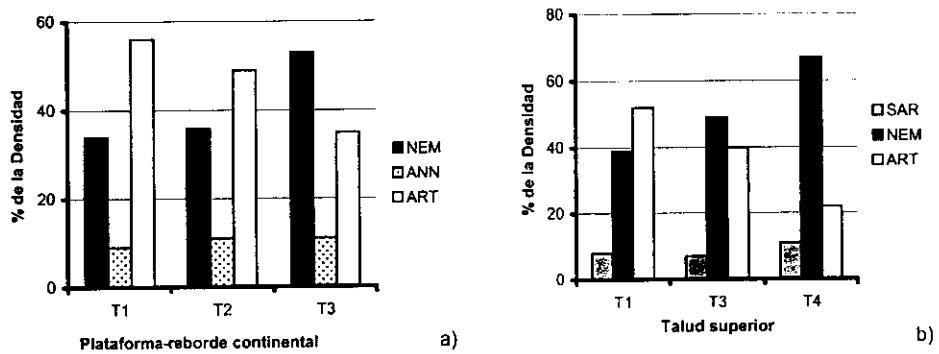
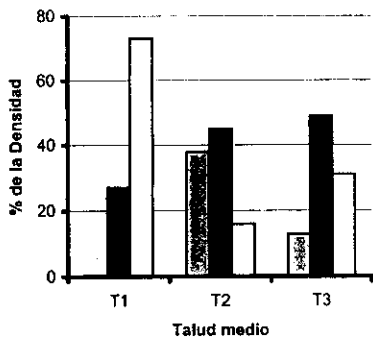
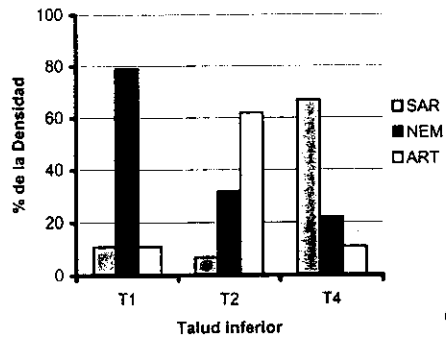


Fig. 6.- Porcentaje de densidad que representan en cada zona batimétrica: a) los Phyla dominantes; b) la taxa dominantes y c) proporción copéodos/nemátodos.

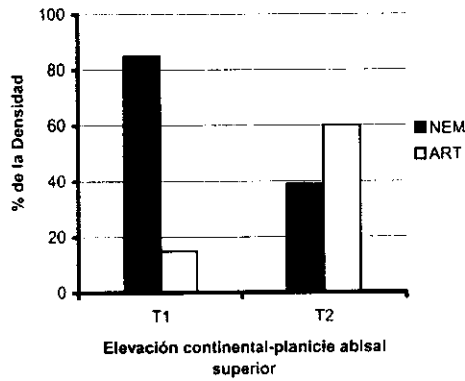




c)



d)



e)

Fig. 7.- Porcentaje de densidad que representan los Phyla dominantes por transecto (T) en : a) plataforma-reborde continental (zona I); b) talud superior (zona II); c) talud medio (zona III); d) talud inferior (zona IV); e) elevación continental-planicie abisal superior (zona V).

**Biomasa:** El valor de biomasa promedio más elevado ( $35.1 \pm 42.6 \text{ mgC.m}^{-2}$ ) correspondió al ambiente de plataforma-reborde continental (zona I) y fue al menos 4.5 veces mayor con respecto al valor reconocido en las cuatro zonas restantes (Cuadro 2). Se reconoció una disminución abrupta en la zona del talud superior (zona II) que se relacionó, al igual que la densidad, con un aumento en el porcentaje de materia orgánica en el sedimento. La biomasa mostró una mayor variabilidad en el ambiente de plataforma-reborde continental que en la zona abisal. Los factores que tuvieron mayor influencia en la regulación de la biomasa fueron, la profundidad y el porcentaje de carbono orgánico en sedimento. En general, la biomasa disminuyó con el incremento de profundidad presentando una correlación inversa ( $r = -0.9$ ,  $p = 0.037$ ) (Fig. 8a y 9). La relación con el porcentaje de carbono orgánico fue negativa ( $r = -0.9$ ,  $p = 0.037$ ) (Fig. 8b).

Se presentó una diferencia significativa entre las zonas de plataforma-reborde continental (zona I) y la elevación continental-planicie abisal superior (zona V) del río Coatzacoalcos (T1) [ $H(1, N=21) = 7.42$ ,  $p = .006$ ]; en el resto de los transectos no se presentaron diferencias significativas entre las zonas batimétricas.

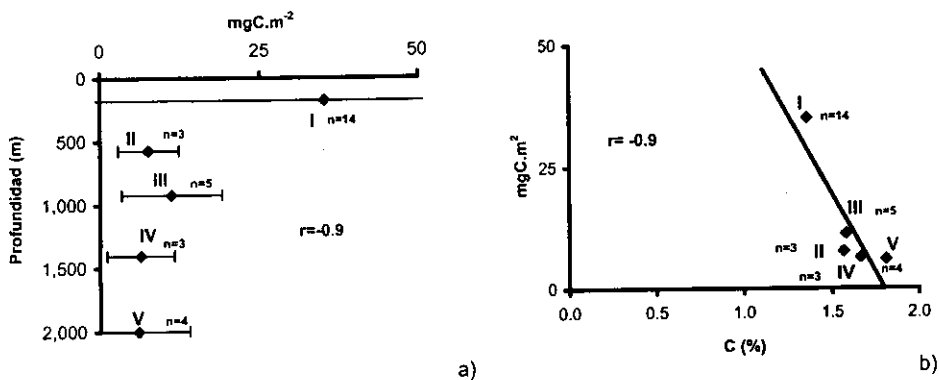


Fig. 8.- Variación de la biomasa promedio de la meiofauna con respecto al: a) gradiente batimétrico y b) porcentaje carbono orgánico.

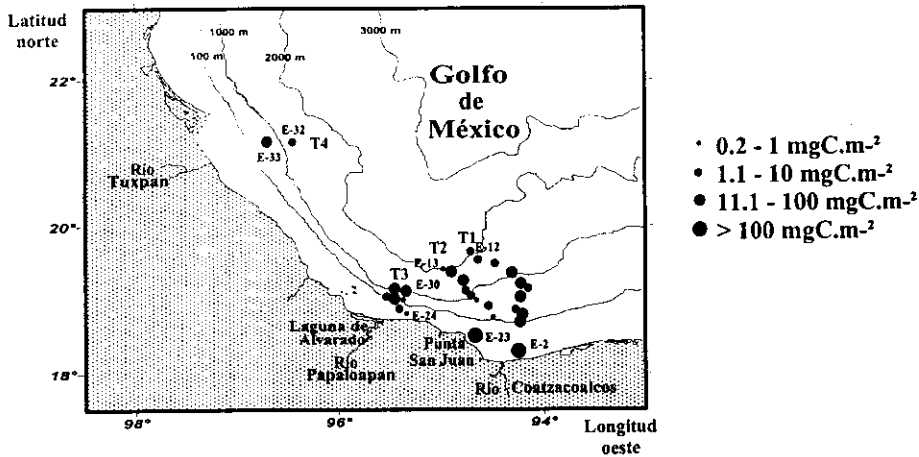
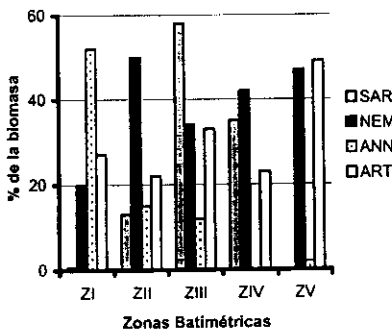


Figura 9.- Variación espacial y batimétrica de la biomasa de meiofauna para la campaña OGMEX-16 en el suroeste del Golfo de México. Los círculos representan intervalos de los valores promedio por estación (ver Cuadro 3).

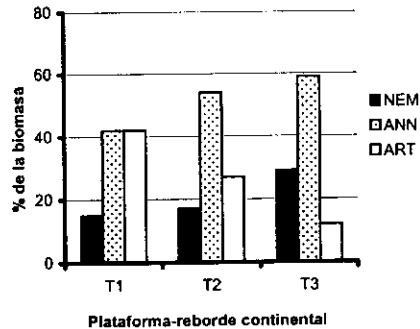
El patrón de la biomasa no va a corresponder en todos los casos a lo observado en la distribución de la densidad, ya que un número elevado de organismos pueden presentar tallas reducidas. Es por ésto que en la zona de plataforma-reborde continental (zona I) el Phylum Annelida fue el que presentó la biomasa mayor (52 %) seguido por los Phyla Arthropoda (27 %) y Nematoda (20 %). Sin embargo, los anélidos disminuyen con el aumento de profundidad, llegando a ser insignificantes en la zona profunda. En contraste, la biomasa del talud superior (zona II) estuvo dominada por el Phylum Nematoda (50 %), y ésta fue en algunos casos hasta tres veces mayor al resto de los Phyla que aportaron el 13 % (Sarcomastigophora), 15 % (Annelida) y 22 % (Arthropoda) de la biomasa. En la zona de talud medio (zona III), el Phylum dominante en biomasa fue el Sarcomastigophora (58 %) seguido por el Nematoda (34 %), Arthropoda (33 %) y Annelida (12 %). En la zona del talud inferior (zona IV), el Phylum Nematoda (42 %) dominó sobre el Sarcomastigophora (35 %) y Arthropoda (23 %) notándose la disminución significativa del Phylum Annelida. La zona de elevación continental-planicie abisal superior (zona V), a su vez estuvo dominada por los Phylum Arthropoda y Nematoda (49 y 47 % respectivamente) (Cuadro 4; Fig. 10a).

*Variación espacial:* En el plano geográfico la zona de plataforma-reborde continental (zona I), frente al río Coatzacoalcos (T1), Punta San Juan (T2) y laguna de Alvarado (T3), estuvo dominada por el Phylum Annelida que presentó una tendencia de incremento de este a oeste reemplazando al Phylum Arthropoda el cual presentó biomasa similar (42%) frente al río Coatzacoalcos (T1), los nemátodos aumentaron de este a oeste también (Cuadro 4; Fig. 10b). Los tres transectos pertenecientes al talud superior (zona II), estuvieron dominados por el Phylum Nematoda, presentando una tendencia de aumento de este a oeste igual que en la

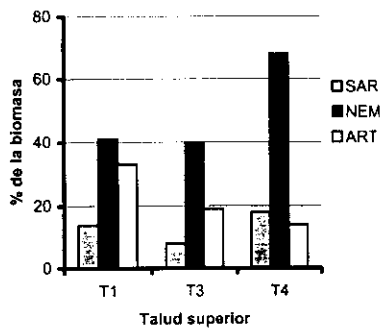
densidad, se observó que al aumentar los nemátodos los artrópodos decaen (Fig. 10c). En el talud medio (zona III), frente al río Coatzacoalcos (T1) dominó el Phylum Arthropoda (63 %), en tanto que en Punta San Juan (T2) dominó el Phylum Sarcostomatophora con 46 %. Frente a la laguna de Alvarado (T3) el Phylum Nematoda representó el 30 % (Cuadro 4; Fig. 10d). En la zona de talud inferior (zona IV), el Phylum Nematoda (con 78 %) predominó frente al río Coatzacoalcos (T1). Frente a Punta San Juan (T2) dominó el Phylum Arthropoda (54 %) y frente al río Tuxpan (T4) el Phylum Sarcostomatophora (79%). Se observó una tendencia de disminución de este a oeste de los nemátodos. Al reducir la biomasa de nemátodos los foraminíferos aumentaron y cuando ambos grupos disminuyeron fueron reemplazados por los artrópodos, los cuales mostraron una curva normal como patrón (Cuadro 4; Fig. 10e). Finalmente, para la zona de elevación continental-planicie abisal superior (zona V), se observó un reemplazo de este a oeste de los nemátodos por los artrópodos. Frente al río Coatzacoalcos (T1) el Phylum Nematoda presentó la biomasa mayor (59 %) y frente a Punta San Juan (T2) los artrópodos fueron el Phylum que dominó con 58 % (Cuadro 4; Fig. 10f).



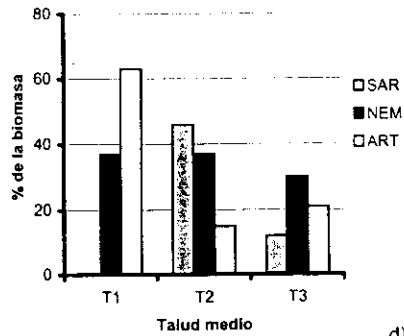
a)



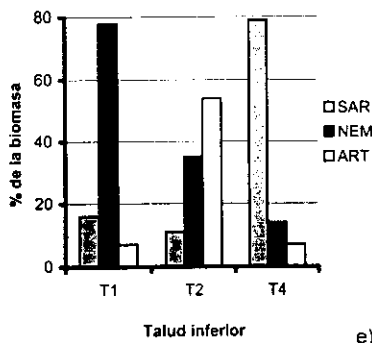
b)



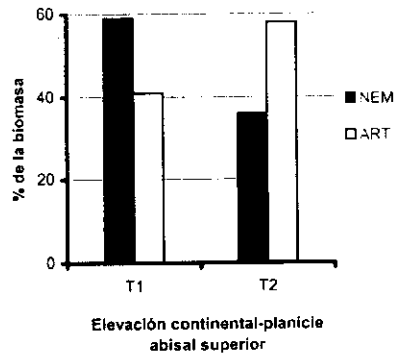
c)



d)



e)



f)

Fig. 10.- Porcentaje de biomasa que representa cada Phylum en: a) cada zona batimétrica. Por transecto (T) en : b) plataforma-reborde continental (zona I); c) talud superior (zona II); d) talud medio (zona III); e) talud inferior (zona IV); f) elevación continental-planicie abisal superior (zona V).



*Vínculo meiofauna-macrofauna:* En una visión de control biológico, se apreció una correlación lineal positiva ( $r= 0.9$ ,  $p= 0.037$ ) entre la biomasa de la macrofauna con respecto a la biomasa de la meiofauna, que se describe a continuación mediante la ecuación 1:

$$B_M = 4.32(B_m) + 14.76 \quad (1)$$

donde:

$B_M$  = biomasa de macrofauna

$B_m$  = biomasa de meiofauna

La interacción que existe entre los dos componentes de la infauna es de naturaleza trófica con un control de abajo hacia arriba ("bottom-up control") de la meiofauna hacia la macrofauna (Fig. 11). El aporte de la meiofauna sobre la dieta de la macrofauna es parcial, otras fuentes que contribuyen son la materia orgánica y bacterias heterótrofas, éstas últimas no evaluadas en este estudio.

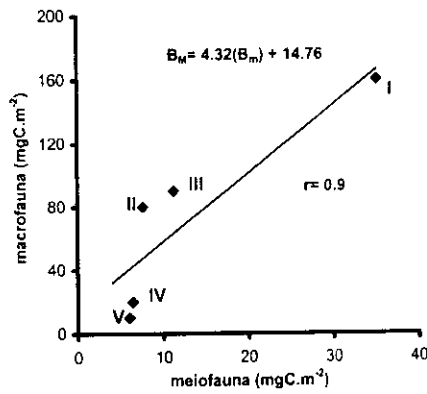


Figura 11.- Relación entre la biomasa de la meiofauna y la macrofauna en el suroeste del Golfo de México. Los números romanos representan las zonas batimétricas descritas en el Cuadro 3.

Los resultados de esta relación nos permitieron sugerir una interacción trófica entre ambos grupos de la infauna ejemplificada en el modelo conceptual aplicable al reborde continental, talud y zona abisal (Fig. 12).

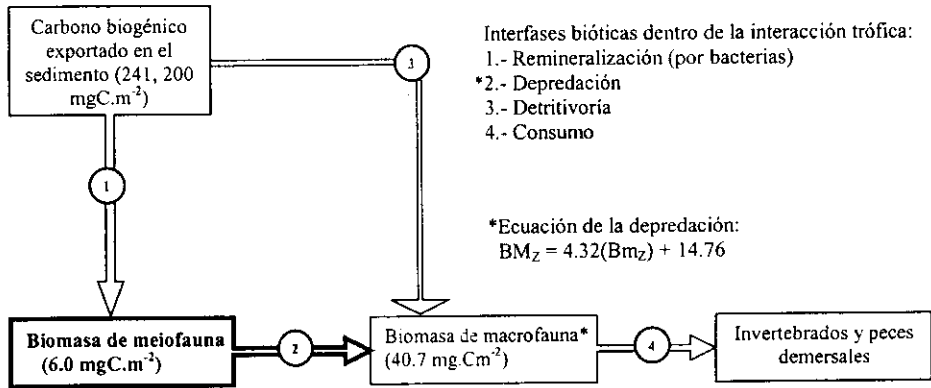


Fig. 12.- Las cantidades utilizadas en el modelo, pertenecen a la zona profunda (z) de elevación continental-planicie abisal superior (zona V). En negritas el nivel trófico analizado en este estudio.

En este modelo la relación entre meio y macrofauna es de naturaleza trófica, ambas se vinculan a un control de abajo hacia arriba por el carbono biogénico exportado al fondo y su degradación por bacterias. El control de arriba hacia abajo lo ejerce la macrofauna sobre las poblaciones de meiofauna y a la vez los peces demersales controlan, al igual que otros grandes invertebrados, la biomasa de la macrofauna.



---

## DISCUSION

Los esquemas de zonación propuestos para fauna bentónica son diversos y se han concentrado principalmente en aguas templadas (Cerame-Vivas y Gray, 1966). La mayoría de estos esquemas se fundamentan en variables ambientales como la temperatura que define las asociaciones zoogeográficas; el tamaño de grano y la profundidad (Carney *et al.*, 1983). Los estudios realizados a lo largo del gradiente batimétrico han dado como resultado diversos esquemas de zonación basados en la composición faunística y la abundancia de los componentes comunitarios (Pequegnat, 1983). Diversos procesos como el transporte lateral (Rowe y Menzel, 1971) y la exportación (Tselepides y Eleftheriou, 1992) determinan la variación de la densidad y la biomasa de la infauna a profundidad, asociándose ambos a la cantidad de alimento disponible para el bentos. La zonación de las comunidades bénticas se ha atribuido así mismo a la interacción biológica que tiene relevancia en las escalas espaciales pequeñas (Blake y Grassle, 1994).

Aunque un número de nomenclaturas está disponible para la zona de mar profundo (Rowe *et al.*, 1982), en este trabajo se adoptó la zonación reconocida para la macrofauna por Rodríguez (1999) en la misma zona de estudio. La caracterización de las zonas batimétricas basada en los parámetros ambientales (profundidad, temperatura, salinidad, materia orgánica, % de carbono, % de nitrógeno, lodos y arenas) permitió validar la biomasa de meiofauna, en las tres zonas más profundas (talud medio, talud inferior y elevación continental-planicie abisal) y presentó una diferencia en la agrupación de estaciones más someras (plataforma continental-reborde continental y talud superior).

La profundidad limita la distribución de los organismos al actuar como barrera en la dispersión de éstos (Carney *et al.*, 1983). De esta manera, se ha reconocido en varios estudios realizados en el Golfo de México al igual que en éste, que la densidad y biomasa de la infauna bentónica varían de acuerdo al gradiente batimétrico, mostrando en general una tendencia de disminución con el incremento de profundidad (Rowe *et al.*, 1974. Escobar *et al.*, 1999). Sin embargo, al hacer una apreciación más detallada en éste trabajo del comportamiento de los grupos taxonómicos dominantes (nemátodos, copépodos y foraminíferos) por separado, mismos que en la mayoría de los estudios realizados sobre meiofauna tanto en el Golfo de México como a nivel mundial también son citados como los componentes dominantes, por ejemplo: Wigley y McIntyre (1964); Montagna (1991); Alongi *et al.* (1992); Maya (1993); Aller y Stupakoff (1996); Escobar y Soto (1997); Escobar *et al.* (1997); se observó un incremento en los porcentajes de las densidades de nemátodos y foraminíferos a pesar del aumento de la profundidad. Esto es un poco difícil de comparar o corroborar con estudios semejantes tanto en el Golfo de México como a nivel mundial, debido a que los trabajos que exceden los 200 m de profundidad son escasos. El aumento de densidad con la profundidad en los nemátodos nos puede indicar una transición de sedimentos arenosos a lodosos (Tietjen, 1971). Este hecho está así mismo documentado en el suroeste del Golfo de México donde los sedimentos contribuyen a la formación de una franja de limos arenosos de naturaleza terrígena (Pica *et al.*, 1991), en los cuales los nemátodos pueden llegar a conformar del 60 al 80 % de la abundancia llegando a ser el componente dominante (Soto y Escobar, 1995). El incremento en el número de organismos meiobénticos puede ser también resultado de la reproducción. De

Bovée (1987) (citado en De Bovée *et al.*, 1990), estableció que el incremento de la densidad de nemátodos en otoño en el Golfo de Leones (Francia), se debió principalmente al incremento de individuos en estadio juvenil.

Los foraminíferos, que son el otro grupo que también presentó el comportamiento anteriormente descrito, son organismos que poseen una enorme adaptabilidad ecológica que los ha capacitado para colonizar cada hábitat disponible en el fondo marino (López, 1996). La zona de elevación continental-planicie abisal (zona V) no presentó registro de este Phylum. Un incremento de los foraminíferos con la profundidad a lo largo del talud continental, al oeste del Mar de Coral (Australia) se reconoció por Alongi y Pichon (1988), desafortunadamente estos muestreos no van más allá de los 1,600 m de profundidad, para poder hacer una comparación con este trabajo respecto a la falta de este Phylum en la zona abisal. Los foraminíferos pueden llegar a presentar una ventaja definitiva sobre metazoarios, ya que éstos últimos requieren de una densidad mínima que permita la interacción para la reproducción sexual, mientras que los protozoarios propagan su fertilización autogámica ó se reproducen mediante los procesos de fisión múltiple y de esta manera no se requiere interacción de los individuos. Además, muchos foraminíferos y otras especies de protozoarios exhiben una variedad de preferencias dietéticas y modos de alimentación (Thiel, 1975). La presencia de foraminíferos en aguas profundas se ha subvaluado debido a la dificultad que implica cuantificar las formas aglutinantes que por su fragilidad, dan evaluaciones sesgadas de su abundancia (Shirayama, 1984).

Los copépodos harpacticoides que fueron el segundo grupo más importante en porcentaje de densidad, presentaron el patrón característico de disminución de la densidad con el aumento de la profundidad. La literatura menciona que este taxon es sensible a cambios de oxígeno y tipo de sustrato (Murrel y Flegler, 1989; Austen y Wibdom, 1991; Montagna, 1991), lo cual podría explicar el patrón observado. No obstante, a pesar de la disminución de densidad con aumento de la profundidad, se observó en contraste, un aumento de biomasa de este mismo taxa con el aumento del gradiente batimétrico, llegando a presentar valores elevados en zonas profundas y podría deberse a la talla mayor que presentan en comparación con los nemátodos.

En el plano espacial, el promedio de la densidad y la biomasa en este estudio, varía de este a oeste (río Coatzacoalcos a río Tuxpan), y se ha vinculado a la producción local de la superficie y su contribución al fondo como lo han reconocido en el Golfo de México (Rowe, 1971), así como a lo largo del gradiente latitudinal (Rex, 1983). En la zona occidental del Golfo de México factores como la descarga de ríos, surgencias por giros y el transporte lateral son determinantes en la distribución de la infauna (Escobar *et al.*, 1997).

Parte de la alta concentración de materia orgánica en las zonas someras es debido a la producción generada por la descarga de nutrientes de origen fluvial (Chester, 1990; Ogura, 1975) y a la materia particulada de origen continental acarreada por los ríos (Rowe *et al.*, 1975) la cual constituye una fuente importante para el desarrollo de la comunidad (Zenkevitch, 1961). En la zona de estudio el aporte de los ríos Coatzacoalcos, Papaloapan y Tuxpan, representa la introducción alóctona de material particulado y explica los valores altos de poliquetos, encontrados en la zona de plataforma continental (zona I). Con distancia de la fuente de aporte los valores se reducen.

La estacionalidad en la Bahía de Campeche está influida por las condiciones físicas generadas por el patrón general de circulación que se presenta, creándose un sistema dinámico que produce variaciones temporales y espaciales (Monreal-Gómez y Salas de León, 1997). Es posible observar un periodo de mezcla de la columna de agua y otro de estratificación. El primero está fuertemente influenciado por tormentas de invierno, las cuales provocan inestabilidad del sedimento causando en el interior de la plataforma una reducción en la biomasa de la infauna (Escobar y Soto, 1997; Rowe *et al.*, 1974). Estas tormentas provocan una mezcla vertical en la columna de agua de más de 100 m de profundidad permitiendo el paso de los nutrientes hacia el fondo sobre el talud, los cuales son usados para los florecimientos del fitoplancton en los meses de enero a marzo. Los huracanes y depresiones tropicales son eventos que permiten la exportación rápida del carbono biogénico por debajo de la termoclina (Alongi y Pichon, 1988). En el segundo se genera un gradiente horizontal marcado que impide el uso de nutrimentos de la capa de fondo y genera el predominio del circuito microbiano en zonas tropicales debido al calentamiento del agua superficial y cambio de densidad por lluvias de mayo a octubre, ocasionando éstas un incremento significativo de la biomasa de la infauna atribuido a la producción primaria depositada antes de su inicio (Rodríguez, 1999).

El transporte lateral y hundimiento del material terrígeno y detrito costero en forma de restos de micro y macroalgas (Hicks, 1986) y mudas de invertebrados, constituyen una fuente rápida de materia y energía hacia el fondo marino (Pfannkuche y Thiel, 1987) y crean un sistema dinámico que produce patrones espaciales. El aporte de los ríos sólo se extiende en una región limitada siendo ésta mayor cerca de la costa y disminuyendo hacia el mar adentro (Escobar *et al.*, 1997).

La cantidad y calidad de la materia orgánica de la capa superficial del sedimento como otro de los factores importantes de la distribución espacial y cuantitativa de la meiofauna, está determinado por los valores de producción primaria (PP) que hay en superficie, por el control hidrodinámico y el biológico que ejerce el zooplancton, los cuales van a regular en gran medida el porcentaje que enriquecerá el piso marino (Hofmann, *et al.*, 1981; Wildbom y Elmgren, 1988). Este, según Davis (1975), llega a ser hasta un 30 % del carbono biogénico que es fijado anualmente por los productores primarios en columna de agua. En la zona de plataforma continental (zona I) de este estudio se encontraron los valores más elevados de densidad y biomasa, esto debido a que una proporción considerable de materia orgánica cae al fondo antes de que pueda ser aprovechada o descompuesta en columna de agua, en tanto que para las zonas más profundas, la baja cantidad de materia orgánica contribuye a las bajas densidades y biomasa de la meiofauna (Berner, 1982). Al existir aportes moderados de materia orgánica la producción bentónica se incrementa (Poiner y Kennedy, 1984; Ansari *et al.*, 1986), pero si estos aportes son altos hay una tendencia a la reducción en el número de individuos, ya que las altas concentraciones de materia orgánica crean condiciones hipóxicas y anóxicas inadecuadas para el desarrollo de la infauna. La ausencia o densidades bajas de meiofauna se apreciaron en el talud superior (zona II), consistentes con valores altos de materia orgánica en el sedimento superficial y baja concentración de oxígeno.

Otro factor que juega un papel importante en la estructuración de las comunidades meiobénticas son las interacciones biológicas, que influyen tanto en la diversidad, como en las relaciones tróficas determinando los patrones de distribución de la densidad y biomasa de la meiofauna (De Morais y Bodiou, 1984). Varios autores han reconocido la importancia de la meiofauna en el flujo de energía hacia niveles tróficos superiores (Kennedy, 1993). La eficiencia ecológica entre estos grupos es del orden del 10 % (Pimm, 1991).

Los resultados de este estudio con respecto a la interacción meiofauna-macrofauna, muestran que las fuentes al nivel trófico superior son detrito y bacterias adicionalmente a la meiofauna. Estrictamente, si se tuviera una eficiencia del 10 % dentro del sistema, se tendría que, si la meiofauna presentó  $6.0 \text{ mgC.m}^{-2}$ , la biomasa de macrofauna debería de ser alrededor de  $0.6 \text{ mgC.m}^{-2}$  y no de  $10 \text{ mgC.m}^{-2}$  (Rodríguez, 1999). Lo anterior puede tener varias razones, dentro de las cuales la más importante y que se debe tomar en cuenta es que, en el sistema bentónico natural, la cadena alimenticia no es necesariamente de una forma lineal, ya que la macrofauna exhibe un amplio espectro de alimentación y también puede obtener energía a través del consumo directo del carbono biogénico (Cosson *et al.*, 1997), del consumo de alimento suspendido, ingiriendo arena, comiendo alimento depositado y omnivoría de restos (Kennedy, 1993), dando como resultado una diversificación de fuentes de alimento no medidas en este estudio y por consecuencia una biomasa mayor.

Por otra parte, la meiofauna tampoco es regulada única y exclusivamente por la macrofauna, si no que también la megafauna y peces juveniles juegan un papel importante en la depredación. El impacto que sobre los organismos ejercen los depredadores como los mencionados anteriormente, puede llegar a reducir en forma significativa la densidad y la biomasa meiobéntica en lapsos relativamente cortos de tiempo (De Morais y Bodiou, 1984). De hecho, desde una perspectiva económica se ha propuesto que la macrofauna (que se alimenta de la meiofauna y que a su vez ambos son comidos por la megafauna), puede actuar como un estado intermediario en el aprovechamiento de la meiofauna por las pesquerías comerciales (Kennedy, 1993). Quedando demostrada así la interacción y el control que ejerce la comunidad de macrofauna sobre la de meiofauna mediante la utilización de los datos de biomasa de cada grupo infaunal dándonos como resultado una visión más clara respecto al flujo de energía dentro del sistema bentónico para el área de estudio.

Con lo anterior, se observa claramente que el control trófico se da en dos sentidos en la meiofauna: de abajo hacia arriba ("bottom-up control"), controlado por la cantidad y calidad de materia orgánica y el forrajeo sobre las asociaciones bacterianas del sedimento y agua intersticial; y de arriba hacia abajo ("top-down control"), controlada por la depredación de los grupos de tallas mayores en el bentos, como la macro y megafauna, así como los peces juveniles. Este tipo de control se ha reconocido en la zona de estudio, ejercido por la macrofauna, los camarones peneidos y peces demersales (Soto y Escobar, 1995).

La presencia de presas meiobénticas o infauna juvenil en los estómagos de peces y crustáceos, demuestra la importancia de la comunidad meiobéntica como recurso energético para niveles tróficos superiores. Así, el posible patrón de distribución de la carcinofauna de la plataforma continental del Golfo de México está en relación estrecha con las densidades y biomasa del meio bentos.

Las comparaciones de densidad y biomasa resultan no ser muy válidas cuando se emplearon diferentes métodos de muestreo y de procesamiento, pero resultan ser necesarias cuando se quiere tener una referencia de la magnitud de los valores que han sido calculados con respecto al trabajo de otros autores en zonas similares (Pfannkuche, 1985). La comparación entre ambientes tropicales a lo largo de gradientes batimétricos es una tarea difícil dado el número reducido de trabajos en regiones tropicales (Alongi, 1989).

Los valores promedio de densidad y biomasa de este estudio fueron comparados con valores obtenidos tanto para otras regiones del Golfo de México, así como para diferentes regiones a nivel mundial en áreas tropicales (Cuadro 5). Un análisis de éstos datos nos muestra que algunos valores encontrados en tales regiones son menores que los del presente estudio, (Soltwedel, 1997; Danovaro *et al.*, 1995) mientras que otros son mucho mayores. Esto podría atribuirse a diferentes factores que con frecuencia invalidan la comparación y estandarización de los valores de densidad y biomasa del bentos (Gettleson, 1976), como la falla potencial del muestreo con la draga, ya que hay una alteración de la estratificación natural del sedimento por el movimiento de la misma, el número de estaciones por cada zona de estudio, el muestreo (tamaño de la muestra), el lavado y contéo del material; y sin duda y tal vez el más importante son los factores hidrodinámicos que afectan de manera estacional y espacial a las comunidades en cada una de las regiones del Golfo de México (Rowe y Menzel, 1971; Rowe *et al.*, 1974).

Localidades	Profundidad (m)	Densidad (ind. m <sup>-3</sup> )	Biomasa (mgC.m <sup>-2</sup> )	Referencia
Golfo de México				
Tamaulipas	< 400	1,674 305	282	Escobar <i>et al.</i> , 1997
	400-700	2,139 037	349	
Yucatán	< 400	229,182	40	Escobar <i>et al.</i> , 1997
	400-700	285,698	68	
Bahía de Campeche	< 400	87,862	741	Falcón, 1998
Bahía de Campeche	< 400	76,309	35	<i>Este estudio</i>
	400-700	32,222	8	
	700-1,100	35,555	11	
	1,100-1,500	30,370	7	
	1,500-2,300	23,055	6	
Océano mundial				
Mar de Coral, Australia	400-700	1,370	s.d	Alongi y Pichon, 1988
	700-1,100	17,790	s.d	
	1,100-1,500	11,950	s.d	
Pacífico central	1,100-1,500	5,140	s.d	Levin y Thomas, 1989
	1,500-2,300	2,866	s.d	
Guinea-Angola	< 400	16,780	0.298	Soltwedel, 1997
Africa	400-700	7,810	0.235	
	700-1,100	8,400	0.33	
	1,100-1,500	7,340	0.148	
	1,500-2,300	7,750	0.117	
Mar Mediterráneo	700-1,100	1,470	1.48	Danovaro <i>et al.</i> , 1995
Atlántico tropical Noreste	1,500-2,300	103.9 x 10 <sup>4</sup>	96.3	Galerón <i>et al.</i> , 2000

Cuadro 5.- Datos comparativos de densidad y biomasa de la meiofauna en diversas zonas del Golfo de México y otras regiones del océano mundial tropical. Abreviatura: s.d= sin dato.





## CONCLUSIONES

La riqueza taxonómica, la densidad y la biomasa de la meiofauna del suroeste del Golfo de México disminuyen con el aumento del gradiente de profundidad. En el gradiente geográfico se reconoce un reemplazo de los Phyla dominantes (Arthropoda por Nematoda) con una tendencia de este (río Coatzacoalcos) a oeste (río Tuxpan) en las zonas someras y de oeste a este en las dos zonas más profundas.

- 1) Se reconocen variaciones de los factores ambientales y del sedimento a lo largo del gradiente batimétrico que se vinculan con la hidrodinámica del suroeste del Golfo de México. La temperatura y el contenido de carbono orgánico en sedimento se relacionaron de forma directa con la profundidad. La salinidad no presentó correlación con el gradiente batimétrico. El tamaño de grano y el contenido de materia orgánica en sedimento disminuyeron en forma parabólica al incrementarse la profundidad.
- 2) La zonación reconocida para el área de estudio se validó con los valores de biomasa de la meiofauna; las tres zonas más profundas fueron consistentes con estudios previos, en tanto que las dos más someras se agruparon en dos complejos y se ha interpretado como parte de la variación estacional de la hidrodinámica en el suroeste del Golfo de México.
- 3) Los nemátodos, copépodos, foraminíferos y poliquetos fueron componentes dominantes de la meiofauna. Este estudio reconoció el reemplazo de los artrópodos por nemátodos como variación espacial de este a oeste.
- 4) La densidad y la biomasa promedio de la meiofauna disminuyeron con el incremento de la profundidad de  $79,309 \pm 82,283 \text{ ind.m}^{-2}$  a  $23,055 \pm 32,642 \text{ ind.m}^{-2}$  y de  $35.1 \pm 42.6 \text{ gC.m}^{-2}$  a  $6.0 \pm 7.9 \text{ gC.m}^{-2}$ , respectivamente. En el plano espacial se observó, en general, un reemplazo de este a oeste en aguas someras tanto de densidad como de biomasa de los artrópodos por los nemátodos, en tanto que en zonas profundas ocurrió el patrón opuesto.
- 5) Los factores que determinaron la variación de la biomasa de la meiofauna fueron la profundidad ( $r = -0.9$ ,  $p = 0.037$ ) y el carbono orgánico en sedimento ( $r = -0.9$ ,  $p = 0.037$ ). La biomasa de meiofauna se correlacionó de forma positiva con la biomasa de macrofauna ( $r = 0.9$ ,  $p = 0.037$ ), originándose un modelo predictivo que permite una visión del flujo de energía en el compartimento de la infauna del suroeste del Golfo de México.

*Propuestas de este estudio:* Con el crecimiento de la población y el impacto antropogénico sobre los ambientes costeros del Golfo de México, es necesario continuar las investigaciones sobre la línea del flujo de energía de la meiofauna hacia niveles tróficos superiores para definir los componentes que sustentan las pesquerías de interés comercial nacional y poder discriminar las variaciones naturales de los cambios generados por contaminación sobre la infauna béntica. El entendimiento encaminado hacia los procesos biológicos y físicos en el Golfo de México nos lleva a establecer una mejor capacidad predictiva en los componentes de este mar regional.



---

## REFERENCIAS

(formato seguido: Ciencias Marinas)

- Aller, J.Y. y Stupakoff, I. (1996). The distribution and seasonal characteristics of benthic communities on the Amazon shelf as indicators of physical processes. *Cont. Shelf Res.* 16 (516): 717-751.
- Alongi, D. M. y Pichon, M. (1988). Bathyal meiobenthos of the western Coral Sea: Distribution and abundance in relation to microbial stocks and environmental factors. *Deep-Sea Res.*, 35: 491-503.
- Alongi, D.M. (1989). Ecology of tropical soft-bottom benthos: A review with emphasis on emerging concepts. *Rev. Biol. Trop.*, 37: 85-100.
- Alongi, D.M., Christoffersen, P., Tirendi, F. y Robertson, A.I. (1992). The influence of freshwater and material export on sedimentary facies and benthic processes within the Fly Delta and adjacent Gulf of Papua (Papua New Guinea). *Cont. Shelf Res.*, 12(2-3): 287-326.
- Ansari, Z. A., Ingole, B. S. y Parulekar, A. H. (1986). Effect of high organic enrichment on benthic polychaeta population in an estuary. *Mar. Poll. Bull.* 17: 361-365.
- Antoine, J.W. (1972). Structure of the Gulf of Mexico. En: Rezak and Henry (eds.), *Contribution on the Geological and Geophysical Oceanography of the Gulf of Mexico*. Houston, Texas, pp. 1-28.
- Antoine, J.W., Martin, R.G., Pyle, T.G. y Bryant, W.R. (1974). Continental margins of the Gulf of Mexico. In: C.A. Burk and C.L. Drake (eds.), *The Geology of the Continental Margins*. Springer-Verlag, New York, pp. 683-693.
- Austen, M. C. y Wibdom, B. (1991). Changes in and slow recovery of a meiobenthic nematode assemblage following a hypoxic period in the Gullmar Fjord basin, Sweden. *Mar. Biol.*, 111: 139-145.
- Avilés, G.A. (2000). Estructura de la comunidad meiofaunal, de la porción centro y sur de la laguna del Arrecife Alacrán, Yucatán: Variación espacial. Tesis de Maestría. CINVESTAV. Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida, 66 pp.
- Blake, J. A. y Grassle, J. F. (1994). Benthic community structure on the US South Atlantic slope of the Carolinas: Spatial heterogeneity in a current dominated system. *Deep-Sea Res.*, 41: 835-874.
- Berner, R. A. (1982). Chemistry of biogenic matter at the deep-sea floor, En: Ernest W. G. y Morin, J. G. (eds.), *The environment of the sea*. Prentice-Hall, USA. pp. 154-176.
- Brusca, R. y Brusca, G. (1990). *Invertebrates*. Sinauer Assoc. Inc. Pub. Sunderland, M.A. 922 pp.
- Bryant, W.R., Lugo, J., Córdova, C. y Salvador, A. (1991). Physiography and bathymetry. In: Salvador, A. (Ed.) *The Gulf of Mexico Basin: Boulder, Colorado*, Geological Society of America, *The Geology of North America*, volume J, pp. 13-30.

- Carney, R. S., Haedrich, R. L. y Rowe, G. T. (1983). Zonation of fauna in the deep-sea. En: G. T. Rowe (Ed.), *The Sea*. Vol. 8, *Deep-Sea Biology*. Wiley, New York, pp. 371-398.
- Castañeda, O. (1996). Contribución al conocimiento de la infauna del margen continental del Golfo de México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 80 pp.
- Cerame-Vivas, M. J. y Gray, E. (1966). The distributional pattern of benthic invertebrates of the continental shelf of North Carolina. *Ecology*, 47(2): 260-270.
- Chester, R. (1990). The transport of material to the oceans: Relative flux magnitudes. En: H. Postman (Ed.) *Marine Geochemistry*. Union Hyman Ltd. Ch. 6; pp. 149-191.
- Cosson, N., Sibuet M. y Galeron J. (1997). Community structure and spatial heterogeneity of the deep-sea macrofauna of three contrasting stations in the tropical northeast Atlantic. *Deep-Sea Res.*, 44: 247-269.
- Coull, B.C., Ellison, R.I., Fleegeer, J.W., Higgins, R., Hope, W.D., Humon, W.D., Rieyer, R.M., Sterrer, W.E., Thiel, H. y Tietjen, J.H. (1977). Quantitative estimates of the meiofauna from the deep-sea off North Carolina. *Mar. Biol.*, 39: 233-240.
- Coull, B.C., Zinntae, Z., Tietjen, J.H. y Williams, B.S. (1982). Meiofauna of the southeastern, United States continental shelf. *Bull. Mar. Sci.*, 32 (1): 139-150.
- Danovaro, R., Fabiano, M., Albertelli, G. y Croce, N. D. (1995). Vertical distribution of meiobenthos in bathial sediments of the eastern Mediterranean Sea: Relationship with labile organic matter and bacterial biomasses. *Mar. Ecol.*, 16 (2): 103-116.
- Davis, J. M. (1975). Energy flow through the benthos in a Scottish Sea Loch. *Mar. Biol.* 31: 353-362.
- De Bovée y Labat. (1993). *Mar. Ecol.* 14(2): 159-173.
- De Bovée, F., Laurence, D.G. y Soyer, J. (1990). Quantitative distribution of deep-sea meiobenthos in the northwestern Mediterranean (Gulf of Lions). *Cont. Shelf Res.*, 10 (9-11): 1123-1145.
- De Morais, L.T. y Bodiou, J.Y. (1984). Predation on meiofauna by juvenile fish in a western Mediterranean flatfish nursery ground. *Mar. Biol.*, 82(2): 209-215.
- Edwards, R. (1973). Production ecology of two Caribbean marine ecosystems. II Metabolism and energy flow. *Est. Coast. Mar. Sci.* 1: 319-333.
- Elliott, B. A. (1982). Anticyclonic rings in the Gulf of Mexico. *J. Phys. Oceanogr.* 12: 1292-1309.
- Eltringham, S. K. (1991). *Life in mud and sand*. The English Universities Press, Ltd. London, England. 218 pp.
- Escobar, E. y Soto, L. A. (1997). Continental shelf benthic biomass in the western Gulf of México. *Continental Shelf Res.*, 17 (6): 585-604.
- Escobar, 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. *Ciencias Marinas*. 23 (4): 463-487.
- Escobar, E., Signoret, M. y Hernández-Robles, D. (1999). Variación de la densidad de la infauna macrobéntica en un gradiente batimétrico: Oeste del Golfo de México. *Ciencias Marinas*. 25 (2): 193-212.

- Falcón, L.I. (1998). Consumo de oxígeno y biomasa de la infauna del ambiente de plataforma continental del suroeste del Golfo de México y Península de Yucatán. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 78 pp.
- Flint, R. y Rabalais, N.R. (1981). Environmental studies of a marine ecosystem. University of Texas Press, Austin. U.S.A. 375 pp.
- Gage, J.D y Tyler, P.A. (1991). Deep sea biology a natural history of organisms in 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.
- Galeron, J., Sibuet, M., Mahaut, M-L. y Dinet, A. (2000). Variation in structure and biomass of the benthic communities at three contrasting sites in the tropical Northeast Atlantic. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 197: 121-137.
- García de León, L.A. (1988). Generalidades del análisis de cúmulos y del análisis de componentes principales. U.N.A.M., Instituto de Geografía. México, D.F. 29 pp.
- Gettleson, D.A. (1976). An ecological study of the benthic meiofauna and macrofauna of a soft bottom area on the Texas outer continental shelf. Ph.D. thesis, Texas A&M University, 256 pp.
- Giere, O. (1993). *Meiobenthology*. Springer-Verlag, Berlin, Alemania. 219 pp.
- Graf, G., Gerlach, S.A., Linke, P., Queisser, W., Ritzau, W., Scheltz, A., Thomsen, L. y Witte, U. (1995). Benthic-pelagic coupling in the Greenland- Norwegian Sea and its effect on the geological record. *Geol. Rundsch.*, 84: 49-58.
- Gray, J.S. (1974). Animal-sediment relationship. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 12: 223-261.
- Griggs, G.B., Carey, A. G., y Kulm, L.D. (1969). Deep-sea sedimentation and sediment fauna interaction in Cascadia channel and on Cascadia abyssal plain. *Deep-sea Res.*, 16: 157-170.
- Hernández, R. D. (1999). Riqueza taxonómica, densidad y biomasa de la infauna macrobentónica a lo largo de un gradiente batimétrico en el sector occidental del Golfo de México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 43 pp.
- Herrera, A.M. y Sánchez, J. (1982). Características de la meiofauna bentónica en la Bahía de Cienfuegos y algunos aspectos de su ecología. *Ciencias Biológicas*, 7: 13-32.
- Hicks, G. R. F. (1986). Distribution and behaviour of meiofaunal copepods inside and outside of seagrass beds. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 31: 159-170.
- Higgins, P.R. y Thiel, H. (1992). Introduction of study of meiofauna. Smithsonian Institution Press Washington, D.C. pp. 14-39.
- Hofmann, E. E., Klinck, J. M. y Paffenhöfer, G. A. (1981). Concentrations and vertical fluxes of zooplankton fecal pellets on a continental shelf. *Mar. Biol.*, 61: 327-335.
- Kennedy, E.A. (1976). A distribution study of deep-sea macrobenthos collected from the western Gulf of Mexico. Ph. D. thesis, Texas A&M University, 200 pp.
- Kennedy, A. D. (1993). Minimal predation upon meiofauna by endobenthic macrofauna in the Exe Estuary, south west England. *Mar. Biol.*, 117: 331-319.
- Lampitt, R. S. (1985). Evidence for the seasonal deposition of detritus to the deep-sea floor and its subsequent resuspension. *Deep-Sea Res.*, 32: 885-898.

- Levin, L. A. y Thomas, C. L. (1989). The influence of hydrodynamic regime on infaunal assemblages inhabiting carbonate sediments on central Pacific seamounts. *Deep-Sea Res.*, 36(12): 1897-1915.
- Levinton, S. J. (1995). *Marine biology. Function, biodiversity, ecology.* University Press, Oxford, 400 pp.
- Longhurst, A.R. y Pauly, D. (1987). *Ecology of tropical oceans. Ch. 4. Biological communities of tropical oceans.* Academic Press, Inc. USA. pp. 62-104.
- López, M. (1996). *Meiofauna de dos ambientes: Terrígeno (Tamaulipas) y carbonatado (Yucatán) del margen continental en el Golfo de México.* Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de México, Unidad Xochimilco, México, 62 pp.
- Mann, K. H. (1982). *Ecology of coastal waters.* Blackwell, Oxford, 322 pp.
- Marshall, N. (1973). Food transfer through the lower trophic levels of the benthic environment. En: J.H. Steele (Ed.). *Marine food chains.* Oliver and Boyd, Edimburgo. pp 52-66.
- Maya, E. (1993). *Patrones de distribución de la meiofauna de la plataforma continental del Golfo de México.* Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de México, Unidad Xochimilco, México, 62 pp.
- McConaughey, B. H. (1978). *Introduction to marine biology.* Third edition. The C.U. Mosby Company. USA. 624 pp.
- McLusky, D.S. y McIntyre, A.D. (1988). Characteristics of the benthic fauna. En: H. Postman and J.J. Zijlstra (Eds.). *Ecosystems of the world; continental shelves.* Amsterdam, 421 pp.
- Monreal- Gómez, M.A. y Salas-de-León, D.A. (1997). Circulación y estructura termohalina del Golfo de México, En: M.F. Lavín, (Ed). *Contribuciones a la Oceanografía Física en México, Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana,* pp. 183-199.
- Montagna, P. A. (1991). Meiobenthic communities of the Santa Maria Basin on the California continental shelf. *Cont. Shelf Res.*, 11(11): 1355-1378.
- Murrell, M. C. y Fleeger, J. W. (1989). Meiofauna abundance on the Gulf of Mexico continental shelf affected by hypoxia. *Cont. Shelf Res.*, 9(12): 1049-1062.
- Nairn, A.E. y Stheli, F. (1975). *The ocean basins and margins. Volume 3. The Gulf of Mexico and the Caribbean.* United Kingdom. Plenum Press, London. 706 pp.
- Navarrete, A.J. (1993). Distribución, abundancia y diversidad de los nemátodos (Phylum Nematoda) bénticos de la Sonda de Campeche, México. *Rev. Biol. Trop.*, 41: 57-63.
- Nowlin, W.D. Jr. (1972). Winter circulation patterns and property distribution. En: Monreal-Gómez, M.A. y Salas-de-León, D.A. (Eds.). *Circulación y estructura termohalina del Golfo de México, Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana,* pp. 183-199.
- Nowlin, W. D. y McLellan, H.J. (1967). A characterization of Gulf of Mexico waters in the winter. *J. Mar. Res.*, 25(1): 29-59.
- Ogura, N. (1975). Further studies on decomposition of dissolved organic matter in coastal seawater. *Mar. Biol.*, 31: 101-111.
- Parsons, R. T., Takahashi, M. y Hargrave, B. (1984). *Biological oceanographic processes.* 3ª edición. Butterworth Heinemann, Ltd. Oxford, England. pp. 215-247.
- Pequegnat, W.E. (1983). *The ecological communities of the continental slope and adjacent regimes of the northern Gulf of Mexico.* Report of Contract AA851-CTI-12. Mineral Management Service, USA, 398 pp.

- Pequegnat, W.E., Gallaway, B.J. y Pequegnat, L.H. (1990). Aspects of ecology of the deep-water fauna of the Gulf of Mexico. *Am. Zool.*, 30:45-64.
- Pfannkuche, O. (1985). The deep-sea meiofauna of the Porcupine Seabight and Abyssal Plain (NE Atlantic): Population structure, distribution and standing stock. *Oceanologica Acta.*, 8: 343-353.
- Pfannkuche, O. y Thiel, H. (1987). Meiobenthic stocks and benthic activity on the SE-Svalbard shelf and in Nansen Basin. *Polar Biol.*, 7: 253-266.
- Pica, Y. y Pineda, L. (1991). Oceanografía geológica. En: G. de la Lanza Espino (comp.), *Oceanografía de mares mexicanos*. A. G. T. Editor, México, D.F. pp. 3-15.
- Pica, Y., Ponce-Vélez, M.G. y Barrón-Echaury, M.A. (1991). Oceanografía geológica. En: G. de la Lanza Espino (Comp.), *Oceanografía de mares mexicanos*. A.G.T. Editor, México, D.F. pp. 16-29.
- Pimm, S. L. (1991). The balance of nature?. Ecological. Issues. En: *The conservation of species and communities*. The University of Chicago Press (Ed.). 434 pp.
- Pineda, L. y Pica, Y. (1991). Oceanografía física. En: G. de la Lanza Espino (Comp.), *Oceanografía de mares de mexicanos*. A G. T. Editor, México, D.F. pp.31-77.
- Poiner, I. R. y Kennedy, R. (1984). Complex patterns of change in the macrobenthos of a large sandbank following dredging, 1. Community analysis. *Mar. Biol.*, 78:335-3552.
- Relaxans, J.C., Deming, J., Dinet, A., Gailards, J.F. y Sibuet, M. (1996). Sedimentary organic matter and micro-meiobenthos with relation to trophic conditions in the tropical northeast Atlantic. *Deep-Sea Res.*, 43 (8): 1343-1368.
- Rex, M. A. (1983). Geographics patterns of species diversity in deep-sea benthos. En: Rowe, G. T. (Ed.), *Deep-Sea Biology. The Sea. Vol. 8*. Wiley-Interscience Publication. pp. 453-472.
- Rodríguez, P. (1999). Variación de la densidad y biomasa a lo largo del gradiente batimétrico en el suroeste del Golfo de México. Tesis de licenciatura. ENEP Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 49 pp.
- Rowe, G. T. (1971). Benthic biomass and surface productivity. In: J.D. Costlow (ed.), *Fertility of the Sea, Vol. 2*. Gordon and Breach. pp. 441-454.
- 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 NW Atlantic Ocean and the northern Gulf of Mexico. *Deep-Sea Res.*, 21: 641-650.
- Rowe, G. T., Clifford, C. H. y Smith, K. L. (1975). Benthic nutrient regeneration and its coupling to primary productivity in coastal waters. *Nature*, 255: 215-217.
- 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. (1983). Biomass and production of the deep sea macrobenthos. En: G. T. Rowe (Ed.), *Deep-sea biology, The Sea. Vol. 8*. J. Wiley, N. Y. 560 pp.
- Shirayama, Y. (1984). The abundance of deep sea meiobenthos in the Western Pacific in relation to environmental factors. *Oceanologica Acta.*, 7 (1):113-121.

- Soltwedel, T. (1997). Meiobenthos distribution pattern in the tropical East Atlantic: Indication for fractionated sedimentation of organic matter to the sea floor? *Mar. Biol.*, 129: 747-756.
- Soto, L.A. y Escobar, E. (1995). Coupling mechanisms related to benthic production in the SW Gulf of Mexico. En: A. Eleftheriou, A.D. Ansell and J. Smith (Eds.). *Biology and Ecology of Shallow Coastal Waters* Proc. 28<sup>th</sup>. European Marine Biology Symposium Series. Olsen & Olsen, Denmark, pp. 233-242.
- 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.
- Strong, J., Dsimstoff, D. R., Abele, L. G. y Wistle, A. B. (1984). *Ecological communities conceptual issues and the evidence.* Pringston, University Press. 613 pp.
- Thiel, H. (1975). The size of the deep-sea benthos. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.* 60: 575-606.
- Thistle, D. (1988). A temporal difference in harpacticoid-copepod abundance at a deep-sea site: Caused by benthic storms? *Deep-Sea Res.*, 35(6): 1015-1020.
- Tietjen, J. H. (1971). Ecology and distribution of deep sea meiobenthos off North Carolina. *Deep-Sea Res.*, 18: 941-957.
- Tietjen, H.J. (1984). Distribution and species diversity of deep-sea nematods in the Venezuela Basin. *Deep-sea Res.*, 31 (2): 119-132.
- Tselepidis, A. y Eleftheriou, A. (1992). South Aegean (eastern Mediterranean) continental slope benthos: Macroinfaunal/enviromental relationship. In: G.T. Rowe and V. Pariente (Eds.), *Deep Sea- Fodd Chains and the Global Carbon Cycle.* Kluwer Academic, Netherlands, pp. 139-156.
- Valiela, I. (1995). *Marine ecological processes.* 2<sup>a</sup> edition. Springer-Verlag, New York. 546 pp.
- Vegas, M. (1980). *Introducción a la ecología del bentos marino.* 2a. edición. Secretaria general de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. pp. 98.
- Vidal, V.M., Vidal, F.V. y Hernández, A. F. (1990). *Atlas Oceanográfico del Golfo de México.* Vol. 2. Instituto de Investigaciones Eléctricas, Cuernavaca, Morelos, México. 707 pp.
- Vidal, V.M., Vidal, F.V., Hernández, A. F., Meza, E. y Zambrano, L. (1994). Winter water mass distribution in the western Gulf of Mexico affected by a colliding anticiclonyc ring. *J. Oceanogr.*, 50: 559-588.
- Wassman, P. (1984). Sedimentation and benthic mineralization of organic detritus in a Norwegian fjord. *Mar. Biol.*, 83: 83-94.
- Wigley, R.L. y McIntyre, A.D. (1964). Some quantitative comparisions of offshore meiobenthos and macrobenthos south of Martha's Vineyard. *Limnol. Oceanogr.*, 9: 485-493.
- Wildbom, B. y Elmgren, R. (1988). Response of benthic meiofauna to nutrient enrichment of experimental marine ecosystems. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 42: 257-268.
- Zenkevitch, L. A. (1961). Certain quantitative characteristics or the pelagic and bottom life of the ocean. *Publ. am. Assoc. Adv. Sci.* 67: 323-336.

Estación	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	33	
Profundidad (m)	44	106	200	302	400	550	854	1000	1478	1820	2220	2120	1830	1470	1059	818	381	213	116	25	21	101	185	354	47	600	878	1265	564	
Foraminíferos	0	0	0	0	0	2.33	0	0	1.67	0	0	0	0	2.33	1.67	7	0	3	1.33	0	0	0	.33	.33	0	1.67	5	2	.67	
Anémonas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kinerrincos	0	0	0	0	.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.33	0	0	0	.67	.33	0	0	0	0	0	0	.67	0	0
Nemátodos	47.3	28	3	2.33	8.33	10.7	17	5.3	12.3	3.7	6	1	16.3	11.3	1.7	8.7	2.7	1.3	20	46.3	65.3	7.3	18	1.7	4	12	19	.67	4	
Poliquetos	22	1.3	0	.67	1	.33	0	0	0	0	0	0	.33	0	0	0	0	0	2.7	16.7	14.7	1	3.7	0	0	1	2.3	0	0	
Oligoquetos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.33	2	.33	.33	0	0	0	0	0	0	0	0
Acaros	0	0	0	0	0	.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.33	.33	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Ostrácosos	.67	0	.33	0	0	0	0	.33	0	0	0	0	0	.67	0	.33	0	0	0	2.7	.33	0	0	0	0	.33	0	0	0	0
Copepodos	80	16.3	14.7	17	19.7	14	23.7	37.7	1.7	.7	.67	0	25.7	21.7	.33	3	0	.67	61	29	40.3	.67	19.3	.33	1.7	9.7	10.7	0	1.3	
Braquiuros	0	0	.67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isópodos	.33	.33	0	0	0	0	0	0	0	.33	0	0	.33	0	0	0	0	0	0	.67	0	0	0	0	0	0	0	.33	0	0
Anfipodos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.33	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tardígrados	1.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.67	.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moluscos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice I. Valores de abundancia promedio por estación para cada uno de los grupos taxonómicos.



Estación	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	33	
Profundidad (m)	44	106	200	302	400	550	854	1060	1478	1820	2230	2120	1830	1470	1059	818	381	213	116	25	21	101	185	354	47	600	878	1265	564	
Foramíferos	0	0	0	0	0	3889	0	0	2778	0	0	0	0	3889	2778	11667	0	5000	2222	0	0	0	556	556	0	2778	8333	3103	1111	
Anémonas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	556	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kinorincos	0	0	0	0	556	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	556	0	0	0	1111	556	0	0	0	0	0	0	1111	0	0
Nemátodos	78888	40666	5000	3889	13889	17778	28333	8889	20555	6111	10000	1667	27222	18889	2778	14444	4444	2222	33333	77221	108888	13222	30000	1778	6067	24880	31666	1311	6667	
Poliquetos	36666	2222	0	1111	1667	556	0	0	0	0	0	0	556	0	0	0	0	0	4444	27778	24444	1667	6111	0	0	1667	3889	0	0	
Oligoquetos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	556	3889	556	556	0	0	0	0	0	0	0	0
Acaros	0	0	0	0	0	556	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	556	556	0	0	0	0	0	1667	0	0	
Ostrácosos	1111	0	556	0	0	0	0	556	0	0	0	0	0	1111	0	556	0	0	0	4444	556	0	0	0	556	0	0	0	0	0
Copepodos	133332	27222	24444	28333	32777	21033	39444	62777	2778	1111	1111	0	42777	36111	556	5900	0	1111	101666	48333	67222	1111	32222	556	2778	16311	17778	556	2222	
Braquiuros	0	0	1111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isópodos	556	556	0	0	0	0	0	0	0	556	0	0	556	0	0	0	0	0	0	1111	0	0	0	0	0	0	0	556	0	0
Anfipodos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	556	0	0	0	0	0	0	1667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tardigrados	2778	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1111	556	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moluscos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice II. Valores de densidad promedio (ind.m<sup>-2</sup>) por estación para cada uno de los grupos taxonómicos.

Estación	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	27	28	29	30	32	33		
Profundidad (m)	44	106	200	302	400	550	854	1000	1478	1820	2230	2120	1830	1470	1059	818	381	213	116	25	21	101	185	354	47	600	878	1265	564		
Foraminíferos	0	0	0	0	0	1.3	0	0	0.9	0	0	0	0	1.3	0.9	3.9	0	1.7	0.7	0	0	0	0.2	0.2	0	0.9	2.8	1.1	0.4		
Anémonas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kinorincos	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0.3	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	
Nematodos	17.4	10.3	1.1	9.0	3.1	3.9	6.3	2.0	4.5	2.3	2.2	0.4	6.0	4.2	6.0	3.2	1.0	0.5	7.4	17.1	2.40	2.7	6.6	0.6	1.5	4.4	7.0	0.2	1.5		
Poliquetos	80.4	4.9	0	2.4	3.7	1.2	0	0	0	0	0	0	1.2	0	0	0	0	0	9.7	66.9	53.6	3.7	13.4	0	0	3.7	8.5	0	0	0	
Oligoquetos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	8.5	1.2	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	
Acaros	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	
Ostrácosos	1.8	0	0.9	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0	0	1.8	0	0.9	0	0	7.3	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Copépodos	17.3	3.5	3.2	3.7	4.2	3.0	5.1	8.1	0.1	0.1	0.1	0	5.5	4.7	0.1	0.6	0	0.1	13.2	6.3	8.7	0.1	4.2	0.1	0.4	2.1	2.3	0.1	0.3		
Braquiuros	0	0	54.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isópodos	2.2	2.2	0	0	0	0	0	0	0	2.2	0	0	2.2	0	0	0	0	0	4.3	0	0	0	0	0	0	0	2.2	0	0	0	
Anfípodos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.7	0	0	0	0	0	8.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tardígrados	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moluscos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice III. Valores de biomasa promedio ( $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-2}$ ) por estación para cada uno de los grupos taxonómicos.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Elva Escobar Briones por haberme permitido conocer el Mar desde el Mar. Por la dirección de este trabajo y por la paciencia para su culminación.

A DGAPA-UNAM por los apoyos para realizar este tipo de investigación (proyectos IN-213197 e IN-211200). A CONAC y T (proyecto 050PN-1297), por el financiamiento para el análisis y materiales de este estudio.

Al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (UNAM), gestiones del Dr. Antonio Peña Díaz y Dr. Adolfo Gracia Gasca, así como a las secretarías Académica y Administrativas del mismo por las facilidades brindadas para el desarrollo de esta tesis. Un agradecimiento muy especial a toda la tripulación del B/O Justo Sierra por los buenos ratos y apoyo durante las campañas oceanográficas.

Al Dr. Luis A. Soto, responsable del Laboratorio de Ecología del Bentos (ICM y L) por la invitación a la Dra. Escobar Briones a recolectar materiales de este estudio en el proyecto oceanográfico *OGMEX 16*. Al Dr. Fernando Alvarez Jefe del Departamento de Zoología del Instituto de Biología (UNAM), por el espacio físico facilitado en el Laboratorio de Carcinología para el procesamiento de las muestras.

Al Dr. Artemio Gallegos, al Ing. Ranulfo Rodríguez y al Pas. de Ing. Erick Márquez (Laboratorio de Oceanografía Física, ICM y L) por darme acceso al equipo y ayudarme en la digitalización de los mapas.

A los Drs. Javier Alcocer Durand, Alfonso Lugo Vázquez, al M en C. Jonathan Franco López y al Biól. Felipe Cruz López, por sus valiosos comentarios y sugerencias para mejorar el contenido de versiones preliminares de este trabajo.

A las Bióls. Diana R. Hernández Robles y Penélope Rodríguez Pliego (posgrado en Ciencias del Mar y Limnología) por su ayuda, orientación, sugerencias, apoyo, amistad, para ver terminado este trabajo.

Finalmente quisiera agradecer a todas aquellas personas que de una u otra forma tuvieron que ver algo para el feliz término de ésta tesis.